

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



## CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

### “OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA PRODUCCIÓN DE QUESOS DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN LUIS”

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA INDUSTRIAL

DAMARIS DANIELA MORILLO CUASQUÉN

ASESOR: MSC. ING. CARLOS MACHADO ORGES

IBARRA – ECUADOR

2018



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	0402012082		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	MORILLO CUASQUÉN DAMARIS DANIELA		
<b>DIRECCIÓN</b>	IBARRA – EL OLIVO		
<b>EMAIL</b>	<a href="mailto:ddmorilloc@utn.edu.ec">ddmorilloc@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO</b>	062 603136	<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0969949857

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO</b>	“OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA PRODUCCIÓN DE QUESOS DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN LUIS”
<b>AUTOR</b>	DAMARIS DANIELA MORILLO CUASQUEN
<b>FECHA</b>	ABRIL DEL 2016
<b>PROGRAMA</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERÍA INDUSTRIAL
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	MSC. ING. CARLOS MACHADO ORGES

## **AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Damaris Daniela Morillo Cuasquén, con la cédula de identidad Nro. 0402012082, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

### **CONSTANCIAS**

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'D' followed by a cursive name.

Damaris Daniela Morillo Cuasquén

C.I.0402012082



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, MORILLO CUASQUÉN DAMARIS DANIELA, con cédula de identidad Nro. 0402012082, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **“OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA PRODUCCIÓN DE QUESOS DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN LUIS”** que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Industrial en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, 21 de Marzo del 2018.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Damaris Daniela Morillo Cuasquén', enclosed within a large, loopy blue oval.

**AUTORA:**

Damaris Daniela Morillo Cuasquén

C.I. 0402012082



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**DECLARACIÓN**

Yo, Damaris Daniela Morillo Cuasquén, con cédula de identidad Nro. 0402012082, declaro bajo juramento que la tesis **“OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA PRODUCCIÓN DE QUESOS DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN LUIS”** corresponde a mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. Además, a través de la presente declaración pongo a disposición este trabajo a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'D' followed by the name 'Damaris Daniela Morillo Cuasquén' written in a cursive script.

**AUTORA:**

Damaris Daniela Morillo Cuasquén

C.I. 0402012082



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

Certifico, que la tesis previa a la obtención del título de Ingeniera Industrial con el tema “OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA PRODUCCIÓN DE QUESOS DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN LUIS” ha sido desarrollada y terminada en su totalidad por la Srta. DAMARIS DANIELA MORILLO CUASQUÉN, con cédula de identidad Nro. 0402012082, bajo mi dirección, para lo cual firmo como constancia.

ING. CARLOS MACHADO ORGES, MSC.  
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## DEDICATORIA

*Este trabajo le dedico a Jehová Dios por ser mi guía en cada una de mis metas y por darme el privilegio de vivir a su servicio.*

*A mis padres Marco y Nehemí, las personas más importantes en mi vida, por el arduo trabajo realizado por mi educación, por el apoyo incondicional, por ser mis amigos y consejeros, por inculcarme valores y principios, y por darme el mejor ejemplo de amor, paciencia y perseverancia.*

*A mi hermana Ruth, por ser mi compañera de vida y mi mejor amiga, por cada cuidado y consejo en el transcurso de nuestros estudios.*

*Damaris Daniela Morillo Cuasquén*

## AGRADECIMIENTO

*A la Universidad Técnica del Norte y a la carrera de Ingeniería Industrial por formar profesionales capaces y competitivos.*

*Al Msc. Carlos Machado Orges, Director de Tesis por ser un excelente profesional, por la ayuda y el acogimiento recibidos en las situaciones más difíciles y por la paciencia que ha demostrado durante el desarrollo de este trabajo.*

*A la Señora Elena Vásquez Gerente Propietaria de la Industria de Lácteos San Luis, por abrirme las puertas de su empresa y permitirme realizar este trabajo.*

*A mi querida amiga Dalila Hermoso por el tiempo que ha dedicado a transmitirme sus vivencias y conocimientos y por ayudarme a conseguir este objetivo.*

*A mis amigos y compañeros por su amistad por encaminar este proceso juntos, por su aporte y confianza en estos años.*

*Damaris Daniela Morillo Cuasquén*

## **RESUMEN**

La presente investigación fue realizada en la Industria de Lácteos San Luis y persiguió como principal objetivo, optimizar recursos en el proceso de producción de la línea de queso fresco, a través de herramientas de organización del trabajo y contrastando estas, a través de un modelo de simulación. Lo anterior se viabilizó a partir de la aplicación de herramientas de ingeniería de métodos, estudio de tiempos. Además, herramientas informáticas de simulación como FlexSim, en conjunto con sus herramientas ExperFit y Experimenter; SPSS, MedTrab y Microsoft Excel, las cuales facilitaron el diseño y procesamiento estadístico y matemático de la información. FlexSim permitió obtener de una manera sencilla y concreta, datos que la industria no conocía y son de fundamental importancia en la planificación de sus actividades, tales como: capacidades de producción locales y globales, porcentajes de utilización de sus recursos, porcentajes de la incidencia que tienen los paros en el objeto y medios de trabajo, entre otros. Por otra parte, la culminación de este trabajo demostró la factibilidad de aplicación de la simulación, en aras de facilitar la toma de decisiones con respecto a la optimización de recursos y su incidencia favorable en el nivel de productividad actual.

### **Palabras clave**

Diagnóstico, simulación de eventos discretos, FlexSim.

## **ABSTRACT**

The present investigation was carried out in the Dairy Industry San Luis and pursued as main objective, to optimize resources in the process of production of the fresh cheese line, through work organization tools and contrasting these, through a model of simulation. This was made possible through the application of methods engineering tools, time study. In addition, computer simulation tools such as FlexSim, in conjunction with its ExperFit and Experimenter tools; SPSS, MedTrab and Microsoft Excel, which facilitated the design and statistical and mathematical processing of information. FlexSim allowed to obtain in a simple and concrete way, data that the industry did not know and are of fundamental importance in the planning of its activities, such as: local and global production capacities, percentages of use of its resources, percentages of the incidence that they have stoppages in the object and means of work, among others. On the other hand, the culmination of this work demonstrated the feasibility of application of the simulation, in order to facilitate decision-making regarding the optimization of resources and their favorable impact on the current level of productivity.

### **Keywords**

FlexSim, Simulation, diagnosis.

## ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE _____	I
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD _____	II
CONSTANCIAS _____	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE _____	III
DECLARACIÓN _____	IV
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR _____	V
DEDICATORIA _____	VI
AGRADECIMIENTO _____	VII
RESUMEN _____	VIII
ABSTRACT _____	IX
ÍNDICE _____	X
ÍNDICE DE TABLAS _____	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS _____	XIV
TABLA DE ABREVIATURAS _____	XV
CAPÍTULO I _____	1
1 INTRODUCCIÓN _____	1
1.1 Problema _____	1
1.2 Objetivo General _____	2
1.3 Objetivos Específicos _____	2
1.4 Justificación _____	2
1.5 Alcance _____	4
CAPÍTULO II _____	5
2 MARCO TEÓRICO _____	5
2.1 Introducción _____	5
2.2 Organización del trabajo _____	6
2.3 Productividad del trabajo _____	8
2.4 Ingeniería de métodos _____	9
2.4.1 Estudio de métodos de trabajo _____	9
2.4.2 Objetivos del estudio de métodos _____	10
	X

2.4.3	Procedimiento del estudio de métodos	10
2.5	Medición y normación del trabajo	11
2.5.1	Estudio de tiempos	11
2.6	Simulación de eventos discretos	19
2.6.1	El enfoque sistémico en la simulación de eventos discretos	22
2.6.2	Elementos de un sistema	24
2.7	Pasos para realizar un estudio de simulación	26
2.7.1	Definir objetivos, alcance y requerimientos	27
2.7.2	Recolectar y analizar los datos del sistema	28
2.7.3	Construcción del modelo	29
2.7.4	Validación del modelo	29
2.7.5	Conducir el experimento de optimización	30
2.8	Flexsim	30
2.9	Aplicación de la simulación	33
CAPÍTULO III		38
3	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN LUIS	38
3.1	Introducción	38
3.2	Caracterización de la Industria de Lácteos San Luis	41
3.3	Diagnóstico de la medición y normación del trabajo	47
3.3.1	Medición del aprovechamiento de la jornada laboral mediante el método de las observaciones instantáneas MOI	47
3.3.2	Cálculo de la productividad actual	48
3.3.3	Cálculo de tiempos de transporte	98
3.4	Precisión y enriquecimiento de los problemas que afectan el sistema de gestión de la producción	99
CAPÍTULO IV		102
4	DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN	102
4.1	Introducción	102
4.2	Definición de los objetivos, alcance y requerimientos	102
4.3	Recolectar y analizar los datos del sistema	103
4.4	Construcción del modelo	103
4.5	Validación del modelo	104

4.5.1	Experimentación	104
4.5.2	Cálculo de número de réplicas	105
4.5.3	Validación	106
CAPÍTULO V		109
5	PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA	109
5.1	Introducción	109
5.2	Simulación de la propuesta de optimización	110
5.3	Comparación del sistema actual con el sistema propuesto	112
CONCLUSIONES		113
RECOMENDACIONES		114
BIBLIOGRAFÍA		115
ANEXOS		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1. Ejemplos de elementos de sistemas en casos generales .....	26
Tabla 2. Descripción de funciones por puesto de trabajo de la Industria de Lácteos San Luis	43
Tabla 3. Clasificación del Sistema de Producción .....	46
Tabla 4: Resumen del modelo del MOI .....	47
Tabla 5: Visualización de límites y precisión .....	48
Tabla 6. Tiempo de ciclo del proceso productivo de queso fresco .....	49
Tabla 7. Tiempos Estándar .....	96
Tabla 8. Tiempos de ciclo .....	97
Tabla 9. Tiempo total de transporte .....	98
Tabla 10. Análisis estadístico de datos.....	103
Tabla 11. Corrida Piloto .....	106
Tabla 12. Tiempo de transportación de cuajo a través de mangueras.....	109
Tabla 13. Tabla de comparación de resultados .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Hilo Conductor para la Fundamentación Teórica.....	5
Figura 2. Formas de estudiar un sistema .....	23
Figura 3. Proceso iterativo de la simulación .....	27
Figura 4 Captura de un modelo simulado en FlexSim .....	31
Figura 5. Mapa de Procesos .....	42
Figura 6. Organigrama Estructural.....	43
Figura 7. Diagrama de Pareto principales problemas de Optimización.....	101
Figura 8. Modelo de simulación.....	104
Figura 9. Prueba de comparación de medias T para el tiempo de ciclo .....	107
Figura 10. Prueba de comparación de medias T para el tiempo invertido en transportes.....	107
Figura 11. Modelo propuesto .....	110
Figura 12. Prueba de comparación de medias T para tiempo de transporte de cuajo .....	111

## TABLA DE ABREVIATURAS

<b>Palabra</b>	<b>Abreviatura</b>
Queso Fresco	QF
Queso Fresco San Luis de 500 gramos	QF-01
Queso Fresco económico San Luis de 350 gramos	QF-02

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Problema

La Industria de Lácteos San Luis es una pequeña industria ubicada en la Provincia Pichincha, Cantón Cayambe, lugar en el cual lleva más de 40 años de producción para el mercado nacional. En ese entonces, comienza produciendo queso para productores de biscochos en Cayambe y Tabacundo. Actualmente, procesa hasta 4000 litros de leche diaria y elabora diferentes tipos de quesos como: mozzarella, maduro, hilado, fresco principalmente. En los últimos tiempos ha ampliado su mercado a ciudades como Quito, Guayaquil, Santo Domingo, Ibarra, y parte de la región Oriental.

Desde sus inicios la Industria de Lácteos San Luis produce de forma artesanal, esta forma le ha servido durante mucho tiempo. En los últimos años y debido a la expansión de su mercado, ha venido enfrentando algunos problemas que afectan el buen desenvolvimiento de la ejecución de la producción, así como, el cumplimiento de los pedidos de los clientes. Dentro de estos problemas se destacan los siguientes.

- ✚ No se controlan los indicadores claves de rendimiento del proceso productivo.
- ✚ De una muestra de 99 pedidos, 59 de ellos no se entregan a tiempo, lo que genera un inventario de aproximadamente 30 quesos por semana que deben ser reprocesados.
- ✚ Se detectan pérdidas de tiempo en los transportes de materia prima estimados del 10%, debido a actividades manuales.

Lo anteriormente mencionado constituye la situación problemática de la presente investigación en la Industria de Lácteos San Luis, que se concreta en la falta de aplicación de herramientas que permitan tomar decisiones acertadas en la programación, ejecución y control del proceso productivo, que se traduzca en un mejor empleo de los recursos

existentes; y, por ende, en mejorar el nivel de productividad actual. Lo anterior constituye el problema científico a resolver con la presente investigación.

## **1.2 Objetivo General**

Optimizar el proceso de producción de queso en la Industrial de Lácteos “San Luis” mediante un modelo de simulación, que permita detectar posibilidades de mejora en el uso de los recursos disponibles y mediante la evaluación de los principales indicadores clave de rendimiento.

## **1.3 Objetivos Específicos**

- ✚ Realizar un estudio bibliográfico que permita establecer las bases teóricas y prácticas en el tema a investigar en el presente Trabajo de Grado.
- ✚ Caracterizar la gestión productiva de la industria, de forma tal que permita detectar los principales problemas que afectan a la misma.
- ✚ Diseñar un modelo de simulación en Flexsim, siguiendo el procedimiento general para la simulación de eventos discretos.
- ✚ Optimizar el funcionamiento del sistema, sobre la base del modelo diseñado.

## **1.4 Justificación**

Consolidar la transformación de la matriz productiva actual del Ecuador constituye hoy uno de los principales objetivos del gobierno. Para ello asume como reto la conformación de nuevas industrias y la promoción de nuevos sectores con alta productividad, competitivos, sostenibles, sustentables y diversos, con visión territorial y de inclusión económica en los encadenamientos que generen (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

La transformación esperada alterará profundamente no solamente la manera cómo se organiza la producción, sino todas las relaciones sociales que se desprenden de esos procesos. Seremos una sociedad organizada alrededor del conocimiento y la creación de capacidades, solidaria e incluyente y articulada de manera soberana y sostenible al mundo (Acosta, 2015).

Para lograr este gran reto el gobierno se ha enfocado en algunos sectores industriales que son relevantes en la economía del país y generadores de fuentes de empleo, formando parte de este grupo la Industria Láctea, cuyo consumo se proyecta un incremento de alrededor de los 100 litros anuales per cápita. (Centro de la Industria Láctea, 2015).

El aporte que ofrece esta investigación es social y económico puesto que al fortalecer y mejorar la productividad de la empresa se generará estabilidad de empleo para sus trabajadores, oportunidad de trabajo para los pobladores del sector y una mayor participación monetaria para el país (Acosta, 2015).

Los beneficiarios directos son: primero la empresa, puesto que esta investigación busca equilibrar el trabajo realizado en la misma y a la vez brindar un insumo que permita realizar a futuro otras mejoras con el fin de hacer a la empresa más productiva y por ende más rentable; segundo los trabajadores, porque podrán acceder a beneficios económicos por dicho incremento, estabilidad en su trabajo y la reducción de esfuerzos en el desempeño de sus actividades laborales.

Los beneficiarios indirectos son la sociedad en general debido a que, si incrementan los ingresos de una empresa, la contribución que declara ésta va a ser mayor, lo que representa un ingreso más para la realización de obras públicas.

El tema a tratarse en esta investigación, en la actualidad es de mucho interés puesto que muchas empresas han optado por hacer uso de la simulación como una herramienta estratégica en la toma de decisiones, ya que a través de ella se puede realizar un modelo representativo del sistema real del proceso de producción, y a partir de ello poder analizar las máquinas y los recursos disponibles en la empresa para proponer alternativas que incrementen la productividad a través del mejoramiento en los métodos de trabajo (Taboada, 1998).

La factibilidad y posibilidad de desarrollo que tiene este trabajo es alta puesto que se tiene la predisposición total de la empresa y el conocimiento para la realización del mismo, no implica

la utilización de muchos materiales o talento humano, pero si la utilización de tecnología como es la aplicación de herramientas de simulación (Instituto de promoción de exportaciones e importaciones, 2014).

Esto sería imposible de lograr si no se supone una fuerte interacción con la frontera científico-técnica en la que se producen cambios estructurales que direccionan las formas tradicionales de los procesos de producción y las estructuras productivas actuales, hacia nuevas formas de producir (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

### **1.5 Alcance**

El proceso de simulación abarcará el estudio del trabajo que se realiza desde la recepción de la materia prima hasta la culminación del producto en bodega, sin abarcar el sistema de distribución del producto terminado a los diferentes clientes.

El trabajo llegará al desarrollo de diferentes escenarios que conlleven a encontrar la optimización de los recursos.

## CAPÍTULO II

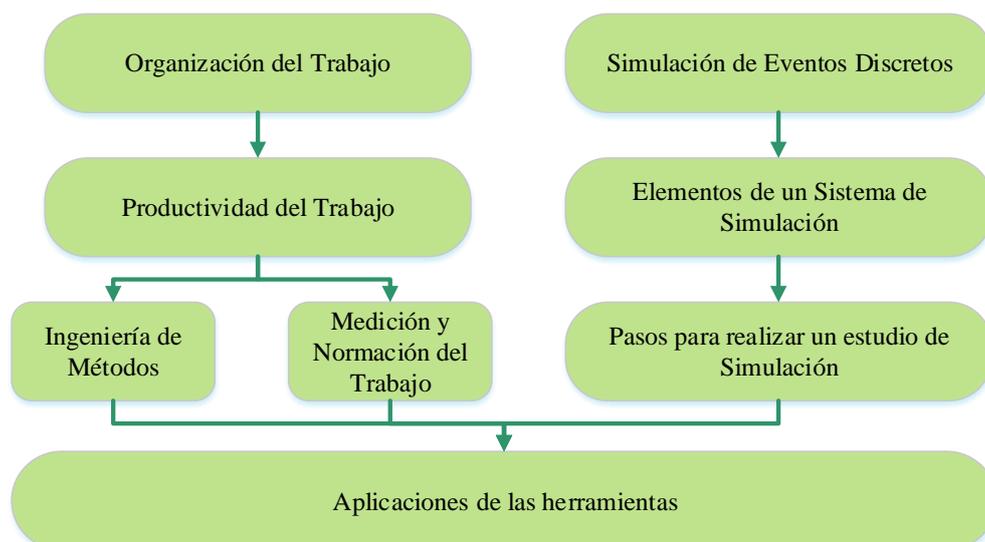
### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Introducción

Para la construcción de la Fundamentación Teórica de este trabajo y con la finalidad de sustentar bibliográficamente la solución al problema planteado en la introducción de esta tesis se sigue como orden metodológico el hilo conductor que se muestra en la figura 1. Para ello se empieza con la conceptualización de la organización del trabajo, la productividad en el trabajo, describiendo los métodos de trabajo a emplear en este trabajo de tesis

Posteriormente se conceptualiza y analiza la simulación de eventos discretos en conjunto con los elementos que interviene en un modelo de simulación, tomando en cuenta los principales procedimientos para los fines requeridos. Esta etapa culmina profundizando en los paquetes comerciales que existen para estas aplicaciones.

La justificación del arte termina ejemplificando las principales prácticas de FlexSim en la toma de decisiones dentro del sistema de operaciones.



**Figura 1.** Hilo Conductor para la Fundamentación Teórica  
**Elaborado por:** Damaris Morillo

## **2.2 Organización del trabajo**

A continuación, se exponen algunas definiciones sobre la Organización del Trabajo planteadas por algunos autores:

Según (Cuesta, 2005), la organización del trabajo trata la relación entre las personas y los medios de producción en determinado ambiente laboral, con el objetivo de optimizar la fuerza de trabajo o la estructura humana de la organización laboral.

(Nieves, 2008), plantea que la organización del trabajo es un sistema integrado y dinámico, dirigido a determinar la cantidad de trabajo vivo y coadyuvar a que el trabajo se convierta en la primera necesidad vital del hombre. Comprende el estudio y análisis de qué se hace, dónde, cómo y con qué, con el fin de diseñar e implantar medidas dirigidas a perfeccionar la participación del hombre en el proceso de producción o servicio, es decir, perfeccionar la forma en que se ejecutan las actividades laborales de los hombres en su enlace mutuo y constante con los medios de producción, entre puestos, talleres, sectores productivos, entre empresas y a nivel de la economía nacional.

(Marsan et al., 1997), dice que es el proceso que integra en las organizaciones al trabajo vivo o capital humano con la tecnología, los medios de trabajo y materiales en el proceso de trabajo (productivo, de servicios, información o conocimientos), mediante la aplicación de métodos y procedimientos que posibiliten, con los tiempos necesarios, trabajar de forma racional, armónica e ininterrumpida, con niveles requeridos en seguridad y salud, exigencias ergonómicas y ambientales, para lograr la máxima productividad, eficiencia, eficacia y satisfacer las necesidades de la sociedad y sus trabajadores.

(Garcia, 2005) Afirma: “El diseño del trabajo es la técnica que tiene por objetivo aumentar la productividad del trabajo mediante la eliminación de todos los desperdicios de materiales, tiempo y esfuerzo; además, procura hacer más fácil y lucrativa cada tarea y aumenta la calidad de los productos poniéndolos al alcance del mayor número de consumidores.”

De los conceptos antes planteados se puede asegurar que la OT permite combinar en las innovaciones tecnológicas, científicas y técnicas con las habilidades y destrezas de los trabajadores dependiendo de la organización garantizando un uso más eficiente de todos los recursos, con los tiempos necesarios y manteniendo niveles convenientes en seguridad y salud ocupacional permitiendo obtener incrementos en productividad y asegurando la completa satisfacción del cliente interno y externo (Cuesta, 2005).

### **Importancia y objetivos de la organización del trabajo**

Desde la propia definición de la OT se evidencia su importancia, al tratar elementos que garantizan la elevación del funcionamiento de las organizaciones a través del último incremento del rendimiento del trabajo de los recursos humanos, este último elemento clave para el éxito organizacional; es decir toda la relación que se establezca con el factor humano y que garantice eficiencia, eficacia y competitividad es de vital importancia para cualquier entidad (Revilla, 2014, pág. 7).

La OT para el incremento sostenido de la productividad, contiene elementos que dependen en mayor o menor magnitud de los recursos económicos de que se dispone; sin embargo, hay otros que no requieren de grandes inversiones, dependen más de la inteligencia, creatividad, conocimientos y motivación del colectivo laboral, que de recursos materiales y financieros. Es precisamente ahí donde se debe orientar y redoblar esfuerzos, adoptando medidas técnico organizativas, para el logro de los objetivos siguientes (Revilla, 2014):

- ✓ Reducir la duración del ciclo de producción
- ✓ Mejorar la utilización de la fuerza de trabajo
- ✓ Incrementar el rendimiento del equipamiento tecnológico
- ✓ Mejorar las condiciones de seguridad y salud en el trabajo
- ✓ Mejorar la calidad en el resultado de la producción o servicio
- ✓ Disminuir los costos

- ✓ Aumentar la productividad del trabajo

### 2.3 Productividad del trabajo

La productividad del trabajo es uno de los indicadores de eficiencia que sirve de fundamento a los ritmos planificados de crecimiento del producto social global y del ingreso nacional, así mismo nos permite conocer el grado de eficiencia del proceso de producción o servicios en un periodo determinado (Krajewski et al., 2008, pág. 230).

✚ **Eficiencia:** es la relación entre los resultados logrados y los recursos empleados. Se mejora optimizando recursos y reduciendo tiempos desperdiciados por paros de equipo, falta de materia, retrasos, etc.

✚ **Eficacia:** es el grado con el cual las actividades planeadas son realizadas y los resultados previstos son logrados. Se atiende maximizando resultados (Marsan et al., 1997).

**Productividad:** La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general la productividad se mide por el coeficiente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados (Gutierrez, 2010, pág. 21).

#### ✚ **Medición de la Productividad**

La medición de la productividad es bastante directa. La productividad puede medirse en horas-trabajo por unidades producidas.

## **Ecuación 2.1: Productividad**

$$Productividad = \frac{\text{(Producto o Servicio Producido)}}{\text{Recursos Utilizados}}$$

(Heizer & Render , 2009)

De la relación de la productividad, resulta evidente que mejor será la situación del objeto de análisis mientras mayor sea el índice de productividad, lo cual se logrará por cualquiera de los siguientes enfoques:

- ✚ Aumentar la producción manteniendo constantes los recursos.
- ✚ Disminuir los recursos manteniendo constante la producción.
- ✚ Aumentar la producción en una proporción tal que sea mayor al coeficiente de crecimiento de los recursos (Duran, 2007, pág. 22).

## **2.4 Ingeniería de métodos**

(Nievel et al., 2009, pág. 120), define la ingeniería de métodos como el conjunto de procedimientos sistemáticos para someter a todas las operaciones de trabajo directo e indirecto a un concienzudo escrutinio, con vistas a introducir mejoras que faciliten más la realización del trabajo y que permitan que este sea hecho en el menor tiempo posible y con la menor inversión por unidad producida. Por lo tanto, el objetivo final de la ingeniería de métodos es el incremento en las utilidades de la empresa.

### **2.4.1 Estudio de métodos de trabajo**

“En la actualidad, conjugar adecuadamente los recursos económicos, materiales y humanos origina incrementos de productividad. Con base en la premisa de que en todo proceso siempre se encuentran mejores posibilidades de solución, puede efectuarse un análisis a fin de determinar en qué medida se ajusta cada alternativa a los criterios elegidos y a las especificaciones originales, lo cual se logra a través de los lineamientos del estudio de métodos” (Garcia, 2005, pág. 32).

“El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemáticos de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras” (Kanawaty, 2005, pág. 77).

#### **2.4.2 Objetivos del estudio de métodos**

Según (Garcia, 2005, pág. 35), los objetivos del método de trabajo son:

- ✚ Mejorar los procesos y procedimientos.
- ✚ Mejorar la disposición y el diseño de la fábrica, taller, equipo y lugar de trabajo.
- ✚ Economizar el esfuerzo humano y reducir la fatiga innecesaria.
- ✚ Economizar el uso de materiales, máquinas y mano de obra.
- ✚ Aumentar la seguridad.
- ✚ Crear mejores condiciones de trabajo.
- ✚ Hacer más fácil, rápido, sencillo y seguro el trabajo.

#### **2.4.3 Procedimiento del estudio de métodos**

Sin desechar otros medios para obtener mejoras, la simplificación busca las innovaciones deducidas analíticamente por medio de un método sistemático de ataque (Garcia, 2005). Este método consta de los siguientes pasos:

- ✚ Seleccionar el trabajo que debe mejorarse
- ✚ Registrar los detalles del trabajo.
- ✚ Analizar los detalles del trabajo.
- ✚ Desarrollar un nuevo método para hacer el trabajo.
- ✚ Adiestrar a los operadores en el nuevo método de trabajo.
- ✚ Aplicar el nuevo método de trabajo.

## **2.5 Medición y normación del trabajo**

Para medir el trabajo en las empresas, se considera al estudio de tiempos como una técnica fundamental ya que esta logra medir el trabajo en las empresas en tiempo real, además, es el factor principal con el cual se mide la productividad de una empresa.

### **2.5.1 Estudio de tiempos**

#### **2.5.1.1 Aprovechamiento de la jornada laboral**

**Técnica de observación instantánea (MOI).** La técnica MOI de estudio de tiempo está basada especialmente en la teoría de las probabilidades, tiene carácter de observación discontinua y es la que ofrece con mayor veracidad el grado de Aprovechamiento de la Jornada Laboral (AJL) (Duran, 2007).

El MOI se utiliza en casos en que no sea conveniente económicamente la utilización de la fotografía, ya que la ventaja de poder abarcar un grupo considerable de trabajadores, siendo posible estudiar hasta 40 trabajadores que laboren en un área de trabajo definida; por otra parte, es aceptada desde el punto de vista psicológico por el trabajador observado, produciéndose menos alteraciones a la rutina de trabajo normal del área y el normador requiere una preparación menor; es más fácil realizar (Kanawaty, 2005).

Según (García, 2005), el MOI se utiliza con los mismos objetivos de la fotografía individual:

- ✚ Estudio del AJL de un grupo de trabajadores
- ✚ Descubrir las pérdidas de tiempos y sus causas
- ✚ Determinar las normativas de Tiempo Operativo (TO), Tiempo Preparativo conclusivo (TPC), Tiempo de servicio (TS), Tiempo de descanso por necesidades personales (TDNP), etc; para elaborar normas de trabajo.

Para aplicar el MOI, es necesario seguir una serie de etapas:

### **Selección de la actividad a normar**

- ✚ Elevado o bajo cumplimiento.
- ✚ Interés de la dirección.
- ✚ Puesto de trabajo Clave.
- ✚ Vencido periodo de vigencia.

### **Preparación de las observaciones**

- ✚ Representar o determinar el diagrama de recorrido del normador.
- ✚ Determinar el número de recorridos iniciales y realizarlos.
- ✚ Realización de las observaciones.

### **Procesamiento y análisis de la información: en esta etapa se efectúan los controles del muestreo a partir de dos instrumentos**

- ✚ **Determinación del número de recorridos iniciales.**

Teniendo en cuenta que dentro de la Jornada laboral (JL) el trabajador solo puede estar trabajando o no, nuestra variable solo podrá tomar dos estados: (trabajando) y (no trabajando).

La distribución teórica es conocida como binomial, cuyos parámetros son  $p$  y  $q$ ,

### **NÚMERO TOTAL DE OBSERVACIONES**

**Ecuación 2.2:** Número total de observaciones MOI

$$N = P + Q$$

(Marsan et al., 1997)

P: Cantidad de observaciones del total, en las cuales el trabajador está trabajando.

Q: Cantidad de observaciones del total, en las cuales el trabajador no está trabajando.

N: Total de observaciones.

