



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FASE I**

**ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD BAJO LAS MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD EN MEGA  
IMAGEN**

**PRESENTADO POR:**

**11351072 GERMAN LEONEL PINEDA RIVERA**

**ASESOR: ING. DANIEL MONTENEGRO**

**CAMPUS TEGUCIGALPA; OCTUBRE, 2020**

## RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo como objetivo estudiar y analizar posibles mejoras en los tiempos de entrega de proyectos de gasolineras en la fábrica de rótulos Mega Imagen, mediante el uso de la simulación por medio del programa FlexSim. Esta herramienta permite visualizar el comportamiento de un sistema mediante experimentación simulada, sin necesidad de hacerlo en sitio. Con ello, se buscó observar el proceso e identificar posibles áreas de mejora del proceso de producción y evitar que las nuevas medidas de bioseguridad tengan un efecto negativo en los tiempos de entrega.

Se realizaron visitas a la empresa para observar el comportamiento real y recopilar datos necesarios para la construcción del modelo. Se validó que el modelo de simulación inicial se comporta de la misma manera que el sistema real realizando pruebas estadísticas con un intervalo de confianza de 95% con los indicadores de desempeño de días de entrega y productividad de cada operario. El siguiente paso fue realizar diferentes experimentos con cambios en el número de operarios dedicados a ciertas tareas. Los primeros resultados arrojaron una mejora de 23.31% en relación con la situación actual, esto representa 3.7 días hábiles menos para entrega. Asimismo, se mejoró la utilización de cada operario dentro del proyecto de gasolinera, el operario 1 redujo su actividad de 82.32% a 72.83%, el operario 2 aumento de 7.31% a 31.06%, el operario 3 aumento poco de 9.99% a 12.41% y el operario 4 paso de 17.01% a 35.21%.

Asimismo, se realizó un análisis de costo beneficio para ver si era viable para la empresa implementar las mejoras propuestas, logrando mantener el mismo presupuesto salarial y ahorrando hasta Lps. 61,200 en penalidades anuales. Esta mejora ayuda a la empresa a ahorrar en penalidades y aumentar capacidad de producción de 17 a 24 gasolineras anuales, atrayendo así más ingresos.

## **ABSTRACT**

This research's objective was to study and analyze potential improvements in the delivery times for gas stations in the sign manufacturer Mega Imagen, while using the simulation software, FlexSim. This tool allows to visualize a system's behavior without needing to go to site and experiment. With this, the aim was to observe the process and identify possible areas for improvement in the production process and prevent the new biosecurity measures from having a negative impact on delivery times.

Visits were made to the company to observe the real behavior and collect data necessary for the construction of the model. It was validated that the initial simulation model behaves in the same way as the real system, performing statistical tests with a 95% confidence interval with the performance indicators of delivery days and productivity of each operator. The next step was to carry out different experiments with changes in the number of operators dedicated to certain tasks. The first results showed an improvement of 23.31% in relation to the current situation, this represents 3.7 business days less for delivery. Likewise, the utilization of each operator within the gas station project was improved, operator 1 reduced his activity from 82.32% to 72.83, operator 2 increased from 7.31% to 31.06%, operator 3 increased little from 9.99% to 12.41% and Operator 4 went from 17.01% to 35.21%.

Likewise, a cost benefit analysis was carried out to see if it was feasible for the company to implement the proposed improvements, managing to stay with the same salary budget and saving up to Lps. 61,200 in total annual penalties. This improvement helps the company save on penalties and increase production capacity from 17 to 24 gas stations per year, thus attracting more revenue.

# Índice de Contenido

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	4
<b>2.3 JUSTIFICACIÓN</b> .....	4
<b>2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	4
<b>2.5 OBJETIVOS</b> .....	5
2.5.1 OBJETIVO GENERAL .....	5
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
<b>III. MARCO TEÓRICO</b> .....	6
<b>3.1 Simulación</b> .....	6
3.1.1 DEFINICIÓN .....	6
3.1.2 SIMULACIÓN EN MANUFACTURA .....	7
3.1.3 DIAGRAMA OFD .....	7
3.1.4 DIAGRAMA DE RECORRIDO.....	8
<b>3.2 VARIABLES</b> .....	8
3.2.1 DEFINICIÓN .....	8
<b>3.3 INDICADORES DE DESEMPEÑO</b> .....	9
3.3.1 DEFINICIÓN .....	9
<b>3.4 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN</b> .....	10
<b>3.5 EXPERIMENTACIÓN</b> .....	11
3.5.1 DEFINICIÓN .....	11
<b>3.6 ANÁLISIS COSTO- BENEFICIO</b> .....	12
3.6.1 DEFINICIÓN .....	12
<b>IV. METODOLOGÍA</b> .....	13
<b>4.1 ENFOQUE</b> .....	13
<b>4.2 VARIABLES</b> .....	14
<b>4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS</b> .....	15

<b>4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA</b> .....	15
<b>4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO</b> .....	16
<b>4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN</b> .....	17
<b>4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b> .....	18
<b>V. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	19
5.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	19
5.2 DATOS DE ENTRADA PARA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA ACTUAL .....	21
5.2.1 Recolección de datos.....	21
5.2.2 Tiempo de producción de cada procesador .....	22
5.3 DIAGRAMAS PARA ELABORACIÓN DEL SISTEMA .....	22
5.3.1 Diagrama OFD .....	23
5.3.2 Diseño de planta .....	24
5.3.3 Diagrama de recorrido .....	25
5.4 FORMULACIÓN DEL MODELO .....	27
5.4.1 Tiempo de llegadas.....	27
5.4.2 Representación visual .....	27
5.4.3 Programación del sistema.....	28
5.5 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN.....	29
5.5.1 Verificación.....	29
5.5.2 Validación .....	30
5.6 RESULTADOS DEL MODELO INICIAL.....	36
5.6.1 Corrida del modelo .....	36
5.6.2 Factores que afectan el modelo .....	37
5.7 SISTEMA CON ESCENARIO DE MEJORA .....	39
5.7.1 Cambios en el modelo.....	39
5.7.2 Escenario de mejora.....	39
5.7.3 Comparación Escenario de Mejora.....	41
5.8 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO .....	44
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	47
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	48

<b>VIII. APLICABILIDAD/ IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>49</b>
<b>IX. EVOLUCIÓN TRABAJO ACTUAL/ TRABAJO FUTURO .....</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>51</b>

## **Índice de Ilustraciones**

<b>Ilustración 1-Cronograma de actividades .....</b>	<b>18</b>
<b>Ilustración 2-Diagrama OFD .....</b>	<b>23</b>
<b>Ilustración 3- Diseño de planta .....</b>	<b>24</b>
<b>Ilustración 4-Diagrama de recorrido .....</b>	<b>26</b>
<b>Ilustración 5- Verificación de flujo de sistema .....</b>	<b>30</b>
<b>Ilustración 6-Corrída inicial .....</b>	<b>37</b>
<b>Ilustración 7- Productividad de operarios .....</b>	<b>38</b>
<b>Ilustración 8-Operario dedicado a Rótulos de Pista .....</b>	<b>40</b>
<b>Ilustración 9- Rótulo.....</b>	<b>55</b>
<b>Ilustración 10- Rótulo.....</b>	<b>56</b>
<b>Ilustración 11-Rótulo.....</b>	<b>57</b>
<b>Ilustración 12- Rótulo.....</b>	<b>58</b>
<b>Ilustración 13- Rótulo.....</b>	<b>59</b>
<b>Ilustración 14- Rótulo.....</b>	<b>60</b>

## **Índice de Tablas**

<b>Tabla 1 Tiempos y cantidad de personas encargadas.....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 2-Tiempo de producción de cada procesador .....</b>	<b>22</b>

<b>Tabla 3-Tiempo de llegada de cada producto.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 4-Tipo de producto y color asignado.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 5- Datos para calculo de días de entrega .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 6- Pruebas Estadísticas.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 7- Datos de % de actividad de Operarios .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 8- Pruebas Operario1 .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 9- Pruebas Operario 2 .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 10- Pruebas Operario 3.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 11- Pruebas Operario 4.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 12- Datos de tiempo de entrega.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 13- Prueba estadística de tiempo de entrega .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 14- Datos de productividad de operarios.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 15- Prueba t para 4 operarios .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 16- Descripción de costos.....</b>	<b>45</b>

## LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

OFD	Diagrama de flujo de objetos.
Bioseguridad	Medidas y normas para proteger la salud de las personas frente a riesgos sanitarios que afecten la salud humana.
Canopy	Estructura forrada con material especial para la representación de un rotulo.
FlexSim	Software utilizado para realizar modelos de simulación y experimentación en un sistema validado.
KPI	Indicadores de desempeño.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante años, las empresas de producción han ido innovando en sus procesos y en sus maneras de crear un bien. Las técnicas de producción y de ingeniería han evolucionado a través de los años, cada día se visualiza, aprende y analiza algo nuevo. Las áreas de producción han sido ordenadas para un proceso óptimo, se toma en cuenta todos los pasos que conllevan producir un bien y se construye a partir de ese proceso. Se debe analizar que procesos le dan valor agregado a un producto, cuales están de más y cuales si son estrictamente necesarios. Pero llega un momento en que hay que adaptarse de nuevo a diferentes circunstancias por las que se puedan enfrentar las empresas. En una fábrica de rótulos, Mega Imagen, esto es lo que ocurre, especialmente porque es un rubro en el que la innovación es constante y obligatorio.

Hasta antes de la pandemia actual, siempre se había innovado a un ritmo más cómodo y en su especie, normal para la empresa. La situación actual, hace imperativo cambiar la estrategia y por ende analizar de qué manera se pueden optimizar los recursos. Han surgido muchas recomendaciones y medidas sanitarias que no solo afectan las relaciones humanas, pero también pueden afectar la productividad de una empresa, más aun, en el área de manufactura, donde la interacción es vital para un proceso de producción. En una producción de rótulos, el impacto fue inmediato, esto puede afectar en el tiempo y recursos necesarios para una entrega y la capacidad de la empresa para realizar una instalación. Estas medidas cambian las reglas del juego y es imperativo adaptarse y saber cómo hacerlo.

La simulación es una herramienta que es muy conveniente porque permite experimentar, analizar e identificar aspectos de un proceso sin necesidad de realizar pruebas en sitio y perder tiempo y dinero en pruebas fallidas. La simulación permite visualizar el comportamiento mediante datos estadísticos reales, para poder llevar a cabo diferentes escenarios y poder tomar mejores decisiones en una empresa. Con esta herramienta se pretende buscar la mejor manera que Mega Imagen se puede adaptar a estas normativas sanitarias y saber que conlleva realizar los posibles cambios y como se deben hacer. Utilizando esta herramienta, se tendrá una idea del

comportamiento que el proceso pueda adoptar con los cambios a realizar e identificar también posibles problemas adicionales.

A lo largo de este documento se detallará la situación original y se compara con un escenario nuevo, tomando en cuenta las nuevas medidas sanitarias. Se establecerá la teoría mediante el marco teórico y la metodología con la cual se planean cumplir con los objetivos. Asimismo, se describirán las herramientas y pasos a seguir durante la investigación y posteriormente la validación, experimentación, resultados y conclusiones.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA**

Según la OMS (2020) el Covid-19 puede ser transmitido por contacto con otra persona que este infectada. Este virus se propaga principalmente por medio de las gotículas que salen de la nariz o la boca de una persona que tiene el virus, al toser, estornudar o hablar. Se dice que estas gotículas son pesadas, no tienen un largo alcance y caen rápidamente al suelo. Una persona puede contraer el virus si inhala las gotículas procedentes de una persona infectada que no esté a una distancia prudencial de al menos un metro. Estas gotículas pueden caer sobre los objetos y superficies que rodean a la persona, como mesas, estante y otros objetos, de modo que otras personas pueden infectarse si tocan estos objetos o superficies y luego se tocan los ojos, la nariz o la boca. Por lo que la distancia en áreas de trabajo y manipulación de objetos se ve afectada.

Según Canela y Wolf (2020), el impacto inmediato que ha tenido el Covid-19 en la industria de fabricación depende del sector. Por lo general, los extraños efectos que se visualizan en el comportamiento de compras y las reacciones de los consumidores están interrumpiendo de manera radical la planificación de la fabricación. La producción se ve frenada o acelerada rápidamente generando un efecto dominó a lo largo de la cadena de suministro.

El 16 de marzo de 2020, el Despacho de Comunicaciones y Estrategia Presidencial, declaraba toque de queda absoluto a nivel nacional, provocando el cierre de la gran mayoría de los comercios e industrias a excepción de los rubros de primera necesidad.

