



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO

VALIDACIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO DE MONTACARGUISTAS EN FLEX N-GATE USANDO SIMULACIÓN CON SOFTWARE SIMIO

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA INDUSTRIAL

PRESENTA:
C. MARÍA GUADALUPE FLORES CABAL

DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL
M.I. MIGUEL ÁNGEL SOLÍS JIMÉNEZ

HUATUSCO, VER.

DICIEMBRE 2024.

Dedicatoria

Dedico esta tesis con todo mi cariño y gratitud a mis padres. A mi padre **José Carlos René Flores Mora**, cuyo amor, sabiduría y ejemplo siguen guiando mis pasos, aunque ya no esté físicamente, y a mi madre **Margarita Cabal Cozar**, por su incansable apoyo, su fortaleza y por ser mi mayor fuente de inspiración en cada momento de mi vida.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional, su complicidad y por ser parte fundamental en cada etapa de este recorrido. Sin ustedes, este logro no sería posible.

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi madre por ser mi pilar, siempre procurarme y creer en mí, a mi padre, que, aunque ya no esté presente en esta vida, siempre lo llevo en mi corazón, le agradezco que nunca dejó de apoyarme, y ser mi inspiración, del mismo modo a mis hermanos por su apoyo, confianza y su paciencia, pues convivir con una universitaria no es tarea sencilla.

A mi director de tesis, M.I. Miguel Ángel Solís Jiménez, por su orientación, apoyo y valiosos consejos durante todo el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a los miembros del comité de tesis, Dra. Ana Laura Piña Martínez y al Dr. Luis Antonio Calderón Palomares, por sus sugerencias y por la dedicación mostrada en la evaluación de este trabajo.

Agradezco también a la empresa Flex N Gate Ventramex por brindarme la oportunidad de conocer el mundo de la industria que, al mismo tiempo, ha posibilitado mi crecimiento, personal y profesional, así como también a todas las personas que participaron en mi investigación, especialmente a los entrevistados, cuyo tiempo y conocimiento fueron esenciales para el desarrollo de este trabajo.

A todos aquellos que durante este tiempo han ayudado a que esta tesis sea hoy una realidad.

Resumen

El presente documento detalla la metodología que se realizó en la empresa Flex N Gate Ventramex para evaluar el porcentaje de utilización de los montacargas. La empresa Flex N Gate es de giro automotriz, dedicada a la fabricación de partes para vehículos automotrices.

El proyecto se centra en el área de logística, particularmente en el manejo de materiales; donde se evalúa a los 8 operadores de montacargas con los que cuenta la planta, donde se observan distintas problemáticas que surgen por no tener un orden adecuado en el almacén y la planta en general. Se analizó que la problemática parte de la inadecuada asignación de actividades las cuales pueden mejorar para cada operador de montacargas; del mismo modo, se observa que frecuentemente existe aglomeración de los montacargas en los pasillos donde circulan, por último, se pudo observar el paro de línea por ausencia de montacargas, estas situaciones generan cuellos de botella en el proceso de ensamble de la empresa.

La intención de esta investigación es evaluar la eficiencia de cada uno de los ocho operadores de montacargas y determinar si tener ocho personas en el área es lo ideal para cubrir las actividades correspondientes en la planta. Posteriormente tomando como base los resultados obtenidos se realiza la propuesta de las rutas y actividades de cada operador estandarizando el proceso para los turnos existentes.

Para implementar el cálculo de la eficiencia de cada operador, principalmente se realiza un análisis de la situación actual de la empresa a partir de un estudio de la capacidad empleada de los montacargas con el fin de identificar las causas a los problemas existentes, así como también las oportunidades de mejora.

Con la información recabada se procede a realizar la simulación del proceso de un montacarguista, se verifica y valida el modelo. Dicho modelo se realiza utilizando el Software SIMIO, herramienta que facilita la recreación de dichos escenarios llevados a lo más real posible.

Palabras clave: Montacargas, estudio de capacidad, Simulación SIMIO, porcentaje de utilización.

Abstract

This document details the methodology used at Flex N Gate Ventramex to evaluate the forklift utilization rate. Flex N Gate is an automotive company dedicated to manufacturing parts for automotive vehicles.

The project focuses on the logistics area, particularly in material handling, where the eight forklift operators at the plant are evaluated. Several issues were identified, stemming from the lack of proper organization in the warehouse and the plant in general. It was analyzed that the problem originates from the improper assignment of tasks, which could be improved for each forklift operator. Additionally, it was observed that forklifts often congest in the aisles where they circulate. Finally, the line stoppage due to the absence of forklifts was also noted. These situations create bottlenecks in the company's assembly process.

The purpose of this research is to assess the efficiency of each of the eight forklift operators and determine whether having eight people in the area is ideal for covering the corresponding tasks in the plant. Based on the results obtained, a proposal for the routes and tasks of each operator is made, standardizing the process for the existing shifts.

To implement the efficiency calculation for each operator, an analysis of the company's current situation is first carried out, based on a study of the forklift utilization rate, to identify the root causes of the existing problems as well as opportunities for improvement.

With the gathered information, a forklift operator process simulation is created, verified, and validated. This model is developed using the SIMIO Software, a tool that facilitates the recreation of such scenarios as realistically as possible.

Keywords: Forklifts, capacity study, SIMIO Simulation, utilization rate.

Índice (contenido, figuras y/o tablas)

Índice de contenido

Contenido

INTRODUCCIÓN	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
JUSTIFICACIÓN.....	11
HIPÓTESIS	12
OBJETIVOS.....	12
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	13
1.1 Antecedentes de la empresa	13
1.2 Antecedentes de la investigación	16
1.3 Simulación.....	17
1.3.1 Simio objetos básicos.....	18
1.3.2 Interfaz del usuario.....	19
1.3.3 Entidades y atributos	21
1.3.4 Objetos y Librerías básicos	21
1.4 Logística	26
1.4.1 Indicadores de logística	28
1.5 Estudio de tiempos y movimientos	30
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE	34
CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	37
3.1 METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA EMPRESA ESTUDIO DE CAPACIDAD	37
3.2 SIMULACIÓN DEL PROCESO DE PRENSADO EN SIMIO	43
3.2.1 Planteamiento del problema.....	44
3.2.2 Recolección de datos.....	44
3.2.3 Elaboración del modelo conceptual	45
3.2.4 Elaboración del modelo base con software SIMIO	46
3.2.5 Verificación.....	48
3.2.6 Validación	48
3.2.7 Diseño de experimento	48

3.2.8 Análisis de escenarios	48
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.	49
4.1 ESTUDIO DE CAPACIDAD	49
4.2 SIMULACIÓN DEL PROCESO DE PRENSADO EN SIMIO	53
4.2.1 Modelo en simio	53
4.2.2 Verificación.....	54
4.2.3 Validación	55
4.2.4 Determinación del número de corridas de la simulación.	57
4.2.5 Escenarios.	58
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.....	61
REFERENCIAS	63
ANEXOS.....	64

Índice de Figuras

Figura 1 Empresa Flex N Gate Ventramex	13
Figura 2 Layout de la planta.....	15
Figura 3 Interfaz SIMIO.....	19
Figura 4 Librería SIMIO	22
Figura 5 Objeto SOURCE.....	22
Figura 6 Objeto SINK	22
Figura 7 Objeto SERVER	23
Figura 8 Interfaz	23
Figura 9 Objeto COMBINER	23
Figura 10 Objeto SEPARATOR	24
Figura 11 Objeto RESOURCE.....	24
Figura 12 Objeto VEHICLE	24
Figura 13 Objeto WORKER	25
Figura 14 Objeto BASICNODE.....	25
Figura 15 Objeto TRANSFERNODE	25
Figura 16 Objeto CONNECTOR	25
Figura 17 Objeto PATH	25
Figura 18 Objeto TIMEPATH	26
Figura 19 Objeto CONVEYOR	26
Figura 20 Layout de la planta.....	38
Figura 21 Cálculo de la frecuencia de viaje	39
Figura 22 Cálculo del tiempo de viaje	40
Figura 23 Layout de las rutas establecidas en la empresa.....	41
Figura 24 Cálculo de la información.....	42
Figura 25 Proceso de SIMULACIÓN.....	43
Figura 26 Tiempos de prensado	44
Figura 27 Modelo Conceptual.....	46
Figura 28 Distribución de actividades (antes).....	50
Figura 29 Distribución de actividades (Después)	51
Figura 30 Layout de las rutas propuestas	52
Figura 31 Simulación del modelo en SIMIO	53
Figura 32 Formato demostrativo	54
Figura 33 Resultados de SIMIO.....	55
Figura 34 Cálculo del número de corridas	58
Figura 35 Experimento del modelo.....	58
Figura 36 Experimentación	59
Figura 37 Cálculo de la comparación de medias.....	60
Figura 38 ANEXO 1	64
Figura 39 ANEXO 2	65
Figura 40 ANEXO 3	66
Figura 41 ANEXO 4	67

Figura 42 ANEXO 5	68
Figura 43 ANEXO 6	69
Figura 44 ANEXO 7	70
Figura 45 ANEXO 8	71
Figura 46 ANEXO 9	72
Figura 47 ANEXO 10 Modelo con animación.....	73
Figura 48 ANEXO 11	73
Figura 49 ANEXO 12	74
Figura 50 ANEXO 13	75

Índice de tablas

Tabla 1 Diferentes líneas de producción con uso de montacargas.....	16
Tabla 2 Distancias entre los pasillos	44
Tabla 3 Objetos utilizados en el modelo de simulación.....	47
Tabla 4 Actividades de los montacarguistas (antes)	49
Tabla 5 Respectivas actividades para cada montacarguista (propuesta).....	50
Tabla 6 Muestras, Numero de contenedores en producción por turno.....	55
Tabla 7 Prueba T Pareada.....	56
Tabla 8 Porcentajes de utilización originales	61
Tabla 9 Porcentajes de utilización, mejora.....	61

INTRODUCCIÓN

En numerosas ocasiones, al tener la oportunidad de implementar una mejora, las decisiones se toman basadas en suposiciones sobre los resultados esperados. Sin embargo, en la práctica, la implementación frecuentemente arroja resultados distintos a los previstos, debido a diversos factores no considerados, como la incertidumbre.

Afortunadamente, existen metodologías que permiten gestionar y reducir la incertidumbre, lo que facilita la toma de decisiones con mayor precisión para obtener resultados óptimos. Además, los avances tecnológicos proporcionan herramientas y software que, a partir del análisis de los datos de los procesos, permiten evaluar diversos escenarios y seleccionar el que ofrezca el mejor rendimiento. En particular, este proyecto utiliza el software de simulación SIMIO.