## NÚMERO DE RECORRIDOS INICIALES

**Ecuación 2.3:** Número recorridos iniciales

$$NRi = \frac{100}{K}$$

(Marsan et al., 1997)

Ni: 100 observaciones iniciales

NRi: Número de recorridos iniciales

K: Número de trabajadores.

### **Determinación del número de observaciones (Nd)**

Para determinar el número de observaciones (Nd), la técnica MOI utiliza un nivel de confianza (NC) del 95% y  $S \pm 5\%$ .

**Ecuación 2.4:** Número de Observaciones

$$Nd = 1600 * \frac{1 - p}{p}$$

(Marsan et al., 1997)

## PORCENTAJE DE APROVECHAMIENTO DE LA JORNADA

**Ecuación 2.5:** Aprovechamiento de la Jornada

Donde:

$$P_{aj} = \frac{P_{aj}}{N_{aj}}$$

(Marsan et al., 1997)

Donde:

$P_{aj}$  = Número de observaciones de éxito (si trabaja) acumuladas

$p_{aj}$  = Porcentaje de éxito acumulado

$N_{aj}$  = Número de observaciones diarias realizadas

- a) Se escoge aleatoriamente la columna a utilizar cada día
- b) Se eliminan los horarios que no correspondan con la jornada laboral JL y los que se emplean en el Lunch y Almuerzo.
- c) Si dos observaciones consecutivas tienen una diferencia menor a la duración de un recorrido no debe hacerse el mismo.

#### Realización de las observaciones

Durante los días de ejecución del muestreo se procederá a realizar los controles que se ejecutan durante el desarrollo del muestreo para determinar si las observaciones que se van realizando tienen una tendencia estable (Garcia, 2005).

- a) Grafico acumulativo de control: mediante este grafico se controla el valor que va tomando ( $p$ ) a medida que avanza el muestro y poder determinar cuándo es necesario o no realizar un rediseño. Diariamente se apunta los puntos pertenecientes a ( $p_{aj}$ ) (acumuladas hasta ese día).
- b) Re cálculo de  $N_d$  (observaciones necesarias): su principal utilidad es que sirve de mecanismo para detener el muestreo.

Sí  $N_{aj} > N_d$  se detiene el MOI; Si  $N_{aj} < N_d$  continúa el MOI

Donde:

$N_{dj}$  = Número de observaciones realizadas.

$N_d$  = Número de observaciones necesarias.

Procesamiento y análisis de la información: en esta etapa se efectúan los controles del muestro a partir de dos instrumentos.

Gráfico de control diario: permite determinar si las observaciones realizadas están dentro de lo normal, o sea, si se enmarcan en los límites de control.

**Ecuación 2.6:** Límites de control

$$\sigma = \sqrt{\frac{P_{aj}(1 - P_{aj})}{N_{aj}}}$$

(Marsan et al., 1997)

**Ecuación 2.7:** Cálculo de precisión final

$$sf = \sqrt{\frac{\sigma^2(1 - P_{aj})}{N_{aj} * P_{aj}}}$$

(Marsan et al., 1997)

Si  $Sf \leq S$  es válido; la precisión es la deseada o mejor.

## CONVERSIÓN DE LAS OBSERVACIONES EN MINUTOS

**Ecuación 2.8:** Conversión de las observaciones en minutos

$$T(t) = \frac{N(t)}{N_{aj}} \times JLE$$

(Marsan et al., 1997)

Donde:

*JLE*: Jornada laboral efectiva

*(t)*: Veces que apareció ese tiempo antes de tener el muestreo.

*N<sub>aj</sub>*: Cantidad de observaciones del último día en que se detuvo el muestreo

Tiempos variables: son los que varían con el volumen de trabajo.

**Ecuación 2.9:** Tiempos variables

$$TO + TPC + TS + TIRTO$$

(Marsan et al., 1997)

Tiempos constantes: son independientes del volumen de trabajo realizado

**Ecuación 2.10:** Tiempos constantes

$$TDPN + TINE$$

(Marsan et al., 1997)

Donde:

*TDNP*: Tiempo de descanso por necesidades personales.

*TINE*: Tiempo de interrupción que no se puede eliminar (Por ley 30min).

APROVECHAMIENTO DE LA JORNADA LABORAL

**Ecuación 2.11:** aprovechamiento de la jornada laboral

$$AJL = \frac{TV + TDNP}{JL} \times 100 \quad AJL = P_{aj} \times 100$$

(Marsan et al., 1997)

#### **Expresiones para el cálculo de AJL**

Las causas del bajo AJL pueden ser diferentes, entre las siguientes:

- ✓ Problemas de dirección y control; exigencia administrativa
- ✓ Relajamiento de la disciplina laboral

- ✓ Falta de motivación
- ✓ Problemas organizativos, ATM, etc.

Eso determina la necesidad de sistematizar los estudios de AJL que permitan detectar estos problemas y tomar las medidas para su solución y así utilizar las reservas de productividad del trabajo que en ellas están contenidas (Marsan et al., 1997)

## TIEMPOS NORMABLES

**Ecuación 2.12:** Tiempos Normables

$$AJL_{TN} = \frac{TTR + TIR}{JL} \times 100$$

(Marsan et al., 1997)

## TIEMPOS DE TRABAJO

**Ecuación 2.13:** Tiempos de trabajo

$$AJL_{TT} = \frac{TT}{JLE} \times 100$$

(Marsan et al., 1997)

## TIEMPOS DE TRABAJO RELACIONADO CON LA TAREA

**Ecuación 2.14:** Tiempos de trabajo relacionado con la tarea

$$AJL_{TTR} = \frac{TTR}{JLE} \times 100$$

(Marsan et al., 1997)

### 2.5.1.2 **Tiempo estándar (TE) – Técnica del cronometraje MedTrab**

Tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente cualificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una tarea según el método establecido.

Esta técnica de estudio de tiempo, consiste en partir de la observación directa al trabajador y haciendo uso de un instrumento apropiado, medir el tiempo que demora la ejecución de las acciones de trabajo que requieren el cumplimiento de una operación de producción o servicios cualquiera (Duran, 2007).

Sus objetivos son:

- ✚ Determinar la norma de tiempo operativo y calcular las normas semitécnicas y técnicamente argumentadas.
- ✚ Revelar los motivos de los incumplimientos o sobrecumplimiento de las normas implantadas.
- ✚ Estudiar he implantar los métodos avanzados de trabajo.

El procedimiento para calcular tiempo Estándar – MedTrab es el siguiente:

- ✚ **Determinación del tiempo a estudiar:** escoger los tiempos que representan el que se va a utilizar.
- ✚ **Seleccionar la unidad de tiempo:** Se selecciona si se mide en minutos o en segundos a través de los marcadores que indican minutos y segundos, una vez se marque la unidad de tiempo a utilizar e introduzca el primer dato no cambiara la unidad de tiempo seleccionada.
- ✚ **Introducción de datos:** Serán agregados todos los tiempos determinados en el estudio que se realiza, una vez se llene la Tabla Observaciones Iniciales automáticamente comenzará a llenar la Tabla Otras Observaciones.

- ✚ **Determinación de número de observaciones:** Una vez que se agregan las 10 primeras observaciones, no se podrán añadir más hasta que no se determine el número de observaciones que se realizarán.
- ✚ **Error relativo:** Se realiza una vez que se termine de introducir todos los datos.
- ✚ **Definición de tamaño de la Cronoserie:** Para realizar esta opción se debe introducir el valor del tamaño y el valor de la cantidad de subgrupo en que los datos van a ser divididos dentro del Panel Tamaño de la Cronoserie.
- ✚ **Calcular los límites de los recorridos y las medias:** Una vez que todos los datos estén puestos se calcula los límites y a continuación de cada formula aparecerá el resultado correspondiente.
- ✚ **Verificación de resultados:** Los datos fuera de los límites tanto de los recorridos como de las medias serán eliminados por subgrupos, o sea, si algún subgrupo contiene datos fuera de los límites estos serán eliminados; si los datos eliminados representan menos del 15% del total el software realizará un recalcu para determinar el resultado final, de ocurrir lo contrario deberá ir a la primera parte para introducir nuevos datos en lugar de los ya eliminados y se procederá a realizar nuevamente todas las operaciones antes explicadas (Garcia, 2005).

## 2.6 Simulación de eventos discretos

En la actualidad el afán de buscar soluciones eficientes y eficaces a diferentes problemas que se presentan en las organizaciones ha impulsado el desarrollo de una infinidad de softwares que hagan que el análisis de las problemáticas y soluciones a las mismas sean más dinámicas, ágiles y con mayor credibilidad. Específicamente, la simulación de estos sistemas ha recibido considerables alcances a partir del desarrollo de lenguajes de programación y softwares comerciales (Nievel et al., 2009).

Por ello es necesario definir lo que es simulación, que según (Azaharag & Garcia, 1998, pág. 68), “Es el desarrollo de un modelo lógico-matemático de un sistema, de tal forma que se obtiene una imitación de la operación de un proceso de la vida real o de un sistema a través del tiempo”

Según (Bohórquez, 2009, pág. 14), opina que: “La simulación implica crear un modelo que aproxima cierto aspecto de un sistema del modelo real y que puede ser usado para generar historias artificiales del sistema, de forma tal que nos permite predecir cierto aspecto del comportamiento del sistema”

(Barceló, 1996), señala que la simulación de eventos discretos es el proceso de codificar el comportamiento de un sistema complejo como una secuencia ordenada de eventos bien definidos.

Mientras que (Pooch et tal., 2000) hacen alusión a que esta simulación proporciona un enfoque intuitivo y flexible para la representación de sistemas complejos a través del modelado basado en el ordenador.

Pero a pesar de ser esta una herramienta tan poderosa dentro del campo experimental, al igual que otras herramientas posee ventajas y desventajas al momento de su aplicación, (Azaharag & Garcia, 1998) mencionan algunas de ellas:

### **Ventajas**

- ✚ Una vez construido el modelo base, este puede ser modificado tantas veces como opciones de mejora exista, permitiendo así al modelador observar los efectos que tendrían dichos cambios en el sistema real, sin necesidad de modificar el mismo.
- ✚ Existen muchos casos en los que resulta más conveniente simular puesto que el sistema mismo obliga la realización de ésta, ya sea por costos, por pérdidas humanas o por el

tiempo que involucraría la experimentación en el sistema real. Algunos ejemplos que sustentan esta ventaja son: pruebas de aeronaves, creación de medicamentos, o aun cuando el sistema no existe.

- ✚ Resulta más sencillo entender y comprender el funcionamiento, puesto que la simulación permite visualizar la dinámica del sistema y detectar con prontitud si algo no funciona correctamente.
- ✚ Provee una información más exacta que otras herramientas como es el caso de los métodos analíticos que trabajan con un gran número de suposiciones o simplificaciones, la simulación toma en cuenta la aleatoriedad de los sucesos, lo que hace posible analizar sistemas con mayor complejidad y detalle.

### **Desventajas**

- ✚ Incurrir en altos costos por el tiempo que requiere para su desarrollo y validación y porque el modelador debe ser una persona que tenga un alto conocimiento de la herramienta.
- ✚ Requiere un conocimiento minucioso del sistema a estudiarse, puesto que es necesario conocer la interdependencia de la realidad, el análisis se lo realiza con distribuciones de probabilidad y mas no con promedios.
- ✚ Muchas veces no suele valorarse por parte de la alta dirección de una empresa, puesto que se requiere del conocimiento de la misma para facilitar su entendimiento.
- ✚ La simulación no es una herramienta de optimización, por lo que es necesario hacer este estudio por separado.

Tomando en cuenta las ventajas y desventajas antes presentadas, (Bohórquez, 2009), consideran mencionar que no es necesario utilizar la simulación cuando:

- ✚ El problema puede ser resuelto analíticamente usando el “análisis de sentido común”.

- ✚ El problema puede ser resuelto analíticamente, usando modelos establecidos como: la teoría de colas.
- ✚ Es más fácil cambiar o ejecutar la experimentación directa sobre el sistema real.
- ✚ El costo de la simulación excede los ingresos disponibles.
- ✚ No hay disponibilidad de recursos propios para el proyecto ni tiempo suficiente para que los resultados del modelo sean utilizables.
- ✚ No hay datos, ni ninguna estimación.
- ✚ El modelo no puede ser verificado o validado.
- ✚ Las expectativas del proyecto no pueden ser alcanzadas.
- ✚ El comportamiento del sistema es demasiado complejo.

### **2.6.1 El enfoque sistémico en la simulación de eventos discretos**

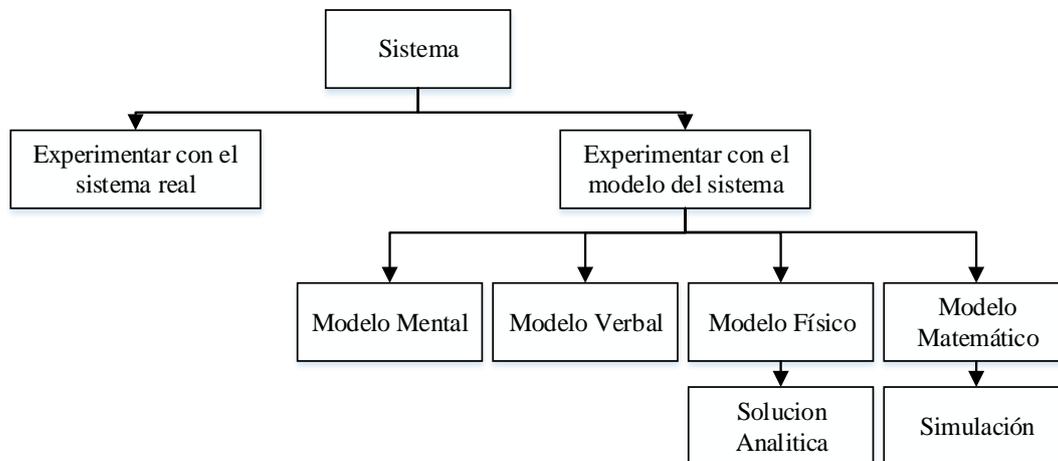
Evidentemente el término sistema tiene una alta relevancia en el concepto de simulación y también es tomado en cuenta para el análisis de las ventajas y desventajas de la misma, por lo que es necesario analizar su definición y su enfoque.

Un sistema es una colección de componentes interdependientes o que interactúan regularmente tales como máquinas, personas, información y comunicación actuando como una unidad para alcanzar una misión implícita o explícita (Marrero et al., 2002).

Otros autores afirman que: “Un sistema puede definirse como una colección de objetos o entidades que interactúan entre sí para alcanzar un cierto objetivo” (Piera et al., 2006). Otros la consideran como un objeto cuyas propiedades se desee estudiar, es decir, cualquier fuente de datos puede considerarse como un sistema (Urquía et al., 2013).

En estos sistemas puede experimentarse tanto en el sistema real, como en un modelo de dicho sistema, entendiéndose por experimentación: “Proceso de extraer datos de un sistema sobre el

cual se ha ejercido una acción externa” (Urquía et al., 2013, pág. 24). Esto se sintetiza de mejor manera en la figura 2.



**Figura 2.** Formas de estudiar un sistema  
 Fuente: (Urquía et al., 2013, pág. 26).

Debido a que la simulación permite experimentar con modelos, cabe mencionar que un modelo es la representación de un sistema desarrollado para un propósito específico (Urquía et al., 2013)

### **Clasificación de los modelos de simulación**

La clasificación de un modelo de simulación depende básicamente de las características del proceso a simular.

**Modelos determinísticos o estocásticos:** Un modelo es determinístico cuando todas las variables de entrada tienen su valor conocido en cada instante y éste no varía con el pasar del tiempo. Es estocástico cuando alguna de sus variables de entrada es aleatoria, por lo tanto, el recorrido de estos sistemas debe estudiarse mediante términos probabilísticos (Marrero et al., 2002).

**Modelos discretos o continuos:** En los modelos de eventos discretos el valor de las variables sólo puede cambiar en instantes específicos, permaneciendo constantes el resto de tiempo. Estos cambios se denominan eventos, los cuales para un tiempo finito deben ser un número finito de eventos. La diferencia entre estos dos modelos radica en que el cambio de estado del sistema

en el primer modelo depende del tiempo, mientras que en el segundo depende del evento (Urquía et al., 2013), esto significa que las variables cambian periódicamente, dicha secuencia de tiempo de cambio es considerada como patrón periódico.

Los modelos de eventos discretos son dinámicos y estocásticos, en los que las variables de estado cambian de valor en instantes no periódicos del tiempo sin estar dirigidos por un reloj. Estos instantes de tiempo se corresponden con la ocurrencia de un evento (Guasch et al., 2005). Por otra parte, un modelo de tiempo continuo está dado cuando las variables cambian de manera continua durante todo el transcurso del tiempo.

El modelo de mayor interés y en el que se va a basar este estudio es el orientado a eventos discretos, como es el caso del proceso productivo de medias. Por lo tanto, se puede definir a la simulación de eventos discretos como: “Conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado” (García et al., 2013, pág. 4).

### **2.6.2 Elementos de un sistema**

Un sistema está compuesto por diferentes elementos necesarios para su construcción, por lo que es necesario conocer cada uno de ellos.

**Entidad:** Objeto que es manipulado, procesado, atendido o transportado a través del sistema (Piera et al., 2006), los cuales poseen ciertos atributos que definen su comportamiento; y por ende el estado del sistema.

**Atributos:** Son características de las entidades, locaciones o de los recursos que ayudan a definir el estado del sistema. Los atributos pueden ser variables cuando su comportamiento en el tiempo es variable, ejemplo de ello son las entradas al sistema que se presentan con una distribución de probabilidad cualquiera. Son parámetros cuando su comportamiento es constante en el tiempo, por ejemplo: capacidades (Piera et al., 2006).

**Estado del sistema:** Es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento de tiempo determinado. El estado del sistema se compone de variables o características puntuales y de variables o características de operación acumuladas o promedio” (García et al., 2013, pág. 4)

**Actividades:** Son las tareas que se realizan a las entidades en un tiempo finito y definido, cabe recalcar que no es necesario una actividad para cada entidad, puesto que ésta puede realizarse a diferentes entidades.

**Evento:** Es el proceso de cambio de una actividad a otra que se produce en un tiempo instantáneo, por lo que marca el fin de una actividad y el inicio de otra. (García et al., 2013), define un evento como el cambio en el estado actual del sistema, el cual puede ser de dos tipos: eventos actuales, aquellos que están sucediendo en un sistema en un momento dado, y eventos futuros, cambios que se presentaran en el sistema después del tiempo de simulación, de acuerdo con una programación específica.

**Locaciones:** Son todos los lugares por los cuales transita una entidad, tomando en cuenta no sólo aquellos en los que se realiza una operación, sino también en los que la entidad espera a ser atendida, es decir, las colas.

**Recursos:** Es toda persona, maquinaria o cualquier otro elemento móvil que proporciona un servicio necesario para la realización de las actividades en las entidades.

**Variables:** Son condiciones que se dan al sistema, éstas a su vez pueden ser continuas o discretas cuyos valores pueden modificarse a través de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas (García et al., 2013). Existen variables de entrada, de estado y de salida.

En la tabla 1 se ejemplifica los elementos antes analizados en casos generales como sistemas productivos, sistemas de servicios y sistemas de distribución.

**Tabla 1.** Ejemplos de elementos de sistemas en casos generales

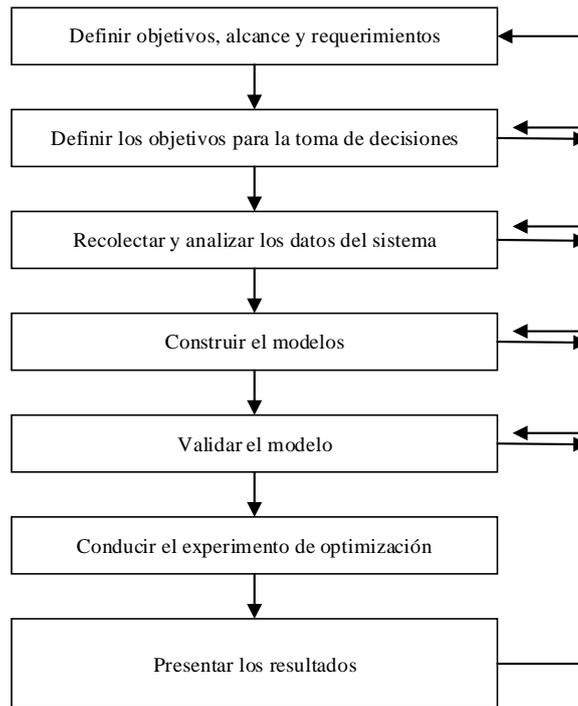
SISTEMA	ENTIDADES	ACTIVIDADES	RECURSOS	LOCACIONES	ATRIBUTOS
Productivo	Materia prima, producto (en proceso y terminado)	Operaciones de corte, inyección, empaque, transporte, etc.	Herramientas, personal operativo, vehículos de cargue y descargue	Estaciones de corte, inyección, empaque, almacén, etc.	Tipo de producto, tiempo de operación, velocidad de la banda transportadora, cantidad de productos/caja
Servicios	Clientes, vehículos, pacientes	Consignación de dinero, lavado del vehículo, diagnóstico del paciente	Vehículos de servicios de pacientes, instrumentos de medición	Cajero, estación de lavado, consultorio	Tiempo entre llegadas de los clientes, tiempo de procesamiento de las solicitudes, tiempo de lavado del vehículo
Distribución	camiones	Consolidación de la carga, transporte	Grúas, montacargas	Almacén, puerto, centros de distribución.	Capacidad de los camiones, tiempo de consolidación y transporte, capacidad de almacén, ubicación de los centros de distribución

**Fuente:** (Marrero et al., 2002, pág. 20)

## 2.7 Pasos para realizar un estudio de simulación

Para realizar un estudio de simulación y garantizar su funcionamiento es necesario definir una metodología lógica y sistémica, para que el sistema funcione tal como en la realidad y así las variables que sean objeto de estudio tengan el menor error posible.

La figura 3 muestra la naturaleza iterativa del proceso para realizar un trabajo de simulación



**Figura 3.** Proceso iterativo de la simulación  
**Fuente:** Harrell et al. (2000).

### 2.7.1 Definir objetivos, alcance y requerimientos

Para el planteamiento de los objetivos es necesario conocer con claridad el sistema a modelar, es decir, se debe recolectar suficiente información para lograr establecer el modelo conceptual del caso de estudio (García et al., 2013). Para su definición y mejor comprensión se requiere responder las interrogantes siguientes (Blanco et al., 2003):

- ✚ ¿Cómo está distribuida la planta (layout)?
- ✚ ¿Cuántos centros de trabajo (locations) tiene el proceso?
- ✚ ¿Cuántos productos o subproductos (entities) se quieren incluir en el modelo?
- ✚ ¿Quién requiere un recurso y cuándo y dónde lo necesita?
- ✚ ¿Qué se desea medir?
- ✚ ¿Cuáles serán los indicadores que se deberán tener en cuenta?
- ✚ ¿Cuánto tiempo se simulará el proceso?
- ✚ ¿Qué tan variable es el proceso?

Los objetivos deben ser planteados de forma tal que guarden especial relación con las variables de respuesta y de decisión del modelo, las primeras pueden ser planteadas a partir de un análisis de sensibilidad, mientras que las segundas, se plantean a través del análisis de la mejor configuración de las mismas para alcanzar los objetivos de rendimiento deseados en la optimización (Barceló, 1996)

Además, es necesario tomar en cuenta aspectos relacionados con el alcance, nivel de detalle y grado de exactitud que se pretende con el modelo, en aras de minimizar tiempo y esfuerzo en las fases posteriores (Blanco et al., 2003)

### **2.7.2 Recolectar y analizar los datos del sistema**

En este paso los datos se dividen en tres categorías:

-  Estructurales
-  Operacionales
-  Numéricos

En los primeros se consideran la cantidad de locaciones, recursos y entidades, así como, las redes de abastecimiento a los puestos de trabajo. El análisis de los datos operacionales permite explicar cómo opera el sistema, es decir, cuándo, dónde y cómo tienen lugar las actividades (Marrero et al., 2002).

Los datos numéricos representan la información útil para la determinación de las distribuciones de probabilidad asociadas a cada una de las variables aleatorias necesarias para la simulación, lo que significa que, si no se cuenta con la información requerida o se desconfía de la misma, es necesario realizar un estudio estadístico del comportamiento de dichas variables, para luego proceder a incluirlas en el modelo (García et al., 2013)

### **2.7.3 Construcción del modelo**

En la construcción del modelo; se representa la realidad simplificada del sistema, es de gran importancia tomar en cuenta que una actividad debe considerarse siempre en términos de su efecto sobre los elementos del sistema y no en términos de la forma detallada en la que se lleva a cabo. Tales mecanismos son intrascendentes para las entidades globales del flujo y utilización de los recursos.

El modelo se construye en base a elementos estructurales, tales como máquinas, personas, elementos de trabajo y áreas de trabajo ya antes definidos, para los cuales es necesario precisar el comportamiento de los diferentes elementos físicos en el sistema y cómo interactúan. Estos incluyen hojas de ruta, operaciones, las llegadas, entidad y el movimiento de recursos, reglas de selección de tareas, horarios de recursos, y los tiempos de parada y reparaciones (Bohórquez, 2009).

Es recomendable construir un sub-modelo asociado a la actividad más importante del sistema (Marrero et al., 2002), es decir, a la actividad más compleja del proceso productivo desde el punto de vista operativo, cuya compresión y variables de respuesta sirvan de entrada al modelo general, lo cual permita minimizar la programación de éste.

### **2.7.4 Validación del modelo**

El proceso de validación se garantiza desde la misma programación de los modelos, manteniendo siempre el sentido de la aplicación (Marrero et al., 2002).

Por ello, es necesaria la realización de una serie de pruebas simultáneas con información de entrada real para observar su comportamiento y analizar sus resultados. El objetivo de este paso radica en obtener un comportamiento similar al que se presenta en el proceso real; en caso de existir, de lo contrario, la validación consiste en introducir algunos escenarios sugeridos por el cliente y demostrar su congruencia (García et al., 2013).

### **2.7.5 Conducir el experimento de optimización**

Este paso comienza realizando un análisis de sensibilidad como parte del estudio de optimización (Barceló, 1996), lo cual implica la realización de corridas o réplicas experimentales que permitan hacer comparaciones con el comportamiento histórico detecta los momentos en que alcanzan la estabilidad las variables respuesta y se determina la cantidad definitiva de réplicas a ejecutar, asumiendo un nivel de confianza y los niveles de exactitud arrojados por las desviaciones típicas determinadas en las variables respuesta.

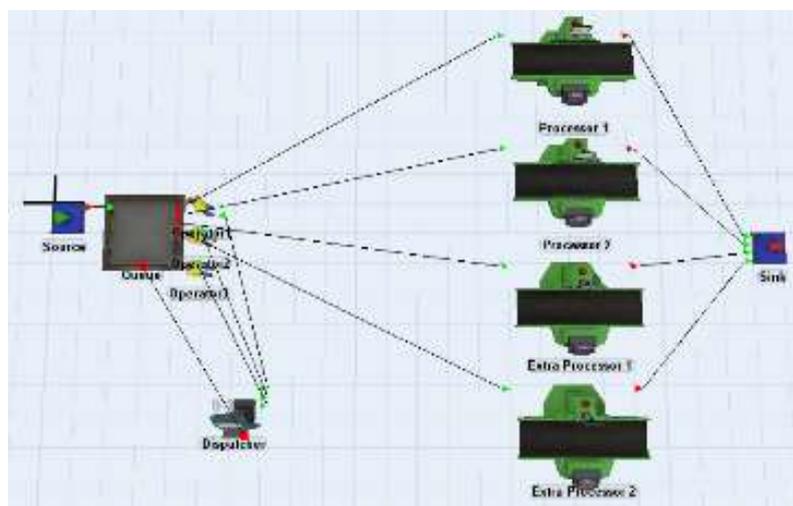
(García et al., 2013), hace énfasis en generar escenarios pesimistas, intermedios y optimistas que permitan determinar la influencia de estas (variable independiente) en las principales variables respuesta consideradas (variables dependientes).

## **2.8 Flexsim**

Flexsim es una potente herramienta de análisis, de gran ayuda a los ingenieros y planificadores a tomar decisiones inteligentes en el diseño y operación de un sistema. En él es posible construir modelos en tres dimensiones con una visualización realista.

En términos técnicos, Flexsim se clasifica como un programa de software de simulación de eventos discretos. Los artículos que a menudo se procesan en un modelo de simulación de eventos discretos son, a menudo, los productos físicos, pero también pueden ser clientes, papeleos, dibujos, tareas, llamadas telefónicas, mensajes electrónicos, etc. Estos avanzan a través de una serie de procesos, la puesta en cola y pasos de transporte, a lo que se le denomina un flujo de proceso, y en cada paso está expuesto a requerir uno o más recursos, tales como una máquina, un transportador, un operador, un vehículo o una herramienta de cualquier tipo. Algunos de estos recursos son estacionarios y otros son móviles; unos cuantos de ellos realizan una sola actividad y otros están dedicados a compartir varias actividades.

Flexsim está propuesto para resolver tres problemas básicos: los problemas de servicio, en la necesidad de procesar a los clientes y sus peticiones en el momento correcto para el más bajo costo posible; los problemas de fabricación, como la necesidad de hacer el producto correcto en el momento correcto y con un bajo costo; y problemas de logística, en la necesidad de obtener el producto adecuado, en el lugar adecuado, en el momento adecuado y con un bajo coste posible (FlexSim Problem Solved, 2015). La visualización de un modelo simulado en FlexSim se muestra en la figura 4.



**Figura 4.** Captura de un modelo simulado en FlexSim  
**Fuente:** (FlexSim Problem Solved, 2014).

### **Terminología en FlexSim**

Objetos de FlexSim: simulan diferentes tipos de recursos en la simulación, por ejemplo: tiempo en cola, que representa un espacio de almacenamiento o de espera; el procesador que simula un retraso o un tiempo de procesamiento y puede estar representado por una máquina o incluso un operador que realiza alguna actividad.