La empresa Mega Imagen afirma que, a partir del cierre, han tenido problemas con los tiempos de entrega y la instalación de sus pedidos. Han estado limitados en el número de operarios y de sus horarios de producción y de instalación, asimismo, se han visto afectados por los días laborales, ya que el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (Sinager) ha impuesto medidas restrictivas de circulación y apertura económica, afectando así, la capacidad de producción y entrega.

## **2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En Mega Imagen se ha visto retrasos en los tiempos de entrega a su cliente Gasolineras PUMA, pasando de fabricar en 12 a 13 días hábiles a fabricar en 15 a 16 días hábiles. Las restricciones de distanciamiento, manipulación y circulación de días han generado problemas para poder seguir realizando el trabajo al mismo nivel que en condiciones normales. La cantidad de operarios se ha visto reducida, por lo que la capacidad de producción y tiempos de entrega han generado retrasos con el cliente.

## **2.3 JUSTIFICACIÓN**

Ante esta problemática es importante investigar posibles escenarios para una mejor toma de decisiones que ayuden a la empresa a revisar si hay soluciones ante esta situación. Por medio de la simulación, se pueden realizar diferentes cambios y escenarios para identificar si hay cambio alguno en los indicadores de desempeño. De esta manera se pretende medir que tipo de impacto ha tenido este virus en la producción actual y simular los posibles cambios a realizar para tomar una decisión conveniente para que la empresa pueda mejorar su productividad y tiempos de fabricación.

## **2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

1. ¿Se puede mediante la simulación, crear un modelo que represente la situación actual de Mega Imagen?
2. ¿Cuáles alternativas de mejora pueden analizarse para mejorar el tiempo de fabricación con un modelo nuevo manteniendo las medidas de bioseguridad?
3. ¿Cuál es el impacto de implementar posibles mejoras en el sistema actual?

## **2.5 OBJETIVOS**

### 2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Reducir el tiempo de fabricación que tarda Mega Imagen en terminar cada gasolinera con ayuda de las herramientas de simulación.

### 2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Validar el modelo inicial del sistema de producción de Mega Imagen.
2. Analizar alternativas de mejora para el tiempo de fabricación actual para el trabajo de cada gasolinera con un modelo nuevo, manteniendo las medidas de bioseguridad.
3. Medir el impacto que puede tener implementar posibles mejoras en el sistema actual.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Simulación

##### 3.1.1 DEFINICIÓN

La Dra. Itziar Ricondo dice que la simulación aporta mucho valor al momento de evaluar y analizar los sistemas de producción complejos. Dice que la simulación permite modelizar un sistema y realizar cambios y experimentaciones sobre el mismo sin riesgo y con pocos recursos. Aplicada a sistemas de producción, la simulación permite modelar áreas de fabricación, líneas y plantas de producción completas, de una manera casi calcada a la realidad.

Shannon R.E. (1975) define la simulación como el proceso de crear un modelo a partir de un sistema real y realizar experimentaciones con él, con el propósito de comprender el comportamiento del sistema o evaluar posibles escenarios dentro de los parámetros válidos para el funcionamiento del sistema.

Este proceso consiste en relacionar los diferentes eventos que pueden cambiar el estado de un sistema bajo estudio por medio de distribuciones de probabilidad y condiciones lógicas del problema que se esté analizando (García Dunna, 2006, p. 195).

Peña y Forero (2012) también La simulación permite a quien la usa formarse una idea de la totalidad del sistema y a buscar las interrelaciones de sus subsistemas, al contrario de la mayoría de los métodos matemáticos, que optimizan procesos de manera individual e independiente. Si a esto, se suma el hecho que el uso de la tecnología en los sistemas de información se convierte en una ventaja comparativa de la organización, las herramientas de simulación pueden facilitar el ensayo y aplicación de ciertos parámetros considerados necesarios para el correcto funcionamiento de las actividades corporativas.

La simulación ayuda a poder visualizar el comportamiento de un proceso sin necesidad de realizar los cambios en la realidad. Con ello podemos observar, analizar e identificar qué cambios, problemas o mejoras afectaran un proceso. Ayuda para ahorrar tiempo, dinero y recursos a una empresa y tomar las decisiones que fortalecerán un proceso productivo.

### 3.1.2 SIMULACIÓN EN MANUFACTURA

Según Gotfried la simulación es considerada una herramienta con la cual se pueden probar escenarios y extraer conclusiones sobre cómo se comporta un sistema, estudiando el comportamiento de un modelo, debido a que la relación de causa y efecto son similares que la del sistema original. Esta herramienta ha sido implementada con las estrategias Lean & Green que han sido aplicadas en un sistema de producción de piezas automotrices, asimismo, también ha servido para mejorar la productividad, logrando identificar y disminuir cuellos de botella y partes del proceso que generan retrasos innecesarios en las líneas de producción de una fábrica de pintura (Zahraee et al., 2014).

García & Escobar (2017) explican que los factores que actúan para que un sistema de manufactura pueda ser flexible son principalmente la capacidad de disminuir o aumentar la capacidad de producción en una planta, el tipo de manufactura y como esta pueda producir con una misma máquina u operario, las diferentes operaciones que reflejan eficiencia en la elaboración de productos y poder satisfacer la necesidad y demanda del cliente al que se debe enfocar.

Ayuda a que las empresas puedan observar nuevos comportamientos futuros con cambios realizados sin necesidad de tocar el área de trabajo o pausar un proceso para realizar pruebas. Los costos y el tiempo que implican hacer pruebas hacen que la simulación sea una herramienta de gran utilidad. Simplifica la forma de analizar diferentes escenarios mediante un modelo computarizados empleando datos estadísticos previamente recolectados.

### 3.1.3 DIAGRAMA OFD

Los diagramas de flujo de objetos son una herramienta que se utilizara para mostrar las actividades en secuencia que de un proceso productivo. Se va mostrando desde el comienzo de cada proceso, asimismo, puntos de decisión hasta su final. Todo esto ayuda a poder visualizar de mejor manera cómo funciona el proceso paso a paso, con una descripción más amigable y analítica. Esta herramienta expresa el flujo de información, los materiales utilizados, las derivaciones del proceso y cantidad de subprocesos (Universidad ESAN, 2019).

Omar Bolaños (2014) muestra los pasos a seguir en su proyecto de un auto lavado, lo construyo llevando una secuencia cronológica y describiendo detalladamente el proceso a seguir, identificando cuales eran las principales actividades, al finalizarlo, lo recreo en el simulador lo para generar resultados los más parecido a la realidad y así poder identificar qué cambios se podían realizar para que hacer más eficiente y eficaz el auto lavado.

Los diagramas de flujo de objetos (OFD), permiten visualizar y comprender mejor la lógica de un proceso. En simulación ayudan a comprender será el flujo de un proceso con simbología predeterminada que ayuda a entender partes del proceso y que camino debe seguir. Se representa de manera visual un proceso y hace que sea más simple obtener datos entender el camino de este.

#### 3.1.4 DIAGRAMA DE RECORRIDO

El Prof. Hugo Pérez dice que los diagramas de recorrido son una representación gráfica de las áreas de trabajo en una planta u oficina donde se realizan diferentes actividades de procesos. Se deben incluir tanto los operarios y objetos que son parte del flujo. Ayuda a identificar un diseño óptimo para la maquinaria, espacio y recorrido. Se busca determinar los recorridos innecesarios y zonas con aglomeraciones (Pérez, 2011, p.5)

Es un diagrama o esquema visual que ilustra un área de trabajo y como es el movimiento dentro de ella. Permite visualizar las distancias que se deben recorrer en cada proceso o para llegar a realizar alguna actividad dentro del mismo. Se muestra la distribución de los lugares de trabajo y los objetos se encuentran en ellos. Con esto se pretende identificar zonas donde exista alto tráfico de personas.

### 3.2 VARIABLES

#### 3.2.1 DEFINICIÓN

La Nuez Bayolo et al. (2008), describe a las variables de investigación como las características y propiedades cuantitativas o cualitativas de un objeto o fenómeno que toman diferentes valores y

van variando con respecto a las unidades de observación. Una variable es el resultado de un proceso. Conforme se va observando y experimentando en un proceso, estas variables van tomando forma y arrojando resultados para el investigador.

Según Grau et al. (2004), el concepto de variable siempre está asociado a las hipótesis de investigación. Una variable es una propiedad que puede adquirir diferentes valores en un conjunto determinado y cuya variación es susceptible de ser medida. Una investigación, cualitativa o cuantitativa, exige la operacionalización de sus conceptos centrales en variables, de esta definición operativa depende el nivel de medición y potencia de las pruebas realizadas (Revista Universidad y Sociedad, 2016).

Las variables de estado son las que van cambiando con el tiempo (Flores, 2011). López et al. Utilizaron en su proyecto, variables de salida o estado tales como Reloj = contador de tiempo de la simulación, variable que ayudara en este proyecto a visualizar el tiempo que se tarda una gasolinera en ser terminada, Delta = intervalo de revisión de la simulación, TC = contador de tiempo para la llegada de un nuevo lote de cajas, NumRet = número de veces que el proceso se retuvo por falta de cajas, Fn(i) = número de ejes terminados y empaquetados en cada una de las líneas, Na(ij) = número de ejes atendidos en cada línea con sus estaciones, To(ij) = tiempo de ocio en cada línea con sus estaciones y Cola(i) = número de ejes que se armaron en la segunda estación y están en espera de la siguiente en cada línea de ensamblaje.

Las variables son las que nos ayudan a entender que factores cambian o podemos modificar para efectos de la investigación a realizar. Estas son las que nos ayudan a encontrar problemas o posibles soluciones. En su gran mayoría, hemos comprendido las variables como algo cuantitativo, pero a su vez, pueden ser cualitativas, aunque estas las encontramos en menor escala.

### **3.3 INDICADORES DE DESEMPEÑO**

#### **3.3.1 DEFINICIÓN**

Los indicadores de desempeño son instrumentos que proporcionan información cuantitativa sobre el desenvolvimiento y logros de una institución, programa, actividad o proyecto a favor de la población u objeto de su intervención (Ministerio de Finanzas Perú, 2010, p. 1).

Un indicador de desempeño es una herramienta de evaluación y apoyo a la decisión, que permite medir una situación en un instante concreto o su tendencia a lo largo del tiempo. Debe ser cuantificable y objetivo, de manera que permita realizar un seguimiento o medición de las diferentes variables y la comparación entre indicadores. Por lo general, son parámetros medidos, ratios o modelos (Twenergy, 2019).

Peña y Forero (2012) aclaran que los indicadores de desempeño miden los resultados obtenidos durante un proceso desarrollado, para poder así, realizar una toma de decisiones basándose en información confiable para ser comparada con estándares establecidos como puntos de referencia. Ellos en su proyecto se basaron en indicadores de efectividad, eficiencia, eficacia y productividad.

Son formas de medir si las empresas e individuos están cumpliendo con sus metas y objetivos. Son también conocidos como KPIs (Key Performance Indicators), estos serán las variables que serán parte fundamental de los resultados obtenidos durante la investigación, estos nos ayudaran a comparar de qué manera afectan los cambios en los diferentes escenarios.

### **3.4 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN**

El proceso de verificación y validación fue evolucionando al igual que las metodologías propuestas para llevar adelante un proyecto de simulación de procesos. Si bien, no existe una única metodología para la construcción de un proyecto de estas características, se puede observar que todas ubican a la V&V como una de las etapas más importantes del proyecto (Acosta et al., 2016, p. 2)

La verificación y validación del modelo es uno de los pasos críticos, ya que permiten determinar si el modelo está libre de errores y es válido para dar respuesta al objetivo del estudio (Garde et al., 2011, p. 9)

Bonilla (2003) habla sobre uno de los enfoques validación, como lo es validación a posteriori que significa: Partiendo de los requisitos, se realiza el diseño y a continuación se hace la validación de dicho diseño, obteniéndose finalmente el resultado.

Estos son pasos muy importantes en una investigación mediante la simulación. Nos hace generar confianza en nuestro trabajo y para el lector simboliza integridad en la información que se le está presentando. Asimismo, nos permite confiar en que la experimentación se asemeja con la realidad y que los resultados serán muy similares en escenario real. Un modelo, para ser utilizado correctamente, debe pasar por dos procesos, uno de verificación y otro de validación. Ambos son diferentes, pero van de la mano el uno del otro. La verificación se entiende como la comparación del modelo con la herramienta que se utiliza para plasmarlo. Es una actividad de carácter imperativa, ya que esta es el primer filtro para saber si un modelo va a funcionar correctamente y será útil al momento de la experimentación.