SIMULACIÓN se define como “el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado. El objetivo del modelo de simulación consiste, precisamente, en comprender, analizar y mejorar las condiciones de operación relevantes del sistema.

Para las empresas resulta de gran importancia gestionar el manejo de materiales para facilitar el proceso de manufactura, aumentar la productividad y reducir costos. Un equipo que facilita el manejo de materiales y que es indispensable para la operación de las empresas es el montacargas. Por lo que en el presente proyecto, se busca evaluar el rendimiento y la utilización de los montacargas, de manera que utilizando un estudio de capacidad y validando este con la simulación, sea posible conocer alternativas para mejorar este importante proceso de suministro de materiales en las diferentes áreas de trabajo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Flex N Gate Ventramex en el departamento de Logística, cuenta con ocho operadores de montacargas por cada turno, los cuales se distribuyen por toda la planta para cumplir funciones como surtimiento del material que se almacena en contenedores, así como también el movimiento de tarimas o cualquier material pesado que requiera ser traspasado.

Aun cuando se tienen todos estos recursos para cubrir las necesidades de movimiento de material se observan las siguientes problemáticas:

1. En diversas partes del proceso de producción, se tienen tiempos muertos, debido en gran parte a la falta de materiales para llevar a cabo su proceso.
2. En los pasillos principales se genera aglomeraciones de los montacargas, algunos con cargas y otros sin carga.
3. Los procesos de producción, una vez que terminan una orden, esta debe ser movida al almacén por medio de los montacargas, pero debido a que estos se encuentran en otras áreas o realizando otras actividades, se generan cuellos de botella.
4. Los pasillos saturados de material tanto liberado como manufacturado que entorpecen el movimiento y atrasando otros procesos.
5. Existen problemas de almacenamiento por falta de la modulación y transferencia de los materiales que complican tener el inventario en orden y esto a su vez provoca que el tiempo de surtido de material sea más tardado o incluso.

Todo lo anterior genera como consecuencia el paro de línea y cambios en el plan de producción por falta de material.

JUSTIFICACIÓN

Un sistema de surtimiento ordenado y balanceado genera para cualquier empresa, una serie de ventajas entre las que se pueden destacar:

- Eficiencia Operativa: Un buen esquema asegura que los materiales necesarios estén disponibles cuando se necesitan, evitando retrasos en la producción.
- Reducción de Costos: Al optimizar el inventario, se pueden reducir los costos asociados con el almacenamiento y el manejo de materiales.
- Mejora en la Calidad: Con un suministro constante y de calidad, se pueden mantener altos estándares en los productos finales.
- Satisfacción del Cliente: Cumplir con los plazos de entrega y mantener la calidad del producto mejora la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa.
- Flexibilidad y Adaptabilidad: Un esquema bien planificado permite a la empresa adaptarse rápidamente a cambios en la demanda o en el mercado.

Dentro de la empresa Flex N Gate Ventramex, los montacargas son fundamentales para el movimiento de material pesado tanto de materia prima como de producto terminado. De manera que contar con una adecuada distribución de actividades para los montacargas, puede traer impactar positivamente en las ventajas antes mencionadas para la empresa.

El proyecto que se presenta busca en primer lugar estudiar el funcionamiento actual de los montacargas, entender como están operando y si la distribución de trabajo que llevan a cabo es el ideal, y a partir de estos datos, se pretende identificar áreas de mejora utilizando a la simulación, que como herramienta tiene la versatilidad de mostrar posibles escenarios y ver las ventajas y desventajas que estos pueden tener para optar por aquel esquema de trabajo que tenga un mayor impacto positivo para el sistema de logística interna de la empresa.

HIPÓTESIS

La creación e implementación de un modelo de simulación basado en el software SIMIO permitirá validar de manera precisa el porcentaje de utilización de los montacargas en el área de producción de la empresa FLEXNGATE. Este modelo simulará distintos escenarios operativos bajo diversas condiciones y variables, lo que facilitará la identificación de patrones de uso, cuellos de botella y oportunidades de mejora en la gestión de los recursos. Asimismo, se espera que el modelo proporcione información valiosa para optimizar la eficiencia operativa y contribuir a una mejor toma de decisiones en la planificación de los montacargas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Validar los resultados de la carga de trabajo obtenida en el estudio de capacidad de los montacarguistas en la planta FLEX NGATE en el área de prensado, a través de la simulación de procesos utilizando el software SIMIO, con el propósito de determinar el número óptimo de operadores necesarios para ajustar su porcentaje de trabajo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las actividades que llevan a cabo los montacarguistas en el área de prensado.
- Realizar un estudio de capacidad de los montacarguistas en las diferentes áreas de producción, enfatizando el área de prensado.
- Crear el modelo de simulación que represente el proceso actual de operación de los montacargas en el área de presando.
- Validar el estudio de capacidad con el modelo de simulación y a partir de este, crear escenarios de mejorar los procesos actuales de operación de los montacargas.

CAPITULO 1. ANTECEDENTES

1.1 Antecedentes de la empresa

FLEX N GATE

Shahid Khan fundó la empresa en Illinois en 1978 y, actualmente continúa siendo el dueño y gestionando la empresa. Empresa privada unipersonal.

En 1978, Flex-N-Gate revolucionó el mercado de los parachoques en Estados Unidos con un innovador diseño de parachoques de una sola pieza que, a día de hoy, todavía se considera una referencia. La empresa ha mantenido viva esa creatividad con más de 850 patentes en todo el mundo.

Flex N Gate es una empresa mundial, con influencia en Norteamérica y Europa, las fábricas en Norteamérica se encuentran en Estados Unidos, Canadá y México, en México hay 5 plantas ubicadas en Puebla, Querétaro, San José Iturbide, Reynosa y Hermosillo.

VENTRAMEX, S. DE R.L. DE C.V. es una empresa dedicada a fabricación de otras partes para vehículos automotrices. Se ubica en PARQUE INDUSTRIAL PARQUE INDUSTRIAL BERNARDO QUINTANA de El Marqués, QUERETARO.



Fuente: Internet

Figura 1 Empresa Flex N Gate Ventramex

VALORES: Nuestros valores y lo que significan para nosotros refuerzan la forma que trabajamos, guían nuestras decisiones y conforman nuestra cultura.

- Integridad: Obramos con rectitud y apego a los principios
- Respeto: Reconocemos el valor de los demás y del entorno, del mismo modo en que honramos nuestro valor propio.
- Innovación: Implementamos ideas y soluciones de mejora continua que aportan valor agregado a nuestros productos.
- Trabajo en equipo: Fomentamos el compañerismo y la colaboración mutua, trabajando juntos hacia el logro de la visión compartida en **FLEX N GATE**.

VISIÓN: Ser la empresa líder en manufactura y tecnología en la producción de partes automotrices, convirtiéndolos en la primera elección de los clientes debido a nuestra innovación, mejora continua y competitividad en cada uno de nuestros procesos.

MISIÓN: En **FLEX N GATE** estamos comprometidos y nos esforzamos en entregar productos de calidad de nuestros clientes así mismo proporcionar un ambiente de trabajo seguro para nuestros colaboradores y optimizar el uso de los recursos, creando así conciencia en la protección del medio ambiente.

La empresa cuenta con 12 departamentos:

- Gestión
- Calidad
- Ingeniería
- Manufactura
- Logística
- Mantenimiento
- Herramientales
- Compras
- Finanzas
- RH

para que el producto final, sea transformado desde la materia prima, fabricación de las partes necesarias, ensamblaje, control de calidad, embalaje, hasta la distribución final.

Las líneas de producción y áreas que requieren de un montacargas son las siguientes:

Tabla 1 Diferentes líneas de producción con uso de montacargas

Número de línea	Nombre de la línea	Número de línea	Nombre de la línea
1	ESTAMPADO	18	SOLDADURA PASILLO 1
2	POWDER	19	BATTERY 3072
3	ECOT FINAL	20	BATTERY 3064
4	EMPAQUE PINTURA	21	BATTERY 3152/51
5	GATOS FINAL 1	22	BATTERY 3065
6	GATOS FINAL 2	23	BISAGRAS 2
7	E-COAT	24	GATOS FINAL 3
8	PINTURA GF1,2	25	GATOS SUB ENSAMBLE 3
9	DESCARGA/SURTE	26	GAT SUB ENSAMBLE 2
10	WINCHES	27	TUBE
11	DOOR CHECKS	28	EQ.VAC.GF1,2
12	TIE DOWN	29	ALMACÉN/INYECCIÓN
13	TACOMA 2	30	C2
14	CD6	31	SOLDADURA PASILLO 3
15	SOLDADURA PASILLO 2	32	TACOMA 1
16	BISAGRAS 1	33	DAMPER
17	PKB's		

La empresa también está comprometida con el cliente durante 15 años, es por eso por lo que ofrece servicios, y se refiere a la fabricación de refacciones de modelos hasta con 15 años de antigüedad.

1.2 Antecedentes de la investigación

La industria automotriz, la conforman las empresas que generan fuente de trabajo las cuales comprenden una cadena de valor industrial, cuyo objetivo final es la producción, ventas de partes

automotrices y vehículos automotores etc. Se incluye dentro de este sector a las empresas que comprenden toda la cadena de valor industrial. Se engloba dentro de este sector a empresas dedicadas al diseño, planificación, fabricación de componentes, ensamblaje y comercio.

La competitividad industrial, así como las exigencias de los clientes obliga que las empresas deban reconfigurar continuamente sus procesos, métodos operarios, enfoques, distribución de productos, entre otros. (Achkara, 2015)

1.3 Simulación

De manera tradicional se ha afirmado que existen dos formas de ciencia: una basada en la inducción y otra fundada en deducciones o, lo que es equivalente, en criterios y principios hipotético-deductivos. La primera ha sido conocida como ciencia empírica y su problema fundamental es el de la inducción; es decir, el de establecer cuáles, cómo y cuántas observaciones (o descripciones) particulares son suficientes (y/o necesarias) para elaborar generalizaciones. Esta es una clase de ciencia que trabaja a partir de observaciones, descripciones, acumulación de evidencias, construcción de datos, y demás, a partir de los cuales puede elaborar procesos de generalización o universalización.