Productos de flujo (Flowitems): son objetos que se mueven a través del modelo, pueden ser partes, paletas, papel, envases, llamadas telefónicas, pedidos o cualquier cosa que se mueva a través del proceso que se está simulando. Estos pueden tener procesos efectuados sobre ellos y se pueden llevar a través del modelo con recursos de manejo de materiales.

Etiquetas (labels): son cadenas o números que están almacenados en los Flowitems y objetos. Estas pueden ser dinámicamente alteradas en el curso de un flujo de proceso y pueden ser útiles para almacenar información tal como el costo, el tiempo de procesamiento, etc.

Tipo de artículo (itemtype): es una etiqueta especial que se coloca en el flowitem, y podrían representar un número de código de barras, tipo de producto, el número de pieza, etc. FlexSim está configurado para utilizarlo como referencia en flowitems de enrutamiento.

Puertos (ports): cada objeto tiene un número ilimitado de puertos a través de los cuales el primero se comunica con otros objetos. Existen tres tipos de puertos: entrada, salida y de centro. Los puertos de entrada y salida se utilizan para el encadenamiento de Flowitems, mientras que los de centro se utilizan para crear referencias de un objeto a otro (FlexSim Problem Solved, 2015).

### **Herramienta “ExpertFit”**

El ExpertFit determina de forma automática y precisa la distribución de probabilidad que mejor representa al conjunto de datos; mientras que un segundo objetivo es ofrecer una fuente de aleatoriedad cuando existe ausencia de datos. Una vez que ExpertFit ajusta los datos a una distribución existen dos formas de funcionamiento: Standard y Advanced. El modo Estándar (predeterminado) es suficiente para el 95 por ciento de todos los análisis y requiere la concentración en aquellas características consideradas las más importantes en un punto particular de un análisis. En cambio, el modo avanzado contiene un gran número de características adicionales. Además, permite realizar diversos análisis para las distribuciones de ajuste en dos niveles de precisión Normal y Alta (FlexSim Problem Solved, 2015).

### **Herramienta “Experimenter”**

El experimentador que ofrece Flexsim se utiliza para definir, ejecutar y analizar experimentos en modelos de escenarios definidos, y en no pocas ocasiones, para la búsqueda de resultados optimizados. Para crear una ejecución de un experimento es necesario añadir las variables al

experimentador. Estas variables son los elementos del modelo que se desean optimizar como parte de un experimento dado, por ejemplo: el número de operadores para un equipo determinado o la posición de un recurso fijo.

Un escenario es una configuración específica del conjunto de variables que se ha definido. Por lo tanto, las variables deben tener al menos un escenario que es un valor numérico que se asigna a la variable asociada.

## **2.9 Aplicación de la simulación**

Existen diferentes campos de aplicación de las técnicas de simulación orientadas a eventos discretos, tales como: procesos de fabricación, logística, transporte, sanidad, negocios, construcciones, emergencias y otros servicios en general, según los artículos publicados en la (Winter Simulation Conference , 2016)

Las herramientas de simulación orientadas a eventos discretos ofrecen una plataforma que permite emprender con éxito un proceso de mejora continua de sistemas complejos para los cuales las técnicas analíticas clásicas basadas en el cálculo diferencial, teoría de probabilidades y métodos algebraicos, no pueden ser utilizadas para formalizar de modo sencillo la complejidad de los procesos (Guasch et al., 2005).

FlexSim permite simular sistemas en diversas áreas, tales como (FlexSim Problem Solved, 2015):

- ✚ Simulación de procesos de fabricación, para optimizar espacio en el piso, identificar los cuellos de botella, reducir al mínimo el tiempo de inactividad de la máquina y el tiempo ocioso del operador y reducir el inventario.
- ✚ Producción o ensamblaje, la labor de un gerente de operaciones surge en dar respuestas o soluciones a preguntas como: ¿Y si añadimos otra máquina? ¿Y si nos trasladamos este proceso? ¿Qué pasaría si tuviéramos una nueva máquina con menos tiempo de

inactividad en esa estación? ¿Qué pasa si este operador estuvo a cargo de las dos máquinas? y FlexSim es la herramienta que contribuye a dar una respuesta rápida y eficiente a estas incógnitas.

- ✚ Lean/Six Sigma: Ayuda a identificar los siete desperdicios en su sistema. Se puede dar una retroalimentación en todo, desde la ubicación y la velocidad de acumulación de inventario hasta cómo un cambio de diseño afecta la cantidad de operadores o el movimiento del producto. También puede mostrar como un proyecto de Six sigma, que mejora una parte del sistema, afectará al resto del sistema.
- ✚ Simulación de Transportadores: Los sistemas de transportes tienen retos y oportunidades únicas. El software de simulación adecuado puede ayudar a identificar áreas de necesidad y optimizar el flujo a través del sistema de transporte.
- ✚ Simulación de Embalaje: El empaquetado debe ser un proceso eficiente que garantice que su producto entrega un valor añadido para sus clientes. ¿Cómo el embalaje afecta a nuestro sistema en general? ¿Cómo debemos diseñar la nueva zona de embalaje? ¿Cómo podemos empaquetar de forma más eficaz? son preguntas que pueden ser contestadas mediante la simulación en FlexSim puesto que el software ofrece transportadores, equipos de manipulación de materiales, operadores y otros objetos creados previamente que le permiten identificar, probar y resolver problemas en el embalado de sus productos. Haciendo pruebas de embalaje en un entorno 3D nativo ayuda a entender visualmente y estadísticamente lo que realmente está sucediendo.
- ✚ Simulación del almacenamiento: Los almacenes tienen preocupaciones específicas en sus sistemas ya se trate de cross dock, carga fraccionada o consolidación del almacén. El software de simulación puede ayudar a que los procesos sean más eficientes optimizando el espacio del almacén y el diseño, identificando formas de mejorar en la rotación de inventarios o aumentando la productividad de las operaciones de embalaje.

- ✚ Simulación de Manejo de materiales: El software de simulación puede ayudar a disminuir el número de contactos entre los operadores y optimizar el movimiento en un sistema de manipulación de material. Puede aumentar el índice de recogidas/día y mejorar la precisión de las recogidas.
- ✚ Simulación Logística: FlexSim puede ayudar a aumentar la confiabilidad de un servicio, optimizando el uso de camiones o completando más envíos. Además, se puede utilizar para identificar las áreas del modelo de logística que están causando problemas y luego investigar soluciones sin costosas inversiones de capital.
- ✚ Simulación de cadenas de suministros: ¿Qué pasa si uno de nuestros proveedores sale del negocio? ¿Y si enviamos en tren en vez de camiones? Puede ayudar a medir la flexibilidad de una cadena de suministro e identificar cómo los cambios en uno de los extremos afectarán al cliente.
- ✚ Simulación del transporte: Hace que mejorar su proceso de transporte sea mucho más simple. Se puede modelar la variabilidad que es inherente en el transporte, y determinar la efectividad de cualquier enfoque.
- ✚ Simulación de Aeropuertos: Es la herramienta ideal para esta aplicación puesto que puede ayudar a identificar formas de reducir demoras en las salidas, mejorar el manejo de equipaje, tiempo o mover a la gente con más facilidad a través de la seguridad.
- ✚ Simulación de Emergencias: ¿Es el plan adecuado? ¿Cuánto tiempo se necesitaría para evacuar? El Software de simulación FlexSim puede ser utilizado para poner a prueba los planes de evacuación o de emergencia.
- ✚ Simulación de Proyectos de Planificación: ¿Cuánto tiempo va a tomar este proyecto? ¿Si vamos con este proveedor en lugar de otro, entonces acelerará el proyecto? El Software de simulación FlexSim ayuda a responder a estas y muchas otras preguntas,

ya que se logra planificar proyectos de forma más precisa tomando en cuenta la comprensión de las variaciones del proyecto.

- ✚ Simulación de Negocios: otra de las aplicaciones es la simulación de negocios, pues ayuda a dar solución a preguntas como: ¿Cómo podríamos ajustar las operaciones de productos si nuestros competidores bajaron sus precios? ¿Cómo esos cambios afectarían a otros productos?
- ✚ Simulación al por menor: El Software de simulación FlexSim es importante en un entorno minorista. Esto hace que sea más fácil de probar y refinar nuevos diseños de las tiendas y operaciones sin interrumpir las operaciones actuales.
- ✚ Simulación de Centros de Atención de llamadas: Ayuda a disminuir el tiempo de espera del cliente u optimizar el horario de los operadores, esta herramienta ayuda a entender cómo la variabilidad influye en su centro de llamadas (FlexSim Problem Solved, 2015).
- ✚ Simulación de Atención al Cliente: ¿Cómo aumentamos los niveles de servicio? ¿Cuál es el número ideal de representantes de atención al cliente? FlexSim puede ayudar a responder a estas y muchas otras preguntas, ya que el motor de simulación 3D hace que sea más fácil entender que parte en el servicio al cliente podría mejorar dentro de su organización.
- ✚ Simulación de centros de Salud: una de las aplicaciones es ayudar en la mejora de las salas de emergencia, clínicas, hospitales u otros proveedores de atención médica. Es útil en la disminución del tiempo de espera de los pacientes, aumento del tiempo de utilización de la máquina, la mejora de los materiales y el flujo de pacientes.
- ✚ Simulación del flujo en edificios: La Simulación de flujo en edificios es importante para arquitectos, estudios de arquitectura y empresas. Con el software de simulación puede optimizar cómo materiales y personas se mueven a través de un edificio.

- ✚ Simulación en Minería: El Software de simulación FlexSim puede ser utilizado en la minería para aumentar la utilización de la maquinaria, reducir el tiempo de inactividad, aumentar la capacidad y disminuir los costos unitarios.
- ✚ Simulación de eventos discretos: Simulación de eventos discretos es la creación de modelos de sistemas basados en estadísticas donde los objetos se mueven a través de una serie de pasos. Flexsim es un simulador de eventos discretos y de flujo de fluido, con la capacidad de convertir entre flujos continuos y flujos discretos (FlexSim Problem Solved, 2015).

## CAPÍTULO III

### 3 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN LUIS

#### 3.1 Introducción

Para empezar un proceso de mejora es necesaria una correcta evaluación del sistema como un todo y sus particularidades, de tal forma que los cambios propuestos sean de gran importancia. Este capítulo se enfoca en analizar aspectos que permitan caracterizar y evaluar las particularidades del sistema de producción.

La Industria de Lácteos San Luis es una pequeña empresa, ubicada en la ciudad de Cayambe en la parroquia Los Girasoles, en la calle Chile 409 y Ascázubi, como se muestra en el anexo 1. Lleva más de 40 años en el mercado nacional y se dedica a la elaboración de diferentes líneas de productos lácteos, como: yogurt, queso, mantequilla, manjar y otras variedades. La principal materia prima que se utiliza en el proceso productivo de lácteos es la leche.

#### Misión

La Industria de Lácteos San Luis es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos lácteos como queso, yogurt, mantequilla y manjar en diferentes presentaciones. Cumpliendo normas y parámetros de calidad, para satisfacer las necesidades del mercado más exigente.

#### Visión

En 5 años Seremos una empresa mediana familiar, líder en el mercado nacional satisfaciendo las necesidades alimenticias de la población, ofreciendo siempre productos de primera calidad que atienden las necesidades de sus clientes y de todos los actores que conforman la empresa, basados en un mejoramiento continuo.

#### Valores

 Responsabilidad

- + Honestidad
- + Calidad
- + Respeto
- + Compañerismo
- + Fidelidad
- + Liderazgo
- + Integridad
- + Innovación

El presente trabajo se enfoca específicamente en la línea de producción de quesos, dentro de la cual la empresa produce y oferta 2 tipos de quesos como se observa en el anexo 2.

La Industria de Lácteos San Luis empezó sus actividades productivas abasteciendo a tiendas, vendedores minoristas, mercados del sector de Cayambe y Tabacundo. Actualmente ha expandido su mercado a gran parte del país llegando a supermercados, confiterías, mercados, *catering*, tiendas, *gourmets* de las principales ciudades del país. A continuación, se mencionan algunos de los principales clientes.

- + Cadena de supermercados Santa María.
- + *Cater Express*
- + Mishan Services
- + *Cater Premier S.A*
- + *Gourmet Food Service*
- + Panificadora Ambato
- + Compañía Andina de Alimentos
- + Shiana CIA. LTDA
- + *Majane CIA. LTDA*
- + Jacis CIA. LTDA

✚ *L Monde Gourmet*

✚ Elacep S.A

✚ Distribuidora *Disnar*

Su principal cliente a nivel nacional es la cadena de supermercados Santamaría, a la cual se destina más del 70% de la línea de producción, abasteciendo principalmente a los supermercados que se encuentran en el centro del país y en las ciudades principales Quito, Guayaquil y Cuenca.

La empresa cuenta con un local propio para vender sus productos al menudeo, el cual se encuentra ubicado junto a la empresa.

Dentro de los principales proveedores de materia prima de la empresa se encuentra los centros de acopio, asociaciones y productores de leche locales los cuales se mencionan a continuación:

✚ Productos El Tambo

✚ Alimec S.A

✚ Agro Industrias Herchan CIA. LTDA.

✚ Asociación Agrícola y Ganadera 8 de Julio

✚ Sumak Wakra

✚ Sumak Kawsay y San Pablo Urco

✚ Asociación de Productores Agropecuarios Nueva Semilla

✚ Andrango Nepas Marcelina

✚ Pillajo Acero Segundo

✚ Comunidad San Antonio

Dentro de los principales proveedores de insumos y aditivos empleados en el proceso productivo se destacan los siguientes.

✚ Distribuidora Descalzi S.A.

✚ Alitecno S.A

✚ Flexo Tama CIA. LTDA

✚ Fupel C. LTDA

✚ Química Suiza Industrial del Ecuador QSI S.A.

Los ingredientes adicionales definen la textura, el sabor y el color del queso, los cuales se describen a continuación:

✚ Cloruro de calcio: es un compuesto químico que se agrega a la leche para mejorar y estabilizar la capacidad de la leche para formar un coágulo con el cuajo.

✚ Cuajo: es una sustancia que tiene la capacidad de coagular la caseína de la leche.

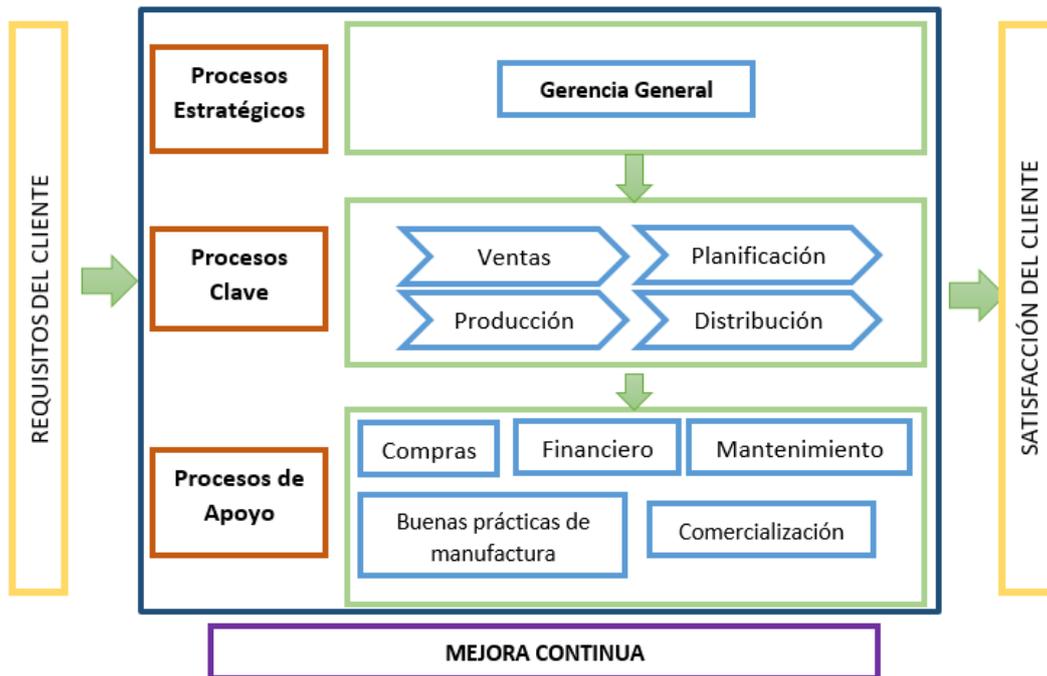
✚ Nitratos: desarrollan características esenciales al producto, actúan junto con la sal a fin de dar color, modificar el sabor y prevenir el crecimiento de microorganismos nocivos para la salud de los consumidores.

✚ Sal: contribuye a dar un sabor característico, textura y regula el desarrollo de microorganismos y la función de las enzimas.

### **3.2 Caracterización de la Industria de Lácteos San Luis**

La Industria de Lácteos San Luis desarrolla una serie de procesos que contribuyen e interactúan entre sí para lograr la elaboración del producto final, como se muestra en la figura 5.

## MAPA DE PROCESOS DE LA INDUSTRIA DE LACTEOS SAN LUIS



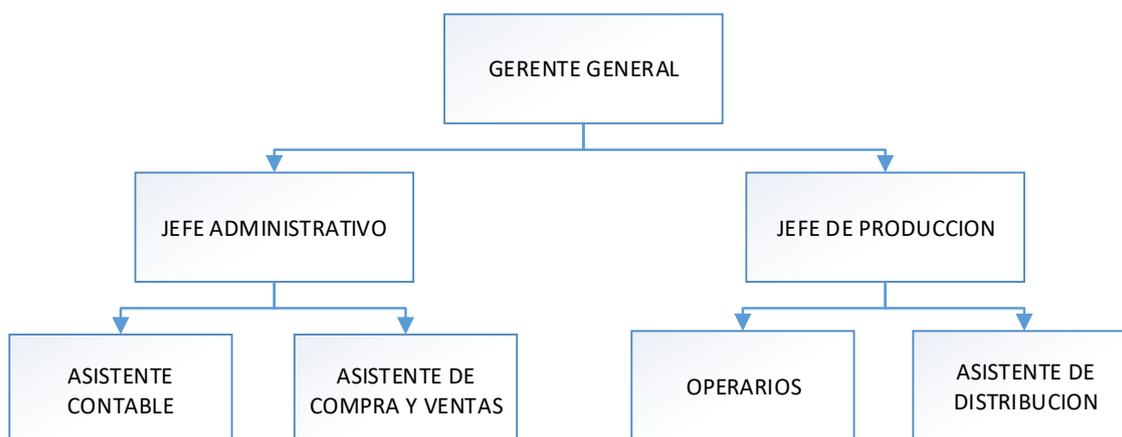
**Figura 5.** Mapa de Procesos  
**Elaborado por:** Damaris Morillo

La línea de quesos requiere del uso de máquinas, equipos y utensilios a lo largo de todo el proceso. Todos estos elementos se encuentran detallados en el anexo 3.

La empresa ha establecido una jornada de trabajo de 8 horas al día, el horario es de 7h00 a 12h00, y de 12h30 a 16h00, con dos recesos de 30 minutos de 9h30 a 10h00 y de 12h00 a 12h30 de lunes a viernes regularmente, los días miércoles y viernes trabajan dos horas extras. Además, cuando existe mayor demanda en los meses de abril y diciembre pueden llegar a trabajar más horas extras y dependiendo de la necesidad.

La planta de producción de la empresa dispone de un total de 11 trabajadores distribuidos de la siguiente manera: un gerente general, un jefe de producción, cinco operarios, un asistente de distribución, un jefe administrativo, un asistente contable y un asistente de compras.

Para coordinar y desarrollar sus actividades y responsabilidades la Industria de Lácteos San Luis se encuentra estructurada jerárquicamente como se muestra en la figura 6.



**Figura 6.** Organigrama Estructural  
**Fuente:** Industria de Lácteos San Luis

Las funciones específicas de cada puesto de trabajo son las que se detallan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Descripción de funciones por puesto de trabajo de la Industria de Lácteos San Luis

Puesto de Trabajo	Funciones
Gerente General	Planificar la producción diaria, dirigir y controlar el desempeño de todos los puestos de trabajo, representante de la empresa, cobranzas, marketing, liderar de la organización, buscar nuevos clientes, coordinar el mantenimiento de maquinaria, buscar nuevos proveedores, realizar los trámites legales de la empresa, innovar , buscar nuevos productos.
Jefe Administrativo	Comercialización, ventas, recepción de pedidos, inventario, despacho de producto, controlar el desempeño de los trabajadores y cobranzas
Asistente Contable	Pago a proveedores, facturación, retenciones, transacciones bancarias, llevar la contabilidad, manejo de caja chica.
Asisten de Compra y Ventas	Cotizaciones de materia prima e insumos, selección de proveedores, compra de materia prima e insumos, revisar las ventas pendientes junto con administración, quejas de pedidos incumplidos, coordinación de actividades con las demás áreas.
Jefe de Producción	Recepción de pedidos, coordinación de producción, supervisión de producción, recepción la materia prima e insumos, coordinar con administración, dirigir y controlar a los operarios.
Operarios(5)	Operaciones en producción, empaquetado del producto, transporte de producto.
Asistente de Distribución	Transporte del producto terminado, entrega de facturas, atención de reclamos del cliente.

**Fuente:** Industria de Lácteos San Luis.

**Elaborado por:** Damaris Morillo

Las actividades que intervienen en el proceso productivo, desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento final del producto terminado son doce. El orden, la secuencia y el

tiempo de las operaciones varían según la naturaleza del producto. A continuación, se describe de forma general el proceso:

- ✚ Recepción de Materia Prima (O1): se recibe la leche mediante una manguera que se conecta directamente desde el tanquero hacia las marmitas dependiendo de la capacidad máxima.
- ✚ Pasteurizado (O2): Consiste en calentar la leche a una temperatura de 65°C por 30 minutos aproximadamente, para eliminar los microorganismos patógenos y mantener las propiedades nutricionales de la leche.
- ✚ Enfriamiento (O3): La leche pasteurizada se enfría a una temperatura de 37-39 °C, pasando agua fría por las paredes de la marmita.
- ✚ Adición de cultivos lácteos (O4): se agrega aditivos dependiendo de las necesidades del producto a elaborar.
  - ✓ Cloruro de calcio: cuando la leche es pasteurizada es necesario agregar para mejorar y estabilizar la capacidad de la leche para formular coágulo con el cuajo. La cantidad de cloruro de calcio depende de la cantidad de leche en cada marmita.
  - ✓ Nitratos: se agregan cantidades determinadas para inhibir el desarrollo de las bacterias y la conservación del producto final.
- ✚ Coagulación (O5): se agrega la cantidad establecida de cuajo dependiendo de la cantidad de leche en cada marmita, se agita la leche para disolver el cuajo y luego se deja en reposo para que se produzca la cuajada, la cual toma de 20 a 30 minutos a una temperatura de 38-39 °C.
- ✚ Corte (O6): la cuajada es cortada con una lira en cuadros pequeños para dejar salir la mayor cantidad de suero posible, después la cuajada es batida para mejorar la salida del

suero. Esta operación de cortar y batir dura aproximadamente 15 minutos. En determinados productos se debe controlar el PH de 5,1 a 5,2.

- ✚ Desuerado (O7): consiste en separar el suero, absorbiendo a través de una manguera conectada a la marmita donde se realizó el cuajado. Se debe separar entre el 70 y el 80% del suero. El suero es enviado por la manguera a un tanque para su almacenamiento.
- ✚ Moldeado 1 (O8): en los moldes de acero inoxidable y plástico PVC se llena y se moldea la cuajada haciendo pequeñas presiones para compactarlo mejor. El tamaño y forma de los moldes depende de los parámetros establecidos para cada producto, se saca la masa de los moldes y se introduce una red para definir la textura final del producto, después la masa es colocada nuevamente en el molde, cubriendo con unas tapas. Se forma lotes de 12 y 8 unidades para ser colocados en las tablas. Este proceso se aplica a determinados productos.
- ✚ Prensado (O9): consiste en colocar el producto en la máquina de prensado para someter a una presión determinada durante 45 minutos. Esta operación proporciona mayor extracción del suero y un moldeado perfecto.
- ✚ Salado (O10): se introduce el producto en la salmuera y se deja reposar por 2 0 3 horas, este proceso define el salado y color del producto. Para esta operación se debe prepara la salmuera que es la solución de sal, cloruro de calcio y ácido láctico en el agua, se puede conservar para varios usos.
- ✚ Empacado (O11): para esta operación se utiliza el empaque al vacío, el cual consiste en introducir el producto en bolsas de plástico especiales y colocarlo en una cámara donde se sella al vacío por acción del calor.
- ✚ Almacenamiento (O12): el producto final es colocado en gavetas y guardado en el cuarto frio hasta ser transportado y distribuido.

En el anexo 4 mediante el diagrama OTIDA se muestra gráficamente las actividades descritas anteriormente. En el diagrama se describe el proceso productivo del queso fresco.

Para tener una visión general de la planta de producción de la Industria de Lácteos San Luis se elabora el layout como se observa en el anexo 5.

### Clasificación del Sistema de Producción

El sistema de producción de la Industria de Lácteos San Luis se clasifica según la tabla 3.

**Tabla 3.** Clasificación del Sistema de Producción

Elemento a analizar	Variante de clasificación				
Relación producción-consumo	<b>Entrega directa</b>				Contra existencias
	Con cobertura en el ciclo de entrega	<b>Sin cobertura en el ciclo de entrega</b>			
Forma en que se ejecuta el proceso productivo	Por ritmo	Por programas			Por pedidos
		Frecuencia fija	Cantidad fija	Irregular	
Elemento a optimizar	<b>Ciclo de producción</b>	Fuerza de trabajo	Medios de trabajo	Objeto de trabajo	Otros

**Fuente:** (Acevedo et al., 1990).

**Elaborado por:** Damaris Morillo.

El sistema se clasifica como de entrega directa al cliente y sin cobertura en el ciclo de entrega ya que se pacta con el cliente una entrega aproximadamente igual al tiempo de producción. El sistema funciona con un proceso productivo de cantidades fijas, es decir se tiene un lote de producción ya definido. El elemento que se optimiza es el tiempo de ciclo.

Para clasificar el sistema de producción de acuerdo al nivel de flexibilidad se emplea el método del coeficiente de operaciones fijadas (Kof). Los datos se obtienen del anexo 6, en el cual, se ha utilizado el número 1 para indicar que el producto pasa por la operación  $O_n$ . El cálculo es el que sigue:

$$Kof = \frac{O}{P} = \frac{24}{12} = 2$$

Donde:

O: piezas operaciones diferentes.

P: cantidad de operaciones.

Con el resultado obtenido el sistema se clasifica en gran serie (Taboada, 1998, pág. 33) ya que puede observarse una diversidad de piezas operaciones relativamente alta respecto a la sencillez del proceso. Puede clasificarse también como de producción por lotes con baja nomenclatura de productos y medianos volúmenes de producción (Schroeder et al., 2005).

### 3.3 Diagnóstico de la medición y normación del trabajo

#### 3.3.1 Medición del aprovechamiento de la jornada laboral mediante el método de las observaciones instantáneas MOI

Se realizó la aplicación y análisis de la técnica MOI en la Industria de Lácteos San Luis utilizando el programa MedTrab/Procesador de Datos de las Técnicas de Estudio de Tiempos para la Normación del Trabajo/CopyRight Reserved 2000/Versión 2.0.

Para efectuar el diagnóstico del AJL con la aplicación de la técnica MOI se definió como lugar de estudio al área de producción de queso fresco de la Industria de Lácteos San Luis; se inicia con 100 observaciones divididas entre los 4 operadores de esta área de trabajo, al realizar el cálculo estadístico el primero resultado nos arroja que necesitamos 378 observaciones adicionales de acuerdo a la variabilidad y al nivel de confianza de las observaciones anteriores. El cálculo de la medición del AJL se encuentra descrito en el anexo 7.

**TECNICA APLICADA:** muestreo por observaciones instantáneas

**Tabla 4:** Resumen del modelo del MOI

DIA	TN	TNN	TAMAÑO
1	77	23	100
2	75	25	100
3	73	27	100
4	156	44	100
5	75	25	100

**Fuente:** MedTrab/Procesador de Datos  
**Elaborado por:** Damaris Morillo.

Donde:

TN: Tiempos normables

TNN: Tiempos no normables

### **Cálculo del tamaño de la muestra según el primer día de observaciones**

Fracción que representa la cantidad de veces que no se encontraba trabajando el obrero = 0,230.

Fracción que representa la cantidad de veces que se encontraba trabajando el obrero = 0,707.

Número de observaciones a realizar según el primer día = 478 observaciones.

**Tabla 5:** Visualización de límites y precisión

<b>LÍMITES Y PRECISIÓN</b>	
Límite Superior	0,957
Límite Central	0,85
Límite Inferior	0,743
Precisión	0,046

**Fuente:** MedTrab/Procesador de Datos

**Elaborado por:** Damaris Morillo.

### **Aprovechamiento de la Jornada Laboral**

El AJL general es de = 76,00%

TN = 342,00 min

TNN = 108,00

#### **3.3.2 Cálculo de la productividad actual**

Para establecer la productividad actual del proceso productivo se ha tomado en cuenta un lote de 512 quesos frescos, En la tabla presentada a continuación se describen las operaciones que se realizan en la elaboración de queso fresco, y se especifica las muestras de tiempo de cada operación, tomadas mediante la utilización de un cronometro y la observación directa.