### **3.5 EXPERIMENTACIÓN**

#### 3.5.1 DEFINICIÓN

Según María Raffino (2019), se entiende por experimentación científica a los métodos empleados por los investigadores para poner a prueba sus hipótesis y teorías respecto a sus casos de estudio, a través de la repetición de determinados escenarios observados en la naturaleza, en un ambiente con variables controladas en laboratorio.

Bonilla (2003) menciona que una vez el modelo está construido, se procede a realizar pruebas sobre el efecto que tendrán en los indicadores de desempeño y resultados, los escenarios propuestos en la instalación. Toda salida de resultados se debe realizar de forma normalizada, y el formato será definido por la empresa beneficiada.

La experimentación es parte fundamental de una investigación para poder probar diferentes escenarios y variables, y obtener resultados. Lo que se busca es realizar la experimentación una vez construido y validado un modelo para analizar estos resultados obtenidos. Esto ayudara a poder tomar decisiones y analizar una situación actual.

## **3.6 ANÁLISIS COSTO- BENEFICIO**

### 3.6.1 DEFINICIÓN

El análisis costo-beneficio es una herramienta financiera que mide la relación que existe entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión, tal como la creación de una nueva empresa o el lanzamiento de un nuevo producto, con el fin de conocer su rentabilidad. (Komiya, 2019)

La idea básica del análisis CB es que no importa que tan buena sea una solución al problema, o la alternativa, o propuesta, ésta jamás es gratis (Castañer, 2014, p. 4). Asimismo, asegura que, si el costo de la solución sobre pasa el costo del problema, esta no se debe implementar. Es importante la participación de todas las partes involucradas en este tipo de toma de decisiones directas e indirectas, debido a la complejidad que puedan tener diferentes situaciones.

Se entiende como el análisis que se realizara para definir si una solución es viable o no. Se miran los factores de su costo y si a través del tiempo ese costo traerá algún beneficio y se recuperará la inversión o algún otro beneficio adicional.

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1 ENFOQUE

Para este proyecto de investigación, se pretende tener un enfoque mixto, tanto de características cualitativas como cuantitativas. Por el alcance del proyecto y su objetivo principal, es importante considerar ambos tipos de enfoque. La naturaleza del rubro a investigar nos obliga a considerar datos subjetivos y objetivos, porque se busca ver el impacto tanto en recursos medibles como otras características a considerar que son subjetivas y no datos medibles. Ambos tipos de enfoques nos ayudaran a una mejor toma de decisiones, incluyendo múltiples factores que deben ser considerados por una empresa antes de hacer una implementación nueva o no. Como lo menciona, Danelly Salas Ocampo:

“El enfoque mixto no es simplemente una mezcla en la cual las características particulares de cada enfoque se borran o se vuelven relativas. La riqueza de la investigación mixta consiste en aprovechar las bondades y fortalezas de cada enfoque.”

Hay que considerar que, para las investigaciones, se consideran varios supuestos, y se toman como punto de partida para la interpretación de los resultados que obtenemos. Nos basamos en hipótesis en ambos enfoques y a medida vamos obteniendo resultados, podemos tomar decisiones. Es importante tomar en cuenta datos medibles y factores subjetivos en este caso.

Se considera cuantitativo, por la recolección de datos estadísticos importantes para la creación del modelo de simulación. Con la ayuda del software de FlexSim, estos datos nos ayudaran a validar el modelo con la realidad, para así poder investigar y analizar todo lo relacionado con la problemática de investigación. Bajo este enfoque se pretende analizar tiempos de producción, tiempo de entrega y el impacto que pueda tener en los recursos de la empresa. Asimismo, con los datos obtenidos, se busca contestar las preguntas de investigación, y brindar también una

alternativa de modelo que se pueda aplicar, pero dando consigo, información relevante de lo que tomaría implementar dicho modelo en comparación con la situación actual.

El enfoque cualitativo que consideramos para este proyecto se basa en las técnicas y costumbres de los operarios de la empresa. Es importante mencionar que no solo los datos medibles nos ayudaran, sino también, la percepción y disposición de todos los colaboradores de la empresa. Ya que hay muchos factores subjetivos que con cada proceso varían, se debe analizar desde la perspectiva del operario como un cambio puede impactar en su rendimiento tanto personal como colectivo, considerando también que la mano de obra humana es muy diferente a un modelo de simulación, hay situaciones que no se pueden considerar solo por medio de un modelo y datos cuantitativos.

Es importante definir que el método para esta investigación será el estudio de caso. Esta investigación se debe realizar como un estudio mixto para un tipo de orden producción en específico la fábrica de rótulos Mega Imagen. Según Díaz de Sala et al. (2011) el estudio de caso se utiliza como una técnica o instrumento en las ciencias sociales, y tiene una doble utilidad, para el aprendizaje en la toma de decisiones y también como una metodología de investigación. Por tal razón, este proyecto es considerado un estudio de caso.

## **4.2 VARIABLES**

Aquí se describen las variables que se estarán analizando a lo largo de investigación. Estas ayudaran a comprender mejor los resultados de la experimentación y crear escenarios para tomar decisiones con esta información recolectada.

- Tiempo de fabricación: El tiempo en que una orden de producción sea finalizada lista para ser instalada.

- Porcentaje de actividad de operarios: El porcentaje que están activos dedicados al proyecto de gasolineras.
- Recursos gastados: Será la cantidad monetaria utilizada en los cambios realizados.

### **4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS**

- Observación: Recolección de datos para realizar el modelo de estudio.
- Experimentación Numérica: Recopilación de los datos que serán analizados a partir de los cambios al modelo.
- Diagrama OFD: Diagrama para visualizar el orden que debe llevar el proceso.
- Diagrama de recorrido: Diagrama para visualizar el recorrido de los operarios y el producto.
- Microsoft Word: Software para llevar un control redactado sobre la investigación.
- Microsoft Excel: Software para llevar control y tabulación de los datos relevantes de la investigación.
- FlexSim: Software para la creación del modelo que simularemos y correremos diferentes experimentos.

### **4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La muestra para esta investigación será tomada en las instalaciones de Mega Imagen, ubicada en Tegucigalpa, Francisco Morazán. Con horario de 9:00 am a 5:00 pm, se tomarán datos de los diferentes procesos dentro de la empresa. Por lo general el proceso da comienzo una vez aprobada la orden de trabajo, dependiendo de qué es lo que se pide, se prosigue a dicho proceso de producción. Hay varios procesos que se seguirán durante esta investigación, con la impresión, corte y colocación de calcomanías y lonas impresas, corte y armado de letras, estructuras de hierro y armado de rótulos.

Se tomarán datos de los diferentes procesos y tiempo de elaboración de los productos que van para la gasolinera. Se recopilieron datos de tiempo en el proceso de impresión de calcomanías, corte de láminas ACM que forran Canopy, armado de letras individuales, armado y soldado de estructuras (Canopy), armado y soldado de rótulos de pista, el pintado de rótulos de pista, armado de letras y finalmente el tiempo de forrado final del Canopy.

#### **4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

Para poder hacer el análisis de productividad de Mega Imagen, se debe seguir un proceso para la investigación y experimentación. En un comienzo, se visita la planta de manufactura para familiarizarse con el proceso y funcionamiento del sistema que se evaluará. Estas vistas ayudarán en la construcción del diagrama de recorrido y diagrama de flujo de objetos, para posteriormente construir el modelo inicial para simulación. Luego las visitas posteriores serán para la toma de tiempos y recopilación de datos relevantes para la experimentación.

Con la toma de datos, se deben sacar las distribuciones estadísticas para poder ingresarlas al sistema de simulación en su respectiva área de proceso, en este caso serán representados por procesadores en el software. Una vez construido el modelo inicial, se debe verificar que el comportamiento sea como el del sistema real y luego realizar la validación correspondiente, por medio de pruebas pareadas, para saber si el modelo es una representación confiable del sistema actual. Para el muestreo de calcomanías, se comienza por el área de diseño donde se revisa que el diseño se va a imprimir, luego se accede al programa de la máquina de impresión para mandar definir la cantidad y tamaños de calcomanías a imprimir, se incluye el proceso de preparación de máquina y luego la producción como tal. Las letras y productos similares se toman desde el tiempo de diseñado para mandar a corte y luego van al área de pintura y preparado, posteriormente si requieren de instalaciones eléctricas, pasan al área de electricidad hasta finalizar con cada producto individual. Las estructuras de hierro comienzan desde que se ponen en la forma que se quiere estructurar para luego ser soldadas de acuerdo con la necesidad de la estructura en proceso, dependiendo la función de la estructura, si es para sostener o lleva una lona impresa encima se prosigue al siguiente paso de cada una.

Una vez que se valida el modelo, se prosigue a realizar los análisis visuales y estadísticos correspondientes para encontrar posibles cuellos de botella y oportunidades de mejora en el sistema actual. Asimismo, experimentar con diferentes escenarios para contrarrestar un impacto negativo en los tiempos de entrega debido a la situación actual con las restricciones de bioseguridad. Al final de la investigación, se realizarán posibles propuestas de mejora y sus respectivos impactos en los recursos de la empresa.

#### **4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN**

Para saber si el modelo inicial tiene el mismo comportamiento y resultados que el modelo actual real, se debe realizar una validación estadística. Esto conlleva a realizar diferentes experimentos con el modelo de simulación inicial para obtener los resultados que compararemos con los datos recopilados y se procederá a hacer dicha validación.

Para validar el modelo, se utilizará prueba  $f$  para varianzas. Asimismo, se utilizará la prueba  $t$  para dos muestras con varianzas iguales, se compara la diferencia de las medias para ver si existe una diferencia significativa para determinar si se rechaza o no,  $H_0$ , y complementar las pruebas estadísticas para comparar el comportamiento de los modelos. Con esto se pretende ver si los datos se comportan de manera igual o muy similar estadísticamente.

Para validar el modelo inicial con el modelo de mejora, se realizará la prueba pareada, que debe tener tamaños de muestras iguales. Se compara que exista diferencia entre ambas y así poder identificar si existe un cambio en los resultados y saber si los objetivos se cumplen.

## 4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4					Semana 5					Semana 6					Semana 7					Semana 8					Semana 9					Semana 10																									
	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	
Revisión de literatura	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Visitar instalaciones							■	■																																																															
Planteamiento del problema								■	■																																																														
Marco Teórico									■	■	■	■	■	■	■																																																								
Metodología de estudio													■	■	■																																																								
Primer Avance																																																																							
Realizar diagramas													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																															
Recopilación de datos																			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																										
Modelar el sistema																									■	■	■	■	■																																										
Validación																														■	■	■																																							
Experimentación																														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																													
Análisis de resultados																														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																													
Validación de resultados																														■	■	■	■	■	■	■																																			
Análisis de costo-beneficio																														■	■	■	■	■	■	■																																			
Segundo Avance																																																																							
Revisión de documento																														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																							
Conclusiones y Recomendaciones																																																																							
Abstract																																																																							
Presentación último avance																																																																							

Ilustración 1-Cronograma de actividades

Fuente: Elaboración Propia

## **V. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **5.1 SITUACIÓN ACTUAL**

En la actualidad Mega Imagen trabaja conforme a prioridad de ordenes de trabajo, es decir, por el tipo de cliente y tamaño de proyecto. El principal cliente es de Gasolineras PUMA, que realiza pedidos de gasolineras completas. Los productos requeridos a manufacturar ya son estándar para todas las gasolineras, lo que varía es el tamaño de ciertas estructuras.

Actualmente, cuando entra una orden de gasolineras, se le es asignada prioridad alta, sin descuidar las fechas de entrega de otros clientes. Con la situación actual, ha sido un reto la asignación de recursos y mantener las fechas de entrega de las gasolineras sin descuidar los demás clientes, sin embargo, la empresa aún puede disponer de un equipo dedicado solamente a las gasolineras, pero con menor cantidad de operarios. A la fecha, hay 6 gasolineras pedidas, sin embargo, se elaboran y entregan una por una. Se ha estimado que el tiempo de fabricación de una gasolinera esta entre 15 a 16 días hábiles debido a las restricciones actuales. En tiempo ordinario, los tiempos de fabricación oscilan entre 12 a 13 días hábiles, incluían sábados y en ocasiones, domingos. Estos tiempos no incluyen el tiempo de recepción de material, ante la situación actual, existen retrasos, pero ante esos retrasos es que se pretende reducir los tiempos de fabricación para poder compensar ese tiempo. Asimismo, una vez terminada la fabricación de cada estación, se habla con la gasolinera para arreglar la logística de instalación, una vez que se habla con ellos, ya no está contrarreloj Mega Imagen porque ya son trámites internos del cliente, por lo que Mega Imagen solo es responsable del tiempo de recepción de materiales y fabricación. Por lo general, el contrato estipula que debe estar lista para entregar la estación en tres (3) semanas, en 15 días hábiles. Debido a la situación actual, podían ocurrir retrasos de hasta 3 días por la recepción de material.