Este tipo de ciencia coincide con los fundamentos de toda la racionalidad occidental, a partir de Platón y Aristóteles, según la cual sólo es posible hacer ciencia de lo universal. Por su parte, el segundo tipo de ciencia consiste en la postulación de principios primeros o axiomas, y se concentra en el estudio de las consecuencias—igualmente, de los alcances— de dichos principios. Esta clase de ciencia tiene como problema fundamental la demostración de determinados fenómenos, valores, aspectos, dicho en general; y esto se fundamenta en el rigor con el que se han postulado los axiomas y los teoremas subsiguientes.

Por derivación, esta clase de ciencia incorpora y trabaja con lemas y otros planos semejantes. Cultural o históricamente, esta clase de ciencia se inicia con la lógica de Aristóteles y se sistematiza por primera vez en la geometría de Euclides. Toda la ciencia medieval, llamada *theologia*, opera de esta manera. En el marco de la ciencia contemporánea estas dos clases de ciencia se pueden ilustrar profusamente. En el primer caso, por ejemplo, desde el derecho que afirma que las evidencias se construyen; las ciencias forenses (antropología forense, odontología forense y demás) que sostienen algo semejante; o el periodismo y la comunicación social que trabajan a partir del

reconocimiento de que la noticia no existe, sino que se construye (vía la crónica, la reportería y otras). De otra parte, en el segundo caso, desde las matemáticas y la lógica hasta las ciencias y las disciplinas que incorporan parámetros y metodologías basadas en hipótesis. (Vale la pena recordar siempre aquella idea clásica del propio I. Newton de acuerdo con la cual la buena ciencia y en las palabras de Newton: *hipothese non fingo*). Pues bien, por caminos, con motivaciones y con finalidades diferentes y múltiples, recientemente ha emergido una tercera clase de ciencia, que ya no trabaja con base en la inducción y en la deducción, sino de una manera radicalmente distinta. Esta tercera manera es el modelamiento y la simulación, y la forma más acabada de esta ciencia son las ciencias de la complejidad. (Maldonado, 2010)

1.3.1 Simio objetos básicos

Simio es un software informático de modelado y simulación que permite construir y simular sistemas de modelos dinámicos animados en 3 dimensiones con un gran rango de variantes, por ejemplo, líneas de producción, departamentos de emergencias, aeropuertos, etcétera.

Simio usa un objeto de aproximación para modelar, con lo que los modelos son construidos combinando objetos que representan componentes físicos de los sistemas a representar.

Dentro de Simio cada objeto tiene su propio comportamiento definido mediante su modelo interno que responde a los eventos en el sistema. Por ejemplo, una línea de producción es construida mediante el emplazamiento de objetos que representan maquinas, transportadores, pasillos y los objetos necesarios para su funcionamiento.

Se pueden construir modelos mediante los objetos proporcionados en la librería de objetos estándar. También es posible construir librerías propias de objetos para que sean específicas para un área de trabajo o modificar y extender el comportamiento del objeto de la librería usando procesos lógicos.

Un objeto o modelo está definido por sus propiedades, estados, eventos, aspecto externo y lógica interna. Las propiedades del objeto son valores internos que pueden ser definidos por el usuario. Por ejemplo, un objeto representando un servidor puede tener la propiedad que especifica de tiempo. Estas son las claves de Simio para entender la construcción y el uso de objetos

Los estados del objeto son valores dinámicos que pueden cambiar mientras el modelo se esté ejecutando. Por ejemplo, la capacidad y el estado de reposo de un objeto servidor puede ser

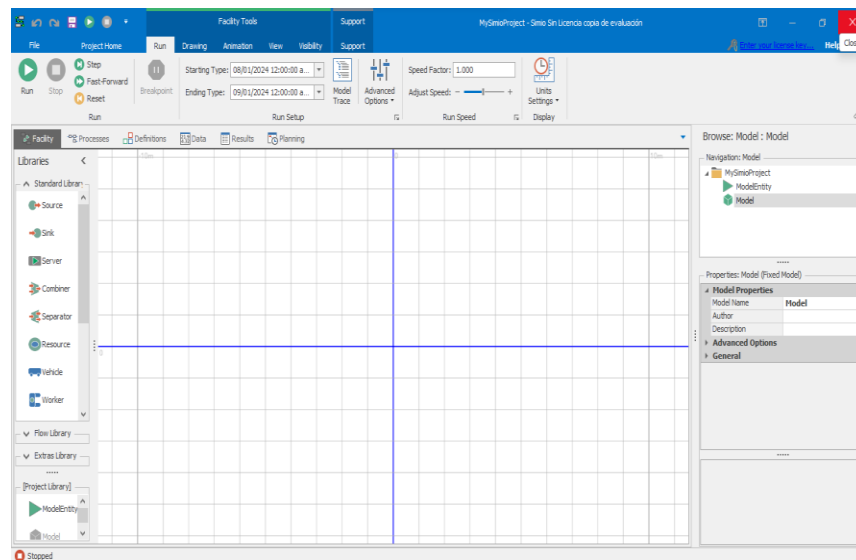
actualizado por un estado variable que está cambiando el objeto cada vez que empieza o termina un servicio o una actividad.

Los eventos son acciones que el objeto puede hacer en tiempos seleccionados. Por ejemplo, un servidor puede lanzar una acción cada vez que complete una actividad, o un tanque puede lanzar una acción cada vez que esté lleno o vacío. Los eventos son útiles para informar a otros objetos de que algo importante acaba de ocurrir.

La lógica de un objeto es un modelo interno que define como el objeto responde a eventos específicos que pueden ocurrir. Por ejemplo, un servidor puede tener un modelo que especifique que acciones se tomaran a cabo cuando una entidad llegue al servidor. El modelo interno da al objeto su comportamiento. (Silva, s.f.)

1.3.2 Interfaz del usuario

La visión inicial de un proyecto en Simio la exponemos en la figura 3. Las áreas clave en esta pantalla incluye las barras en la parte de arriba, las vistas del panel de pestañas con el plano destacado justo debajo de las barras, las librerías a la izquierda, el panel de cambio en la derecha y la ventana del plano justo en el medio.



Fuente: Pantalla software SIMIO

Figura 3 Interfaz SIMIO

Las pestañas son paneles con los botones más usados, para un acceso rápido a las diversas funciones disponibles para construir, animar, y ejecutar los modelos. Se puede cambiar manualmente de pestaña seleccionando en la pestaña directamente

El panel de la derecha proporciona la navegación por el proyecto y la edición de propiedades de los objetos cuando estén seleccionados en la ventana de modelo. La ventana de navegación que hay encima de la ventana de propiedades se usa para cambiar a la página de inicio, los simbits (ejemplos simples de modelado), la visión del proyecto, a los modelos y experimentos asociados. Cuando la ventana del plano de un modelo está seleccionada, el panel de librerías facilita las librerías que están abiertas y disponibles para modelar el plano. Las librerías incluyen la librería estándar, librería del proyecto, y cualquier proyecto adicional que se haya cargado a modo de librería. La estándar es una librería de propósito general que es añadida por Simio para modelar.

La librería de proyectos es una librería de objetos correspondientes a modelos comunes en un proyecto. Esta propiedad permite usar modelos propios del proyecto como submodelos que pueden ser incluidos múltiples veces dentro del modelo.

La ventana de plano está en el centro, es un espacio de dibujo para construir el modelo base. Esta ventana se muestre cuando la pestaña del árbol de navegación esté en modelo. Este espacio se usa para crear tanto la base lógica de objetos como para la animación del modelo.

Justo encima de la ventana de plano están las pestañas de procesos (Processes), definiciones (Definitions), datos (Data), tablero de instrumento (Dashboard) y resultados (Results). La pestaña de procesos se usa para definir los procesos lógicos encargados de ampliar la lógica del modelo. El panel de definiciones se usa para definir los diferentes aspectos del modelo, como la visión externa y las propiedades, estados propiedades y eventos que están asociados al modelo. El panel de datos se usa para definir datos que pueden ser usados por el modelo, Importados y exportados a fuentes externas de datos. El panel de instrumento da un dibujo 2D para emplazar botones, diales y recursos para vigilar e interactuar en tiempo real con el modelo. El panel de resultados dispone del output del modelo en forma de una rejilla con los resultados de la animación. (SIMIO, s.f.)

1.3.3 Entidades y atributos

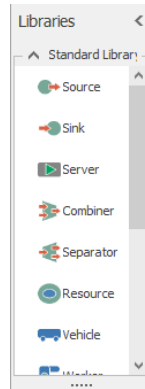
Las entidades son objetos dinámicos que pueden ser creados y destruidos por la entrada, los servidores y la salida, pueden viajar por redes, y entrar y salir de los objetos fijos por sus nodos asociados.

Una entidad dinámica es creada a partir de una entidad objeto. Normalmente se emplaza una o más entidades ejemplo en el modelo arrastrándola desde la librería de proyecto. La entidad ejemplo tiene una localización estacionaria y es usada como plantilla para generar entidades dinámicas que se mueven por el modelo, Cada entidad dinámica puede tener tanto propiedades y estados (referidos colectivamente como atributos). Las propiedades son definidas por la entidad ejemplo y no se puede cambiar durante la simulación y son compartidas por las entidades dinámicas que se crean en el sistema, sin embargo, cada entidad dinámica tendrá sus propios valores para sus estados que cambiaran con la simulación del modelo.

Un variable estado es añadida a una entidad seleccionando el modelo de la entidad en el proyecto, seleccionando el panel de estado en la ventana de definición, y después haciendo click en uno de los iconos de la barra de estado. Un estado añadido al modelo principal puede ser una variable global que compartan distintas clases de entidades dentro del sistema, mientras que un estado añadido a una entidad del modelo será un atributo de esa entidad u objeto. (SIMIO, s.f.)

1.3.4 Objetos y Librerías básicos

La librería estándar incluye objetos de todos estos tipos excepto el de tipo identidad, ya que la entidad está definida en la librería de proyecto.



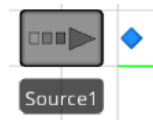
Fuente: Software SIMIO

Figura 4 Librería SIMIO

Estos tipos de objetos tienen definido el comportamiento general configurado, pero no el comportamiento específico, el comportamiento específico de un objeto se define mediante la tabla de propiedades interna que proporciona Simio para ese objeto. Por ejemplo, se puede tener una librería con media docena de transportes diferentes, cada uno con su comportamiento específico.

La librería estándar contiene los siguientes objetos:

- Entrada (Source): Genera objetos entidad de un tipo específico y con un patrón de tiempo de llegada.