**Tabla 6.** Tiempo de ciclo del proceso productivo de queso fresco

ELABORACION DE QUESO FRESCO																											
Nro.	PROCESO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	Recepción de leche llenado	488	486	481	487	487	491	488	486	489	487	490	485	491	483	491	486	490	490	485	503	501	487	493	497	486	491
2	Pasteurizado	1947	1932	2056	1877	1947	1894	1949	1867	1980	1926	1931	1885	1876	1995	1933	2004	1884	1867	1925	1930	1930	1876	1923	2007	1997	1993
3	Enfriamiento	184	186	180	190	180	189	180	184	180	186	180	186	192	190	180	192	191	189	185	186	192	186	187	192	186	185
4	Coagulación	1234	1279	1287	1228	1324	1290	1327	1282	1233	1325	1320	1289	1281	1276	1267	1284	1283	1260	1235	1321	1330	1295	1287	1277	1320	1328
5	Corte	917	859	960	859	874	906	875	869	909	913	923	928	929	873	960	960	934	933	960	935	928	919	873	919	923	932
6	Desuerado	875	874	869	865	865	875	907	875	918	870	867	840	918	873	935	920	871	865	813	930	927	930	925	917	874	934
7	Transporte marmita - mesa	1581	1652	1522	1680	1573	1500	1581	1648	1653	1647	1529	1511	1653	1680	1689	1595	1650	1652	1697	1699	1705	1708	1699	1655	1686	1709
8	Moldeado y formación de bandeja	2412	2427	2473	2433	2536	2486	2352	2310	2367	2424	2490	2495	2353	2312	2360	2417	2466	2310	2420	2286	2294	2473	2434	2539	2472	2531
9	Transporte mesa - prensa	680	673	736	737	721	753	781	725	735	733	742	753	780	692	688	753	673	679	681	688	735	748	733	745	743	733
10	Prensado	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651	2651
11	Desmembramiento	786	734	736	781	794	753	733	748	792	794	755	745	784	786	781	755	780	793	749	753	748	788	792	792	747	752
12	Transporte prensa - salado	317	312	334	360	319	307	272	361	309	306	270	320	313	305	324	319	333	366	300	307	307	318	306	318	275	318
13	Salado	7800	8700	9000	8280	8700	8280	10500	8280	8820	9300	7740	9600	10500	9360	8340	8940	9780	10140	8460	7620	7740	8040	9120	10560	8820	9180
14	Retiro de salmuera	1387	1353	1339	1391	1389	1397	1393	1404	1355	1355	1380	1380	1345	1380	1387	1387	1354	1348	1387	1390	1380	1345	1343	1386	1393	1398
14	Tiempo de alimentación	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600

Elaborado por: Damaris Morillo

### 3.3.2.1 Tiempo Estándar

Se determinó el tiempo estándar con la finalidad de conocer el tiempo real que se ocupa en la elaboración de queso fresco. Para el cálculo del tiempo estándar se utilizó el programa MedTrab/Procesador de Datos de las Técnicas de Estudio de Tiempos para la Normación de Trabajo/CopyRight Reserved 2000/Versión 2.0, en el cual se calcula el tamaño total de la muestra de cada una de las operaciones correspondiente a 26 observaciones, así como el recorrido, la media, límites superior, central e inferior con un intervalo de confianza y tiempo estándar requerido. Los resultados se evidencian en el anexo 8 y se resumen en la tabla 7.

**Tabla 7.** Tiempos Estándar

<b>Nro.</b>	<b>Proceso</b>	<b>Tiempo Estándar (seg)</b>
1	Recepción de leche llenado	489,19
2	Pasteurizado	1935,80
3	Enfriamiento	186,07
4	Coagulación	1287,00
5	Corte	915,33
6	Desuerado	891,20
7	Transporte marmita - mesa	1657,00
8	Moldeado	2418,15
9	Transporte mesa - prensa	739,80
10	Prensado	2530,00
11	Desmembramiento por tabla	767,34
12	Transporte prensa - salado	317,03
13	Salado	8911,53
14	Retiro de salmuera	1374,84
15	tiempo de alimentación	3600,00

Elaborado por: Damaris Morillo

### 3.3.2.2 Cálculo de tiempo de ciclo

Después de conocer el tiempo estándar de cada una de las operaciones para la elaboración de queso fresco mediante el programa MedTrab/Procesador de Datos de las Técnicas de Estudio de Tiempos para la Normación de Trabajo/CopyRight Reserved 2000/Versión 2.0, se calcula el tiempo de ciclo del proceso productivo, evidenciado en la tabla 8.

**Tabla 8.** Tiempos de ciclo

Nro.	Proceso	Tiempo (seg/lote)	Tiempo (seg/queso)	Número de trabajadores
1	Recepción de leche llenado	489,19	0,96	4
2	Pasteurizado	1935,80	3,78	4
3	Enfriamiento	186,07	0,36	4
4	Coagulación	1287,00	2,51	4
5	Corte	915,33	1,79	4
6	Desuerado	891,20	1,74	4
7	Transporte marmita - mesa	1657,00	3,24	4
8	Moldeado	2418,15	4,72	4
9	Transporte mesa - prensa	739,80	1,44	4
10	Prensado	2530,00	4,94	4
11	Desmembramiento por tabla	767,34	1,50	4
12	Transporte prensa - salado	317,03	0,62	4
13	Salado	8911,53	17,41	4
14	Retiro de salmuera	1374,84	2,69	4
TOTAL		28020,28	54,73	4

Elaborado por: Damaris Morillo

Por lo tanto, el tiempo de ciclo para elaborar un lote de producción correspondiente a 512 quesos frescos es el siguiente:

$$Tiempo\ total = 28020,28\ segundos\ \acute{o}\ 467\ minutos$$

Finalmente podemos identificar que la productividad del sistema actual es la siguiente:

$$Productividad = \frac{512 \text{ quesos}}{467 \text{ minutos}} = 1.09 \text{ q/m}$$

### 3.3.3 Cálculo de tiempos de transporte

Se determinó el tiempo de transportes a fin de conocer cuál es el tiempo real de los mismos y su duración total, en la tabla 9 se muestra el tiempo de transportación en cada sección.

**Tabla 9.** Tiempo total de transporte

PROCESO PRODUCTIVO DE QUESO FRESCO							
Diagrama Nro. 1		ACTIVIDAD				Actual	
Proceso: elaboración de queso fresco		Operación				10	
Actividad		Transporte				3	
Empieza: recepción de leche		Espera				0	
Termina: retiro de salmuera		Inspección				0	
Método: actual	X	Almacenamiento				1	
Elaborado por: Damaris Morillo		Tiempo de ciclo			28020,28 seg.		
Fecha: 13 - 07 - 2017							
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOS					TIEMPO	OBSERVACIONES
							
Recepción de leche llenado							manual
Pasteurizado	●						marmita
Enfriamiento	●						marmita
Coagulación	●						manual
Corte	●						manual
Desuerado	●						manual
Transporte marmita - mesa		●				1657,00	manual
Moldeado	●						manual
Transporte mesa - prensa		●				739,80	manual
Prensado	●						prensa automática
Desmembramiento	●						manual
Transporte prensa - salado		●				317,03	manual
Salado	●						manual
Retiro de salmuera	●						manual
<b>TIEMPO TOTAL DE TRANSPORTES</b>	10	3			1	2713,83	

Elaborado por: Damaris Morillo

Se puede mejorar el tiempo de producción al reducir los tiempos de transporte, siendo el más representativo el transporte de cuajo desde las marmitas hasta las mesas de trabajo que representa más del 60% del tiempo de transportación, y el 10% del tiempo de ciclo total.

### **3.4 Precisión y enriquecimiento de los problemas que afectan el sistema de gestión de la producción**

Para contrastar el diagnóstico realizado con la opinión de los trabajadores se aplicó la encuesta

que se muestra en el anexo 10 y cuyos resultados se tabularon en el anexo 11. No se requiere calcular la muestra de la población debido a que la nómina es de 11 trabajadores por lo tanto se aplica a todo el personal de la empresa.

Para analizar y detectar mejor los problemas de la empresa la encuesta se ha dividido en cuatro secciones: inventario, sistema-cliente, sistema de producción y empresa.

La pregunta 1 y 2 están dirigidas a conocer el inventario, las cuales muestran que un 73% de trabajadores desconocen las políticas de inventario.

La pregunta 3 y 4 enfocadas en medir la relación sistema-cliente demuestran que el 73% de trabajadores desconocen sobre la situación de los pedidos y que según el 64% de trabajadores los pedidos no se cumplen de inmediato, ya que se da mayor prioridad a clientes con mayor demanda, como se muestra en el anexo 9.

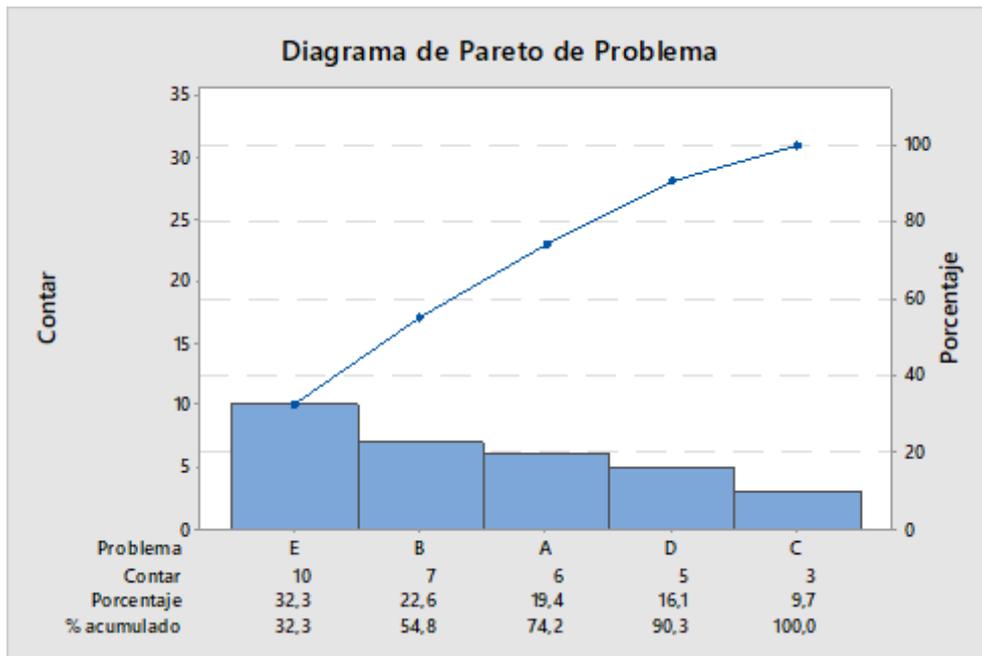
Las preguntas 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 están dirigidas a conocer el sistema de planificación de producción, las cuales muestran valores desfavorables, cuando en un 73% de trabajadores desconoce los recursos críticos en el proceso productivo; es decir en la preparación del moldeo siendo este el cuello de botella, el 82% desconocen la capacidad de producción y el 73% de trabajadores no conocen la capacidad de producción real.

Las preguntas 12, 13, 14 y 15 dirigidas a constatar los niveles de motivación y preparación del personal muestran que en la actualidad la empresa está enfocada en mejorar el nivel organizacional y proporciona la información necesaria a todos sus trabajadores para elevar su nivel científico técnico.

La pregunta 16 está enfocada en recolectar los principales problemas que según el criterio de los trabajadores existen en la planificación de la producción, los cuales son:

- A. Altos niveles de desperdicios debido a los transportes entre procesos.
- B. Desconocimiento de la eficiencia del trabajo de los operadores (productividad).
- C. Falta de motivación y capacitación a los trabajadores, es decir, comprometerse con la empresa.
- D. Incumplimiento en fecha y cantidad de los pedidos de los clientes, afectando la imagen de la empresa.
- E. Falta de estandarización del proceso productivo que conlleva al desconocimiento de todos sus indicadores asociados, como lo son los tiempos estándar, capacidad de producción, tiempos de ciclos, ritmo de producción, entre otros.

Los problemas mencionados se tabularon en la gráfica que se muestra en la figura 7, la cual demuestra que los tres principales problemas que afectan el desempeño de la organización son los que tienen que ver con la medición de indicadores de rendimiento y su mejora que influye directamente en la optimización de recursos, lo cual reafirma la necesidad de realizar un estudio.



**Figura 7.** Diagrama de Pareto principales problemas de Optimización  
**Elaborado por:** Damaris Morillo

La gráfica demuestra que los tres principales problemas que afectan al desempeño de la organización son los que se muestran a continuación:

- ✚ Falta de estandarización del proceso productivo que conlleva al desconocimiento de indicadores asociados a tiempos estándar, capacidad de producción, tiempos de ciclos, entre otros.
- ✚ Desconocimiento de la efectividad del trabajo de los operadores (productividad).
- ✚ Altos niveles de desperdicios debido a los transportes entre procesos.

## CAPÍTULO IV

### 4 DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN

#### 4.1 Introducción

Para el desarrollo del modelo de simulación se empleó FlexSim, versión 7.7.4 y sus paquetes Experfit y Experimenter para el procesamiento estadístico de datos y para la optimización, respectivamente. Para otros análisis estadísticos se empleó el SPSS, versión 22.0 y para la recopilación de la información numérica se utilizó el Excel.

#### 4.2 Definición de los objetivos, alcance y requerimientos

El desarrollo de este modelo comprende el 80% operaciones del proceso productivo, es decir, incluye desde la recepción de leche o llenado hasta el retiro del queso de las tinas de salmuera. Se analizó el producto estrella de la Industria de Lácteos San Luis, en aras de no incrementar la complejidad en la programación del modelo. Todo esto define el alcance de la simulación a desarrollar.

Los resultados del diagnóstico desarrollado en el capítulo anterior, unido a otras entrevistas realizadas a los trabajadores de la fábrica, conllevaron a que se planteen los siguientes objetivos de simulación.

#### **Objetivo general de simulación**

Determinar las principales reservas de productividad en el punto fundamental mediante el desarrollo de un modelo de simulación en Flexsim, versión 7.7.4, que permita describirlas y detectar las posibilidades de mejora.

#### Objetivos específicos de la simulación

- ✚ Determinar el tiempo de ciclo de la producción del queso fresco.
- ✚ Determinar el tiempo invertido en transportes

### 4.3 Recolectar y analizar los datos del sistema

Para el desarrollo de este paso se hizo uso de la herramienta Experfit mediante la toma de datos reales y análisis estadístico de los mismos, en la tabla 10 se muestran los resultados y distribuciones a las que se ajustan.

**Tabla 10.** Análisis estadístico de datos

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	
Recepción de leche llenado	loglogistic( 477.417939, 10.863115, 4.575702)
Pasteurizado	beta( 1863.129563, 2067.565922, 0.985688, 1.768948)
Enfriamiento	johnsonbounded( 175.236408, 194.356079, -0.330726, 0.972127)
Coagulación	beta( 1222.951931, 1331.673410, 1.182881, 0.837566)
Corte	weibull( 0.000000, 309.619530, 34.483037)
Desuerado	beta( 810.991815, 936.181800, 1.393121, 0.842459)
Transporte marmita - mesa	johnsonbounded( 1486.852829, 1710.731355, -0.581163, 0.533364)
Moldeado	beta( 12.454636, 17.908544, 7.969867, 8.860412)
Transporte mesa - prensa	weibull( 0.000000, 739.336006, 26.370030)
Prensado	tiempo constante
Desmembramiento	johnsonbounded( 60.933069, 66.197556, -0.184764, 0.400202)
Transporte prensa - salado	loglaplace( 0.000000, 314.993651, 19.607089)
Salado	weibull( 7213.069600, 1900.241490, 2.000000)
Retiro de salmuera	beta( 104.940184, 117.146892, 5.720938, 1.875456)

Elaborado por: Damaris Morillo

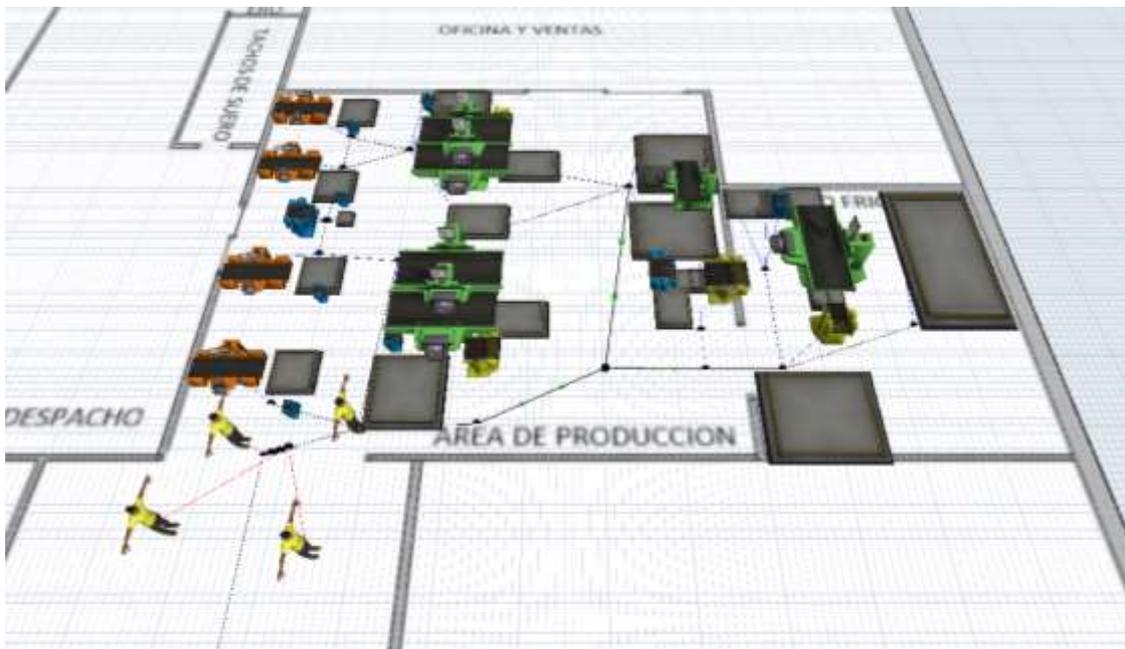
### 4.4 Construcción del modelo

Para la construcción del modelo se realizó un estudio de la forma en que opera el sistema actual, para ello se hizo un layout a escala de la industria de lácteos San Luis que se muestra en el anexo 5, sobre el que se trabajó con elementos propios de flexsim para simular el funcionamiento de la maquinaria, equipos y utensilios que intervienen en la elaboración de queso fresco tales como: marmitas, prensadoras, placa de enfriamiento, lira, mesas, tinas de salmuera, moldes, contenedores, cortadora, gavetas, tablas y recipientes.

Se programaron diferentes funciones que permiten al modelo de simulación tener el mismo comportamiento del sistema actual de producción, tales como:

- ✚ Los transportes del objeto de trabajo entre operaciones se realizan en pequeños lotes dependiendo de la capacidad del medio de transporte.
- ✚ Las agrupaciones en gavetas y tablas están acorde a las cantidades establecidas dependiendo del tipo de queso.
- ✚ Los tiempos de moldeado son diferentes de acuerdo al tipo de queso.
- ✚ Todos los operarios contribuyen en el proceso productivo equitativamente.
- ✚ Los operarios tienen un horario establecido para su alimentación.

El modelo construido para esta simulación se muestra en la figura 8.



**Figura 8.** Modelo de simulación  
**Fuente:** (FlexSim Problem Solved), 2014

## 4.5 Validación del modelo

### 4.5.1 Experimentación

Para validar el modelo realizado fue necesario conducir un modelo de experimentación, esto se realizó con el Experimenter; una de las herramientas de flexsim. En el modelo se procedió a diseñar un único escenario tomando como referencia al número de trabajadores que actualmente laboran en la empresa, cuatro obreros que se consideran como variables

independientes, en base a esa variable se definieron ocho variables dependientes, dentro de las cuales se establecen como las más importantes las siguientes:

- ✚ Tiempo de ciclo: tiempo de duración del proceso desde la recepción de la leche (llenado) hasta el retiro de salmuera, para un lote de 512 quesos.
- ✚ Porcentaje de tiempo invertido en transportes: tiempos utilizados en transportar baldes de cuajo desde las marmitas hasta las mesas de trabajo, quesos desde la mesa de trabajo hasta la prensa y gavetas de queso desde la prensa hasta las tinajas de salmuera. Dicho porcentaje fue calculado realizando la sumatoria de estos tiempos sobre el tiempo de ciclo
- ✚ Aprovechamiento de la Jornada Laboral: no se toma en cuenta para la validación del modelo puesto que en el mismo no existen ciertas actividades que en el sistema real se realizan.

Una vez definidas las variables dependientes e independientes se realizó una corrida piloto de 50 réplicas, sin periodo de calentamiento y tiempo de corrida de 32400 segundos, los resultados obtenidos de esta corrida se muestran en el anexo 12.

#### **4.5.2 Cálculo de número de réplicas**

Con los datos obtenidos del proceso de experimentación se utilizaron las variables dependientes para calcular el número de réplicas, el análisis de este cálculo se encuentra en la tabla 11.

**Tabla 11.** Corrida Piloto

CORRIDA PILOTO - 50 REPLICAS									
VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	ERROR	L= LS-LI	CONDICIÓN $L \leq 2 * E$	CANTIDAD DE RÉPLICAS
TIEMPO DE CICLO UN LOTE = 512 QUESOS	segundos/lote	27737	414	27619	27855	555	236	$236 \leq 1110$	3
% TIEMPO INVERTIDO EN TRANSPORTES	%	9,58	0,35	9,49	9,67	0,19	0,18	$0,18 \leq 0,38$	17

**Elaborado por:** Damaris Morillo

El reporte generado por el Experimenter permitió calcular el número de réplicas necesarias para lograr establecer un intervalo de confianza del 95%, aceptando un porcentaje de error del 2% en nuestras variables de interés; tiempo de ciclo y tiempo invertido en transportes. Una vez realizado el análisis de réplicas se evidencia que las 50 réplicas son suficientes para aceptar el error y el intervalo de confianza definido.

#### 4.5.3 Validación

Una vez establecidos los datos confiables con los que se trabajó se procedió a realizar la validación con el sistema real, para ellos se utilizó el programa IBM SPSS Statistics, versión 22, en el que se realizó un análisis de comparación de medias con una prueba T para una muestra en cada una de las variables analizadas: tiempo de ciclo y tiempo invertido en transporte, el resultado de dicho análisis se muestra en las figuras 9 y 10

**Estadísticas de muestra única**

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
SEGUNDOS	26	28169,77	894,404	175,407

**Prueba de muestra única**

	Valor de prueba = 27737					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
SEGUNDOS	2,467	25	,021	432,769	71,51	794,03

**Figura 9.** Prueba de comparación de medias T para el tiempo de ciclo  
**Elaborado por:** Damaris Morillo

$H_0: \sigma = 27737$

$H_1: \sigma \neq 27737$

Estadístico: Sigma

Región Crítica: Sigma  $0,021 < 0.05$ ; se acepta la  $H_0$ , la variable Tiempo de Ciclo tiene igualdad de medias con el comportamiento del sistema real de la Industria de Lácteos San Luis.

**Estadísticas de muestra única**

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
PORCENTAJE	26	9,7612	,41117	,08064

**Prueba de muestra única**

	Valor de prueba = 9.58					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
PORCENTAJE	2,247	25	,034	,18115	,0151	,3472

**Figura 10.** Prueba de comparación de medias T para el tiempo invertido en transportes  
**Elaborado por:** Damaris Morillo

$H_0: \sigma = 9,58$

$H_1: \sigma \neq 9,58$

Estadístico: Sigma

Región Crítica:  $\Sigma < 0.05$ ; se acepta la  $H_0$ , la variable Tiempo invertido en Transportes tiene igualdad de medias con el comportamiento del sistema real de la Industria de Lácteos San Luis.

Del análisis antes realizado se concluye que el modelo diseñado tiene un funcionamiento semejante al sistema real ya que existe igualdad de medias entre ellos y se encuentran en el mismo intervalo de confianza.

Finalmente podemos identificar que la productividad del diseño del modelo de simulación es de:

$$Productividad = \frac{512 \text{ quesos}}{462,28 \text{ minutos}} = 1.11 \text{ q/m}$$

## CAPÍTULO V

### 5 PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA

#### 5.1 Introducción

Después de realizar la simulación del sistema real se evidencia que existen tiempos significativos invertidos en transportes en relación al tiempo de ciclo sin ser necesarios en la producción de queso fresco, teniendo la posibilidad de minimizar dichos tiempos ya que la Industria de Lácteos San Luis cuenta con maquinaria capaz de realizar estas actividades, optimizando estos tiempos de transportación. En virtud de buscar un método de optimización se ha tomado como referencia la Fábrica de Quesos Reyes, la cual se dedica a la producción de quesos, la misma cuenta con un sistema de transportación de cuajo por medio de mangueras y una bomba.

La industria de Lácteos San Luis posee equipos como: mangueras de transporte y una bomba de emulsión, utilizados en el proceso de desuerado, mismos que pueden facilitar el transporte del cuajo, optimizando el porcentaje de tiempo utilizado para ello.

En base a lo antes mencionado y con los datos recolectados de la Fábrica de Quesos Reyes que se muestran en la tabla 12, se estima un tiempo para la transportación de cuajo en la Industria de Lácteos San Luis, haciendo uso del sistema de transportación por medio de mangueras y una bomba, misma que comprende la propuesta de optimización para esta empresa, tal propuesta se la realiza ya que la empresa cuenta con una bomba que se ajusta a los datos obtenidos de la fábrica de quesos Reyes, tal como se muestra en ficha técnica del anexo 13.

**Tabla 12.** Tiempo de transportación de cuajo a través de mangueras

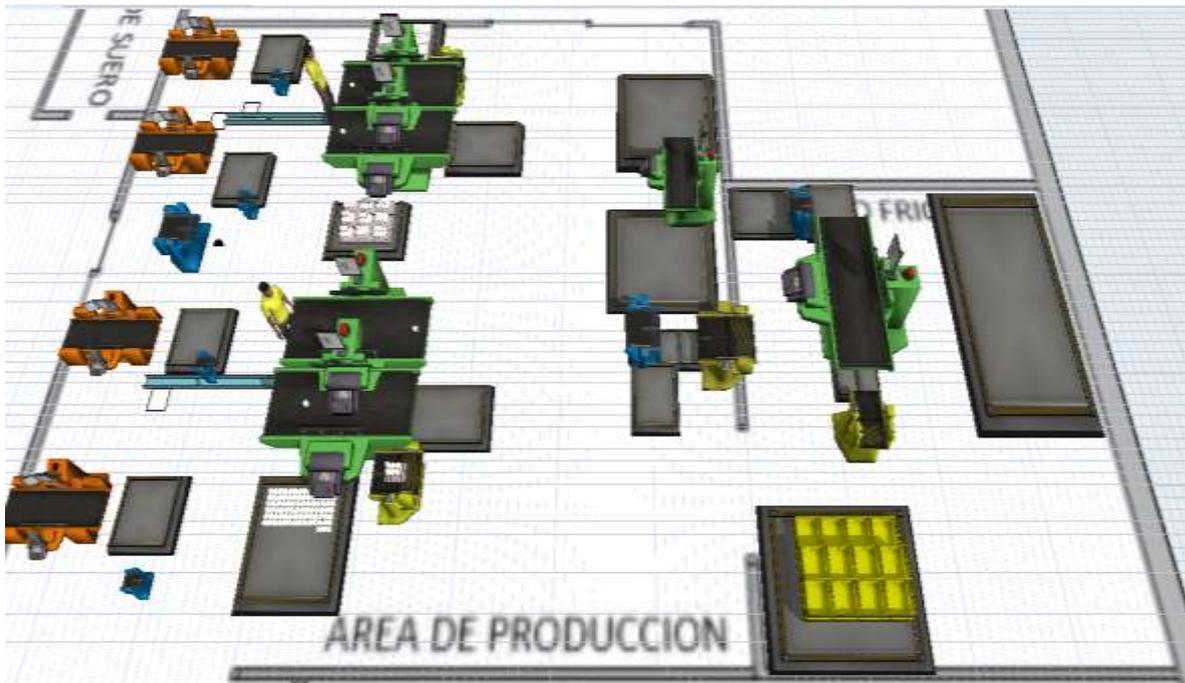
EMPRESA	CANTIDAD (lt)	TIEMPO (seg)	lt/seg
Fábrica de Quesos Reyes	1000	280	3,57
	1500	420	3,57

**Fuente:** Fábrica de Quesos Reyes

**Elaborado por:** Damaris Morillo

## 5.2 Simulación de la propuesta de optimización

Sobre la base del modelo diseñado y descrito en el capítulo anterior se implementó la alternativa de mejora propuesta, misma que consiste en eliminar el transporte del cuajo en baldes desde las marmitas a las mesas de trabajo por los operarios e implementar un sistema de transportación con mangueras y una bomba. En vista de que es un modelo discreto se ha hecho uso de conveyors (bandas transportadoras), en lugar de tuberías que son usualmente utilizadas en modelos de fluidos. Además, para el proceso de experimentación se creó una nueva variable dependiente haciendo referencia al tiempo de transporte de cuajo desde las marmitas hasta las mesas de trabajo. El sistema de modelo



propuesto se muestra en la figura 11.

**Figura 11.** Modelo propuesto  
**Fuente:** (FlexSim Problem Solved), 2014

La validación del modelo propuesto se realizó tomando como variables de análisis el “tiempo de transporte de cuajo”, para ello se utilizó nuevamente el programa IBM SPSS Statistics, versión 22 y se realizó un análisis de comparación de medias de una prueba T para una muestra, donde la prueba T se obtuvo de las investigaciones realizadas en otras

empresas que ya hacen uso de este sistema de transportación como se muestra en la tabla 12, tomando como referencia 1500 litros de cuajo y la muestra se obtuvo de una corrida de 50 réplicas del modelo propuesto con los cambios mencionados. Los resultados de la corrida realizada se muestran en el anexo 14. El resultado de este análisis se muestra en la figura 12

**Estadísticas de muestra única**

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Transporte	50	354,8010	221,55160	31,33213

**Prueba de muestra única**

	Valor de prueba = 420					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Transporte	-2,081	49	,043	-65,19896	-128,1632	-2,2347

**Figura 12.** Prueba de comparación de medias T para tiempo de transporte de cuajo

**Elaborado por:** Damaris Morillo

$H_0: \sigma = 420$

$H_1: \sigma \neq 420$

Estadístico: Sigma

Región Crítica:  $\text{Sigma} < 0.05$ ; se acepta la  $H_0$ , la variable Tiempo de transporte de cuajo tiene igualdad de medias con el comportamiento del sistema de transportación de cuajo de la Fábrica de Quesos Reyes.