Los proyectos de las gasolineras requieren de varios procesos:

- Corte de ACM, véase Ilustración 11
- Armado de letras individuales
- Armado y soldado de rótulos de pista, véase Ilustración 8 e ilustración 9
- Pintura
- Armado y soldadura de estructura de Canopy (Estructura de rotulo principal), véase Ilustración 10
- Electrificado de estructura
- Estructura forrada con ACM, véase ilustración 12 e ilustración 13
- Calcomanías para rótulos

Como se muestra en la tabla 1, esas son las actividades por desarrollar por parte de Mega Imagen. El ACM es utilizado para forrar el Canopy (Estructura), este material ya viene con los colores de la marca de las gasolineras, solo para ensamblar en el orden correcto. La estructura es forrada luego que se finaliza de soldar por completo y luego es electrificada. Los rótulos de pista son armados y soldados por el mismo operario que terminó de armar la estructura. Las Calcomanías son procesadas por el diseñador de una sola vez para todas las gasolineras y las Letras Individuales, son armadas por otra persona de una sola vez también para todas las gasolineras pedidas.

Anteriormente, dos personas estaban encargadas del armado de letras y otras dos personas a cargo de la soldadura y armado del Canopy (Estructura de rotulo principal). Ante las restricciones de distanciamiento actuales, solo puede estar una persona encargada de cada proceso, esto hace que se dupliquen los tiempos de proceso.

**Tabla 1 Tiempos y cantidad de personas encargadas**

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo Promedio (En minutos)</b>	<b>Cantidad Operarios</b>
Corte ACM (4 paneles)	1129.03	1

Letras Individuales (Por letra)	179.85	1
Rótulos de pista (c/u)	470.20	1
Pintado de rótulos (c/u)	42.44	1
Armado de Canopy	2129.36	1
Electrificado Canopy (2 partes) (c/u)	279.83	1
Calcomanías	15	1
Estructura forrada con ACM (2 partes) (c/u)	1297.58	1

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2 DATOS DE ENTRADA PARA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA ACTUAL

### 5.2.1 Recolección de datos

En un principio, era importante familiarizarse con el sistema de producción actual y conocer el funcionamiento de este. La recolección de datos consistió en 10 días hábiles en sitio para toma de tiempos de los procesos productivos en las diferentes áreas de la fábrica. Con estos datos se observará el tiempo que toma la producción de los objetos que deben ir a instalarse a las gasolineras. Asimismo, poder realizar la validación del modelo inicial.

Debido a que, en su mayoría, el tiempo de procesamiento para cada objeto eran extensos de múltiples días, no en todas las áreas se pudo sacar distribuciones mediante software, se utilizó la distribución Normal utilizando el promedio y desviación estándar, para los procesos que se tenían dos datos de tiempo y se utilizó la Triangular para los procesos con los que, si se contaba con más de dos datos, utilizando el mayor, menor y moda.

## 5.2.2 Tiempo de producción de cada procesador

En Mega Imagen se trabaja de 8:00 am a 5:00 pm, para los empleados fijos, sin embargo, también se cuentan con contratistas, que, de igual manera, entran a esa hora, pero tienen libertad para comenzar cuando ellas estén listos. Ante la situación actual, muchos contratistas no cuentan con ayudantes adicionales, por los que los 4 que actualmente laboran, tienen que trabajar de manera individual, aumentando el tiempo de producción en sus labores y va haciendo que el tiempo de entrega sea más extenso que en condiciones normales sin restricciones de bioseguridad ni circulación. Véase la siguiente tabla para las distribuciones utilizadas en cada proceso:

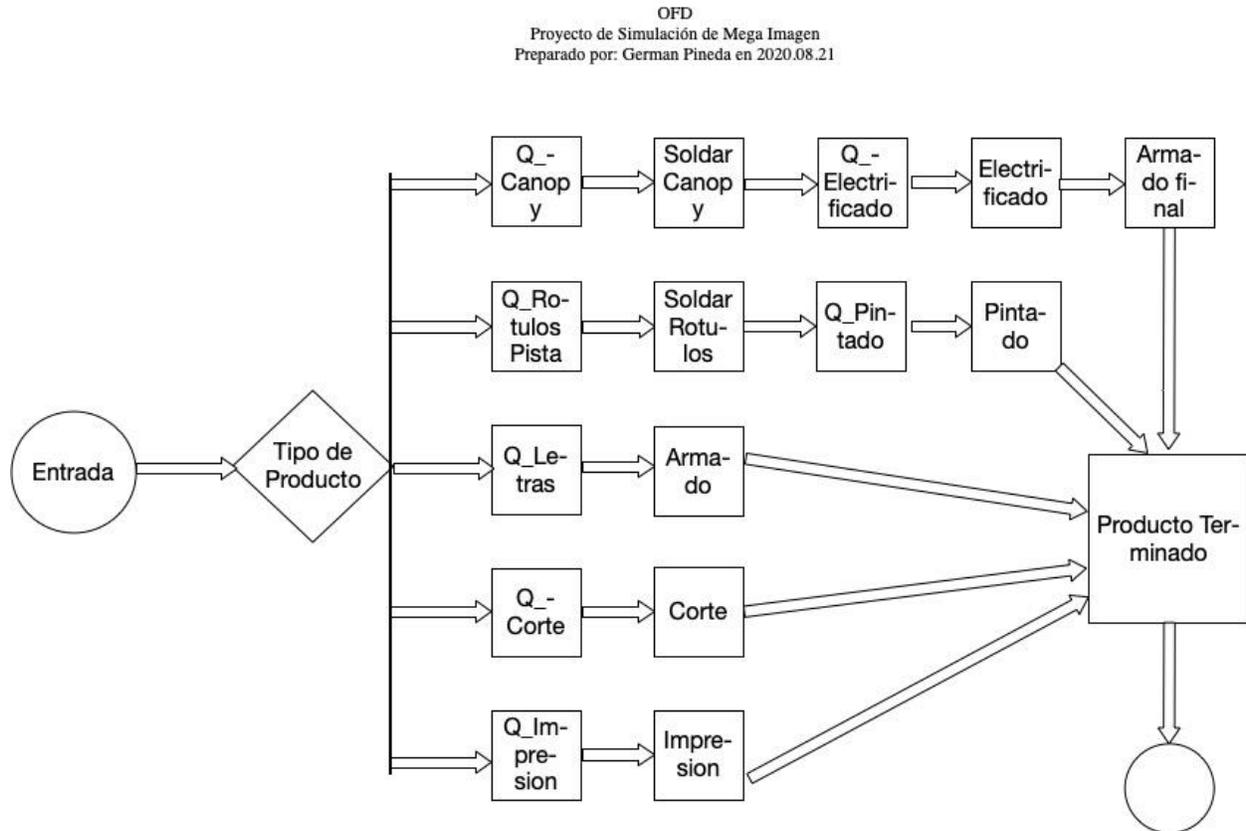
**Tabla 2-Tiempo de producción de cada procesador**

Proceso	Distribución
Corte ACM	normal (1129.62, 13.59166667, getstream(current))
Armado de Letras	triangular (171.60, 196.12, 175.85, getstream(current))
Armado de Rótulos	triangular (459.87, 485.53, 467.70, getstream(current))
Pintado de rótulos	triangular (31.42, 47.88, 45.23, getstream(current))
Armado y soldado de Canopy	normal (2129.36, 2.80333333, getstream(current))
Electrificado de Canopy	normal (279.83, 3.125, getstream(current))
Forrado de Canopy	normal (1297.58, 4.9833333333, getstream(current))

Fuente: Elaboración Propia

## 5.3 DIAGRAMAS PARA ELABORACIÓN DEL SISTEMA

### 5.3.1 Diagrama OFD



**Ilustración 2-Diagrama OFD**

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 2, se puede visualizar cómo va el flujo del proceso de cada producto del sistema actual.

Con el diagrama OFD se visualiza el flujo de los diferentes tipos de productos que se deben producir.

Se observa el flujo que cada uno sigue. Todos comienzan en el Queue correspondiente, como motivo del pedido que hace la gasolinera. La estructura del Canopy, deber ser armada y luego pasa a ser electrificada, una vez que se termina, se debe forrar con el ACM que paso por su proceso de corte. Los rótulos de pista son armados y soldados y posteriormente pintados. También se observa el flujo de las Calcomanías en su impresión.

### 5.3.2 Diseño de planta

Con el diseño de planta, se visualiza donde esta cada área y como están distribuidas en la vida real. Se pretende plasmar como Mega Imagen tiene su distribución de área con el fin de ver cómo se puede trabajar bajo medidas de distanciamiento y si es necesario modificar algún área específica con las medidas de bioseguridad.

Diseño de planta  
Proyecto de Simulación para Mega Imagen  
Elaborado por: German Pineda en 2020.09.07



**Ilustración 3- Diseño de planta**

Fuente: Elaboración Propia

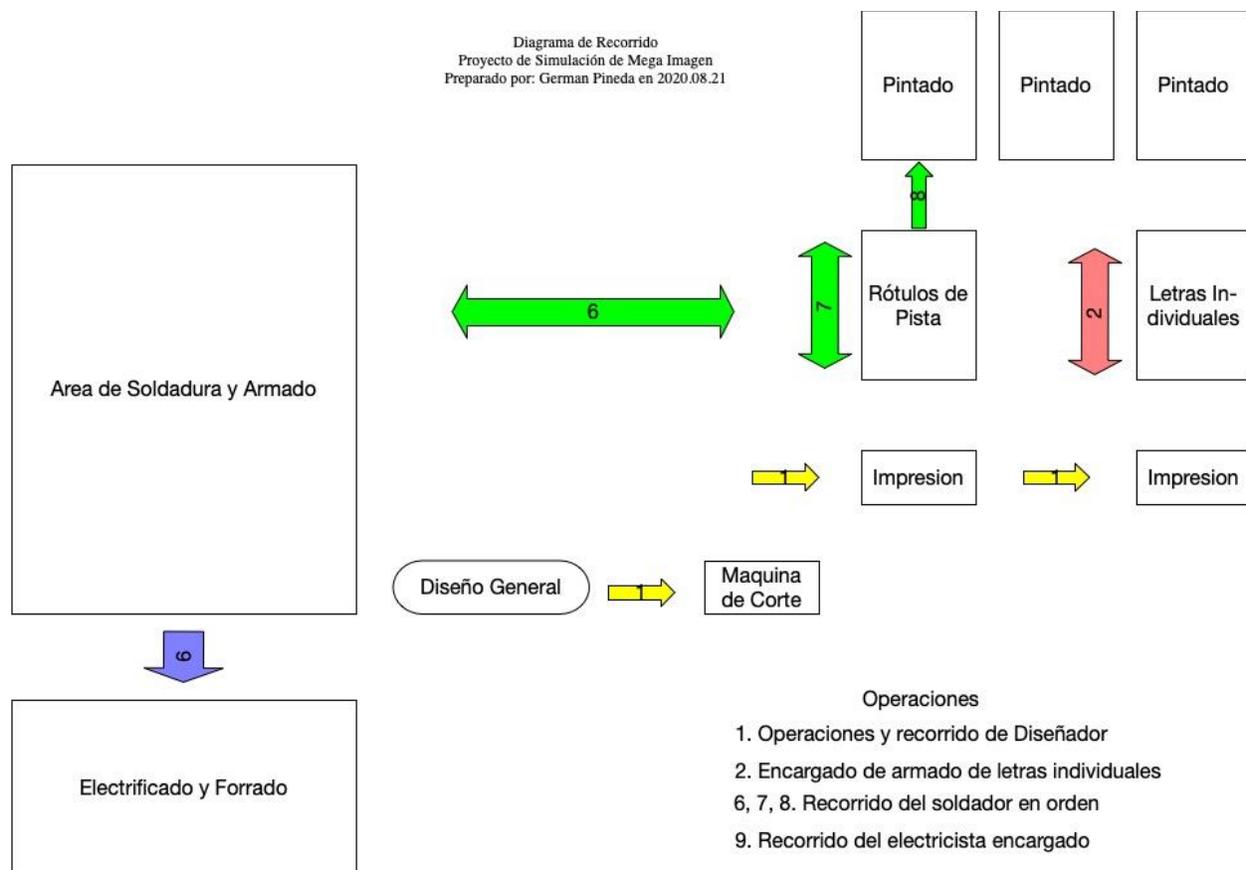
En la ilustración 3, podemos visualizar como está delimitada cada área, cabe mencionar que el área de soldadura y electricado es abierta, sin ser separada por paredes entre medio. Área de

diseño y corte es cerrada, al igual que el área de rótulos de pista y armado de letras, y el área de pintura es otra sección aparte, las tres áreas separadas por una pared cada una.