Fuente: Software SIMIO

Figura 5 Objeto SOURCE

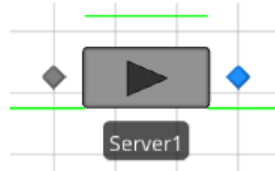
- Salida (Sink): Destruye las entidades que van completando el proceso en el modelo



Fuente: Software SIMIO

Figura 6 Objeto SINK

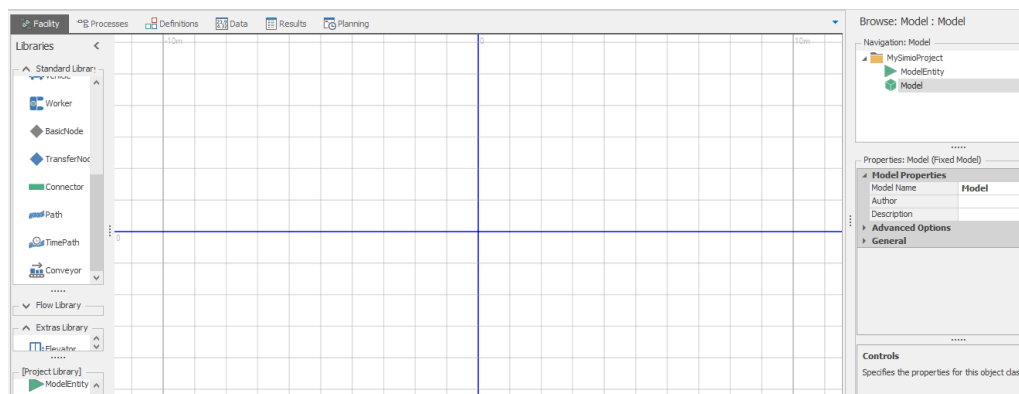
- Servidor (Server): Representa un proceso capacitado como una maquina o un servicio de operación.



Fuente: Software SIMIO

Figura 7 Objeto SERVER

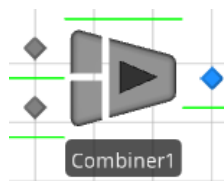
- Estación de trabajo (Workstation): Representa una estación de trabajo complejo con propiedades de configuración, procesamiento, fases de montaje y desmontaje, recurso secundario y necesidades de material.



Fuente: Pantalla inicial Software SIMIO

Figura 8 Interfaz

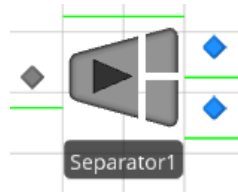
- Mezclador (Combiner): Combina varias entidades miembros junto con una entidad matriz



Fuente: Software SIMIO

Figura 9 Objeto COMBINER

- Separador (Separator): Divide un grupo de entidades por lotes o hace copias de una entidad.



Fuente: Software SIMIO

Figura 10 Objeto SEPARATOR

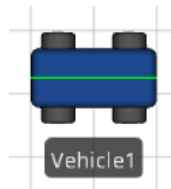
- Recurso (Resource): Un objeto genérico que puede ser recogido y entregado por otros objetos.



Fuente: Software SIMIO

Figura 11 Objeto RESOURCE

- Vehículo (Vehicle): Vehículo que puede seguir una ruta fija o llevar a cabo un transporte por demanda de recogida y entrega. Adicionalmente, en una ruta en demanda puede ser usado como recurso móvil que es aprovechado para tareas alternativas al transporte.



Fuente: Software SIMIO

Figura 12 Objeto VEHICLE

- Trabajador (Worker): Recurso móvil que puede ser aprovechado para el transporte de entidades entre localizaciones de nodos o requerido para estar presente en otras actividades.



Fuente: Software SIMIO

Figura 13 Objeto WORKER

- Nodo básico (BasicNode): Intersección simple entre múltiples links.



Fuente: Software SIMIO

Figura 14 Objeto BASICNODE

- Nodo de transferencia (TransferNode): Intersección compleja para cambiar el destino o el modo de viaje.



Fuente: Software SIMIO

Figura 15 Objeto TRANSFERNODE

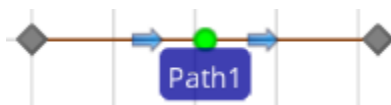
- Conector (Connector): Viaje en tiempo 0 entre dos nodos.



Fuente: Software SIMIO

Figura 16 Objeto CONNECTOR

- Vía (Path): Vía por la que la entidad puede moverse independientemente a su propia velocidad.



Fuente: Software SIMIO

Figura 17 Objeto PATH

- Vía por tiempo (TimePath): Vía por la que la entidad viaja a una determinada velocidad.



Fuente: Software SIMIO

Figura 18 Objeto TIMEPATH

- Cinta de transporte (Conveyor): Via que modela tanto dispositivos transportadores acumuladores como no acumuladores.



Fuente: Software SIMIO

Figura 19 Objeto CONVEYOR

La librería estándar es simplemente un proyecto en Simio que contiene una colección de modelos a los que se les ha dado aspecto externo y se les han asociado propiedades que controlan su comportamiento. (JULIO, 2020)

1.4 Logística

Otro de los temas a considerar, es la logística de la empresa la cual se encarga de cumplir las funciones de administración y control de un proceso logístico moderno e integrado. Gestiona las actividades llevadas a cabo desde la requisición de los productos, su recepción, el manejo de los inventarios, hasta el despacho para la venta. Administra las actividades llevadas a cabo desde que existe un requerimiento hasta que es atendido, permitiendo un rápido procesamiento y actualización de la información.

La logística interna es, por definición, la parte de la logística que hace referencia a la organización del conjunto de flujos de materiales e información que se producen dentro de la propia empresa. Por ejemplo: los movimientos de mercancía en el almacén, el control del stock. etc.

Las actividades de la logística interna son variadas y, según cada proceso de producción y empresa, pueden variar y adaptarse a las condiciones concretas. Sin embargo, hay 3 actividades de logística interna que siempre van a estar presentes, en cualquier caso:

El transporte interno de materiales: comprende el que se produce tanto en el interior de instalaciones de almacenaje, como entre las distintas plantas productivas de la empresa y sus respectivos almacenes si estamos hablando de una manufacturera.

La gestión de stock y de los flujos de información: la empresa necesita reflejar los movimientos físicos de mercancías en un sistema de información que controle las fluctuaciones del stock, permita localizar las existencias y gestionar el reaprovisionamiento. Esta tarea suele llevarse a cabo desde distintos softwares que se encargan de tareas de gestión de stock muy especializadas para llevar un seguimiento exhaustivo de los flujos de mercancías, de su adquisición y de su facturación a los clientes.

Gestión de almacenes: engloba todas las operativas que se producen en el interior de las instalaciones de almacenaje como la preparación de pedidos, gestión de ubicaciones para los productos, recepción y expedición de mercancías, entre otros procesos.

En el lado opuesto, encontramos la logística externa, que abarcaría el transporte de los productos hacia su destino final.

En el caso de las empresas productoras, los almacenes anexos a plantas de producción suelen cumplir estas premisas, pues el flujo de cargas viene marcado por la fabricación en grandes volúmenes, que está a su vez controlada desde la empresa. Estas instalaciones deben ser capaces de absorber toda esa producción ajustando su forma de operar para que las mercancías no dejen de fluir. Los sistemas automáticos se han revelado como una manera eficaz de gestionar estos procesos intralogísticos.

La importancia de la logística interna consiste en que permite el suministro de materiales y productos a todas las unidades operacionales dentro de la cadena de producción de una misma empresa. Es decir, la importancia de la logística interna radica en que es la que permite que todo el proceso de producción funcione de forma ordenada y coordinada, garantizando la cadena de suministro interna y que cada una de las fases de producción se lleve a cabo evitando desabastecimientos o cuellos de botella en el proceso. (JCALDERON, 2010)

1.4.1 Indicadores de logística

El sector logístico es uno de los más competitivos en latinoamérica. Todos los distintos players de esta industria buscan mejorar continuamente sus procesos y capacidades para poder superar a sus competidores. Sin embargo, llevar al máximo nivel de rendimiento a este proceso de mejora continua solo es posible si las empresas utilizan Los indicadores logísticos o KPI logísticos (Key Performance Indicators) son sistemas numéricos que permiten tener una referencia sobre el desempeño de la gestión logística de una empresa. Dicha referencia se obtiene mediante fórmulas matemáticas cuyos resultados transmiten información del rendimiento de cada uno de los procesos logísticos.

Para evaluar correctamente a un proceso, su respectivo indicador debe ser comparado con 3 tipos de datos:

- Datos históricos internos: información de cómo ha sido el rendimiento del proceso en el pasado.
- Datos óptimos internos: información de cómo debe ser el rendimiento óptimo del proceso.
- Datos promedios externos: información de cómo es el desempeño del proceso en otras empresas de la industria (competidores, empresas líderes, entre otras).

Al comparar los KPI logísticos con estos 3 tipos de datos se obtiene una perspectiva bastante completa de cada proceso. Lo cual permite tomar decisiones más efectivas para optimizar la gestión logística.

Los indicadores logísticos brindan exactamente la información que necesitan los gerentes logísticos para tomar decisiones de alto impacto. De esta manera, dichos gerentes pueden determinar fallas en los procesos o diseñar técnicas para optimizarlos hasta su máximo nivel de rendimiento.

De manera específica, estos indicadores aportan, entre otros, las capacidades de:

- Comprobar la productividad del personal y la eficiencia de las tecnologías.
- Tomar decisiones estratégicas más efectivas.
- Reducir costes y de realizar inversiones más inteligentes.

- Estandarizar procesos y funciones del personal.
- Reaccionar rápidamente ante la presencia de imprevistos.
- Aplicar técnicas preventivas ante posibles problemas futuros.
- Monitorizar de manera sostenida y en tiempo real todas las actividades y recursos.
- Realizar procesos de benchmarking para mejorar la competitividad.

Los KPI logísticos permiten controlar, mejorar y agilizar toda la gestión en las distintas fases y áreas de la logística empresarial. Además, estos indicadores permiten evaluar si los procesos, las personas y las maquinarias adquiridas están alineadas con los objetivos y las necesidades de la organización.