Del análisis antes realizado se concluye que el modelo propuesto tiene un funcionamiento semejante al sistema con el que trabaja la Fábrica de Quesos Reyes en el tiempo de transportación de cuajo, ya que se demostró que existe igualdad de medias entre ellos y se encuentran en el mismo intervalo de confianza.

Finalmente podemos identificar que la productividad de la propuesta de optimización es de:

$$Productividad = \frac{512 \text{ quesos}}{438,73 \text{ minutos}} = 1.17 \text{ q/m}$$

### 5.3 Comparación del sistema actual con el sistema propuesto

Una vez validada la propuesta de mejora y habiendo demostrado la confiabilidad de los datos obtenidos; la tabla 13 muestra una comparación de resultados de las variables dependientes entre el sistema actual y el sistema propuesto, dichos resultados han sido obtenidos para una corrida de 50 réplicas, con un intervalo de confianza del 95% y para un lote de producción de 512 quesos (1500 litros de cuajo)

**Tabla 13.** Tabla de comparación de resultados

	<b>SISTEMA DE MODELO ACTUAL</b>	<b>SISTEMA DE MODELO PROPUESTO</b>	<b>RESULTADOS DE MEJORA</b>
<b>TIEMPO DE CICLO</b>	27737 segundos	26324 segundos	1413 segundos
<b>APROVECHAMIENTO DE LA JORNADA LABORAL</b>	46,05%	50,05%	4,0%
<b>PORCENTAJES DE TRANSPORTE</b>	87,019 %	86,302 %	0,72%
<b>TIEMPO DE TRANSPORTE DE CUAJO</b>	1657 segundos	420 segundos	1237 segundos
<b>PRODUCTIVIDAD (quesos/minuto)</b>	1,11	1,17	0,06

**Elaborado por:** Damaris Morillo

De la comparación realizada entre el sistema actual y el sistema propuesto se puede evidenciar que el porcentaje de tiempo en transportes disminuye considerablemente, pues el mismo representaba el 9,58% del tiempo total y con el sistema propuesto estos tiempos representan el 8,97% del tiempo total, minimizando así el tiempo total de ciclo en 1.413 segundos, con el tiempo reducido hace que la productividad incremente en 0,06 quesos por minuto; es decir empleando el tiempo del sistema actual se puede incrementar la cantidad del lote de producción de 512 a 540 quesos.

Además, se puede evidenciar que existen mejoras en cuanto al desperdicio de cuajo, ya que con la implementación del sistema propuesto y sin la manipulación directa de los trabajadores la cantidad de cuajo saliente de las marmitas es la misma que llega a la mesa de trabajo para el moldeo, situación que anteriormente no existía.

## CONCLUSIONES

- ✚ La recopilación de las bases teóricas alrededor del problema técnico-profesional planteado permitió confirmar la amplia base conceptual acerca de cada uno de los temas tratados, en vista de lograr el óptimo uso de recursos disponibles y un mejor desempeño de las principales métricas de rendimiento de este proceso.
- ✚ En el diagnóstico se evidenció que uno de los principales problemas son los transportes que se realizan de un procedimiento a través de pequeños lotes de producción; existiendo un tiempo de transporte de cuajo desde las marmitas a las mesas de 1.657 segundos que representan un 60% del total de transportes y a la vez estos representan el 10% del tiempo total del proceso de producción, además se evidencio que no existen indicadores que reflejen la productividad actual en la empresa.
- ✚ Se diseñó un modelo de simulación a través de la herramienta Flexsim, el cual demostró un comportamiento igual al sistema real, con un tiempo de ciclo de 27.737 segundos, un aprovechamiento de la jornada laboral del 46,05%, transportes del 9,58%, y una productividad de 1,11 quesos por minuto.
- ✚ Se propuso la implementación de un sistema de transportación de cuajo a través de mangueras y una bomba, reduciendo así tiempo de transporte de cuajo desde las marmitas a las mesas de trabajo en un 75% o 1237 segundos, con lo cual se incrementa la productividad en un 5,4%.

## RECOMENDACIONES

- ✚ Implementar un sistema de transportación de cuajo a través de mangueras, de forma tal que esto tribute a elevar la productividad de la empresa.
- ✚ Impulsar a todas las industrias lácteas de la zona a elevar su productividad mediante la implementación de un sistema de transporte de cuajo a través de mangueras.
- ✚ Sobre la base de la implementación del sistema de transportación de cuajo, realizar un seguimiento que permita conocer la diferencia entre los resultados estimados y los reales.
- ✚ Tomar en cuenta la capacidad real de la empresa al momento de pactar contratos con los clientes en virtud de cumplir con sus pedidos, evitando dañar la imagen de la empresa bajo incumplimientos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Acevedo Suarez, J. A., & Rodríguez, U. (1990). Proyecto de organización de las empresas industriales. La Habana.
- Acosta, J. (30 de Julio de 2015). Obtenido de <http://www.ekosnegocios.com/revista/pdfTemas/736.pdf>
- Anderso, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2000). Introducción a los Modelos Cuantitativos para Admisnitración. Mexico: Editorial Iberoamericana.
- Azaharag , & García Dunna . (1998). Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel. Mexico: Pearson.
- Barceló, J. (1996). Simulación de sistemas discretos. Madrid: Isdefe.
- Blanco Rivero, L. E., & Fajardo Piedrahíta, I. D. (2003). Simulación con promodel: casos de producción y logística. Bogota: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Bohórquez Majías, P. R. (2009). Simulación de Líneas de Producción y Servicios. Caracas.
- Bohórquez Majías, P. R. (Mediante el Uso PYTHON- SIMPY. ). Simulación de Líneas de Producción y Servicios. Caracas.
- Box, J., & Jenkins, G. M. (2001). Time Series Analysis, Forecasting and Control. Mexico: Iberoamericana.
- Centro de la Industria Láctea. (2015).
- Centro de la Industria Láctea del Ecuador. (5 de Julio de 2014). Industria Láctea del Ecuador. Obtenido de <http://www.industrialáctea.gob.ec/bp-070-el-futuro-de-la-industria-lechera-y-de-lacteos-se-analizara-al-mas-alto-nivel-en-quito/>
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2014). Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministro (Duodécima ed.). México: Mc Graw Hill.

- Cuesta Santos, A. (2005). Tecnología de Gestión de Recursos Humanos. Mexico: Academia.
- Dominguez Machuca, J., García Gonsález, S., Ruiz Jiménez, A., & Álvarez Gil, M. (1995). El sistema empresa y el subsistema de producción. México: Mc. Graw-Hill.
- Duran, F. (2007). INGENIERÍA DE MÉTODOS. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- FlexSim Problem Solved. . (2015). FlexSim User Manual. Obtenido de <https://www-docs.tu-cottbus.de/informationssysteme/public/Lehrveranstaltungen/ISU/PLogistik/Flex>
- Food and Agriculture Organization. (2015).
- Garcia Criollo, R. (2005). Estudio del trabajo: Ingenieria de metodos y medicion del trabajo. Mexico: Mc Graw Hill.
- García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. (2013). Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel. México: Pearson.
- Guasch Petit, A., Piera, M., & Casanovas, J. (2005). Modelado y Simulación: Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Barcelona: Edicions UPC.
- Gutierrez Pulido, H. (2010). CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD. Mexico: McGraw-Hill.
- Hanke, J. E., & Reitsch, A. (2000). Pronóstico en los Negocios. Prentice Hall.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). Principios de Administración de Operaciones (septima ed.). México: Pearson Education.
- Instituto de promoción de exportaciones e importaciones. (2014).

- Kanawaty, G. (2005). *Introducción al estudio del trabajo*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones: Procesos y cadenas de valor* (octava ed.). México: Pearson Educación.
- Marrero, F., Abreu, R., Taborda, B., Bravo, F., Mejía, D., & Grau, R. (2002). *Simulación de Sistemas*. Manizales.
- Marsan Castellano, J., & Otros. (1997). *La organización del trabajo: Estudio de tiempos*. Cuba: La Habana.
- Monks Joseph. (1995). *Administración de Ooperaciones*. Iberoamericana.
- Nievel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del*. Mexico: McGraw-Hill.
- Nieves Julbe, A. (2008). *La gestión integrada del capital humano como base para implementar las normas del ambiente de control interno en organizaciones cubanas*. Cuba: La Habana.
- Piera, M. A., Guasch, T., Casanova, J., & Ramos, J. (2006). *Como mejorar la logística de su empresa*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Pooch, U., & Wall, J. (2000). *Discrete Event Simulation:A practical approach*. CRC Press.
- Revilla Reyes, F. (2014). *Estudio de Organización del Trabajo en la ONAT del Municipio de Holguín*. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). Ecuador.
- Schroeder , R., Goldstein , S. M., & Rungtusanatham , M. (2005). *Administración de Operaciones* (Quinta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Suárez, A. (1990). *Proyecto de Organización de las Empresas Industriales*. La Habana: La Haban Editorial.
- Taboada Rodríguez, C. (1998). *Sistemas de Producción*. Mexico: Graw Hill.
- Urquía, A., & Martín, C. (2013). *Modelado y Simulación de Eventos Discretos*. Madrid.
- Winter Simulation Coference . (2016). *Winter Simulation Coference*.

## **ANEXOS**

# ANEXO 1

## UBICACIÓN DE LA EMPRESA



Google maps

## ANEXO 2

### NOMENCLATURA DE PRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN LUIS

Clasificación	Descripción	Presentación (gr)	Abreviatura
Quesos Frescos	San Luis	500 gr	QF-01
	Económico San Luis	350 gr	QF-02

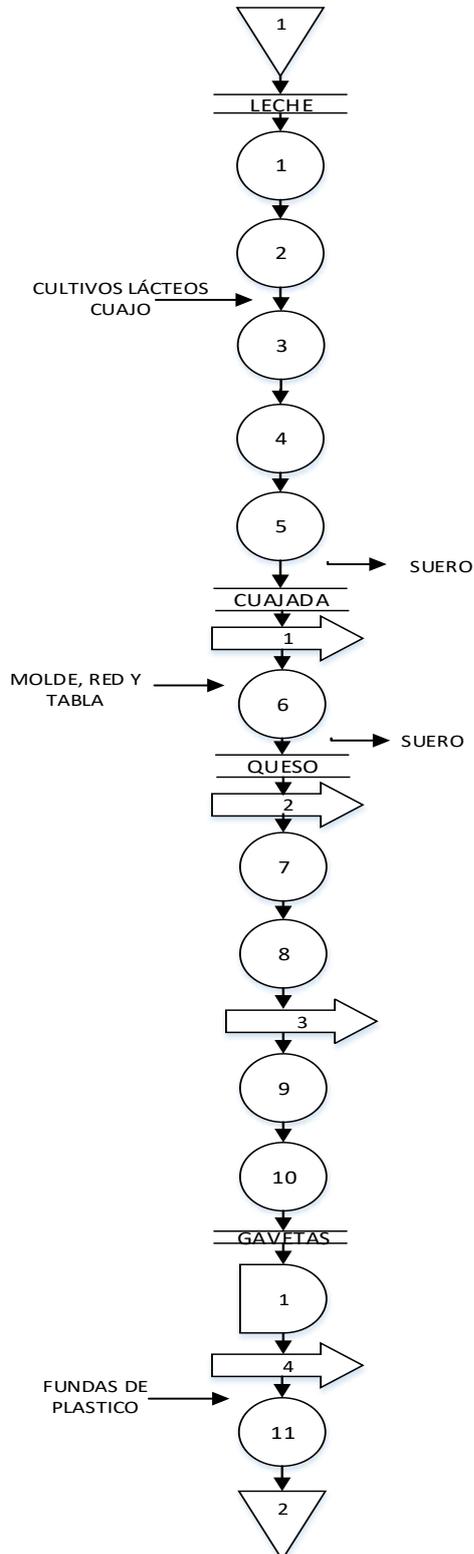
## ANEXO 3

### MAQUINARIA, EQUIPOS Y UTENSILIOS

Maquinaria	
Detalle	N° de Unidades
Marmita	4
Prensadora	1
Selladora al vacío	2
Placa de enfriamiento	4
Cuarto frío	2
Lira	1
Equipos	
Detalle	N° de Unidades
Salmuera	2
Mesas	5
Recipientes de suero	3
Contenedores de molde	2
Termómetro	2
Peachímetro	1
Balanza Digital	2
Estantería	1
Cortadora	2
Utensilios	
Gavetas, moldes, redes, tapas de moldes, tablas, tachos, baldes, cucharas, recipientes, manguera, redes.	

## ANEXO 4

### DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL QUESO FRESCO

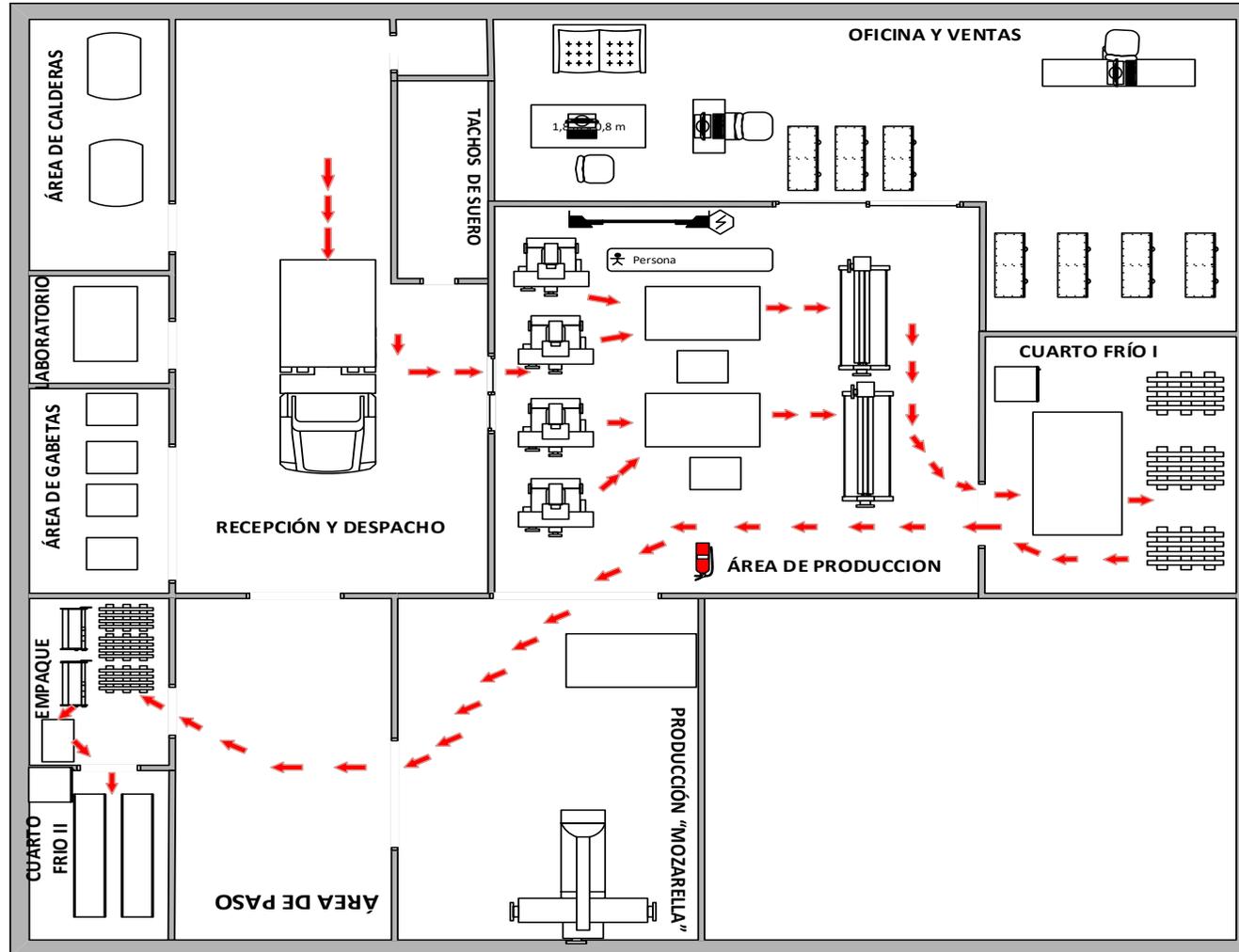


<b>LEYENDA</b>	
Operación	1 Pasteurizado 2 Enfriamiento 3 Cuajado 4 Cortado 5 Desuerado 6 Moldeado 7 Prensado 8 Desmembramiento 9 Salado 10 Retiro de Salmuera 11 Empacado
Transporte	1 Manual en baldes de 20 litros cada uno. 2 Manual en tablas de 8 y 12 quesos. 3 Manual en gavetas de 40 y 48 quesos. 4 Manual en gavetas.
Demora	1 Espera una noche en el cuarto frío I
Almacenamiento	1 Recepción de leche 2 Almacenamiento final en el cuarto frío II

O	T	I	D	A
11	4	0	1	2

# ANEXO 5

## LAYOUT DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SAN LUIS



## ANEXO 6

### MATRIZ DE RELACIÓN PRODUCTO-OPERACIONES

CLASIFICACIÓN	CARACTERISTICA	Operaciones Productos	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12
Quesos Fresco	Sometidos a un moldeado y salado.	QF-01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		QF-02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Subtotal			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total			24											

## ANEXO 7

### MEDICION DEL APROVECHAMIENTO DE LA JORNADA LABORAL MEDIANTE EL MÉTODO DE LAS OBSERVACIONES INSTANTÁNEAS MOI

Ilustración 1. Ingreso de observaciones realizadas al programa MedTrab

Entrada de los datos recolectados:

Día	Veces	Tiempo
6		TN

 Agregar

Tabla Resumen del Modelo del MOI:

Día	TN	TNN	Tamaño
1	77	23	100
2	75	25	100
3	73	27	100
4	156	44	200
5	75	25	100
6			

Ilustración 2. Cálculo de la cantidad de veces que el trabajador se encontraba trabajando / no trabajando y tamaño de la muestra

**Puede seguir agregando datos hasta completar el tamaño óptimo.**

Volumen de Producción del MOI

**Cálculo de Nd del primer día**

$$q = \frac{Q}{N} = 0,230$$
$$p = \frac{P}{N} = 0,770$$
$$Nd = 1600 * \left( \frac{1-p}{p} \right) = 477,922$$

El Total de Observaciones a realizar es de:

**478**

**Ya tiene las observaciones necesarias.**

## Anexo 7 continuación...

### Ilustración 3. Recálculo de número de observaciones necesarias

Tabla Recálculo de Nd del MOI - [ Moi Damaris.moi ]

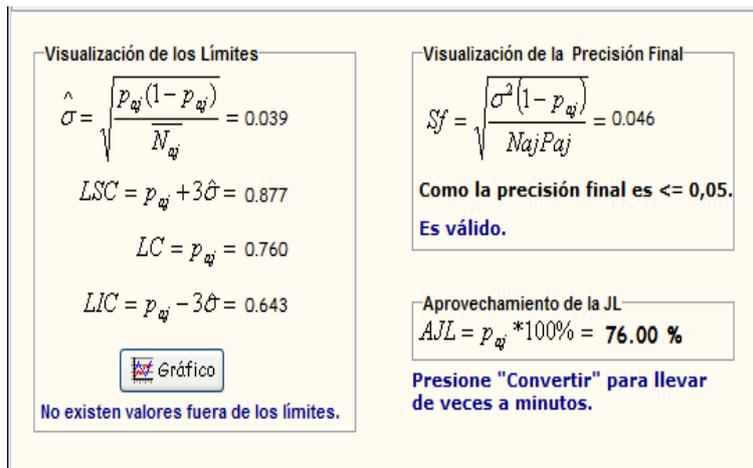
**Tabla Recálculo de Nd:**

Días	P	N	pai	Pa <sub>j</sub>	Na <sub>j</sub>	pa <sub>j</sub>	Nd <sub>j</sub>
1	77	100	0,77	77	100	0,77	477,92
2	75	100	0,75	152	200	0,76	505,26
3	73	100	0,73	225	300	0,75	533,33
4	156	200	0,78	381	500	0,76	505,26
5	75	100	0,75	456	600	0,76	505,26

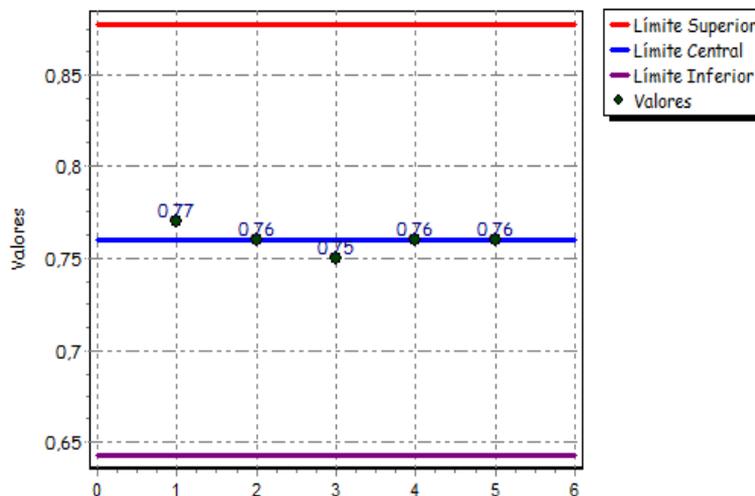
Como el Na<sub>j</sub> > Nd<sub>j</sub> se detiene el MOI el día 5

Gráfico Anterior Siguiente

### Ilustración 4. Calculo de límite superior, central e inferior y determinación de la precisión



### Ilustración 5. Grafico Acumulativo de Control



## Anexo 7 continuación...

### Ilustración 6. Calculo del Aprovechamiento de la Jornada Laboral

Aprovechamiento de la JL

$$AJL = p_{aj} * 100\% = 76.00 \%$$

**Presione el Botón 'Resultados' para continuar**

## ANEXO 8

### CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO MEDIANTE EL MÉTODO DE CRONOMETRAJE - MedTrap

#### CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE PROCESO DE RECEPCION DE LECHE (LLENADO)

**Ilustración 1.** Calculo del tamaño total de la muestra

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 10,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 487$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 0,07$$

El total de las observaciones a realizar es de :

26

**Ilustración 2.** Análisis de recorrido y media

**Análisis del Recorrido**

$D_3 = 0,00$

$D_4 = 3,27$

$LC = \bar{R} = 5,7692$

$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$

$LSC = D_4 \bar{R} = 18,8654$

**Análisis de la Media**

$A_3 = 1,88$

$LC = \bar{X} = 489,1923$

$LIC = \bar{X} - A_3 \bar{R} = 478,3462$

$LSC = \bar{X} + A_3 \bar{R} = 500,0385$

**Tabla 14.** Tiempo estándar de proceso de recepción de leche

TIEMPO ESTANDAR DE RECEPCION DE LECHE (LLENADO)	
minutos	segundos
8,153	489.18
intervalo de confianza $\pm 0,181$ min/u	

## Anexo 8 continuación...

### CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DEL PROCESO DE PASTEURIZADO

**Ilustración 3. Calculo del tamaño total de la muestra**

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 189,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 1937,5$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 1,61$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

**Ilustración 4. Análisis de recorrido y muestra**

Análisis del Recorrido	Análisis de la Media
$D_3 = 0,00$	$A_3 = 1,88$
$D_4 = 3,27$	
$LC = \bar{R} = 60,2308$	$LC = \bar{X} = 1935,8077$
$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$	$LIC = \bar{X} - A_3 \bar{R} = 1822,5738$
$LSC = D_4 \bar{R} = 196,9546$	$LSC = \bar{X} + A_3 \bar{R} = 2049,0415$
 No Existe Dispersión	 Hay Regularidad Estadística

**Tabla 15. Tiempo estándar de proceso de pasteurizado**

TIEMPO ESTANDAR DE PASTEURIZADO	
minutos	segundos
32,26	1935,808
intervalo de confianza $\pm 113,234$ seg/u	

## Anexo 8 continuación...

### CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO

**Ilustración 5. Calculo del tamaño total de la muestra**

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 10,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 183,9$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 0,50$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

**Ilustración 6. Análisis de recorrido y muestra**

Análisis del Recorrido	Análisis de la Media
$D_3 = 0,00$	$A_2 = 1,88$
$D_4 = 3,27$	
$LC = \bar{R} = 5,0769$	$LC = \bar{X} = 186,0769$
$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$	$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 176,5323$
$LSC = D_4 \bar{R} = 16,6015$	$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 195,6215$
 No Existe Dispersión	 Hay Regularidad Estadística

**Tabla 16. Tabla de tiempo estándar de proceso de enfriamiento**

TIEMPO ESTANDAR DE ENFRIAMIENTO	
minutos	segundos
3,10	186,077
intervalo de confianza $\pm 9,545$ seg/u	

## Anexo 8 continuación...

### CÁLCULO DE TIEMPO ESTANDAR DEL PROCESO DE COAGULACIÓN

**Ilustración 7. Calculo del tamaño total de la muestra**

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}} = 99,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 1280,9$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 1,01$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

**Ilustración 8. Análisis de recorrido y muestra**

Análisis del Recorrido	Análisis de la Media
$D_3 = 0,00$	$A_2 = 1,88$
$D_4 = 3,27$	
$LC = \bar{R} = 37,6923$	$LC = \bar{\bar{X}} = 1287,0000$
$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$	$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 1216,1385$
$LSC = D_4 \bar{R} = 123,2538$	$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 1357,8615$
 Gráfico	 Gráfico
No Existe Dispersión	Hay Regularidad Estadística

**Tabla 17. Tabla de tiempo estándar de proceso de enfriamiento**

TIEMPO ESTANDAR DE CUAJADO	
minutos	segundos
21,45	1.287,000
intervalo de confianza $\pm 70,862\text{seg/u}$	

Anexo 8 continuación...

CÁLCULO DE TIEMPO ESTANDAR DEL PROCESO DE CORTE

Ilustración 9. Calculo del tamaño total de la muestra

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 70,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 903,1$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 1,02$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

Ilustración 10. Análisis de recorrido y muestra

Análisis del Recorrido	Análisis de la Media
$D_3 = 0,00$	$A_2 = 1,88$
$D_4 = 3,27$	
$LC = \bar{R} = 21,5000$	$LC = \bar{X} = 915,3333$
$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$	$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 874,9133$
$LSC = D_4 \bar{R} = 70,3050$	$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 955,7533$
 No Existe Dispersión	 Hay Regularidad Estadística

Tabla 18. Tiempo estándar del proceso de corte

TIEMPO ESTANDAR DE CORTE	
minutos	segundos
15,26	915,333
intervalo de confianza ± 40,420seg/u	

Anexo 8 continuación...

CÁLCULO DE TIEMPO ESTANDAR DEL PROCESO DE DESUERADO

Ilustración 11. Calculo del tamaño total de la muestra

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 53.00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 879.3$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 0.61$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

Ilustración 12. Análisis de recorrido y muestra

Análisis del Recorrido	Análisis de la Media
$D_3 = 0.00$	$A_2 = 1.88$
$D_4 = 3.27$	
$LC = \bar{R} = 21,5833$	$LC = \bar{X} = 891,2083$
$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$	$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 850,6317$
$LSC = D_4 \bar{R} = 70,5775$	$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 931,7850$
	
No Existe Dispersión	Hay Regularidad Estadística

Tabla 19. Tiempo estándar del proceso de desuerado

TIEMPO ESTANDAR DE DESUERADO	
minutos	segundos
14,85	891,208
intervalo de confianza $\pm 40,577$ seg/u	

Anexo 8 continuación...

CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TRANSPORTACIÓN (MARMITA – MESA)

Ilustración 13. Calculo del tamaño total de la muestra

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 180,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 1603,7$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 2,13$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

Ilustración 14. Análisis de recorrido y muestra

**Análisis del Recorrido**

$D_3 = 0,00$

$D_4 = 3,27$

$LC = \bar{R} = 34,5000$

$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$

$LSC = D_4 \bar{R} = 112,8150$



No Existe Dispersión

**Análisis de la Media**

$A_1 = 1,88$

$LC = \bar{X} = 1657,0000$

$LIC = \bar{X} - A_1 \bar{R} = 1592,1400$

$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 1721,8600$



Hay Regularidad Estadística

Tabla 20. Tiempo estándar de transportación (marmita–mesa)

TIEMPO ESTANDAR DE TRANSPORTACION	
minutos	segundos
27,62	1.657,000
intervalo de confianza ± 64,860 seg/u	

## Anexo 8 continuación...

### CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DEL PROCESO DE MOLDEADO

**Ilustración 15. Calculo del tamaño total de la muestra**

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 226,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 2422$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 1,47$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

**Ilustración 16. Análisis de recorrido y muestra**

**Análisis del Recorrido**

$D_3 = 0,00$

$D_4 = 3,27$

$LC = \bar{R} = 72,3077$

$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$

$LSC = D_4 \bar{R} = 236,4462$

 **Gráfico**

No Existe Dispersión

**Análisis de la Media**

$A_2 = 1,88$

$LC = \bar{X} = 2418,1538$

$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 2282,2154$

$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 2554,0923$

 **Gráfico**

Hay Regularidad Estadística

**Tabla 21. Tiempo estándar de moldeado**

TIEMPO ESTANDAR DE MOLDEADO	
minutos	segundos
40,30	2.418,154
intervalo de confianza $\pm 135,938$ seg/u	

Anexo 8 continuación...

CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TRANSPORTE 2 (MESA – PRENSA)

Ilustración 17. Calculo del tamaño total de la muestra

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n} = 108,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 727,4$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 3,73$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

Ilustración 18. Análisis de recorrido y muestra

Análisis del Recorrido	Análisis de la Media
$D_3 = 0,00$	$A_2 = 1,88$
$D_4 = 3,27$	
$LC = \bar{R} = 10,0769$	$LC = \bar{X} = 739,8077$
$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$	$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 720,8631$
$LSC = D_4 \bar{R} = 32,9515$	$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 758,7523$
	
No Existe Dispersión	Hay Regularidad Estadística

Tabla 22. Tiempo estándar de transporte (mesa-prensa)

TIEMPO ESTANDAR DE TRANSPORTE 2 (MESA-PRENSA)	
minutos	segundos
12,33	739,808
intervalo de confianza ± 18,945 seg/u	

Anexo 8 continuación...

CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DEL PROCESO DE DESMEMBRAMIENTO

Ilustración 19. Calculo del tamaño total de la muestra

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 61,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 765,1$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 1,07$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

Ilustración 20. Análisis de recorrido y muestra

Análisis del Recorrido	Análisis de la Media
$D_3 = 0,00$	$A_2 = 1,88$
$D_4 = 3,27$	
$LC = \bar{R} = 19,6154$	$LC = \bar{X} = 767,3462$
$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$	$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 730,4692$
$LSC = D_4 \bar{R} = 64,1423$	$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 804,2231$
 Gráfico	 Gráfico
No Existe Dispersión	Hay Regularidad Estadística

Tabla 23. Tiempo estándar de desmembramiento

TIEMPO ESTANDAR DE DESMEMBRAMIENTO	
minutos	segundos
12,79	767,346
intervalo de confianza $\pm 36.877$ seg/u	

Anexo 8 continuación...

## CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DE TRANSPORTE 3 (PRENSA - SALADO)

**Ilustración 21. Calculo del tamaño total de la muestra**

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}} = 89,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 319,7$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 13,10$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

**Ilustración 22. Análisis de recorrido y muestra**

**Análisis del Recorrido**

$D_3 = 0,00$

$D_4 = 3,27$

$LC = \bar{R} = 19,6154$

$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$

$LSC = D_4 \bar{R} = 64,1423$

 **Gráficoar**

No Existe Dispersión

**Análisis de la Media**

$A_2 = 1,88$

$LC = \bar{X} = 317,0385$

$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 280,1615$

$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 353,9154$

 **Gráficoar**

Hay Regularidad Estadística

**Tabla 24. Tiempo estándar de transporte (prensa-salado)**

TIEMPO ESTANDAR DE TRANSPORTE 3 (PRENSA-SALADO)	
minutos	segundos
5,28	317,038
intervalo de confianza $\pm 36.877$ seg/u	

**Anexo 8 continuación...**

## CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DEL PROCESO DE SALADO

**Ilustración 23. Calculo del tamaño total de la muestra**

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}} = 2700,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 8766$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 16,03$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

**Ilustración 24. Análisis de recorrido y muestra**

Análisis del Recorrido	Análisis de la Media
$D_3 = 0,00$	$A_2 = 1,88$
$D_4 = 3,27$	
$LC = \bar{R} = 903,0769$	$LC = \bar{X} = 8911,5385$
$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$	$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 7213,7538$
$LSC = D_4 \bar{R} = 2953,0615$	$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 10609,3231$
 Gráfico	 Gráfico
No Existe Dispersión	Hay Regularidad Estadística

**Tabla 25. Tiempo estándar de salado**

TIEMPO ESTANDAR DE SALADO	
minutos	segundos
148,53	8.911,538
intervalo de confianza $\pm 1697,785$ seg/u	

## Anexo 8 continuación...

### CALCULO DE TIEMPO ESTANDAR DEL PROCESO DE RETIRO DE SALMUERA

Ilustración 25. Calculo del tamaño total de la muestra

**Cálculo del Tamaño Total de la Muestra**

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 65,00$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = 1376,3$$

$$Nd = 169 * \frac{R^2}{\bar{X}^2} = 0,38$$

El total de las observaciones a realizar es de :

**26**

 **Calcular**

Ilustración 26. Análisis de recorrido y muestra

Análisis del Recorrido	Análisis de la Media
$D_3 = 0,00$	$A_2 = 1,88$
$D_4 = 3,27$	
$LC = \bar{R} = 17,8462$	$LC = \bar{X} = 1374,8462$
$LIC = D_3 \bar{R} = 0,0000$	$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 1341,2954$
$LSC = D_4 \bar{R} = 58,3569$	$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 1408,3969$
	
No Existe Dispersión	Hay Regularidad Estadística

Tabla 26. Tiempo estándar de retiro de salmuera

TIEMPO ESTANDAR DE RETIRO DE SALMUERA	
minutos	segundos
22,91	1.374,846
intervalo de confianza $\pm 33,551$ seg/u	

## ANEXO 9

### ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE REACCIÓN

**Tabla 1. Pedidos de abril a junio del 2015**

No. Pedido	Cliente	Cantidad solicitada	FE recepción	FE convenida	FE real	FE conv-FE recep	FE real-FE recep	Pedidos dentro del plazo	Reclamos por cantidad
1	Caterpremier S.A	200	04/04/2015	05/04/2015	06/04/2015	1	2	0	1
2	Mejía Valladares Migdalia	320	04/04/2015	06/04/2015	08/04/2015	2	4	0	1
3	Caterexpres S.A	220	05/04/2015	07/04/2015	08/04/2015	2	3	0	1
4	Mega Santa María	300	05/04/2015	06/04/2015	06/04/2015	1	1	1	0
5	Jacis CIA. LTDA	280	06/04/2015	08/04/2015	08/04/2015	2	2	1	0
6	Mishan Services	200	06/04/2015	07/04/2015	09/04/2015	1	3	0	1
7	Caterpremier S.A	300	08/04/2015	11/04/2015	11/04/2015	3	3	1	0
8	Agrocatering y Servicios S.A	230	08/04/2015	11/04/2015	13/04/2015	3	5	0	1
9	Mega Santa María	200	11/04/2015	12/04/2015	14/04/2015	1	3	0	1
10	Mishan Services	100	11/04/2015	12/04/2015	13/04/2015	1	2	0	1
11	Elacep S.A	150	11/04/2015	12/04/2015	12/04/2015	1	1	1	
12	Caterpremier S.A	50	11/04/2015	15/04/2015	17/04/2015	1	2	0	1
13	L Monde Gourmet	130	13/04/2015	15/04/2015	16/04/2015	2	3	0	1
14	Compañía Andina de Alimentos	250	13/04/2015	14/04/2015	13/04/2015	1	0	0	1
16	Mega Santa María	140	13/04/2015	14/04/2015	15/04/2015	1	2	0	1
15	Mishan Services	300	15/04/2015	17/04/2015	16/04/2015	2	1	0	1
17	Sihama CIA. LTDA	180	15/04/2015	18/04/2015	16/04/2015	3	1	0	1
18	Compañía Andina de Alimentos	200	18/04/2015	20/04/2015	20/04/2015	2	2	1	0
19	Mega Santa María	150	18/04/2015	19/04/2015	20/04/2015	4	6	0	1
20	Caterpremier S.A	180	18/04/2015	20/04/2015	21/04/2015	2	3	0	1
21	Mishan Services	480	19/04/2015	24/04/2015	21/04/2015	5	2	0	1

## Anexo 9 continuación...

No. Pedido	Cliente	Cantidad solicitada	FE recepción	FE convenida	FE real	FE conv-FE recep	FE real-FE recep	Pedidos dentro del plazo	Reclamos por cantidad
22	Mega Santa María	350	20/04/2015	20/04/2015	24/04/2015	0	4	0	1
23	Caterexpres S.A	100	20/04/2015	24/04/2015	23/04/2015	4	3	0	1
24	Compañía Andina de Alimentos	50	20/04/2015	23/04/2015	22/04/2015	3	2	0	1
25	Caterpremier S.A	400	22/04/2015	25/04/2015	25/04/2015	3	3	1	0
26	Emilia Arias	180	25/04/2015	26/04/2015	27/04/2015	1	2	0	1
27	Mega Santa María	300	25/04/2015	27/04/2015	28/04/2015	2	3	0	1
28	Shiana CIA .LTDA	50	25/04/2015	29/04/2015	27/04/2015	4	2	0	1
29	Mega Santa María	300	26/04/2015	28/04/2015	28/04/2015	2	2	1	0
30	Jacis CIA. LTDA	120	26/04/2015	27/04/2015	27/04/2015	1	1	1	0
31	Agrocatering y Servicios S.A	100	26/04/2015	29/04/2015	29/04/2015	3	3	1	0
32	Caterexpres S.A	200	27/04/2015	28/04/2015	29/04/2015	1	2	0	1
33	Mega Santa María	300	27/04/2015	28/04/2015	30/05/2015	1	3	0	1
35	Mishan Services	80	27/04/2015	29/04/2015	29/04/2015	2	2	1	0
34	Caterpremier S.A	560	29/04/2015	30/04/2015	29/04/2015	1	0	0	1
36	Mega Santa María	280	02/05/2015	05/05/2015	07/05/2015	3	5	0	1
37	L Monde Gourmet	70	02/05/2015	06/05/2015	05/05/2015	4	3	0	1
38	Mega Santa María	250	03/05/2015	05/04/2015	05/05/2015	2	2	1	0
39	Mishan Services	250	03/05/2015	06/05/2015	06/05/2015	3	3	1	0
40	Caterexpres S.A	250	04/05/2015	05/05/2015	04/05/2015	1	0	0	1
41	Sihama CIA. LTDA	220	04/05/2015	10/05/2015	08/05/2015	6	4	0	1
42	Jacis CIA. LTDA	100	05/05/2015	06/05/2015	06/05/2015	1	1	1	0
43	Mega Santa María	380	05/05/2015	09/05/2015	11/05/2015	4	6	0	1
44	Mega Santa María	250	09/05/2015	12/05/2015	12/05/2015	3	3	1	0
45	Mega Santa María	120	09/05/2015	11/05/2015	11/05/2015	2	2	1	0
46	Compañía Andina de Alimentos	150	09/05/2015	11/05/2015	11/05/2015	2	2	1	0
47	Mega Santa María	500	10/05/2015	12/05/2015	12/05/2015	2	2	1	0

## Anexo 9 continuación...

No. Pedido	Cliente	Cantidad solicitada	FE recepción	FE convenida	FE real	FE conv-FE recep	FE real-FE recep	Pedidos dentro del plazo	Reclamos por cantidad
48	Jacis CIA. LTDA	100	11/05/2015	12/05/2015	12/05/2015	1	1	1	0
49	Emilia Arias	100	11/05/2015	12/05/2015	12/05/2015	1	1	1	0
50	Mishan Services	170	11/05/2015	16/05/2015	12/05/2015	5	1	0	1
51	Shiana CIA .LTDA	200	11/05/2015	12/05/2015	13/04/2015	1	2	0	1
52	Mega Santa María	300	13/05/2015	15/05/2015	17/05/2015	2	4	0	1
53	Caterexpres S.A	180	13/05/2015	14/05/2015	14/05/2015	1	1	1	0
54	L Monde Gourmet	200	16/05/2015	17/05/2015	18/05/2015	1	2	0	1
55	Mega Santa María	280	16/05/2015	17/05/2015	17/05/2015	1	1	1	0
56	Mega Santa María	450	17/05/2015	17/05/2015	19/05/2015	0	2	0	1
57	Mega Santa María	200	18/05/2015	19/05/2015	20/04/2015	1	2	0	1
58	Elacep S.A.	120	18/05/2015	19/05/2015	19/05/2015	3	3	1	0
59	Mega Santa María	100	18/05/2015	23/05/2015	21/05/2015	5	3	0	1
60	Shiana CIA .LTDA	100	18/05/2016	20/05/2015	20/05/2015	2	2	1	1
61	Compañía Andina de Alimentos	300	20/05/2016	21/05/2015	21/05/2015	1	1	1	0
62	Jacis CIA. LTDA	100	23/05/2015	27/05/2015	26/05/2015	4	3	0	1
63	Mega Santa María	370	23/05/2015	24/05/2015	25/05/2015	1	2	0	1
64	Mega Santa María	150	25/05/2015	27/05/2015	26/04/2015	2	1	0	1
65	Mishan Services	230	25/05/2015	29/05/2015	27/05/2015	4	2	0	1
66	Emilia Arias	130	25/05/2015	26/05/2015	26/05/2015	1	1	1	0
67	Mega Santa María	400	24/05/2015	26/05/2015	28/05/2015	2	2	1	0
68	Jacis CIA. LTDA	380	26/05/2015	27/05/2015	26/05/2015	1	0	0	1
69	Mega Santa María	520	27/05/2015	30/05/2015	30/06/2015	3	3	1	0
70	Shiana CIA .LTDA	500	30/05/2015	03/06/2015	02/06/2015	4	3	0	1
71	Caterexpres S.A	180	01/06/2015	02/06/2015	02/06/2015	1	1	1	0
72	Compañía Andina de Alimentos	300	01/06/2015	03/06/2015	01/06/2015	2	0	0	1
73	Mishan Services	280	02/06/2015	03/06/2015	03/06/2015	1	1	1	0
74	Mega Santa María	200	02/05/2015	04/06/2015	05/06/2015	2	3	0	1

## Anexo 9 continuación...

No. Pedido	Cliente	Cantidad solicitada	FE recepción	FE convenida	FE real	FE conv-FE recep	FE real-FE recep	Pedidos dentro del plazo	Reclamos por cantidad
75	Agrocatering y Servicios S.A	460	03/06/2015	04/06/2015	04/06/2015	1	1	0	1
76	Caterpremier S.A	470	06/06/2015	08/06/2015	08/06/2015	2	2	1	0
77	Mega Santa María	440	07/06/2015	09/06/2015	10/06/2015	1	3	0	1
78	Jacis CIA. LTDA	130	07/06/2015	10/06/2015	08/06/2015	3	1	0	1
79	L Monde Gourmet	420	08/06/2015	11/06/2015	11/06/2015	3	3	1	0
80	Elacep S.A.	540	10/06/2015	11/06/2015	12/06/2015	1	2	0	1
81	Mega Santa María	390	13/06/2015	14/06/2015	15/06/2015	1	2	0	1
82	Jacis CIA. LTDA	360	14/06/2015	14/06/2015	15/06/2015	0	1	0	1
83	Shiana CIA .LTDA	120	14/06/2015	16/06/2015	16/06/2015	2	2	1	0
84	Mega Santa María	420	15/06/2015	16/06/2015	17/06/2015	1	2	0	1
85	Mega Santa María	520	16/06/2015	16/06/2015	18/06/2015	1	3	0	1
86	Caterpremier S.A	50	17/06/2015	19/06/2015	19/06/2015	2	2	1	0
87	Mega Santa María	300	20/06/2015	22/06/2015	23/06/2015	2	3	0	1
88	Agrocatering y Servicios S.A	130	20/06/2015	21/06/2015	21/06/2015	1	1	1	0
89	Mega Santa María	100	20/06/2015	22/06/2015	23/06/2015	2	3	0	1
90	Mega Santa María	300	21/06/2015	24/06/2015	24/06/2015	3	3	1	0
91	Jacis CIA. LTDA	100	21/06/2015	23/06/2015	22/06/2015	2	1	0	1
92	Compañía Andina de Alimentos	400	22/06/2015	23/06/2015	23/06/2015	1	1	1	0
93	Shiana CIA .LTDA	250	23/06/2015	25/06/2015	25/06/2015	2	2	1	0
94	Caterpremier S.A	230	23/06/2015	24/06/2015	23/06/2015	1	0	0	1
95	Mega Santa María	480	24/06/2015	25/06/2015	26/06/2015	1	2	0	1
96	Mega Santa María	200	27/06/2015	28/06/2015	28/06/2015	1	1	1	0
97	Jacis CIA. LTDA	50	27/06/2015	28/06/2015	28/06/2015	1	1	1	0
98	Caterpremier S.A	150	27/06/2015	30/06/2015	30/06/2015	3	2	0	1
99	L Monde Gourmet	80	27/06/2015	29/06/2015	29/06/2015	2	2	1	0
Total						1,98	2,11	40	59

## ANEXO 10

### ENCUESTA PARA EVALUAR EL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La presente encuesta tiene como finalidad detectar los principales problemas que existen en el área de producción y en el puesto de trabajo, para plantear soluciones que permitan eliminar los problemas detectados y con ello proporcionar una mejora significativa a la empresa.

**Marque con una X su categoría ocupacional:**

Gerente: ..... Jefe de producción: ..... Operario: .....

Preguntas	Opciones	
	SI	NO
<b>Inventario</b>		
1.- ¿Conoce el valor de los inventarios acumulados en la organización? En caso afirmativo, especifique su cuantía: .....		
2.- ¿Conoce el valor mínimo de los inventarios necesarios para que funcione su organización? En caso afirmativo, especifique su cuantía: .....		
<b>Sistema-Cliente</b>		
3.- ¿Considera que cumple los plazos de entrega a su cliente de inmediato? En caso afirmativo, especifique el plazo: .....		
4.- ¿Considera posible dar una respuesta al cliente, sobre la situación de su pedido? En caso afirmativo, especifique el tiempo que demora en dar dicha respuesta: .....		

## Anexo 10 continuación...

Producción	SI	NO
5.- ¿Conoce los recursos críticos que intervienen en la elaboración de una unidad de producto o en la actividad que realiza? En caso afirmativo, especifique tres de estos recursos: .....		
6.- ¿Conoce la producción real obtenida en diferentes períodos de tiempo? En caso afirmativo especifique: La cuantía incluyendo el período de tiempo considerado: ..... El tiempo necesario para obtener esa información: .....		
7.- ¿Conoce la capacidad de producción del área por la cual responde? En caso afirmativo especifique la cuantía incluyendo el período de tiempo considerado.....		
8.- ¿Existen en su área de trabajo, producciones atrasadas? En caso afirmativo, especifique de cuándo data el mayor atraso: .....		
9.- ¿Conoce con antelación la tarea diaria que realiza? En caso afirmativo, especifique el plazo de antelación: .....		
10.- ¿Al asignarle una orden de trabajo, dispone de todos los recursos necesarios?		
11.- ¿Considera que determinados pedidos urgentes desordenan su trabajo y le impiden cumplir con otros clientes? En caso afirmativo, especifique si es: Frecuentemente: ..... Poco frecuente: .....		
<b>Empresa</b>		
12.- ¿Repercuten sobre sus condiciones de trabajo, el mejoramiento de los resultados de la organización?		

## Anexo 10 continuación...

<b>Empresa</b>			
13.- ¿Existen en la organización proyectos de mejora para el incremento de la competitividad (reducción de <i>stocks</i> , costes, incremento de la flexibilidad y otros)? En caso afirmativo, especifique cuáles: .....			
14.- ¿Recibe documentación técnica actualizada?			
15.- ¿Qué acceso tiene a los cursos de superación? Bueno: ..... Regular: ..... Malo: ..... No Existe: .....			
16.- Especifique los tres problemas más importantes que en su criterio existen en la empresa.			

## ANEXO 11

### TABULACIÓN DE LA ENCUESTA

1.- ¿Conoce el valor de los inventarios acumulados en la organización?		
N° de Trabajadores	Opción	Resultado
3	Si	27%
8	No	73%



2.- ¿Conoce para que funcione su...		
N° de Trabajadores	Opción	Resultado
6	Si	55%
5	No	45%



3.- ¿Considera inmediato?		
N° de Trabajadores	Opción	Resultado
4	Si	36%
7	No	64%



## Anexo 11 continuación...

4.- ¿Considera posible dar una respuesta al cliente, sobre la situación de su pedido?		
N° de Trabajadores	Opción	Resultado
3	Si	27%
8	No	73%



5.- ¿Conoce la producción real obtenida en diferentes períodos de tiempo?	
N° de Trabajadores	Opción
	Si
	No



6.- ¿Conoce la producción real obtenida en diferentes períodos de tiempo?		
N° de Trabajadores	Opción	Resultado
2	Si	18%
9	No	82%



## Anexo 11 continuación...

7.- ¿Conoce la capacidad de producción del área por la cual responde?

N° de Trabajadores	Opción	Resultado
2	Si	18%
9	No	82%



8.- ¿Existen en su área de trabajo, producciones atrasadas?

N° de Trabajadores	Opción	Resultado
7	Si	64%
4	No	36%



9.- ¿Conoce con antelación la tarea diaria que realiza?

N° de Trabajadores	Opción	Resultado
4	Si	36%
7	No	64%



## Anexo 11 continuación...

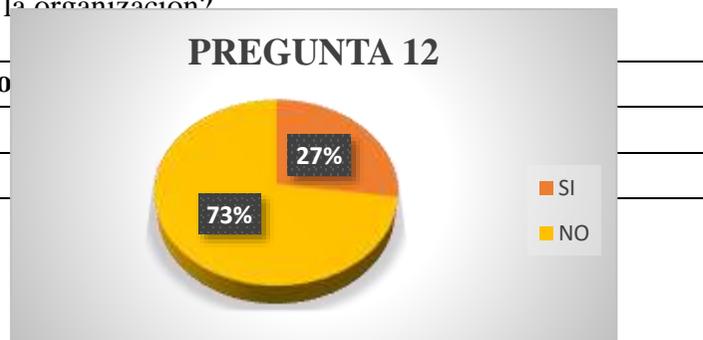
10.- ¿Al asignarle una orden de trabajo, dispone de todos los recursos necesarios?		
N° de Trabajadores	Opción	Resultado
6	Si	55%
5	No	45%



11.- ¿Considera que el trabajo y le impide...		
N° de Trabajado	Opción	Resultado
5	Si	64%
6	No	36%



12.- ¿Repercuten sobre sus condiciones de trabajo, el mejoramiento de los resultados de la organización?		
N° de Trabajado	Opción	Resultado
3	Si	27%
8	NO	73%



**Anexo 11 continuación...**

13.- ¿Existen en la organización proyectos de mejora para el incremento de la competitividad (reducción de <i>stocks</i> , costes, incremento de la flexibilidad y otros)?		
Nº de Trabajadores	Opción	Resultado
6	Si	55%
5	No	45%
14.- ¿Recibe documentación técnica actualizada?		
Nº de Trabajador		
3		
8		



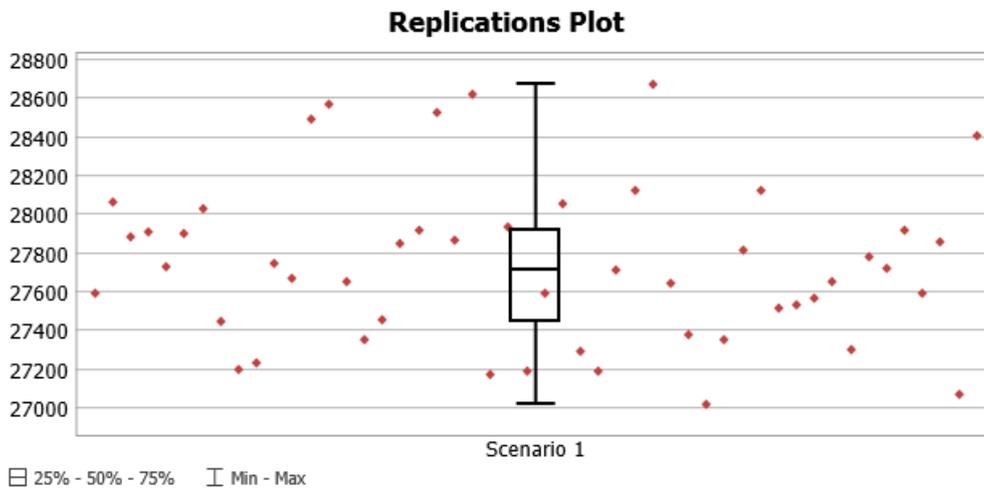
15.- ¿Qué a	<p style="text-align: center;"><b>PREGUNTA 15</b></p> <table border="1"> <tr> <td>BUENO</td> <td>27%</td> </tr> <tr> <td>REGULAR</td> <td>27%</td> </tr> <tr> <td>MALO</td> <td>46%</td> </tr> </table>	BUENO	27%	REGULAR	27%	MALO	46%	
BUENO		27%						
REGULAR		27%						
MALO		46%						
<b>N° de Trabajador</b>								
3								
3								
5								

## ANEXO 12

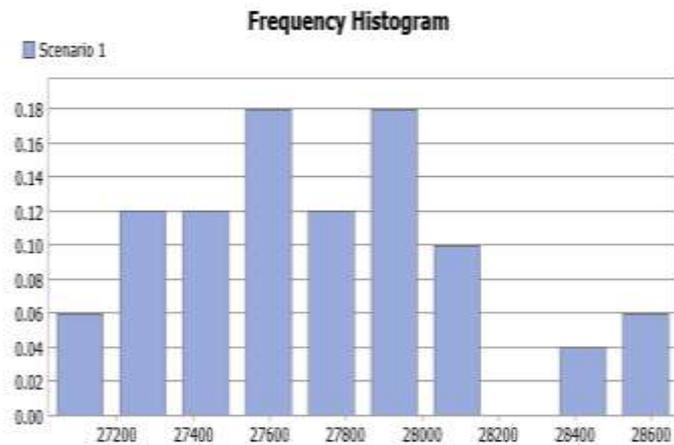
### CORRIDA PILOTO – INFORME DE EXPERIMENTACIÓN

**Ilustración 1. Informe de experimentación para tiempo de ciclo**

Summary								
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Scenario 1	27619	<	27737	<	27855	414	27020	28668



**Ilustración 2. Histograma de frecuencia para tiempo de ciclo**

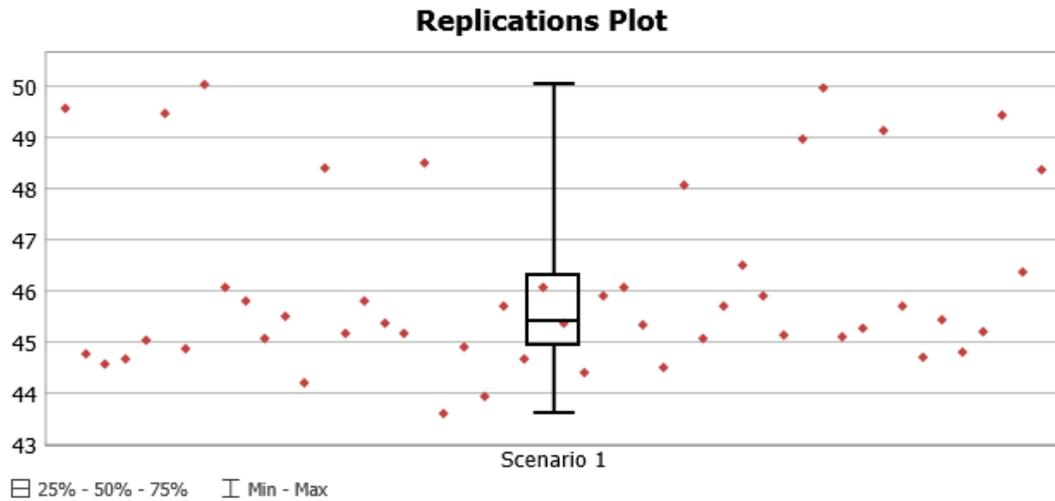


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Scenario 1	27589.226061	28061.333884	27882.405238	27912.413473	27731.788993	27901.226093	28029.241536	27442.15734	27200.619279	27230.579354	27744.317539

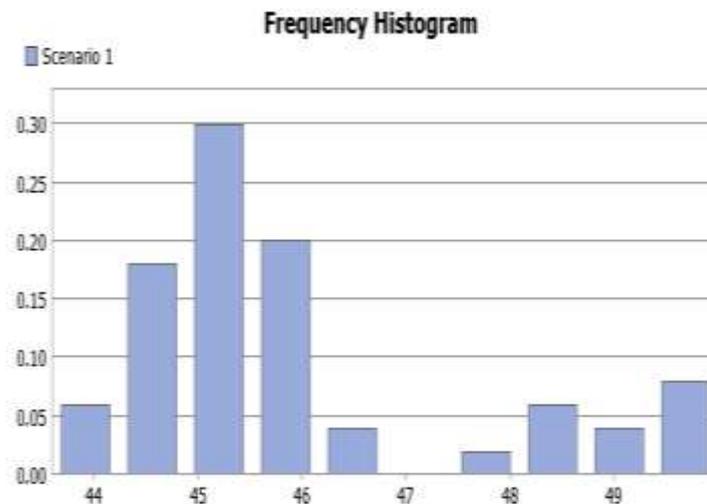
## Anexo 12 continuación...

**Ilustración 3. Informe de experimentación para el aprovechamiento de la jornada laboral**

Summary						
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Scenario 1	45.56	< 46.05	< 46.55	1.74	43.60	50.02



**Ilustración 4. Histograma de frecuencia para el aprovechamiento de la jornada laboral**

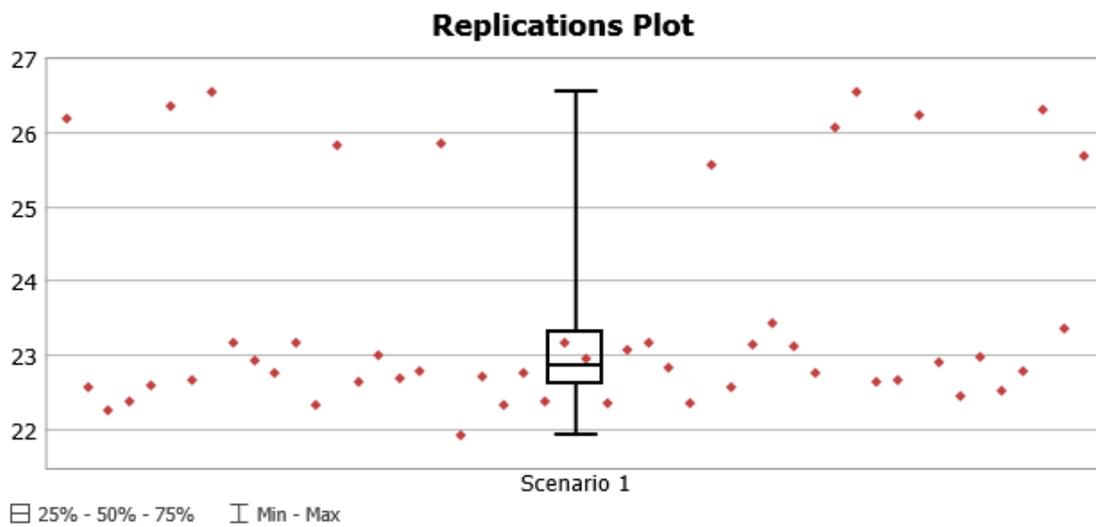


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Scenario 1	49.545295	44.744703	44.568835	44.66266	45.036531	49.45312	44.87042	50.017552	46.064605	45.795203	45.042321	45.505831	44.189185	48.382074

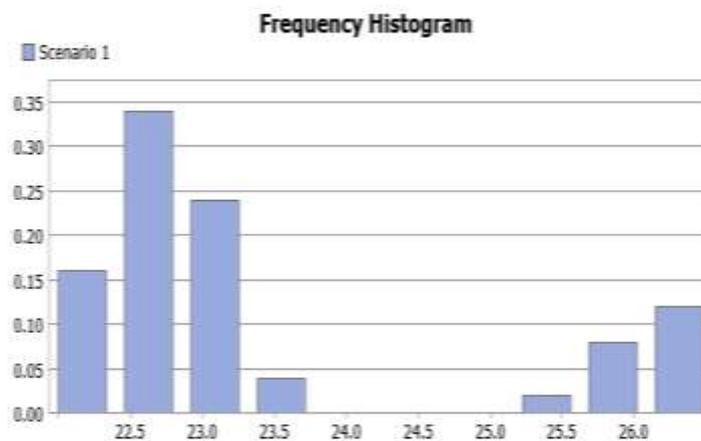
## Anexo 12 continuación...