Es importante mencionar que, en el área de rótulos de pista y armado de letras, hay espacio suficiente para cumplir con las medidas de bioseguridad, con 15x8 metros por lo que cada uno puede estar en su mesa de trabajo sin estar cerca del otro operario. El área de pintura cuenta con las mismas medidas que el área de rótulos de pista, con 15x8 metros. Asimismo, el área de soldadura y electrificado son cuentan con espacio suficiente para el distanciamiento recomendado, hay aproximadamente 13x8 metros de área abierta.

### 5.3.3 Diagrama de recorrido

Con el diagrama de recorrido, se puede observar donde se moviliza cada operario. Se muestra por dónde camina el operario respectivo para realizar el trabajo en proceso y a que áreas atiende.



**Ilustración 4-Diagrama de recorrido**

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 4 se observa el diagrama de recorrido, este nos permite observar los recorridos que debe hacer cada operario con sus respectivas asignaciones.

En el diagrama de recorrido, ayuda a visualizar las áreas donde se moviliza cada operario, asignado por color cada operario diferente. El amarillo (1) es el encargado de diseño que se moviliza a lo largo de esa área de máquina de corte e impresión con dos máquinas. El rojo (2) es el operario que arma las letras individuales y se mueve a lo largo de su área que consta de una mesa larga y materia prima a su alrededor. El verde (6, 7, 8) es el soldador que se mueve de su área de soldado de estructura al área de rótulos de pista, posteriormente se moviliza con los rótulos de pista al área de pintado. Por último, el morado (9), encargado de electrificado, mueve la estructura de soldadura a su área, en esa misma área se forra la estructura con el ACM, lista para entregar.

## 5.4 FORMULACIÓN DEL MODELO

### 5.4.1 Tiempo de Llegadas

Como la marca ya contrato a Mega Imagen para realizar 6 gasolineras, el tiempo entre llegadas aquí no fue necesario estudiar. La función utilizada en este sistema fue Arrival Sequence, para que desde el tiempo 0 estuviesen dentro del sistema las ordenes de producción. Todo esto es a partir que ya se tiene la orden y los materiales para que se comience con la fabricación de todo lo que lleva una estación de gasolinera. También se definieron la cantidad de productos que se deben producir de cada tipo, esto para la cantidad de una gasolinera, ya que se trabaja de una en una y el mismo proceso aplica para todas. Cada gasolinera debe llevar una estructura, que se divide en dos para poderla fabricar, 4 letras individuales (PUMA), 4 paneles cortados de ACM que forran la estructura, 4 rótulos de pista y un set de calcomanías. A continuación, véase en la tabla 3 el tiempo de llegada de cada producto:

**Tabla 3-Tiempo de llegada de cada producto**

	ArrivalTime	ItemName	Quantity	Tipo
Arrival1	0	Estructura	2	1
Arrival2	0	Letras	4	2
Arrival3	0	CorteACM	4	3
Arrival4	0	Pista	4	4
Arrival5	0	Calcomanias	1	5

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.2 Representación visual

Para fines de esta investigación, se asignó como área de producción a procesadores con su respectivo operario. Los Queues se designaron como las ordenes en espera, no representan

espacio físico en sitio. El Combiner cumple la función de agrupar todos los productos que van específicamente a una gasolinera, sin embargo, el tiempo de proceso se asignó como el tiempo real de forrado de Canopy para mayor simplicidad de definir cuando una gasolinera completa y esta lista. Los pallets no son utilizados en la vida real, son solo para fines ilustrativos de la simulación para representar como grupo todos los productos de una misma gasolinera. El output del Combiner es lo que se representa como una gasolinera completada.

Por complejidad de los productos reales, la representación visual se hará por medio de cajas (boxes) con un color asignado a cada tipo de producto, como se muestra en la siguiente tabla 4:

**Tabla 4-Tipo de producto y color asignado**

Tipo de Producto	Color Asignado
Estructura	Negro
Letras Individuales	Amarillo
ACM	Naranja
Rótulos de Pista	Plateado
Set de Calcomanías	Verde

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.3 Programación del sistema

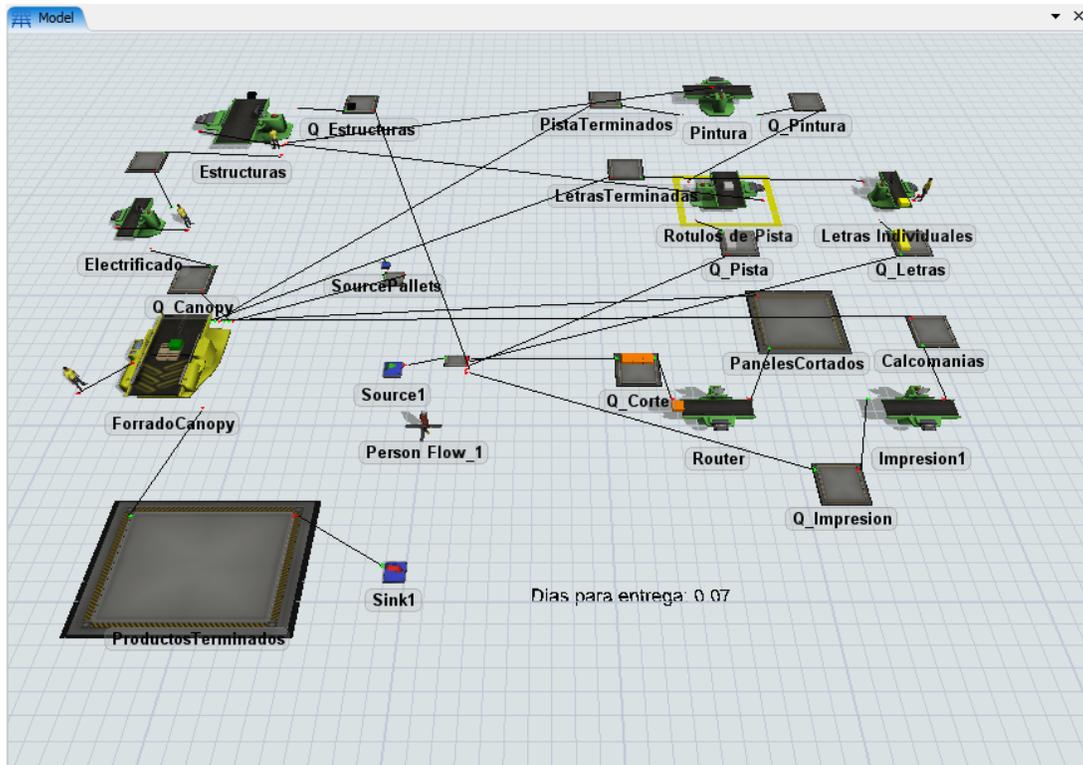
El sistema toma todas las ordenes ya en proceso de producción, pero se van asignando a sus respectivos procesadores con los tiempos (en minutos) de proceso previamente definidos por las distribuciones estadísticas. Se identificaron 5 diferentes productos para 8 procesos productivos, y se programa para que se vayan asignando a las áreas correspondientes de producción

Los productos que son de corte y calcomanías son asignados a esos procesadores respectivamente, una vez que se procesa cada uno, pasan a un Queue para cada tipo, al igual las Letras Individuales, 4 por gasolinera, a la espera que sean halados (Pull) por el Combiner. La estructura es procesada y luego que termina ese proceso, el operador debe ir a trabajar los Rótulos de Pista, que son 4 por gasolinera, una vez terminados esos 4, deben pasar al área de pintado y posteriormente al Queue de pintura a espera del Combiner. Las estructuras terminadas pasan al proceso de electrificado para luego ir al Combiner y ser procesado como el forrado final con los productos de corte.

## **5.5 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN**

### **5.5.1 Verificación**

Para la verificación del modelo, se aseguró seguir el diagrama de proceso y se verifico que cada objeto sigue al área encargada de producción. Mediante el OFD se observa la conexión del modelo para representarlo en computadora. Para hacer una mejor representación visual, se identifica a cada tipo de producto con color diferente, verificando que cada objeto vaya donde corresponda dentro del sistema.



**Ilustración 5- Verificación de flujo de sistema**

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 5, se muestra cada objeto en su respectivo procesador y luego siguen la ruta de cada uno para que estén listos para entrega una vez este todo el proyecto de gasolineras completado.

### 5.5.2 Validación

La validación muestra si el modelo inicial tiene el mismo comportamiento que el sistema real en funcionamiento. Se realizó la prueba f para varianzas, si en efecto los modelos tienen el mismo comportamiento y comprobar así la validación del modelo y la prueba t de dos muestras asumiendo varianzas iguales.

Para la validación de nuestro indicador de desempeño se utilizó la hipótesis siguiente:

$$H_0: \text{varianza } 1 = \text{varianza } 2;$$

$$H_1: \text{varianza } 1 \neq \text{varianza } 2$$



Para el segundo indicador de desempeño, los porcentajes de actividad de los operarios en el proyecto se validaron con las mismas pruebas t asumiendo varianzas iguales y prueba f para varianzas. Los datos reales de cada operario fueron brindados por la empresa en forma de días trabajados en el proyecto, por lo que se dividió ese número entre el total del tiempo de entrega para obtener el porcentaje de actividad de cada operario. Se divide el número de días trabajados por el operario durante el proyecto, entre el número total de días de entrega del proyecto.

Para la validación de nuestro indicador de desempeño se utilizó la hipótesis siguiente:

$$H_0: \text{varianza 1} = \text{varianza 2};$$

$$H_1: \text{varianza 1} <> \text{varianza 2}$$

**Tabla 7- Datos de % de actividad de Operarios**

Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4		Operario1 Real	Operario2 Real	Operario3 Real	Operario4 Real
83.01	7.23	16.99	9.87		81.25	6.25	15.625	12.5
82.97	7.43	17.03	9.74		84.375	9.375	18.75	9.375
82.93	7.29	17.07	9.6		81.25	6.25	18.75	9.375
82.97	7.31	17.03	9.6		84.375	9.375	15.625	9.375
83.05	7.37	16.95	10.04		84.375	6.25	15.625	9.375
82.88	7.31	17.12	10.02		81.25	6.25	18.75	12.5
82.93	7.39	17.07	9.78		84.375	9.375	18.75	9.375
82.97	7.4	17.03	9.78		81.25	9.375	15.625	9.375
83.04	7.32	16.96	9.9		81.25	6.25	18.75	12.5
82.89	7.39	17.11	9.63		84.375	6.25	18.75	9.375
83.03	7.39	16.97	9.86					
83.07	7.38	16.93	9.91					
83.05	7.29	16.95	9.78					
82.97	7.35	17.03	9.55					
83.01	7.35	16.99	9.7					
83.06	7.3	16.94	9.68					
83.04	7.41	16.96	9.47					
82.97	7.25	17.03	9.69					
82.98	7.38	17.02	9.8					
82.97	7.36	17.03	9.75					

Fuente: Elaboración propia

Con los datos se procede a realizar las pruebas estadísticas en Excel. Para el operario 1,  $F_{0.0011} < 0.4127$  valor crítico F, por lo que se acepta  $H_0$  y se valida que se comportan estadísticamente

igual. Asimismo,  $0.6287 > 0.05$ , se acepta  $H_0$  y se valida que se comportan de la misma manera que en la vida real.