En líneas generales, existen 6 categorías de KPI logísticos, las cuales están relacionadas a las áreas de desempeño a evaluar. Dichas categorías son:

- Productividad
- Calidad
- Inventarios
- Compra
- Suministro
- Servicio

Los indicadores logísticos de Productividad establecen relación entre los recursos empleados para un proceso y los resultados obtenidos. Por lo tanto, miden la eficiencia logística de la organización. Algunos de estos KPI son:

- Capacidad de producción máxima
- Capacidad de producción utilizada
- Estado actual de la producción
- Desempeño de las tecnologías y maquinarias
- Rotación de mercancías
- Costes de control de calidad
- Cantidad de mercancías movilizadas por hombre/máquina
- Número de pedidos despachados y órdenes recibidas

Los indicadores logísticos de Inventarios miden todo lo relacionado con el almacenamiento en stock: capacidades, funcionamiento, adecuación, entre otros. Algunos de estos KPI son:

- Estado actual del almacén
- Niveles actuales de inventario
- Costes por almacenamiento en general
- Costes por almacenamiento por cada producto
- Gastos por unidad almacenada
- Gastos por control de almacén e inventario
- Capacidad de almacenamiento en estanterías

Todo se puede medir y por tanto todo se puede controlar, allí radica el éxito de cualquier operación, no podemos olvidar: “lo que no se mide, no se puede administrar”. El adecuado uso y aplicación de estos indicadores y los programas de productividad y mejoramiento continuo en los procesos logísticos de las empresas, serán una base de generación de ventajas competitivas sostenibles y por ende de su posicionamiento frente a la competencia nacional e internacional. (MORA, 2020)

1.5 Estudio de tiempos y movimientos

Para cualquier empresa resulta imprescindible prestar sus servicios o elaborar sus productos en tiempo y forma, sin embargo, muchas presentan problemas de retrasos considerables durante sus procesos o producción, siendo el factor más común la falta de tiempos definidos y la estandarización de las actividades más importantes.

Esta situación desencadena una serie de problemáticas que se traducen en pérdidas económicas para el negocio, pues además de tener que utilizar más recursos de los necesarios para resolver las inconformidades de los clientes, también existe la posibilidad de que estos decidan terminar la relación con la empresa de manera definitiva. Afortunadamente, existe una herramienta que las empresas pueden implementar para ser más eficientes: el estudio de tiempos y movimientos.

¿Qué es el estudio de tiempos y movimientos?

Un estudio de tiempos y movimientos es una herramienta que registra y analiza la cantidad de tiempo que se invierte en las actividades de un proceso para que se puedan optimizar y estandarizar, considerando los recursos que se emplean y las condiciones del entorno de trabajo.

Entre sus objetivos centrales se encuentra minimizar el tiempo de las operaciones, mantener la producción estable y medible, y mejorar la calidad de los productos o servicios.

¿Cómo se realiza el estudio de tiempos y movimientos?

Se analizan los tiempos y después los movimientos, para realizar una evaluación conjunta que arroje resultados que indiquen las mejores y ajustes necesarios para optimizar los procesos.

El estudio de tiempos

En este se establecen cuáles son las actividades clave que se llevan a cabo en el proceso y se analiza a detalle el tiempo en que deben desarrollarse, considerando:

- las condiciones del área de trabajo
- los trayectos que se siguen
- la fatiga o limitaciones que puede experimentar el colaborador durante el proceso,
- los posibles retrasos inevitables

El estudio de movimientos

Aquí se analizan los movimientos que tiene que llevar a cabo el operador para cumplir con sus tareas, así como los materiales y herramientas que utiliza para ello, a fin de eliminar o reducir los movimientos ineficientes. Esto es aplicable para trabajos mecánicos o repetitivos, pero también a cadenas de suministro, inventario, o incluso más grandes, como entrega de paquetería o proveeduría de servicios. El estudio de movimientos es adaptable y escalable en función de las operaciones del negocio.

Aunque primero se estudian los tiempos y después los movimientos, podemos resumir su desarrollo en 6 etapas.

- Preparación del estudio: En esta fase se identifican, ordenan y esquematizan las operaciones para tener un panorama general del flujo de trabajo en el proceso, se selecciona al personal que participará en el estudio con base en sus competencias y su desempeño; por último, se

analizan y determinan las condiciones de trabajo (iluminación, ruido, temperatura, distribución de planta, etc.) empleando técnicas como la observación de campo y las entrevistas.

- Ejecución del estudio: Se registra la información referente al proceso para identificar factores que permitan mejorar o eliminar ineficiencias, después se descomponen las tareas en elementos para un mejor análisis, y posteriormente se cronometran las tareas ejecutadas.
- Evaluación del ritmo de trabajo: Para esta etapa se consideran factores como las habilidades de los operadores, su desempeño, y los procedimientos ejecutados. Se analiza la viabilidad y las oportunidades de optimización.
- Análisis de las causas de retraso: En este análisis se toman en cuenta dos tipos de causas, las que son asignables a retrasos personales, y las que se derivan de la fatiga de maquinaria o humana.
- Definición de tiempos estándar: El tiempo estándar de las tareas se determina de acuerdo con el tiempo estándar por operario, las combinaciones de actividades o tareas compartidas, y la determinación de la capacidad de producción.
- Asignación e integración de tareas: Con la información obtenida en las etapas anteriores es posible decidir cómo se asignarán las áreas de trabajo, así como definir si el orden en que se desarrollan las actividades es adecuado o si puede modificarse, todo ello, con el fin de mejorar el tiempo estándar de las tareas ejecutadas.

¿Cuáles son los beneficios de llevar a cabo un estudio de tiempos y movimientos?

Son muchos los beneficios que puede aportar a las organizaciones el estudio de tiempos y movimientos, todos ellos encaminados a la mejora continua, la optimización del proceso en beneficio de la calidad de los productos y servicios.

Pero uno de los más relevantes es que es aplicable a prácticamente cualquier organización, sin importar su tamaño o complejidad de sus procedimientos. Parte de la premisa de que todo proceso es susceptible de optimización y mejora.

Los beneficios que tiene el estudio en las empresas:

- Reducción de tiempos en el proceso

Al identificar y eliminar los movimientos ineficientes o que no agregan valor al proceso, este se lleva a cabo en menor tiempo al que solía requerir previo al estudio.

- Disminución de costos

La reducción de tiempos da lugar a la disminución en los costos de operación, por lo que aumentan los márgenes de utilidad de la empresa y, por consiguiente, la rentabilidad de la empresa se ve favorecida.

- Conservación de los recursos

Las actividades repetitivas o ineficientes pueden reducir la vida útil de la maquinaria, herramientas, equipos de cómputo o demás recursos que son empleados durante el proceso, por lo que, al eliminarlas, estos son utilizados de manera óptima, permitiendo que se conserven en buen estado por más tiempo.

- Impacto positivo en el desempeño de los colaboradores

La aplicación del estudio de tiempos y movimientos también favorece a los colaboradores, pues al comprender la dinámica de trabajo, se distribuye adecuadamente la carga de trabajo y además, se adecúa para que no tengan que hacer esfuerzos físicos extras que afecten su rendimiento, o inclusive su salud, por lo que se desenvolverán de mejor manera y serán más productivos.

- Mayor calidad en el resultado final

Eliminar los movimientos ineficientes, establecer estándares de tiempo y facilitar el trabajo de los colaboradores, da como resultado un producto o servicio con altos estándares de calidad que será entregado en tiempo y forma al cliente, quien quedará satisfecho y tendrá mayor confianza hacia la empresa.

Aunque a primera vista pareciera que solo hace más eficientes los procesos de producción, además permite detectar la causa raíz de los problemas que se presentan y sus beneficios se extienden a otros rubros de la empresa, como las finanzas, el desempeño de sus colaboradores e incluso la satisfacción de sus clientes. (WordPress.com, s.f.)

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

Los trabajos que a continuación se presentan, muestran la aplicación de la simulación en diversos casos de servicio y logística. Se pretende mostrar, por una parte, la amplia variedad de enfoques y metodologías utilizadas para mejorar la eficiencia en el manejo de recursos, la distribución de productos y la optimización de procesos operativos.

Análisis de la red logística de un cruce vial utilizando simulación en SIMIO para evaluar la alternativa de colocar un semáforo

Se llevó a cabo un estudio de simulación con el software SIMIO para analizar la viabilidad de instalar un semáforo en un cruce ubicado en Tierra Blanca, Veracruz, México, el cual enfrenta problemas de congestión vehicular y de peatones en ciertos momentos del día, afectando la seguridad de todos los usuarios de la vía. La investigación aplicó la metodología de simulación de Law y Kelton (2014) y desarrolló un modelo que representó el sistema real con un nivel de confianza del 95%. Para evaluar el desempeño, se utilizaron las métricas propuestas por Cal y Mayor y Cárdenas (2007) para sistemas de semaforización, logrando un nivel de cumplimiento superior al 80% en todos los indicadores evaluados. Los resultados obtenidos respaldan la instalación del semáforo como una medida efectiva para reducir los problemas. (L.Fuentes-Rosas, 2019)

Autores: L.Fuentes-Rosas, A.G. López-Cabrera, L.G. Tobón-Galicia, C.G. Moras-Sánchez

Año de publicación: Tierra Blanca, Ver., México, año 2019

Propuesta de asignación de personal mediante simulación para una empresa de servicios mineros

Se aplicó una simulación de eventos discretos para mejorar la asignación de personal en una empresa de servicios dedicada a la minería del cobre en Chile, con el objetivo de reducir los tiempos de espera en la prestación de los servicios. El modelo de simulación fue creado a partir del análisis estadístico de 1,238 órdenes de trabajo facilitadas por la empresa. Para su desarrollo, se utilizó un software especializado y se comparó el escenario actual con cuatro alternativas que proponen diversas estrategias para optimizar la planificación del personal. Estas alternativas se enfocan en reducir las distancias recorridas y mejorar los tiempos de respuesta. En uno de los escenarios

evaluados, se logró reducir en un 9,36% los tiempos promedio ponderados de espera, aunque las distancias de desplazamiento aumentaron con respecto al modelo original. (Raúl Ignacio Castillo-Villagra, 2020)

Autores: Raúl Ignacio Castillo-Villagra; Javier Tordoya-Gálvez; Marisol Queupumil-Luza.