### Ilustración 5. Informe de experimentación para el porcentaje operativo

Summary								
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Scenario 1	23.08	<	23.49	<	23.91	1.44	21.93	26.55



### Ilustración 6. Histograma de frecuencia para el porcentaje operativo

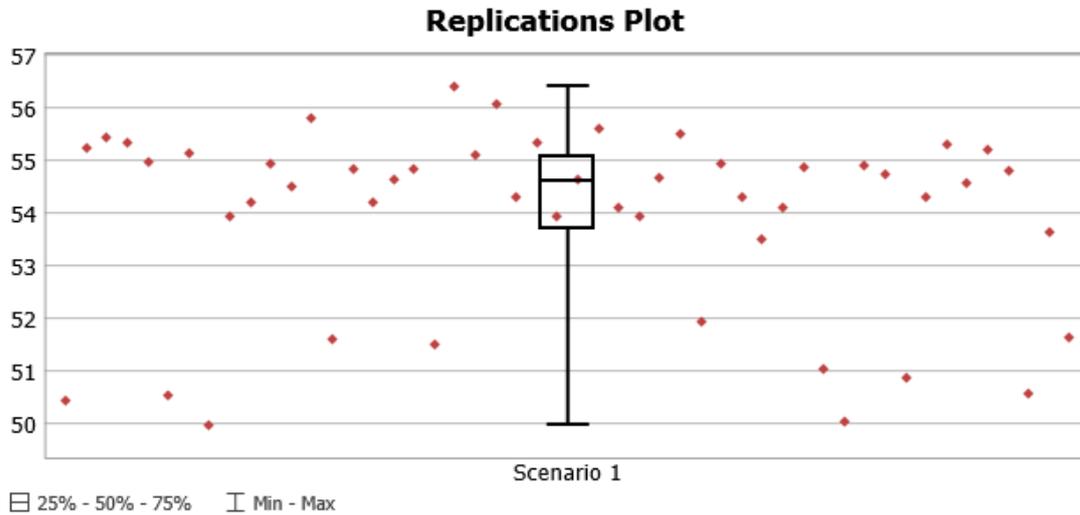


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Scenario 1	26.19938	22.578881	22.260769	22.378577	22.687306	26.368266	22.679219	26.546521	23.175875	22.931666	22.768242	23.173819	22.338456	25.832905

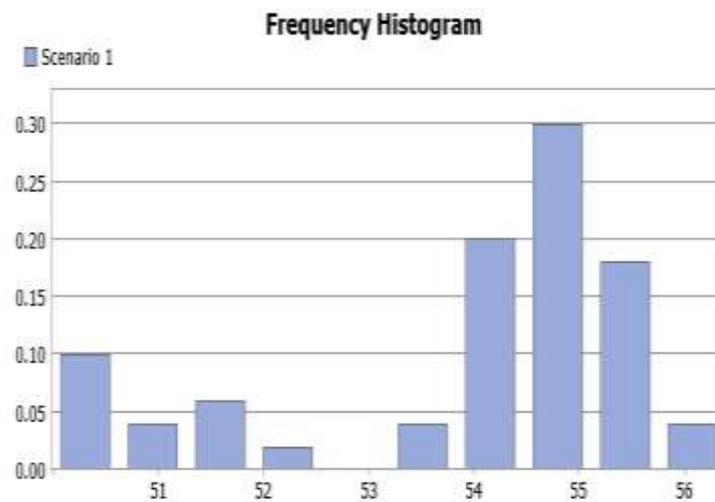
## Anexo 12 continuación...

### Ilustración 7. Informe de experimentación para el porcentaje inoperativo

Summary								
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Scenario 1	53.45	<	53.95	<	54.44	1.74	49.98	56.40



### Ilustración 8. Histograma de frecuencia para el porcentaje operativo

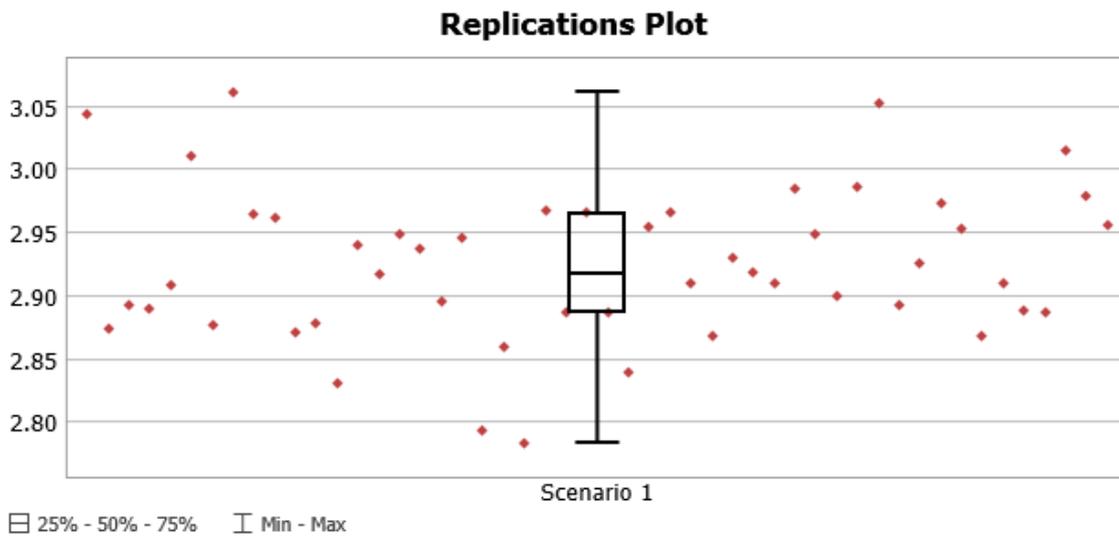


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Scenario 1	50.454705	55.255297	55.431165	55.33734	54.963469	50.54688	55.12958	49.982448	53.935395	54.204797	54.957679	54.494169	55.810815	51.617926

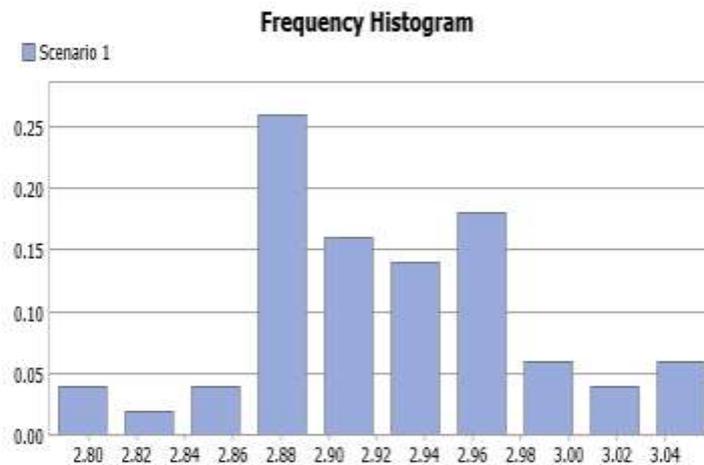
## Anexo 12 continuación...

**Ilustración 9.** Informe de experimentación de porcentaje de transporte con carga

Summary						
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Scenario 1	2.907	< 2.924	< 2.941	0.060	2.784	3.061



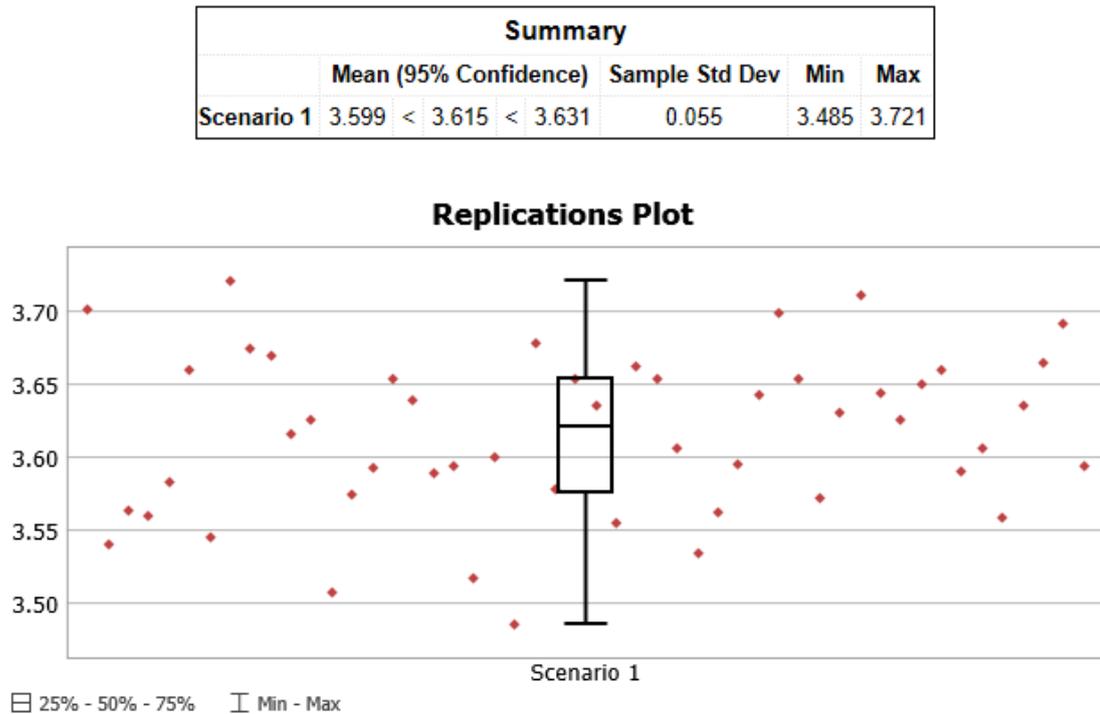
**Ilustración 11.** Histograma de frecuencia de porcentaje de transporte con carga



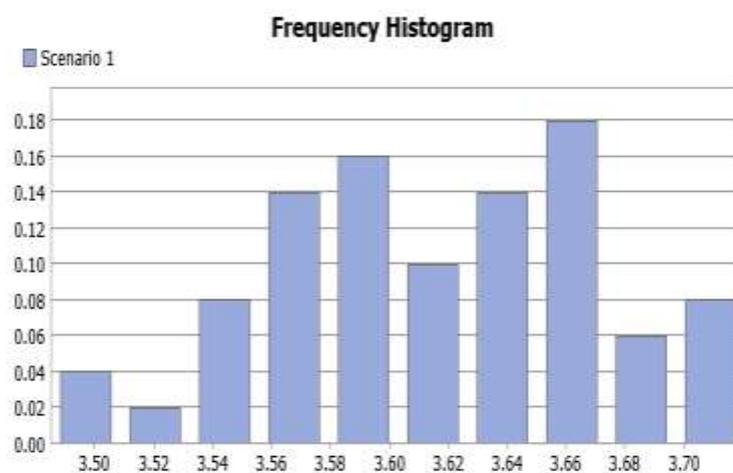
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Scenario 1	3.04424	2.874093	2.892537	2.889427	2.908247	3.010198	2.877384	3.060555	2.965039	2.961776	2.871209	2.878677	2.830574	2.940347	2.916669	2.948378

## Anexo 12 continuación...

**Ilustración 11.** Informe de experimentación de porcentaje de transporte sin carga



**Ilustración 12.** Histograma de frecuencia de porcentaje de transporte sin carga



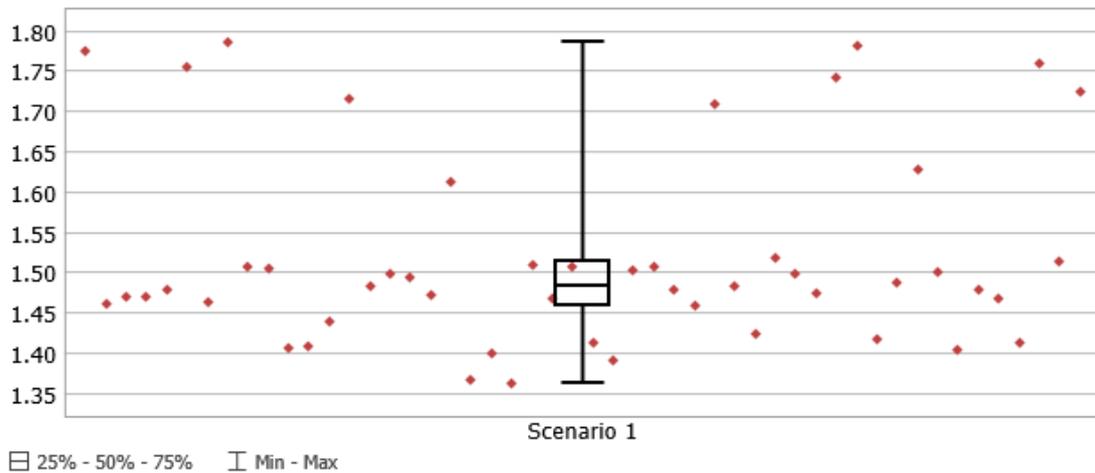
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Scenario 1	3.700992	3.540518	3.563238	3.559407	3.582591	3.659606	3.544572	3.720826	3.674061	3.670019	3.615854	3.625259	3.507443	3.574685	3.592966

## Anexo 12 continuación...

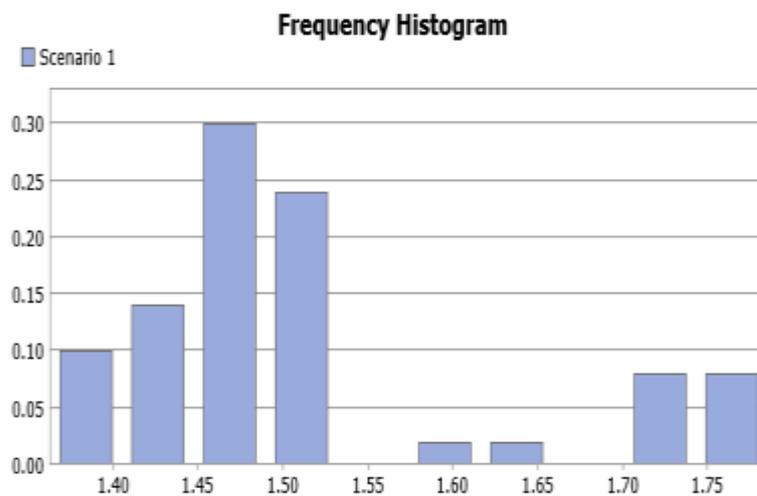
**Ilustración 13.** Informe de experimentación de porcentaje de carga

Summary						
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Scenario 1	1.486	< 1.520	< 1.554	0.120	1.363	1.786

**Replications Plot**



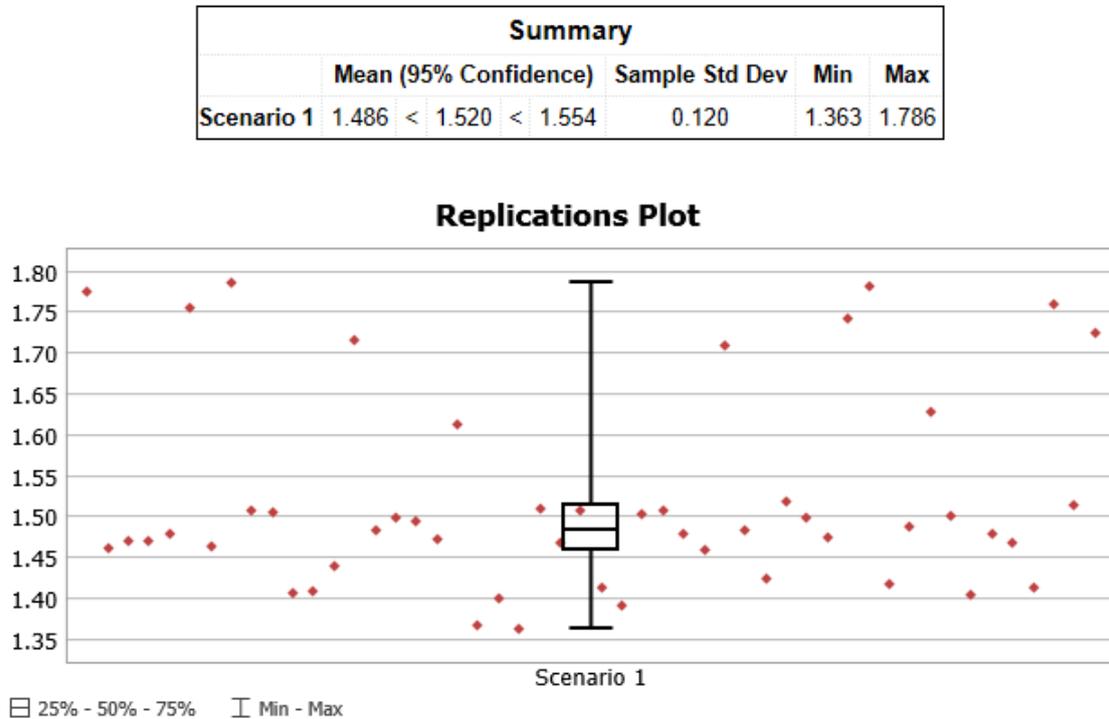
**Ilustración 14.** Histograma de frecuencia de porcentaje de carga



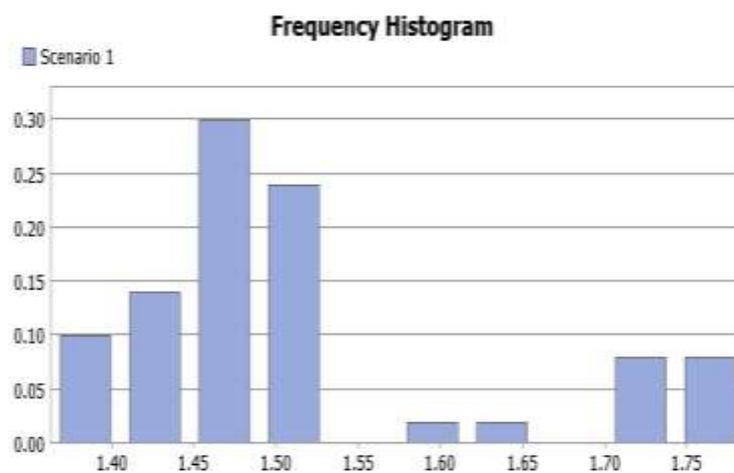
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Scenario 1	1.776056	1.461085	1.470461	1.468881	1.478448	1.756195	1.462758	1.785574	1.507319	1.50566	1.405693	1.409349	1.438962	1.715443	1.482729

## Anexo 12 continuación...

**Ilustración 15.** Informe de experimentación de porcentaje de descarga



**Ilustración 16.** Histograma de frecuencia de porcentaje de descarga



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Scenario 1	1.776056	1.461085	1.470461	1.468881	1.478448	1.756195	1.462758	1.785574	1.507319	1.50566	1.405693	1.409349	1.438962	1.715443	1.482729

## ANEXO 13

### BOMBA DE ACERO INOXIDABLE



#### Características

- Acero inoxidable de alta calidad (*Nota:* Optima cuenta con rodete Noryl)
- Modelos monofásicos y trifásicos disponibles
- Motores con capacitor dividido permanente, llenados con aire, clasificados para trabajo continuo
- Protección térmica integrada con restablecimiento automático
- Construida para funcionar parcial o totalmente sumergida
- Modelos de ½ a 1½ HP con junta doble del eje mecánico lubricada con aceite
- Cable de 20 pies aprobado por UL/CSA, de 16 AWG y resistente al agua
- Los modelos automáticos Optima y EPD slimline pueden funcionar en un depósito de 12" de diámetro o en un depósito cuadrado de 8" x 8"



*\*Nota: con certificación UL y CSA; solo el modelo Optima cuenta con la certificación UL.*

#### Gráfico de selección de EPD, Optima

#### Especificaciones estándar

		Automático	Manual
<b>Diseño</b>	Descarga	½ HP - 1½"	½ HP - 1½" de ½ HP hasta 1½ HP - 1½"
	Potencia	½, ¾, y 1 HP	½, ¾, 1, y 1½ HP
	Caudal	de 2,7 a 72 GPM	de 2,7 a 86 GPM
	Altura de elevación total	de 9,3 a 57 pies	de 9,3 a 57 pies
	Temp. máx. del líquido	122 °F/50 °C (140 °F/60 °C funcionamiento intermitente)	
	Sólidos	esféricos de 3/8" (2% por concentración)	
<b>Velocidad</b>		3600 RPM	
<b>Materiales</b>	Carcasa	Acero inoxidable 304L	
	Rodete	Acero inoxidable 304L*	
	Eje	Acero inoxidable 303	
	Estructura del motor	Acero inoxidable 304L	
	Sujetador	Acero inoxidable 304L	
<b>Construcción</b>	Junta del eje (doble)**		
	Material: superior	Fibra de carbono con NBR/cerámica - ½, ¾, 1, y 1½ HP	
	Material: inferior	Carburo de silicio con FPM/carburo de silicio - ½, ¾, 1, y 1½ HP	
	Tipo de rodete	Semiabierto	
	Cojinete	Cojinete de bolas sellado	
	Motor	Capacitor dividido permanente, clasificado para trabajo continuo, llenado con aire, aislamiento clase F, bipolar	
	Monofásico	115 V	115 V
	Trifásico		230V o 460V
Protección del motor†	Protección del motor integrada con restablecimiento automático		
<b>Cable de alimentación</b>	Monofásico	UL/CSA SJTOW-Con enchufe ECS N.º 250 con clavija de conexión a tierra - 20 pies Longitud, clasificada de 15 Amp 125V - NEMA 5-15P	
	Trifásico	UL/CSA STOW-Resistente al agua, camisa de extremo desnudo retirada en 2" y conductor desnudo de ¾"- 20 pies de longitud	
<b>Conmutador automático del flotador</b>		Flotador mecánico	

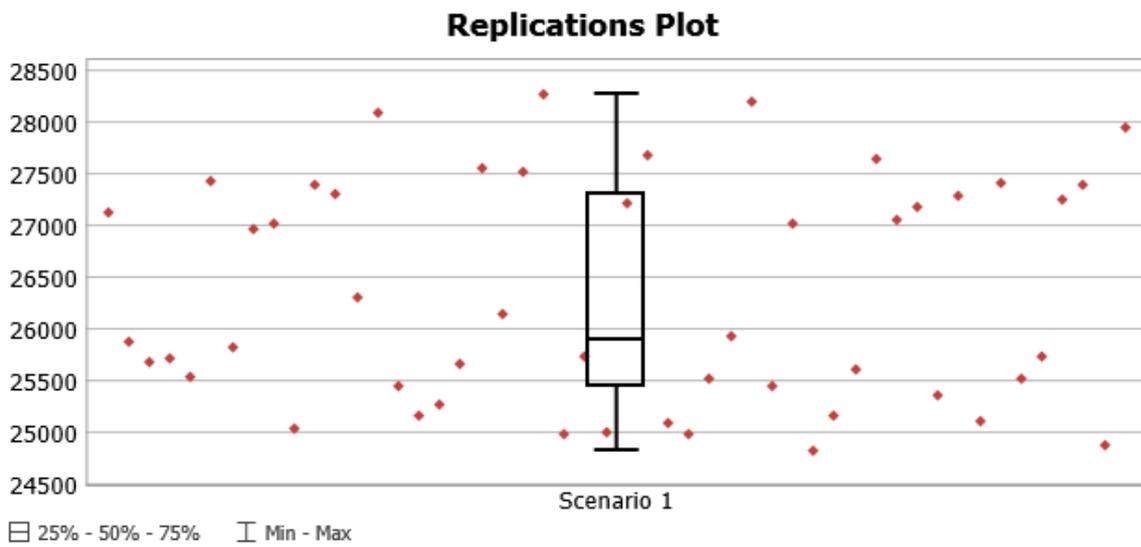
**Notas:** \*ARTÍCULO N.º Optima-3AS1, Optima-3MS1: el material del rodete es termoplástico Noryl GFN2  
 \*\* Optima-3 y EPD-3: la junta del eje de ½ HP es una junta mecánica única (lado inferior) y 1 junta de reborde (lado superior)  
 † material de juntas mecánicas: fibra de carbono/cerámica /FPM  
 ‡ Los modelos trifásicos exigen que el usuario proporcione protección del motor

## ANEXO 14

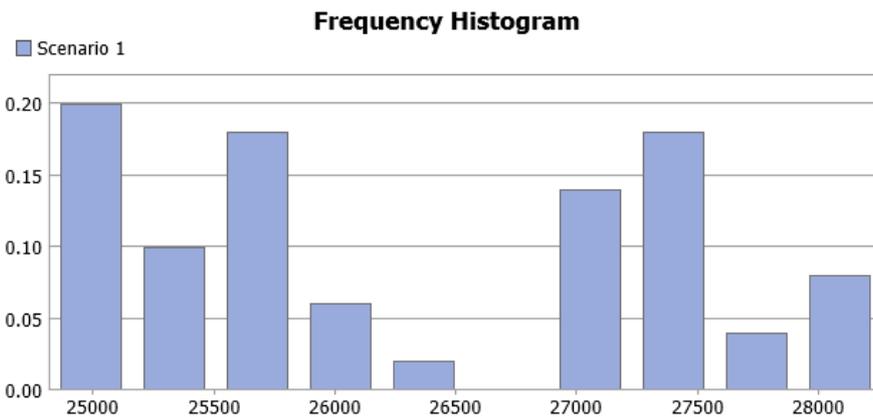
### CORRIDA PILOTO – INFORME DE MEJORA

**Ilustración 1. Informe de experimentación para tiempo de ciclo**

Summary								
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Scenario 1	26016	<	26324	<	26632	1078	24818	28262



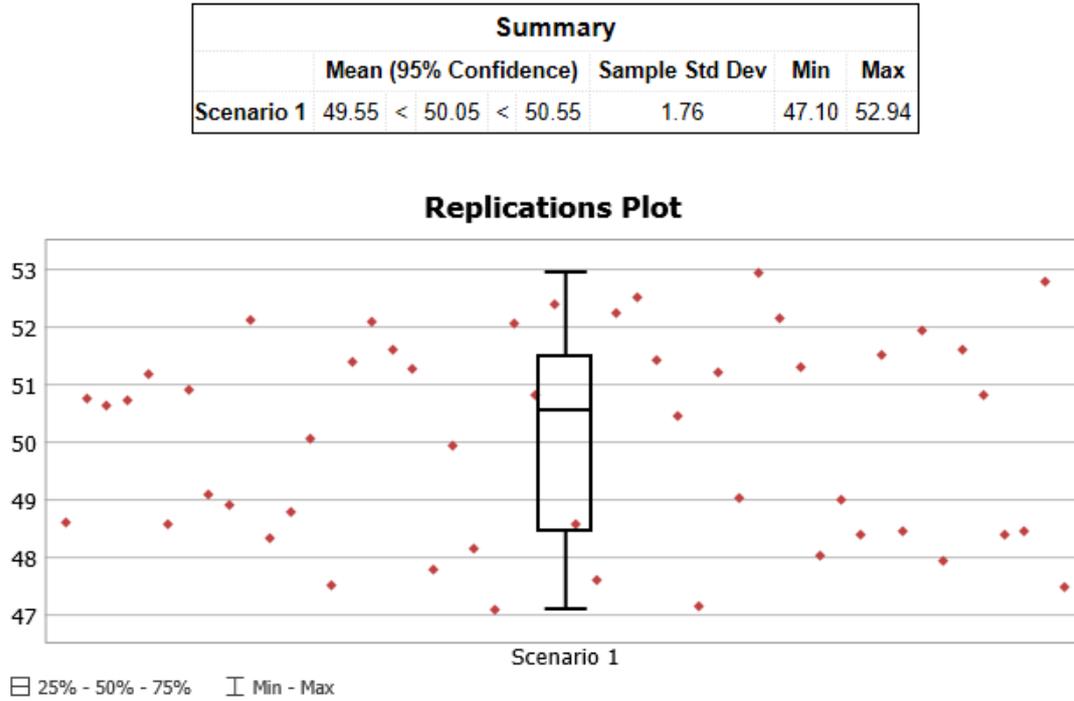
**Ilustración 2. Histograma de frecuencia para tiempo de ciclo**