**Tabla 8- Pruebas Operario1**

	<i>Operario 1</i>	<i>Operario1 Real</i>
Mean	82.9895	82.8125
Variance	0.003036579	2.712673611
Observations	20	10
df	19	9
F	0.001119404	
P(F<=f) one-tail	0	
F Critical one-tail	0.412762801	
<b>Ho: varianza1=varianza2</b>		
<b>H1= varianza1 &lt;&gt; varianza2</b>		
t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	<i>Operario 1</i>	<i>Operario1 Real</i>
Mean	82.9895	82.8125
Variance	0.003036579	2.712673611
Observations	20	10
Pooled Variance	0.873991339	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	28	
t Stat	0.488848258	
P(T<=t) one-tail	0.314378199	
t Critical one-tail	1.701130934	
P(T<=t) two-tail	0.628756397	
t Critical two-tail	2.048407142	

Fuente: Elaboración propia

Para el operario 2,  $F 0.0011 < 0.4127$  valor crítico F, por lo que se acepta  $H_0$  y se valida que se comportan estadísticamente igual. Asimismo,  $0.6655 > 0.05$ , se acepta  $H_0$  y se valida que se comportan de la misma manera que en la vida real.

**Tabla 9- Pruebas Operario 2**

	<i>Operario 2</i>	<i>Operario2 Real</i>
Mean	7.345	7.5
Variance	0.003015789	2.604166667
Observations	20	10
df	19	9
F	0.001158063	
P(F<=f) one-tail	0	
F Critical one-tail	0.412762801	
Ho: varianza1=varianza2		
H1= varianza1 <> varianza2		
t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	<i>Operario 2</i>	<i>Operario2 Real</i>
Mean	7.345	7.5
Variance	0.003015789	2.604166667
Observations	20	10
Pooled Variance	0.8391	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	28	
t Stat	-0.436897146	
P(T<=t) one-tail	0.332768444	
t Critical one-tail	1.701130934	
P(T<=t) two-tail	0.665536888	
t Critical two-tail	2.048407142	

Fuente: Elaboración propia

Para el operario 3,  $F 0.0011 < 0.4127$  valor crítico F, por lo que se acepta  $H_0$  y se valida que se comportan estadísticamente igual. Asimismo,  $0.1785 > 0.05$ , se acepta  $H_0$  y se valida que se comportan de la misma manera que en la vida real.

**Tabla 10- Pruebas Operario 3**

	<i>Operario 3</i>	<i>Operario3 Real</i>
Mean	17.0105	17.5
Variance	0.003036579	2.604166667
Observations	20	10
df	19	9
F	0.001166046	
P(F<=f) one-tail	0	
F Critical one-tail	0.412762801	
Ho: varianza1=varianza2		
H1= varianza1 <> varianza2		
t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	<i>Operario 3</i>	<i>Operario3 Real</i>
Mean	17.0105	17.5
Variance	0.003036579	2.604166667
Observations	20	10
Pooled Variance	0.839114107	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	28	
t Stat	-1.379737777	
P(T<=t) one-tail	0.089293464	
t Critical one-tail	1.701130934	
P(T<=t) two-tail	0.178586929	
t Critical two-tail	2.048407142	

Fuente: Elaboración propia

Para el operario 4,  $F 0.0098 < 0.4127$  valor crítico F, por lo que se acepta  $H_0$  y se valida que se comportan estadísticamente igual. Asimismo,  $0.1086 > 0.05$ , se acepta  $H_0$  y se valida que se comportan de la misma manera que en la vida real.

**Tabla 11- Pruebas Operario 4**

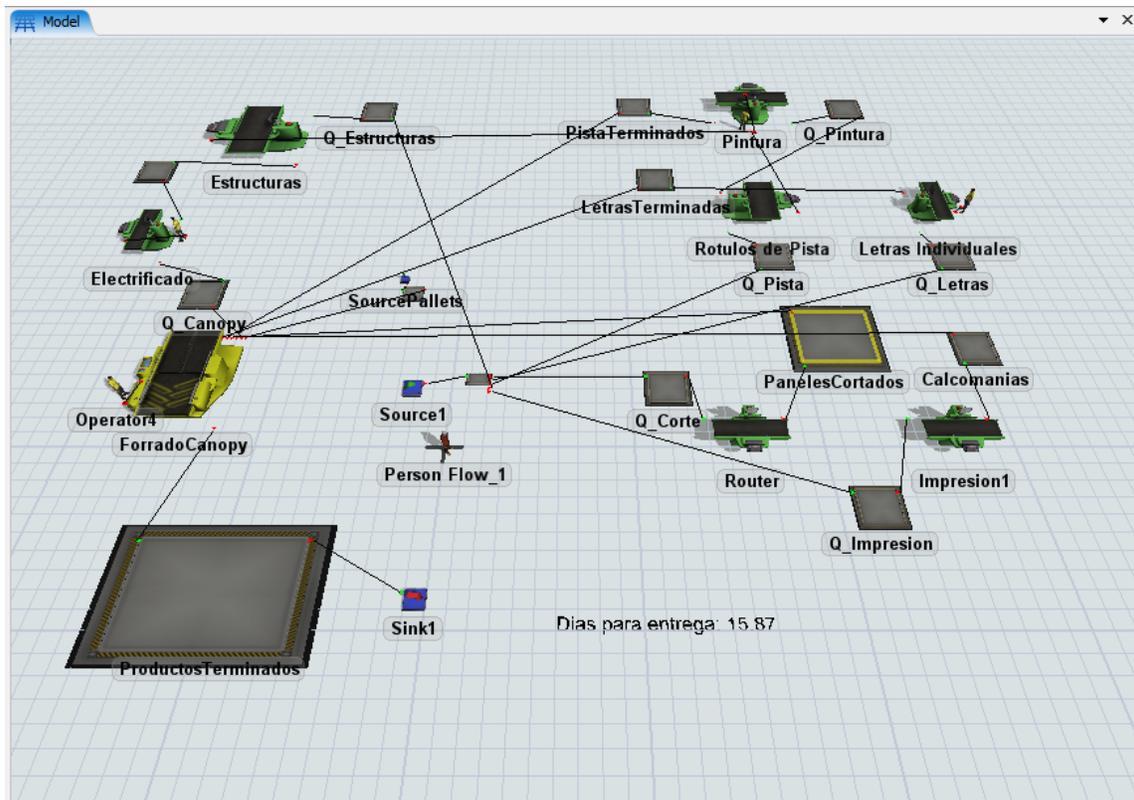
	<i>Operario 4</i>	<i>Operario4 Real</i>
Mean	9.7575	10.3125
Variance	0.022346053	2.278645833
Observations	20	10
df	19	9
F	0.009806725	
P(F<=f) one-tail	3.66374E-14	
F Critical one-tail	0.412762801	
Ho: varianza1=varianza2		
H1= varianza1 <> varianza2		
t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	<i>Operario 4</i>	<i>Operario4 Real</i>
Mean	9.7575	10.3125
Variance	0.022346053	2.278645833
Observations	20	10
Pooled Variance	0.747585268	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	28	
t Stat	-1.657360509	
P(T<=t) one-tail	0.05430546	
t Critical one-tail	1.701130934	
P(T<=t) two-tail	0.108610919	
t Critical two-tail	2.048407142	

Fuente: Elaboración propia

## 5.6 RESULTADOS DEL MODELO INICIAL

### 5.6.1 Corrida del modelo

Mediante el software de simulación se creó el modelo inicial, que anteriormente se validó, para mostrar el funcionamiento del sistema actual y el orden de los procesos y el tiempo que toma fabricar una gasolinera.



**Ilustración 6-Corrída inicial**

Fuente: Elaboración FlexSim

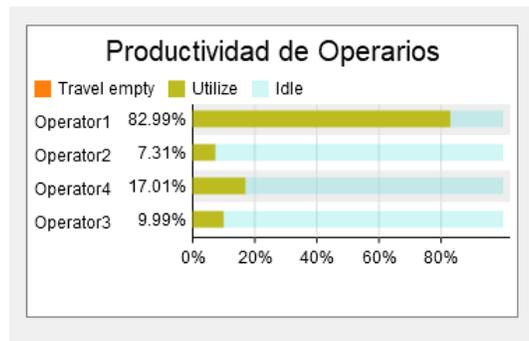
En la ilustración 5 se observa el modelo inicial en representación de la actualidad de Mega Imagen. Se pretende demostrar gráficamente como fluye el proceso y donde sucede físicamente cada uno con la distribución basada en el diseño de planta. Aquí se observa cada puesto de trabajo y a los operarios que están asignados a cada uno respectivamente.

### 5.6.2 Factores que afectan el modelo

Existen algunos factores que afectan el modelo de simulación:

- El tiempo de duración de cada objeto en producción.
- Los operarios para cada procesador.

Se puede observar en la ilustración 6, que el mismo operario que hace el armado y soldadura de la estructura Canopy, al finalizar las dos partes requeridas por gasolinera, debe ir a trabajar los rótulos de pista, no hay nadie más que le ayude en esto. Debido a que las medidas de bioseguridad lo restringen a solo un operario por el distanciamiento social.



**Ilustración 7- Productividad de operarios**

Fuente: Elaboración FlexSim

El operario 1 es productivo dentro del proyecto de gasolinera en promedio un 82.99% de su tiempo hábil, trabajando en el proyecto de la gasolinera. En condiciones normales, dos personas podrían trabajar el Canopy como uno solo o siempre en dos partes, una cada uno.

Al terminar de armar los rótulos de pista, el operario debe seguir y pintar cada uno, no tiene ayudantes. Por lo que representa otro atraso en la entrega final. Ya que se va sumando el tiempo de producción de armar y soldar las estructura, el armado de los rótulos de pista más el pintado, siendo este el principal cuello de botella de todo el proceso. Aunque el operario este productivo buena parte de su tiempo hábil, el trabajo que realiza es el último que se termina debido a los diferentes productos que debe elaborar.

El operario 3 de armado de letras se puede observar que solo utiliza en promedio un 9.99% de tiempo en producción para la gasolinera en proceso. Luego de terminar las 4 letras correspondientes a la gasolinera por entregar, si no tiene ordenes de trabajo adicionales, este pasa a estar en ocio. El operario 4 que se encarga de forrar el Canopy, tiene una participación del

17.01% durante el proyecto. De igual manera se observa que solo un operario electrifica las dos mitades de Canopy, que de igual manera solo participa el 7.31% de tiempo en el proyecto de la gasolinera. Aunque este armado termina antes que la producción de rótulos de pista.

Todo el proceso en promedio termina en 16 días aproximadamente en todas las corridas del modelo inicial. Se toma como día adicional cuando es los decimales son mayor a x.00. Una vez que salen del Combiner y van al Queue de "Productos Terminados", estos ya salen del sistema por son para instalación, que cuenta como el día de entrega.

## **5.7 SISTEMA CON ESCENARIO DE MEJORA**

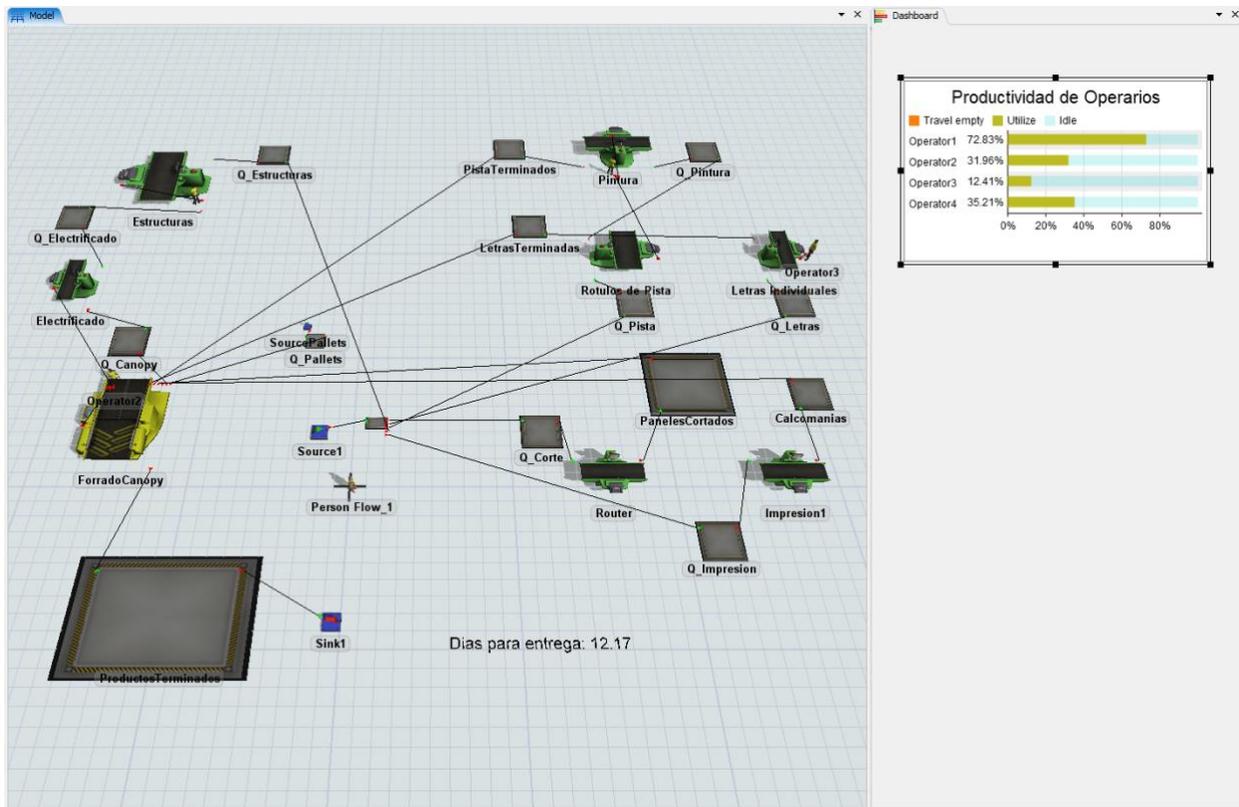
### **5.7.1 Cambios en el modelo**

Para poder definir si existe una posible mejora en el sistema y esta vaya de la mano con los recursos disponibles de la empresa y sea factible para su implementación, se harán algunas modificaciones para ver si existe mejora en el tiempo de fabricación. Una vez finalizado estos cambios, se procede a experimentar y luego validar los resultados nuevos con los del modelo inicial.