Año de publicación: La Habana 01 diciembre 2020

Análisis logístico y simulación de una calle de retorno paralela en un aeropuerto regional

Se analizan las operaciones diarias en horarios clave dentro de un aeropuerto utilizando el simulador SIMIO. El objetivo es agregar una nueva calle de retorno paralela a la pista principal, debido a la congestión de peatones que ocurre tras el aterrizaje de los vuelos, lo que interfiere con las operaciones de las aerolíneas. Para ello, se llevó a cabo un estudio de tiempos y movimientos, que mostró una reducción significativa en los tiempos de espera, lo cual contribuye a disminuir la cantidad de peatones en espera. (Bárbara Alexandra Anaya Sánchez, 2020)

Autores: Anaya Sanchez, Barbara Alexandra

Año de publicación: 14 agosto 2020

Determinación del número óptimo de unidades en un sitio de taxis, usando simulación en Simio

Se llevó a cabo un análisis mediante simulación en un sitio de taxis que proporciona tanto servicios de transporte colectivo como especial, con el propósito de identificar la cantidad óptima de unidades de transporte a utilizar. Para ello, se recopilaron datos sobre dos variables clave: el tiempo entre la llegada de pasajeros y el tiempo total de viaje hacia los destinos. Estos datos fueron sometidos a análisis estadísticos, utilizando pruebas de ajuste que confirmaron que las distribuciones observadas coincidían con modelos teóricos establecidos. El modelo de simulación se desarrolló utilizando el software SIMIO. Tras una validación con un intervalo de confianza del 95%, se obtuvo un modelo representativo del sistema real. Los resultados iniciales indicaron una utilización promedio de las unidades de transporte colectivo del 73%. A través de la aplicación de la teoría de colas, se determinó la cantidad más adecuada de unidades a incorporar. Tras ajustar el

modelo y realizar una nueva simulación, se observó un aumento en la utilización hasta el 87% con solo 5 unidades, lo que supuso una mejora del 14% en el desempeño del sistema. (L. Fuentes-Rosas, 2021)

Autores: L. Fuentes-Rosas, A. G. López-Cabrera, L. Rojas-Mora

Año de publicación: 2021

Los estudios de simulación realizados en diferentes contextos, utilizando el software SIMIO, demuestran su efectividad como herramienta para la optimización y mejora de sistemas complejos. En el caso del cruce vehicular en Tierra Blanca, Veracruz, la simulación de un semáforo reveló que esta intervención podría reducir significativamente la congestión y mejorar la seguridad vial, con un alto nivel de cumplimiento de las métricas de desempeño. De manera similar, en la empresa minera en Chile, la simulación permitió mejorar la asignación de personal, logrando una reducción del 9,36% en los tiempos de espera, lo que contribuyó a una mayor eficiencia operativa, a pesar de un aumento en las distancias recorridas.

Por otro lado, la simulación aplicada en el aeropuerto mostró que la implementación de una nueva calle de retorno para reducir la congestión de peatones tras los aterrizajes podría disminuir los tiempos de espera y mejorar la experiencia de los pasajeros. En el ámbito del transporte público, la simulación de un sitio de taxis permitió determinar la cantidad óptima de unidades necesarias para maximizar la eficiencia, logrando un aumento del 14% en la utilización de las unidades, lo que se tradujo en una mejora significativa en el desempeño del sistema.

En conjunto, estos estudios muestran el valor de la simulación de eventos discretos para la toma de decisiones en diversos sectores, demostrando cómo su aplicación puede optimizar recursos, reducir tiempos de espera y mejorar la eficiencia operativa, contribuyendo al diseño de soluciones más efectivas y sostenibles.

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En el presente capítulo se muestra la metodología empleada para llevar a cabo el proyecto. En la primera parte del capítulo se muestra la forma en cómo se desarrolla el estudio de capacidad del total de montacargas del área de producción. Posteriormente, en la segunda parte del capítulo, se muestra la metodología empleada para el desarrollo del modelo de simulación, con el cual se va a validar el resultado del estudio de capacidad.

3.1 METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA EMPRESA ESTUDIO DE CAPACIDAD

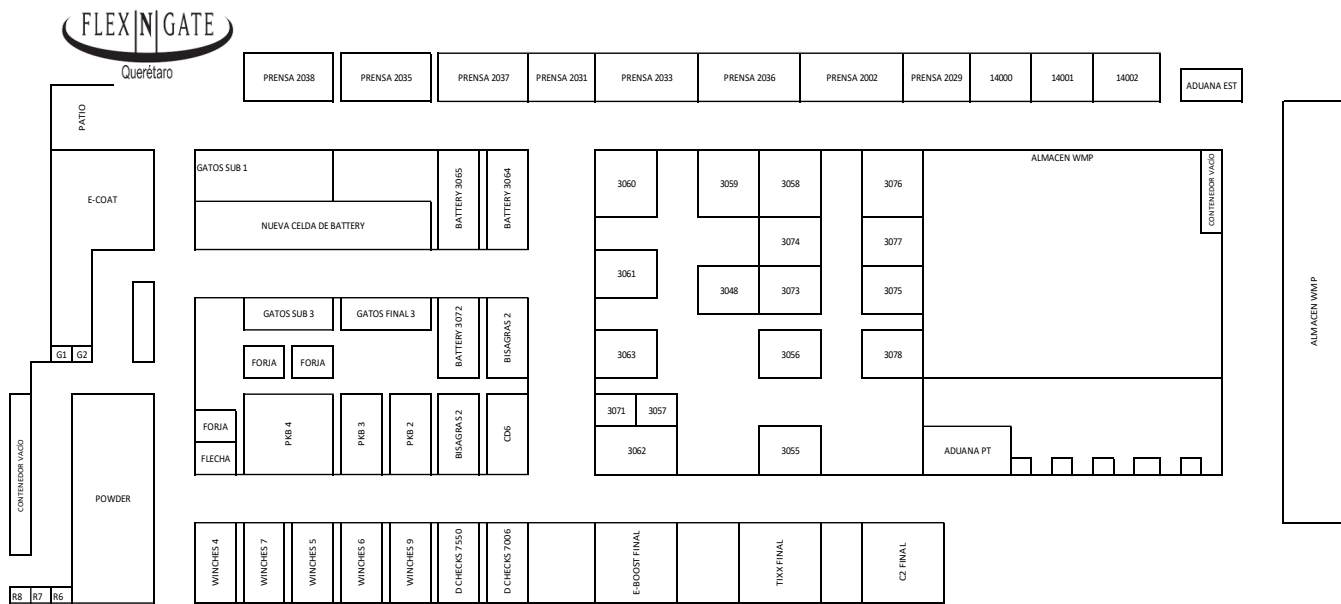
Para llevar a cabo el estudio, se parte de un mapa con las rutas de cada operador y sus respectivas cargas de trabajo. Para realizar el análisis de las eficiencias de los montacarguistas se analizará la información para determinar si las rutas establecidas son las mejores ya que la única justificación es que se asignaron así solo por lo que se observaba a simple vista y no existen datos que lo comprueben, se cree que derivado de eso existen los problemas de organización entre los operadores.

A partir de ahí, el proyecto sigue una metodología que se basa en la recolección de la información basada en un formato dado de alta en la empresa, a continuación, se explica en qué consiste cada columna y cómo fue obtenida la información.

RESOURCE/RECURSO: Como se observa en el layout anterior, la planta se distribuye en determinadas áreas de proceso, este apartado, se refiere al identificador del área o línea de acuerdo al proceso que se realiza.

Hay líneas de ensamble final y líneas de proceso es por ello que cada una agrega valor a las piezas para formar el producto final o ya sea, que solo tenga un proceso.

Las líneas de producción con las que cuenta la empresa son las siguientes:



Fuente: Elaboración propia

Figura 20 Layout de la planta

ENTRADA/SALIDA: Solo se usa para identificar si el material va de entrada (E) o de salida (S), es decir, si el material ya pasó el proceso o si es material de surtimiento para ser procesado, esto para poder definir la ruta que debe seguir el montacargas para mover el material del origen al destino.

Part number/ Numero de parte: Es el número que asigna ingeniería para identificar las piezas que se mueven por línea, estos datos los obtuvimos con la ayuda del personal del área, información obtenida del sistema y fue necesario verificar a través de la observación.

Std. Pack: Es la cantidad de piezas que caben en un contenedor de acuerdo al numero de parte y el tamaño, estos datos los obtuvimos con la ayuda del personal del área, información obtenida del sistema.

CONSUMPTION/CONSUMO: Este dato es necesario, junto con el estándar pack para poder calcular el numero total de piezas que la línea va a requerir y de ahí podremos saber cuántos contenedores o cajas se requieren para la producción, información obtenida del sistema.

Daily Volume/Volumen diario: Esta columna hace referencia a la producción diaria, este dato se calcula tomando como base la demanda semanal durante 12 semanas (información obtenida del sistema), para obtener una demanda promedio, una vez teniendo el promedio de las 12 semanas, se divide entre los días laborados en la semana, que son 5.5 días, y con esto tenemos la estimación de la producción proporcional diaria.

Weekly Setup Freq: Es la frecuencia en que un numero de parte es corrido en la línea de producción, ya que claramente hay piezas mas demandadas que otras, este dato nos sirve para calcular el volumen diario, información obtenida del sistema.

From/De: Indica el origen de la ruta que debe seguir el montacarga para llevar el material a su destino, información obtenida con la ayuda del personal de logística y también por medio de la observación.

To/A: Indica el destino al que debe llegar el material desde el origen, información obtenida con la ayuda del personal de logística y también por medio de la observación.

Supply trajectories/: Es la asignación de nombre a las diferentes rutas que toma el montacargas para el movimiento de los materiales dependiendo de qué pieza se esté analizando.

Route Utilization(Freq/Hr): Esta columna hace referencia a la frecuencia en que es utilizada la ruta analizada, se calcula dividiendo el número de contenedores que el montacargas lleva por cada viaje entre el numero de contenedores necesarios que serán movidos en total del mismo número de parte. Es calculado en horas por lo cual debe ser multiplicado y dividido por las horas del día.

Route Utilization (Freq/Hr)	Distance between Areas (m)	Stackability	Lift truck Avg. Speed (km/hr)	Travel Time (sec)	Eff of Travel	Time for Stack & Unstack (sec)	Total Time per Day (Hrs)	Nbr. Std. Pack Movt.
=+V2/P2*2/24		2	8	18.16	95%	13.09	0.01	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Cálculo de la frecuencia de viaje

Distance between Areas (m): Es la distancia en metros que corresponde entre el origen y el destino de la ruta de viaje ya antes establecida, este dato fue obtenido personalmente por mí, con la ayuda de un flexómetro.

Stackability: Es el número de contenedores que el montacargas mueve en una vuelta, este dato depende del tamaño de los contenedores y tipo de pieza en movimiento, regularmente es 1 y en pocas ocasiones pueden ser 2. Esta información se obtuvo a través de la observación y la interacción con los operadores de los montacargas, así como también con los supervisores de logística.