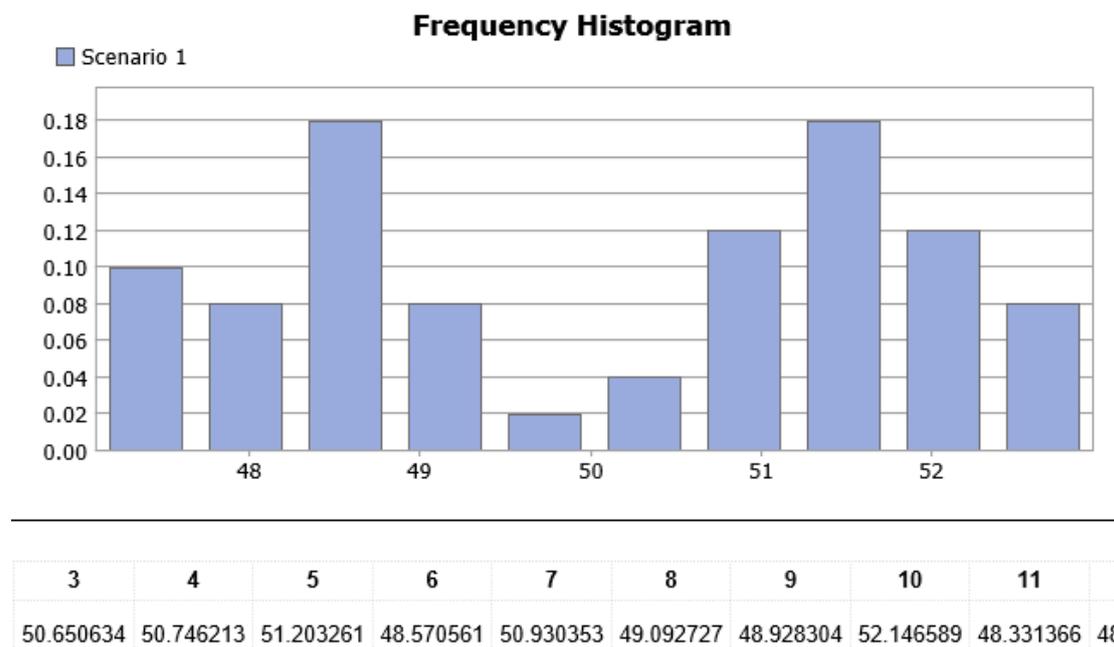
2	3	4	5	6	7	8	9
25865.387369	25678.000227	25709.362868	25528.238437	27428.271504	25821.383301	26967.444847	27013.817238

## Anexo 14 continuación...

**Ilustración 3. Informe de experimentación para el aprovechamiento de la jornada laboral**



**Ilustración 4. Histograma de frecuencia para el aprovechamiento de la jornada laboral**

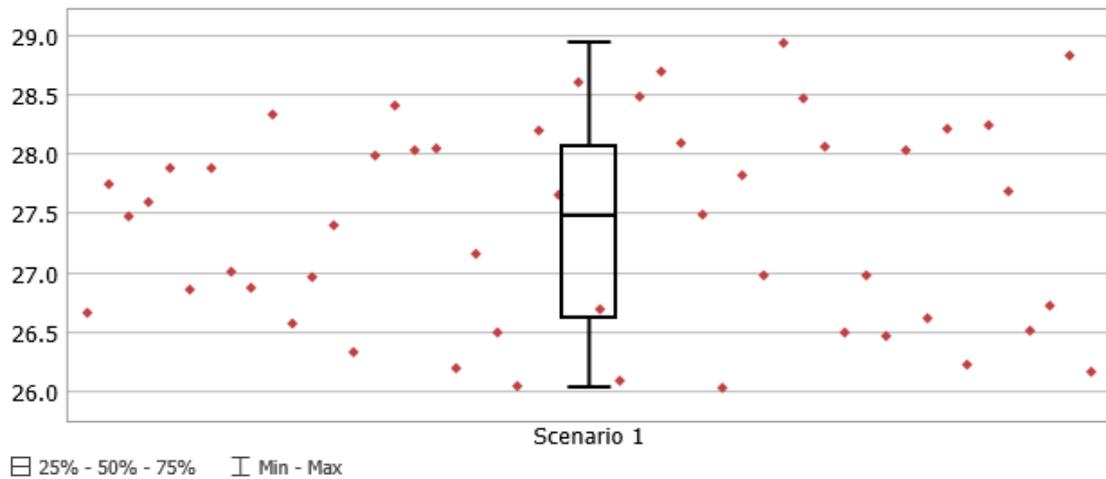


## Anexo 14 continuación...

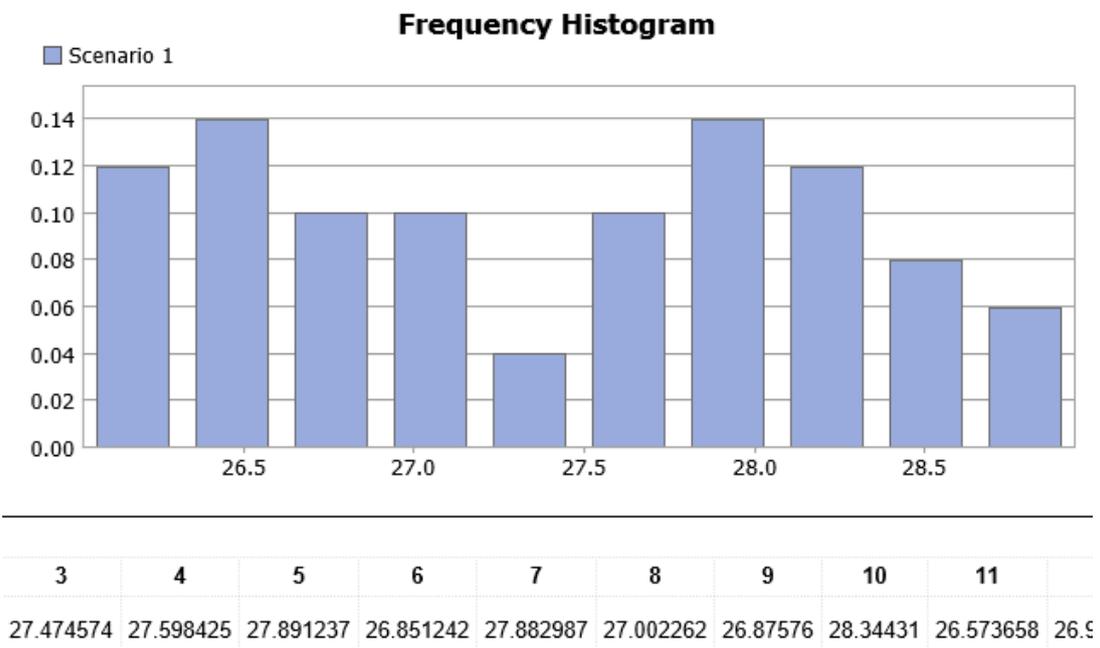
### Ilustración 5. Informe de experimentación para el porcentaje operativo

Summary					
	Mean (95% Confidence)		Sample Std Dev	Min	Max
Scenario 1	27.14	< 27.39 <	27.63	0.86	26.03 28.94

#### Replications Plot



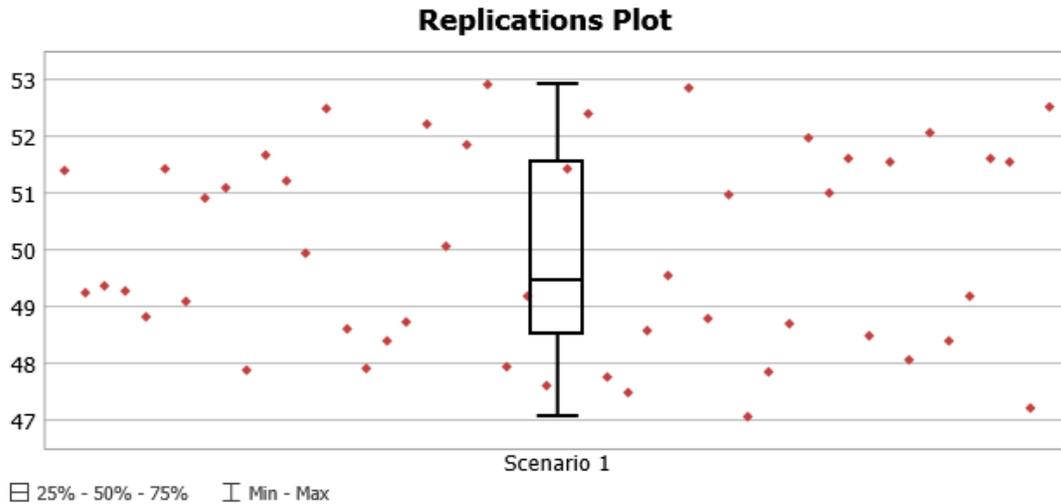
### Ilustración 6. Histograma de frecuencia para el porcentaje operativo



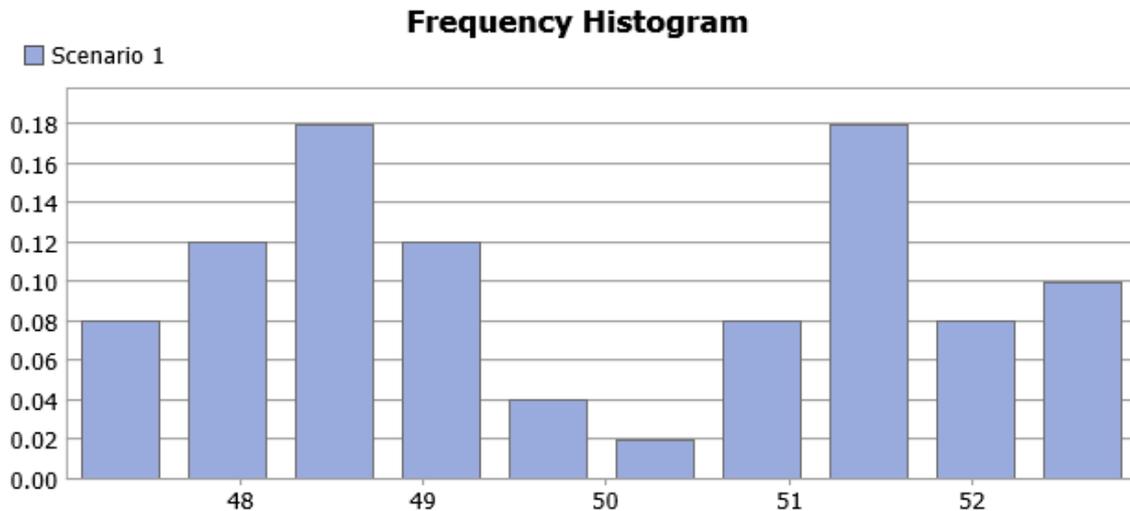
## Anexo 14 continuación...

### Ilustración 7. Informe de experimentación para el porcentaje inoperativo

Summary					
	Mean (95% Confidence)	Sample Std Dev	Min	Max	
Scenario 1	49.45 < 49.95 < 50.45	1.76	47.06	52.90	



### Ilustración 8. Histograma de frecuencia para el porcentaje inoperativo

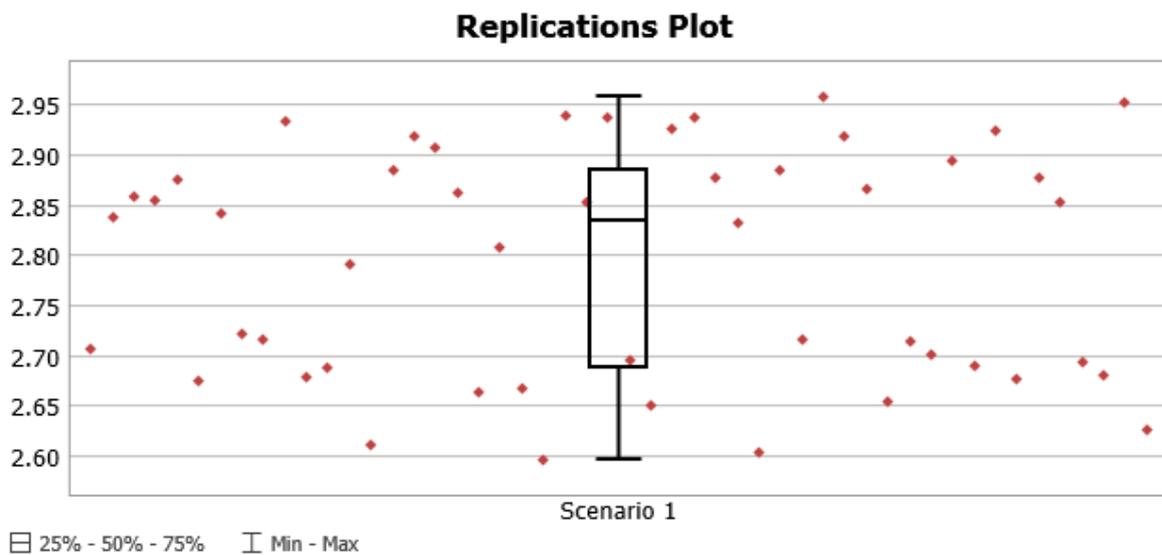


3	4	5	6	7	8	9	10	11
49.349366	49.253787	48.796739	51.429439	49.069647	50.907273	51.071696	47.853411	51.668634

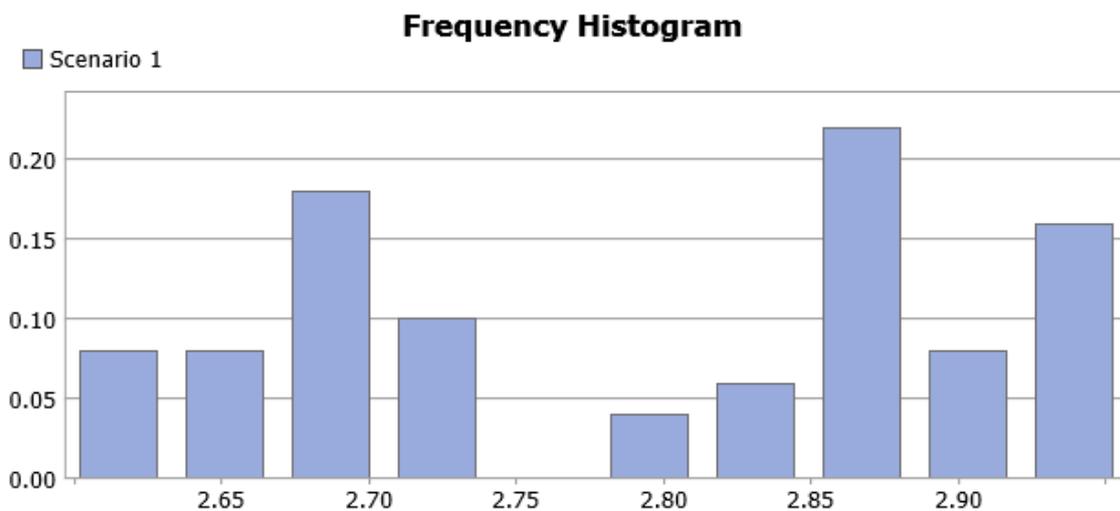
## Anexo 14 continuación...

**Ilustración 9.** Informe de experimentación de porcentaje de transporte con carga

Summary						
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Scenario 1	2.760	< 2.793	< 2.825	0.114	2.597	2.957



**Ilustración 11.** Histograma de frecuencia de porcentaje de transporte con carga

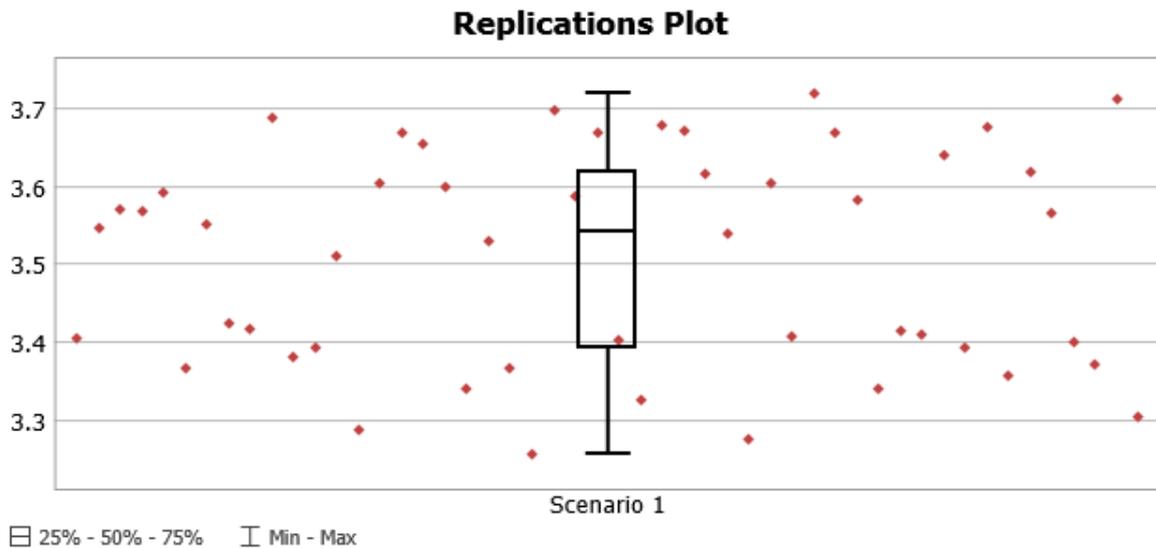


3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.8583	2.854813	2.875068	2.675904	2.842428	2.721631	2.716959	2.932648	2.679295	2.688178	2.79117

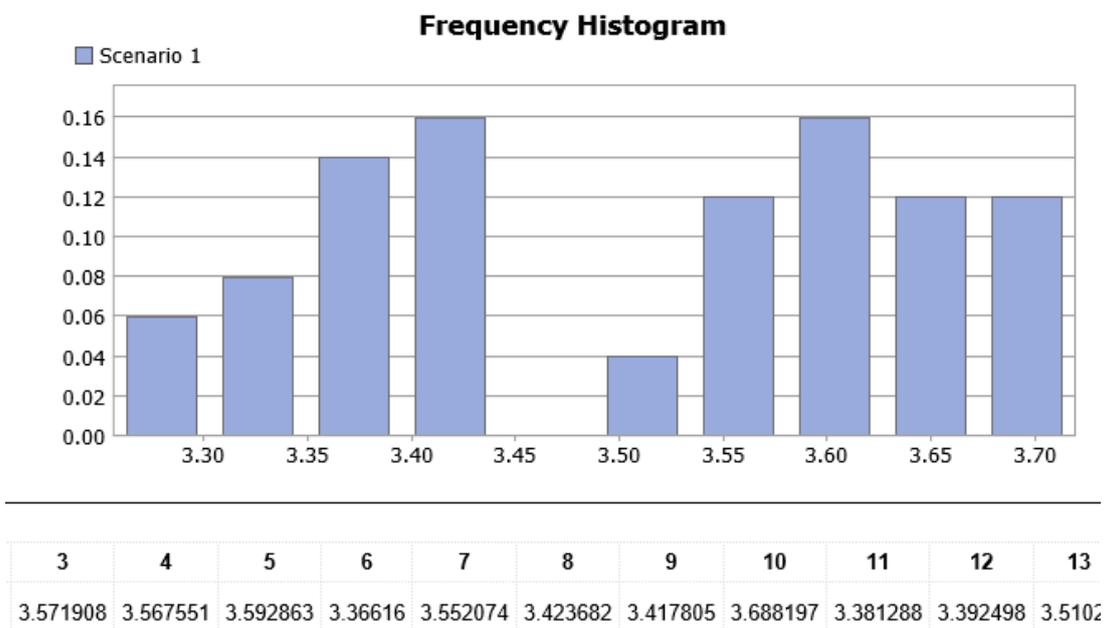
## Anexo 14 continuación...

**Ilustración 11.** Informe de experimentación de porcentaje de transporte sin carga

Summary						
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Scenario 1	3.468	< 3.508	< 3.547	0.139	3.257	3.719



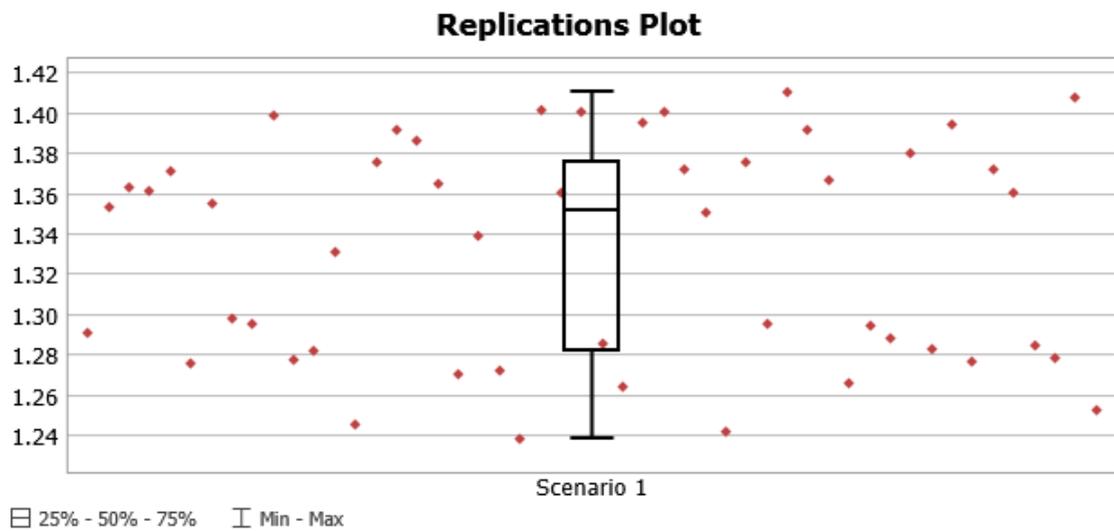
**Ilustración 12.** Histograma de frecuencia de porcentaje de transporte sin carga



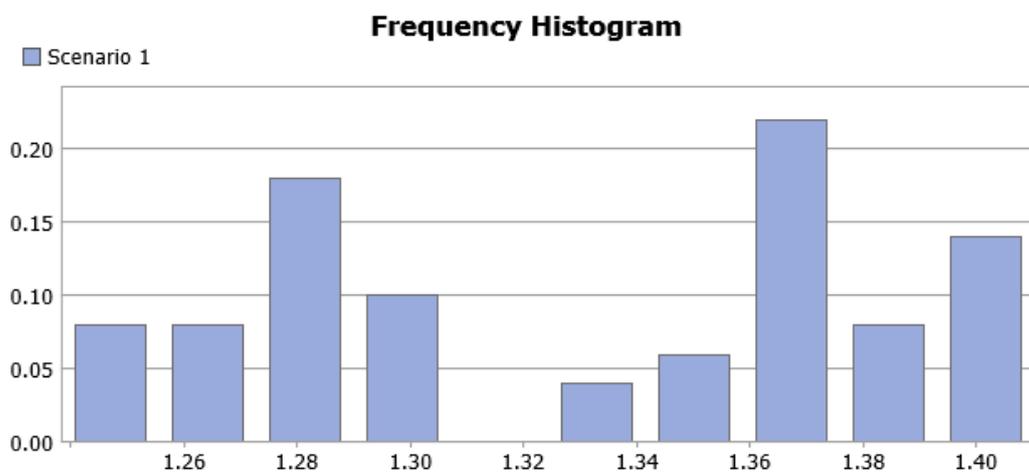
## Anexo 14 continuación...

**Ilustración 13.** Informe de experimentación de porcentaje de carga

Summary								
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max		
Scenario 1	1.316	<	1.332	<	1.347	0.054	1.238	1.410



**Ilustración 14.** Histograma de frecuencia de porcentaje de carga

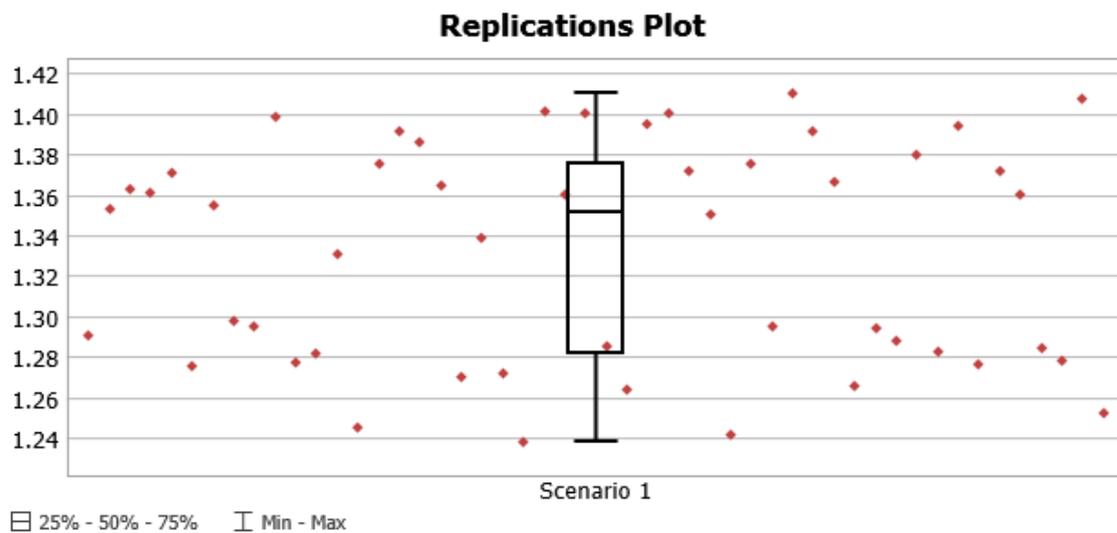


3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
363034	1.361372	1.371031	1.276056	1.355466	1.297861	1.295633	1.398489	1.277673	1.281909	1.331023

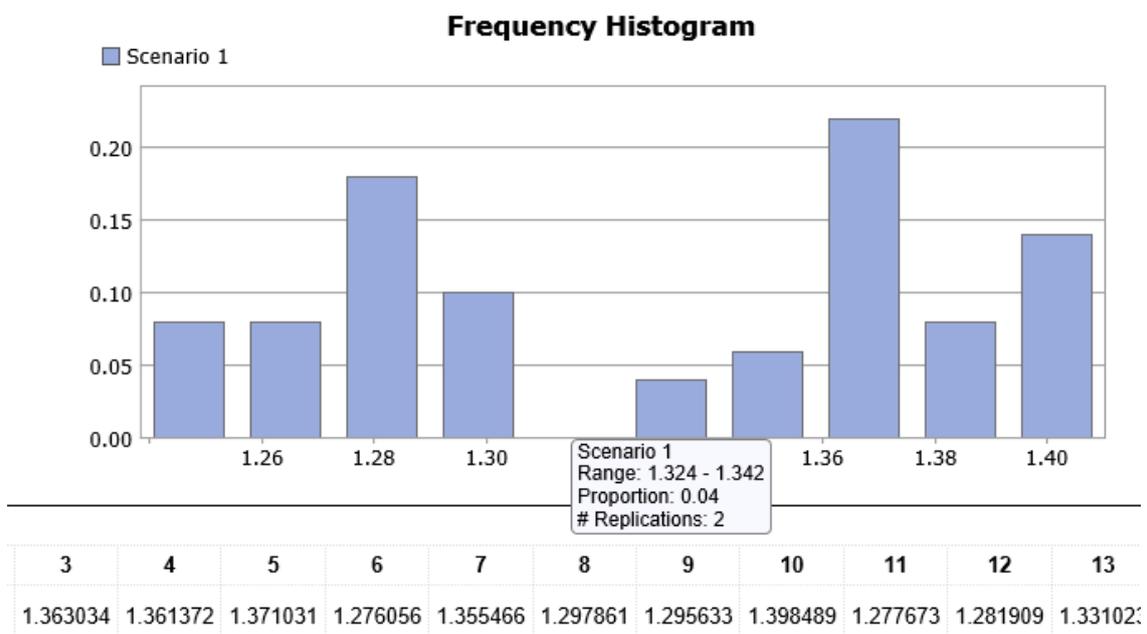
## Anexo 14 continuación...

**Ilustración 15.** Informe de experimentación de porcentaje de descarga

Summary					
	Mean (95% Confidence)	Sample Std Dev	Min	Max	
Scenario 1	1.316 < 1.332 < 1.347	0.054	1.238	1.410	



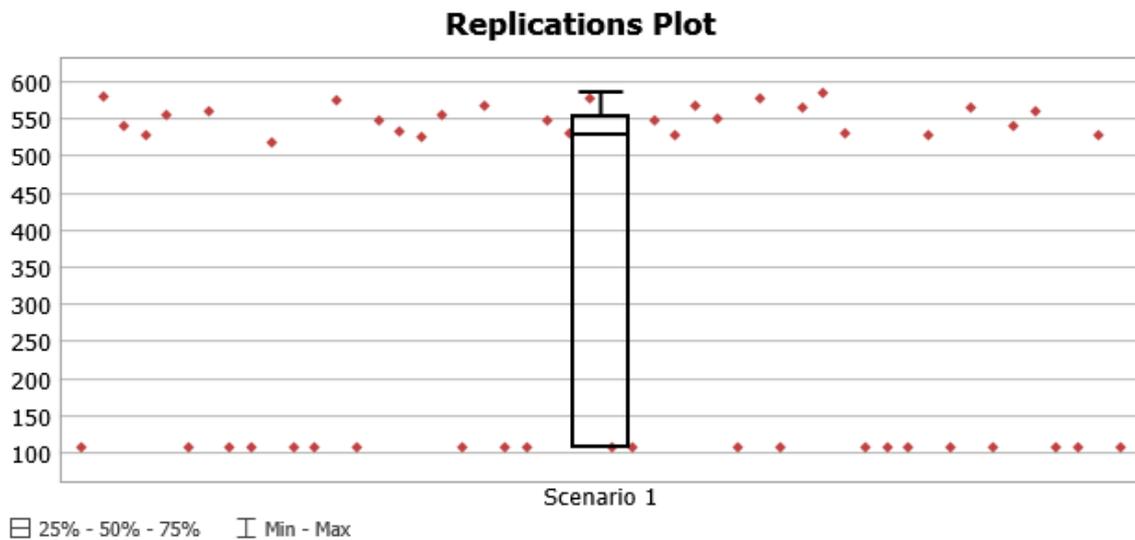
**Ilustración 16.** Histograma de frecuencia de porcentaje de descarga



## Anexo 14 continuación...

**Ilustración 17.** Informe de experimentación de tiempo de transportación de cuajo

Summary						
	Mean (95% Confidence)			Sample Std Dev	Min	Max
Scenario 1	292	<	356	<	419	222
					108	584



**Ilustración 18.** Histograma de frecuencia de tiempo de transportación de cuajo