Se implementa los siguientes cambios:

- Se agrega un operario dedicado solo al armado y soldado de rótulos de pista.
- Se elimina operario de armado y se deja al operario del área de electrificado a cargo del armado final también.

### **5.7.2 Escenario de mejora**



### Ilustración 8-Operario dedicado a Rótulos de Pista

Fuente: Elaboración FlexSim

Se realizó la prueba con un operario dedicado al armado y soldado de los rótulos de pista y posteriormente su pintado, que eran los procesos que causaban un cuello de botella. Este cambio mostro una mejora en el sistema de 3.7 días hábiles menos para el tiempo de fabricación, es decir, mejoro en un aproximado de 23.31%.

Se asigno a una persona exclusiva para el armado y posterior pintado de los rótulos de pista, agilizando la salida de estos productos. Asimismo, se eliminó al encargado de forrado para dejar solamente al operario 2, que era solamente de electrificado en el modelo inicial y se le agrego la tarea de forrado también, es decir, que una vez que termine el electrificado, pasa el mismo a forrar el Canopy. Con este cambio, se mantiene siempre el mismo número de operarios, pero utilizándolos de manera más optima durante el proyecto de gasolinera.

Asimismo, se observa que la productividad de los operarios mejoro considerablemente con una mejor utilización durante el proyecto. Cabe mencionar que a pesar de que se ven números bajos

en algunos operarios, este porcentaje solo refleja la participación de cada uno en el proyecto de gasolineras, no se cuentan otras actividades de otros días para efectos de esta investigación.

En los porcentajes de actividad de cada operario se ve una mejoría en el operario 2, 3 y 4, y una leve baja del operario 1. Estos números representan un mejor uso que les podría dar la empresa a sus operarios y así también dejar tiempo para que se puedan integrar y dedicar tiempo a otros clientes que tenga la empresa. El operario 1 pasa de 82.32% a 72.83, dando la posibilidad a que colabore en otros trabajos, el operario 2 está mejor utilizado ahora con un 31.06% en comparación a solo 7.31% del modelo inicial, el operario 3 siempre representa un numero bajo ya que solo es utilizado para letras individuales, sin embargo también se ve una mejor porque el tiempo de fabricación se redujo y su porcentaje de actividad durante ese tiempo aumenta, el operario 4 aumenta casi el doble su productividad de un 17.01% a un 35.21%.

### 5.7.3 Comparación Escenario de Mejora

Mediante la comprobación estadística, se mostrará si existe un cambio en los tiempos de entrega en comparación al modelo inicial. Esto se realizó con la prueba pareada de dos medias que hace posible el análisis de los dos indicadores de desempeño.

**Tabla 12- Datos de tiempo de entrega**

Mejora	12.18	12.15	12.29	12.18	12.15	12.15	12.18	12.15	12.17	12.16	12.22	12.18	12.15	12.17	12.16	12.15	12.12	12.17	12.15	12.14
Inicial	15.8	15.86	15.84	15.92	15.89	15.86	15.91	16.12	15.93	16	15.87	15.91	15.88	15.89	15.85	15.88	15.83	15.91	15.95	15.87

Fuente: Elaboración propia

De los datos obtenidos de las corridas de ambos modelos, 20 corridas de cada uno, se procede a realizar el análisis estadístico con la prueba t pareada para medias.

**Tabla 13- Prueba estadística de tiempo de entrega<sup>a</sup>**

t-Test: Paired Two Sample for Means		
	<i>Mejora</i>	<i>Inicial</i>
Mean	12.1685	15.8985
Variance	0.001245	0.004708158
Observations	20	20
Pearson Correlation	-0.179236673	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	19	
t Stat	-201.9752384	
P(T<=t) one-tail	2.0021E-33	
t Critical one-tail	1.729132812	
P(T<=t) two-tail	4.00421E-33	
t Critical two-tail	2.093024054	
Ho: media1=media2		
H1: media1 <> media2		

Fuente: Elaboración propia

Dado que el valor-p de dos colas  $4.004E-33 < 0.05$ , se rechaza  $H_0$  y se valida que hay diferencia estadística entre ambos modelos.

Para los operarios, el indicador de desempeño de porcentaje de productividad en el proyecto se validó también si existían mejoras en comparación al modelo inicial con la prueba t pareada para medias.

**Tabla 14- Datos de productividad de operarios**

Operario1	Operario2	Operario3	Operario4			Operario 1 Inicial	Operario 2 Inicial	Operario 3 Inicial	Operario 4 Inicial
72.95	31.88	12.76	35.07			83.01	7.23	16.99	9.87
73.05	31.76	12.89	35.4			82.97	7.43	17.03	9.74
72.16	31.45	12.79	34.81			82.93	7.29	17.07	9.6
72.89	31.84	12.53	35.43			82.97	7.31	17.03	9.6
73	31.87	12.45	35.52			83.05	7.37	16.95	10.04
73.01	31.75	12.75	35.54			82.88	7.31	17.12	10.02
72.97	31.86	12.89	35.23			82.93	7.39	17.07	9.78
73.03	31.71	12.72	35.77			82.97	7.4	17.03	9.78
72.94	31.78	12.33	35.62			83.04	7.32	16.96	9.9
72.92	31.95	12.88	35.45			82.89	7.39	17.11	9.63
72.5	31.63	13.04	35.51			83.03	7.39	16.97	9.86
72.98	31.77	12.78	35.18			83.07	7.38	16.93	9.91
73.06	31.68	12.63	35.44			83.05	7.29	16.95	9.78
72.97	31.87	12.73	35.32			82.97	7.35	17.03	9.55
72.91	31.8	12.77	35.12			83.01	7.35	16.99	9.7
73	31.78	12.66	35.45			83.06	7.3	16.94	9.68
73.1	31.75	12.99	35.42			83.04	7.41	16.96	9.47
72.82	32.03	12.68	35.35			82.97	7.25	17.03	9.69
72.91	31.85	12.6	35.74			82.98	7.38	17.02	9.8
72.99	31.7	12.6	35.3			82.97	7.36	17.03	9.75

Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis estadístico con la prueba t pareada para medias, se obtuvo que para todos los operarios el valor crítico p era menor que 0.05, por lo que se rechaza  $H_0$  y se observa que hay diferencia estadística en los modelos.

**Tabla 15- Prueba t para 4 operarios**

t-Test: Paired Two Sample for Means			t-Test: Paired Two Sample for Means		
	<i>Operario1</i>	<i>Operario 1 Inicial</i>		<i>Operario3</i>	<i>Operario 3 Inicial</i>
Mean	72.908	82.9895	Mean	12.7235	17.0105
Variance	0.046258947	0.003036579	Variance	0.030276579	0.003036579
Observations	20	20	Observations	20	20
Pearson Correlation	0.20107712		Pearson Correlation	0.227605305	
Hypothesized Mean Difference	0		Hypothesized Mean Difference	0	
df	19		df	19	
t Stat	-213.65726		t Stat	-112.6823877	
P(T<=t) one-tail	6.88193E-34		P(T<=t) one-tail	1.2967E-28	
t Critical one-tail	1.729132812		t Critical one-tail	1.729132812	
P(T<=t) two-tail	1.37639E-33		P(T<=t) two-tail	2.59341E-28	
t Critical two-tail	2.093024054		t Critical two-tail	2.093024054	
t-Test: Paired Two Sample for Means			t-Test: Paired Two Sample for Means		
	<i>Operario2</i>	<i>Operario 2 Inicial</i>		<i>Operario4</i>	<i>Operario 4 Inicial</i>
Mean	31.7855	7.345	Mean	35.3835	9.7575
Variance	0.015120789	0.003015789	Variance	0.051634474	0.022346053
Observations	20	20	Observations	20	20
Pearson Correlation	-0.093137925		Pearson Correlation	0.26569105	
Hypothesized Mean Difference	0		Hypothesized Mean Difference	0	
df	19		df	19	
t Stat	784.8489561		t Stat	484.586562	
P(T<=t) one-tail	1.26743E-44		P(T<=t) one-tail	1.20672E-40	
t Critical one-tail	1.729132812		t Critical one-tail	1.729132812	
P(T<=t) two-tail	2.53486E-44		P(T<=t) two-tail	2.41344E-40	
t Critical two-tail	2.093024054		t Critical two-tail	2.093024054	

Fuente: Elaboración propia

## 5.8 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Analizando el escenario actual con los escenarios planteados en esta investigación, se concluye lo siguiente:

- Seguir con el escenario actual, hace que la fabricación se prolongue a 16 días hábiles, haciendo que se retrase el equivalente a una semana que en tiempos normales sin restricciones. Esto afecta de manera económica y cualitativa a la empresa.
- Experimentando con los dos escenarios de mejora propuestos, se observa mediante la simulación, que los días de entrega se reducen y evitan penalidades y reputación dudosa de entrega con el cliente.

- Agregando una persona más al proceso global, asignada exclusivamente al Armado de Rótulos de pista, hace que se agilice la salida de esos productos y reduzca el tiempo de entrega.
- Se elimina a un operario dedicado al forrado de Canopy, para que sea el encargado de Electrificado quien también realice dicho proceso, y así ahorrar en un operario adicional.

**Tabla 16- Descripción de costos**

Descripción	Costo
Agregar un operario para Rótulos de Pista	L. 350/ día
Utilizar un mismo operario para Canopy (mitad)/ Electrificado/ Armado	L.- 350/ día

Fuente: Elaboración propia

En estos cambios básicamente es contratar a un soldador y desprenderse de una persona de forrado, al final queda en tablas a nivel de salarios. Asimismo, es costo cero la curva de aprendizaje porque se contrata personal con experiencia previa en la empresa y en la producción.

Al tener a alguien dedicado exclusivamente en rótulos de pista, que en un principio era el cuello de botella y lo que retrasaba las entregas, se puede entregar a tiempo y no incurrir en penalidades que están pactadas en L. 1,200/ día de retraso. Es un ahorro para la empresa de casi 3 días, según lo simulado, contra seguir con los mismos costos de salarios.

Actualmente Mega Imagen ha incurrido en penalidades en sus últimos dos proyectos de gasolineras debido a la reducción de la capacidad y manejo inadecuado de sus recursos. En sus últimos dos proyectos se estiman costos adicionales de Lps. 8,400, esto a 3 y 4 días de retraso

respectivamente. Asimismo, esto ha afectado negativamente la imagen de la empresa y ha ocasionado que el cliente determine utilizar más proveedores, no solamente a Mega Imagen, esto afecta en no percibir ganancias por posibles proyectos. Durante este tiempo, se le ha asignado una gasolinera a otro proveedor, algo que no trae utilidades a la empresa.

Basados en esta investigación y en los resultados obtenidos, Mega Imagen en un año puede adjudicarse mínimo 20 gasolineras, sacando en promedio dos mensuales si se trabaja de lunes a sábado, y asignando mejor sus recursos, eliminando al operario exclusivo para armado y agregando esa vacante a rótulos de pista, se mantiene el mismo presupuesto salarial, sin embargo, se sacan las gasolineras de manera más eficaz y evitan penalidades por cada día de retraso en la entrega, asimismo, creando una buena imagen con el cliente para adjudicarse más gasolineras y generar más ganancias para la empresa.