Lift truck Avg. Speed (km/hr): Es la velocidad en km por hora en que viaja el montacargas dentro de la empresa, esta información está determinada por la empresa, este dato se utiliza para realizar el cálculo del tiempo de viaje, junto con la distancia.

Travel Time (sec): En este campo se calculó el tiempo de viaje en cada vuelta, para este cálculo se utilizó la formula establecida; $t=d/v$

O	P	Q	R	S
Distance between Areas (m)	Stackability	Lift truck Avg. Speed (km/hr)	Travel Time (sec)	Eff of Travel
40.36	2	$=+O2/(Q2*1000/3600)/P2*2$		

Fuente: Elaboración propia

Figura 22 Cálculo del tiempo de viaje

Eff of Travel: Es el porcentaje de eficiencia del viaje, se estableció de acuerdo a la libertad de movimiento por los pasillos de acuerdo a la ruta establecida y se utiliza para calcular el tiempo considerando los cuellos de botella que puedan surgir en el camino.

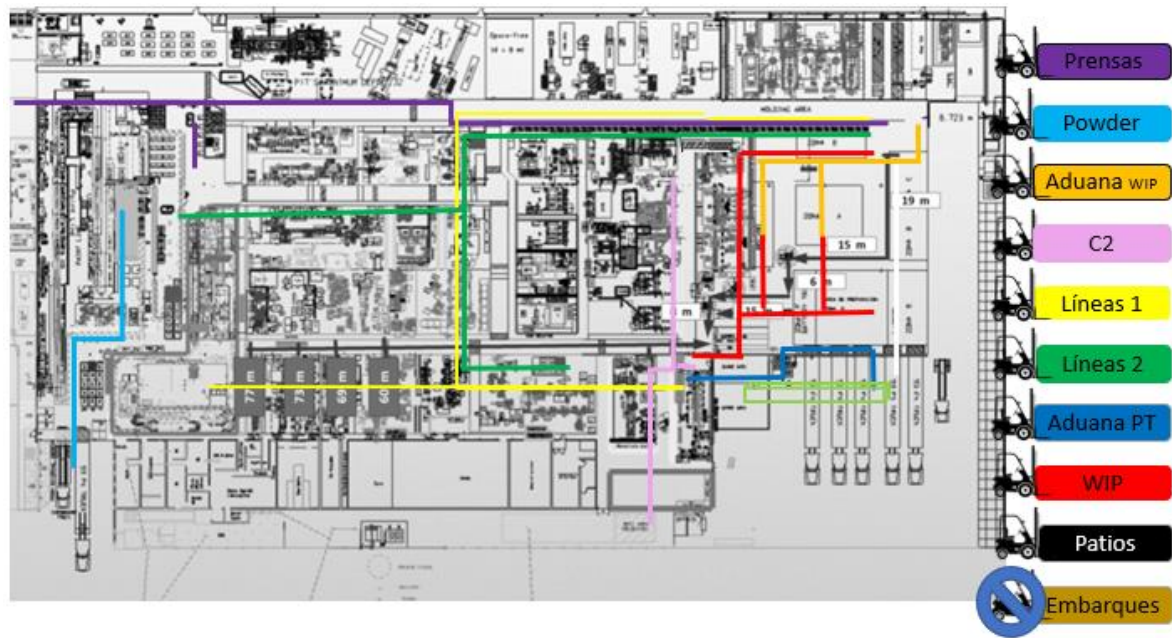
Time for Stack & Unstack (sec): Es el tiempo de carga y descarga que se toma un montacarguista en tomar y dejar un contenedor (únicamente tiempo de carga y descarga).

Total Time per Day (Hrs): Este tiempo es la suma de los tiempos antes recabados, tiempo de carga y descarga más el tiempo de viaje y al final, una vez teniendo todos los cálculos del tiempo que requiere cada pieza se realiza la suma de todos los tiempos calculados para saber el tiempo que se necesita de un montacargas al día y en cada una de las líneas de producción.

Nbr. Std. Pack Movt: Es el número máximo de piezas que le caben a un contenedor, esta información se utiliza para calcular el número de contenedores que se va a necesitar que sean movidos al día, dependiendo la producción diaria que se tenga programada y con esto se puede saber el número de vueltas que tendrá que dar el montacargas para atender la línea de producción y lo más importante el tiempo que debe disponerse.

Demanda: Es primordial tener esta información para realizar los cálculos anteriormente descritos, se trata del pronóstico de la demanda, es información fue bajada del sistema y proporcionada por el planeador de la empresa.

Se tenía un plan de rutas para cada montacarguista, se considera que las rutas estaban distribuidas de manera “equilibrada” pero no existía información que lo comprobara, la distribución se muestra en la ilustración 23.



Fuente: Empresa Flex N Gate 2023

Figura 23 Layout de las rutas establecidas en la empresa

El formato antes explicado, se utilizó para realizar el análisis de cada ruta establecida:

	RESOURCE	ENTRADA/S ALIDA	Part number	Std. Pack	CONSUMPTION	Daily Volume	Weekly Setup Freq.	From	To	supply trajectories	Route Utilization (Freq/Hr)	Distance between Areas (m)	Stackability	Lift truck Avg. Speed (km/hr)	Travel Time (sec)	Eff of Travel	Time for Stack & Unstack (sec)	Total Time per Day (Hrs)	Nbr. Std. Pack Movt.
ESTAMPADO	Press 2002		14101950035	150	1	499.2	0.25	P2002	WMP	R2002	0.2	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.04	4
ESTAMPADO	Press 2002		14102080005	150	1	896	0.5	P2002	WMP	R2002	0.3	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.05	6
ESTAMPADO	Press 2002		30101610005	150	1	614.4	1	P2002	WMP	R2002	0.2	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.05	5
ESTAMPADO	Press 2002		30101860035	150	1	758.3	0.5	P2002	WMP	R2002	0.3	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.05	6
ESTAMPADO	Press 2002		30101870035	150	1	758.3	1	P2002	WMP	R2002	0.3	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.05	6
ESTAMPADO	Press 2002		30101970005	150	1	787.5	0.1	P2002	WMP	R2002	0.3	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.05	6
ESTAMPADO	Press 2002		30101990005	150	1	281.6	0.5	P2002	WMP	R2002	0.1	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.02	2
ESTAMPADO	Press 2002		3101740005	150	1	705	1	P2002	WMP	R2002	0.2	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.05	5
ESTAMPADO	Press 2002		311065	150	1	624.2	1	P2002	WMP	R2002	0.2	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.05	5
ESTAMPADO	Press 2002		BRV133105	150	1	281.6	1	P2002	WMP	R2002	0.1	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.02	2
ESTAMPADO	Press 2002		BRV127165	150	1	281.6	1	P2002	WMP	R2002	0.1	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.02	2
ESTAMPADO	Press 2002		BRV133185	150	1	281.6	1	P2002	WMP	R2002	0.1	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.02	2
ESTAMPADO	Press 2002		76582 1HL0A	150	1	284	0.1	P2002	WMP	R2002	0.1	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.02	2
ESTAMPADO	Press 2002		25101260015	150	1	1181.6	2	P2002	WMP	R2002	0.3	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.07	8
ESTAMPADO	Press 2002		30100610025	150	1	371.6	0.25	P2002	WMP	R2002	0.1	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.03	3
ESTAMPADO	Press 2002		30101620005	150	1	614.4	1	P2002	WMP	R2002	0.2	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.05	5
ESTAMPADO	Press 2002		30101630035	150	1	614.4	0.5	P2002	WMP	R2002	0.2	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.05	5
ESTAMPADO	Press 2002		31017620015	150	1	624.2	1	P2002	WMP	R2002	0.2	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.05	5
ESTAMPADO	Press 2002		8102870005	150	1	1338.4	0.5	P2002	WMP	R2002	0.4	40.36	2	8	18.16	95%	13.09	0.08	9

Fuente: Elaboración propia

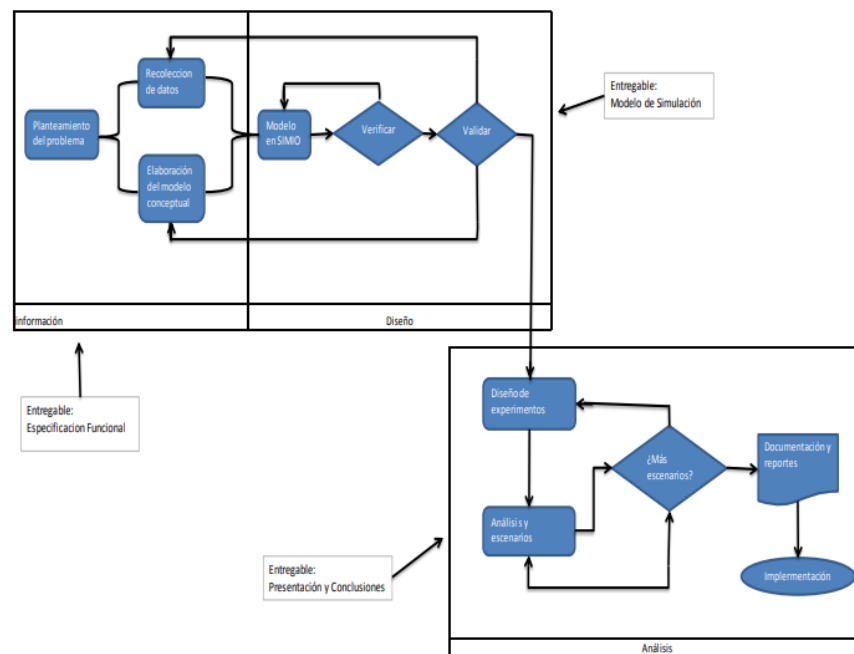
Figura 24 Cálculo de la información

Con el formato antes presentado se calculó el tiempo total que se requiere de las maniobras de un montacargas por cada una de las líneas tomando en cuenta la demanda y realizando los cálculos correspondientes.

3.2 SIMULACIÓN DEL PROCESO DE PRENSADO EN SIMIO

Una vez que se ha realizado el estudio de capacidad, el siguiente punto consiste en modelar el sistema utilizando el software SIMIO. Cabe mencionar que el estudio de capacidad se llevó a cabo para toda la planta FLEX NGATE, sin embargo, el modelo de simulación se centró en el área de prensado, esto debido a que dicha área, como se indicó en el planteamiento del problema, representa un área fundamental para el resto de los procesos de producción de la planta, además que el porcentaje de utilización del montacarguista enfocado a esta área, se ve sobresaturado de acuerdo al estudio de capacidad.