Bajo el nuevo escenario, se puede pasar de realizar 17 gasolineras en un año a 24 gasolineras por año. Se desconoce el margen de ganancia de la empresa, por pacto de confidencialidad, pero si se calcula que, con este escenario de mejora, en un año podrían ahorrarse hasta Lps. 61,200, promediando 3 días de retraso en 17 gasolineras, en penalidades entregando a tiempo.

## VI. CONCLUSIONES

1. Por medio de la estadística, se logró validar que el modelo inicial tiene un comportamiento igual que el sistema real. También por medio de esta herramienta se logró representar el proceso de producción que requiere una gasolinera en la fábrica de rótulos. La validación se realizó mediante la prueba f para varianzas y la prueba t de dos muestras con un intervalo de confianza del 95% de los indicadores de desempeño tiempo de fabricación y el porcentaje de actividad de cada operario.
2. Mediante la experimentación y algunos cambios en el modelo inicial, se pudo observar una leve mejoría de casi 3.7 días hábiles menos para la fabricación de una gasolinera, un 23.31% mejor que en el modelo inicial. En el escenario propuesto de mejora, se observa que de 15.8 días hábiles que tomaba fabricar una gasolinera, se reduce a 12.15 días hábiles en promedio. El cuello de botella se encontraba en el proceso de armado y pintado de rótulos de pista, por lo que se asignó un operario dedicado solo a estos rótulos. Asimismo, se le agregó la tarea de forrar el Canopy al encargado de electrificado para reducir el costo de tener a alguien más solo para esa tarea. Asimismo, se logra mantener el distanciamiento de bioseguridad entre cada operario.
3. Se logró mantener el mismo presupuesto salarial al agregar un operario solo para armado de rótulos de pista ya que también se elimina al encargado exclusivo de forrado de Canopy, por lo que siempre son 4 operarios, se ahorra dinero y tiempo porque se contrata personal con experiencia previa en la empresa y proyecto de gasolineras. Con la propuesta de mejora se reduce el tiempo de fabricación y se evitan multas diarias por día no entregado que representaría pérdida para la empresa y asimismo gana credibilidad para adjudicarse más proyectos a futuro. Se estima un ahorro de casi Lps. 61,200 en un año al entregar a tiempo y se puede mejorar la capacidad de producción de 17 a 24 gasolineras anuales, trayendo consigo más ganancias.

## VII. RECOMENDACIONES

- Pedir recopilación de tiempos exactos que toma cada proceso en ser realizado para poder sacar distribuciones estadísticas más robustas que puedan hacer que el modelo sea aún más exacto, más allá que solo los datos históricos de tiempos de entregas.
- Analizar otros posibles indicadores de desempeño para poder utilizar las herramientas que brinda el programa al máximo y obtener más datos que puedan ayudar a generar otras propuestas a la empresa.
- Investigar que costo tendría contratar a alguien con menor experiencia para tomar en cuenta ese escenario en caso de que la empresa no pudiese contratar a personal antiguo. Así poder tener en cuenta todas las posibilidades al momento de contratación de personal.

## **VIII. APLICABILIDAD/ IMPLEMENTACIÓN**

El resultado de la investigación muestra una fácil aplicabilidad e implementación de la propuesta de mejora. Ya que dentro de los mismos recursos con los que ya cuenta Mega imagen, se puede asignar a este grupo de personas exclusivamente a trabajar en los proyectos de gasolineras y otro personal enfocados en los demás clientes. Por lo que aplicar este escenario si es posible dentro de la capacidad de la empresa. La aplicación de la propuesta se basa en el espacio físico con el que se cuenta y con el personal que se puede contratar para realizar las tareas asignadas. El costo de contratación de más personal hace que el tiempo de producción sea menor, evitando costos de penalidades por mora y agilizando el pago por proyecto, haciendo esto de soluciones viables para la empresa. Asimismo, se plantea que se utilicen recursos/ personal que ya se encuentra en la planta, para no incurrir en gastos adicionales.

El personal adicional que se puede contratar por obra cuenta con experiencia previa en la empresa y hace que se eviten costos y tiempo en entrenamiento de producción. Asimismo, agregar una persona mas no va contra las medidas de bioseguridad dado que donde se asigne, contara con su propio espacio para distanciamiento físico, hace más fácil dado que no se debe gastar en preparar un área específica solo para alguien más. Asimismo, como se observa en el experimento de escenario de mejora, no aumenta el número de operarios, solo se asignan a otras tareas de manera más optima, por lo que no se incurrirá en costos adicionales de salarios, y la viabilidad del proyecto se mantendrá.

## **IX. EVOLUCIÓN TRABAJO ACTUAL/ TRABAJO FUTURO**

Esta investigación puede ser trabajado en una segunda fase. Debido a que no solo son gasolineras meramente los clientes de Mega Imagen, se pueden crear más modelos de simulación abarcando todos los trabajos en producción. También es posible analizar todo el desarrollo del proceso con las distancias en el diagrama de recorrido, los tiempos de preparación para salida a instalar y tiempos de instalación (fuera de la empresa). También es posible que se pueda analizar incrementar la capacidad de personal, pero tomando en cuenta que se debe modificar las áreas de trabajo conforme a las medidas de bioseguridad, no solo distanciamiento. Asimismo, tomar en cuenta toda la cadena de suministros para visualizar posibles atrasos en la recepción de materia prima que puedan afectar el tiempo de entrega al cliente y también gestiones legales como permisos de operación en los establecimientos de los clientes, y otros trámites que puedan requerir tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

"Cómo adaptar un espacio de trabajo ante el Covid-19", guía de Actiu: Claves en el diseño de los espacios de trabajo de la era Post Covid-19. (2020, May 22). Retrieved August 07, 2020, from [https://www.facilitymanagementservices.es/actualidad/claves-en-el-diseno-de-los-espacios-de-trabajo-de-la-era-post-covid-19\\_20200523.html](https://www.facilitymanagementservices.es/actualidad/claves-en-el-diseno-de-los-espacios-de-trabajo-de-la-era-post-covid-19_20200523.html)

¿Qué es Simulación? (2019). Retrieved August 07, 2020, from <https://www.paragon.com.br/es/academico-2/que-es-simulacion/>

¿Qué es un indicador de desempeño y para qué sirve? (2019, November 15). Retrieved August 07, 2020, from <https://twenergy.com/eficiencia-energetica/consejos-sobre-ahorro-de-energia/para-que-sirven-los-indicadores-de-desempeno-1032/>

América Latina: ¿Cómo reactivar la manufactura en tiempos de COVID-19? (n.d.). Retrieved August 07, 2020, from <https://www.unido.org/stories/america-latina-como-reactivar-la-manufactura-en-tiempos-de-covid-19>

Ayala, J. (2019). Ingenium. Retrieved August 07, 2020, from <http://camp.ucss.edu.pe/ingenium/index.php/sistemas-informatica/165-la-simulacion-de->

Canela, A., & Wolf, R. (2020, May 15). COVID-19 y el futuro de la manufactura. Retrieved August 1, 2020, from <https://cuatro-cero.mx/noticias/covid-19-y-el-futuro-de-la-manufactura/>

Carballo Barcos, Miriam, & Guelmes Valdés, Esperanza Lucía. (2016). Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 140-150. Recuperado en 07 de agosto de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202016000100021&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100021&lng=es&tlng=es).

Dice: J., Dice:, J., Dice:, C., Dice:, J., Dice:, A., Dice:, J., . . . Dice:, R. (2019, September 14). ¿Qué es el análisis costo-beneficio? Retrieved August 07, 2020, from <https://www.crecenegocios.com/analisis-costo-beneficio/>

ESAN Graduate School of Business. (2019, November 12). El uso del diagrama de flujo para la gestión de calidad. Logística | Apuntes Empresariales | ESAN. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/11/el-uso-del-diagrama-de-flujo-para-la-gestion-de-calidad/>

Garde, A, Azcarate, C & Mallor, F (2011). Desarrollo y validación de un modelo de simulación para el complejo asistencial médico tecnológico de navarra (camtna). Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/68fe/4d44815b047a3cc3afa6babcf46b50478e6b.pdf>

Guelmes Valdés, E. L., & Carballo Barco, M. (2010). El camino metodológico de la investigación educativa pedagógica en el tutor en la formación de aspirantes a grado científico. <http://www.unitec.edu.ve/materiasenlinea/upload/T422-8-9.pdf>

López-Sánchez, A. Y. (2019, March). Simulación para la optimización de la producción de ejes en la línea de ensamblaje de una empresa de manufactura. Scielo.Org.Mx. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432019000100005&lang=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432019000100005&lang=pt)

Manzanares, N. (2018). Diagramas de Actividades. Retrieved August 07, 2020, from [http://stadium.unad.edu.co/ovas/10596\\_9839/diagramas\\_de\\_actividades.html](http://stadium.unad.edu.co/ovas/10596_9839/diagramas_de_actividades.html)

Ministerio de Economía y Finanzas (2010). Instructivo para la Formulación de Indicadores de Desempeño. Recuperado en 07 de agosto de 2020, de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/presupuesto\\_publico/normativa/Instructivo\\_Formulacion\\_Indicadores\\_Desempeno.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/presupuesto_publico/normativa/Instructivo_Formulacion_Indicadores_Desempeno.pdf)

Modelos de simulación para manufactura. (n.d.). Retrieved August 07, 2020, from <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/72941-modelos-simulacion-manufactura>

Ocampo, P. (2019, October 08). El enfoque mixto de investigación: Algunas características. Retrieved August 07, 2020, from <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-mixto-de-investigacion/>

POLITICAS PBLICAS EN SALUD Y SU IMPACTO EN EL SEGURO POPULAR EN CULIACN, SINALOA, MXICO. (n.d.). Retrieved August 07, 2020, from [https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/enfoque\\_mixto.html](https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/enfoque_mixto.html)

Rediseñando el Espacio de Trabajo después del COVID. (2020, April 24). Retrieved August 07, 2020, from <https://www.steelcase.com/eu-es/investigacion/articulos/redisenando-espacio-trabajo-despues-covid/>

Revisión general de t pareada. (n.d.). Retrieved August 07, 2020, from <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/paired-t/before-you-start/overview/>

Ricondo, I., Dra. (2013, May 16). La simulación como herramienta de valor en entornos de producción ajustada. Retrieved August 2, 2020, from <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/109390-La-simulacion-como-herramienta-de-valor-en-entornos-de-produccion-ajustada.html>

Ruffalo, M. (n.d.). Concepto de Experimentación Científica. Retrieved August 07, 2020, from <https://concepto.de/experimentacion-cientifica/>

SIMULACIÓN DE SISTEMAS. (2019, March 05). Retrieved August 07, 2020, from <https://soloindustriales.com/simulacion-de-sistemas/>

Trabajadores y empleadores de la industria de fabricación. (n.d.). Retrieved August 07, 2020, from <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/guidance-manufacturing-workers-employers.html>

Unidad 1 Simulación - SISTEMAS, MODELOS Y CONTROL DE SIMULACION. (n.d.). Retrieved August 07, 2020, from <https://simulacionis.es.tl/-SISTEMAS,-MODELOS-Y-CONTROL-DE-SIMULACION.htm>

W. (2020). Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19). Retrieved August 1, 2020, from [https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses?gclid=EAlaIQobChMIo4Wy3v-l6wIVDACGCh3mVQJmEAYASAAEgJAmfD\\_BwE](https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses?gclid=EAlaIQobChMIo4Wy3v-l6wIVDACGCh3mVQJmEAYASAAEgJAmfD_BwE)

Www.dipe.es. (2020, May 19). Guía para adaptar los espacios de trabajo al Covid-19. Retrieved August 07, 2020, from <https://www.observatoriorh.com/orh-posts/guia-para-adaptar-los-espacios-de-trabajo-al-covid-19.html>

Yacuzzi, E (2016) EL ESTUDIO DE CASO COMO METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN: TEORÍA, MECANISMOS CAUSALES, VALIDACIÓN. Recuperado de <https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/296.pdf>

Yurdy-Gonzalez, & Aby2711. (n.d.). Verificación y validación - Apuntes - Simulación. Retrieved August 07, 2020, from <https://www.docsity.com/es/verificacion-y-validacion-apuntes-simulacion/332994/>

## ANEXOS



**Ilustración 9- Rótulo**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 10- Rótulo**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 11-Rótulo**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 12- Rótulo**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 13- Rótulo**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 14- Rótulo**

Fuente: Elaboración propia