Para el desarrollo del modelo se sigue la metodología de 10 pasos de la simulación, presentado por Law y Kelton (2018). (Eduardo García Dunna, 2013)



Fuente:

Figura 25 Proceso de SIMULACIÓN

3.2.1 Planteamiento del problema

En el área de prensado se tienen ocho prensas, las cuales operan a tiempos diferentes entre sí:

PRENSA	2038	2035	2037	2031	2033	2036	2002	2029
TIEMPO ENTRE PZ POR Seg	3.60	2.38	2.76	1.36	1.95	2.01	1.86	3.75

Fuente: Elaboración propia

Figura 26 Tiempos de prensado

Se dispone de un montacargas en el área para el movimiento del material, una vez que salen de la prensa, las piezas caen directamente al contenedor el cual una vez que esté lleno se debe llevar al almacén y a su vez el montacarguista debe ir por un contenedor vacío al patio para dejarlo en la salida de la prensa para repetir el proceso.

En el turno matutino de 07:30 – 15:30 es donde se tienen más problemas por la falta de disponibilidad de un montacargas, lo que ocasiona retrasos en la producción, ocasionando que no se cumpla el plan de producción en el turno.

3.2.2 Recolección de datos

Variables de entrada:

DATOS DETERMINÍSTICOS

- Distancia en metros, se midió con la ayuda de un flexómetro:

Tabla 2 Distancias entre los pasillos

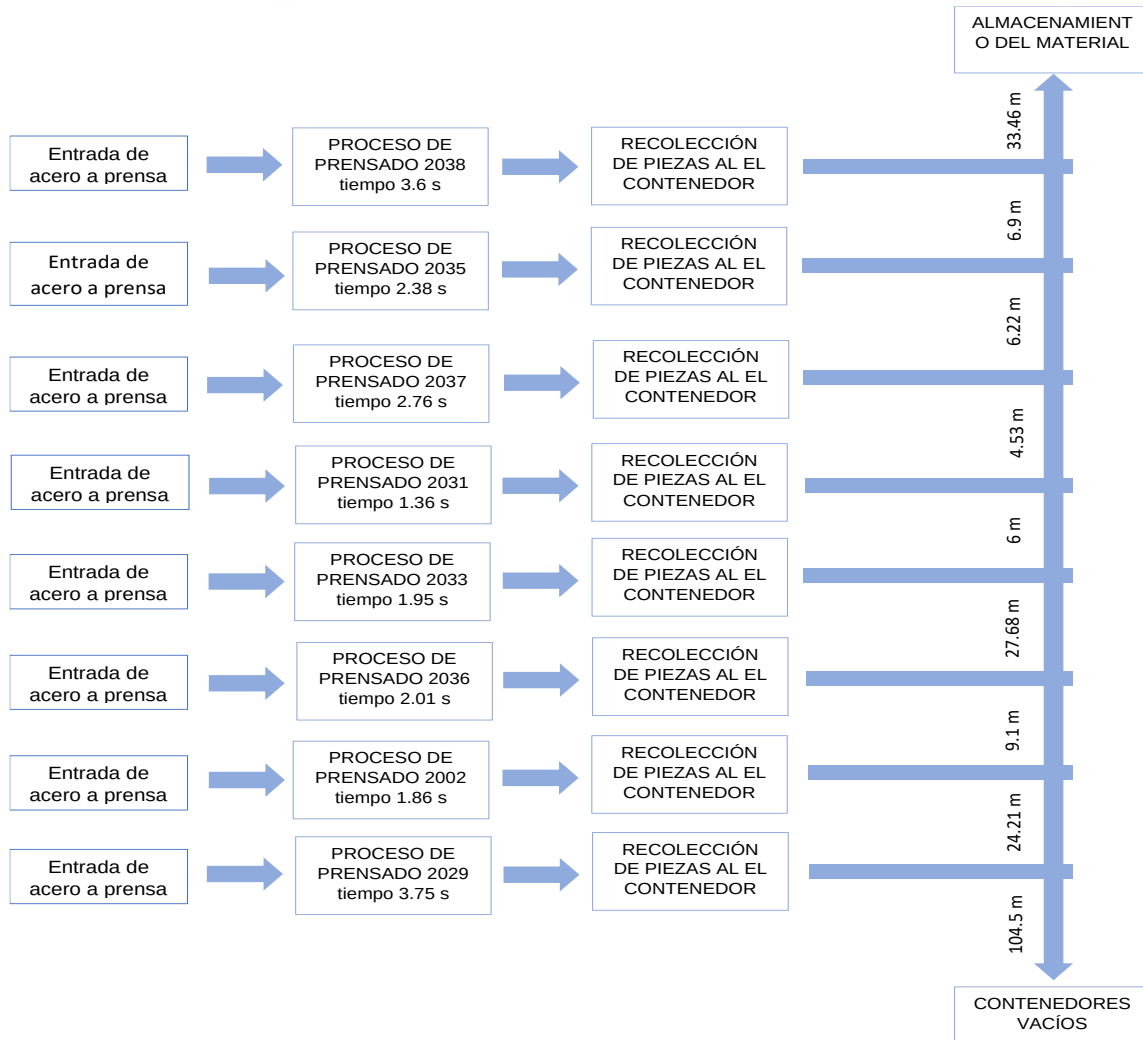
TRAMO	DISTANCIA (Metros)
Patio – Prensa 2038	104.5
Prensa 2038 – Prensa 2035	24.21
Prensa 2035 – Prensa 2037	9.1
Prensa 2037 – Prensa 2031	27.68
Prensa 2031 – Prensa 2033	6
Prensa 2033 – Prensa 2036	4.53

Prensa 2036 – Prensa 2002	6.22
Prensa 2002 – Prensa 2029	6.9
Prensa 2029 – Almacén	33.46

- Velocidad del montacargas: Velocidad establecida por la empresa; 8 Km/H
- Número de piezas por contenedor: 150
- Tiempo de proceso en prensas recabado anteriormente
- Tiempos de carga: Triangular (8,10,12) segundos; y descarga: Triangular (10,12,14) segundos.

3.2.3 Elaboración del modelo conceptual

El diagrama de la Figura 27, representa proceso de prensado. El cuadro denominado Entrada de acero a prensa, es donde se colocan los rollos de acero, los cuales alimentan a las prensas, mismas que una vez que llevan a cabo su proceso, las piezas caen al contenedor de recolección de piezas, y estos contenedores son los que se deben mover haciendo uso del montacargas. El montacargas se desplaza de prensa en presa para llevar los contenedores al almacén, además de ir al patio a traer contenedores vacíos, los cuales los debe de colocar para continuar la recolección de las piezas.



Fuente: Elaboración propia

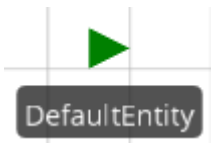
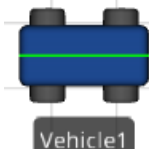
Figura 27 Modelo Conceptual

3.2.4 Elaboración del modelo base con software SIMIO

Una vez que se tienen en claro la operación del sistema en el área de prensado, mismo que fue planteado en el modelo conceptual, se procede a elaborar modelo de simulación en el software SIMIO.

La Tabla 3, muestra los objetos utilizados para el desarrollo del modelo, así como una breve descripción de su función.

Tabla 3 Objetos utilizados en el modelo de simulación

NOMBRE	Descripción de la función en el modelo	OBJETO
Model Entity	Las model entity del lado de arriba, representa las piezas que pasan a la prensa y a la izquierda representa los contenedores donde se almacenan las piezas una vez que sale de la prensa.	
Source	Representa la entrada de las piezas y contenedores.	
Server	Representa a las prensas , el proceso de prensado, cada una con su respectivo tiempo.	
Combiner	Este objeto tiene la capacidad de representar la función de hacer que el contenedor junte las piezas dependiendo la capacidad de cada contenedor.	
Vehicle	Tiene la función de un montacargas , se utiliza para representar los movimientos de los contenedores, de un punto a otro, representando así el funcionamiento del sistema real involucrando tiempos de carga y descarga junto con la velocidad de viaje.	
Sink	En este caso representa el almacén de los contenedores llenos, es el final del proceso.	
Path	Se utiliza porque tiene la capacidad de involucrar distancias que el montacargas va a recorrer para hacer las vueltas.	

3.2.5 Verificación

Una vez que se tiene elaborado el modelo en software SIMIO, este debe ser verificado en su funcionamiento, para dicho fin, se mostró al gerente de Logística, el cual corroborar que el funcionamiento corresponde a la realidad bajo estudio.

3.2.6 Validación

Una vez que el modelo ha sido verificado en su funcionamiento, se debe validar que la estadística que presenta, corresponde a la estadística recolectada. Para el estudio se la variable aleatoria que se analiza para su validación es el número de contenedores que se llenan de producto al final del turno. para tal efecto se utiliza la prueba t-pareada.

3.2.7 Diseño de experimento

En este punto se determina el número de veces que se debe llevar a cabo la simulación para lograr la precisión y confianza deseadas.

3.2.8 Análisis de escenarios

Por último, en el punto de la metodología para el desarrollo del modelo de simulación, se deben presentar diversos escenarios, con los cuales se busca impactar en las medidas de desempeño del sistema. Para el caso del proyecto, se prueba reducir el número de prensas atendidas, con la intención de mejorar el porcentaje de ocupación del montacargas.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS.

4.1 ESTUDIO DE CAPACIDAD

La Tabla 4 muestra las áreas que cubría cada montacarga antes del análisis, esta tabla es necesaria para entender la forma en cómo se distribuían las actividades antes de la realización del presente proyecto.

Tabla 4 Actividades de los montacarguistas (antes)

#	AREA	ACTIVIDAD
1	Aduana PT	Control de entradas y salidas en almacén e Inyección
2	Rampas de embarques	Carga y descarga de unidades, surtimiento
3	Prensas	Atiende todas las prensas
4	Powder	Powder, Ecotf, Empint, Gatos finales 1 y 2
5	Aduana WIP	E- Coat, Pint Gatos Finales 1 y 2
6	Lineas 1	Winches, Door Checks, Tie Down, Tacoma 2, CD6, Soldadura P2, Bisagras 1, PKB's
7	Lineas 2	Soldadura P1, Battery 30072, Battery 3064, Battery 3152/51, Battery 3065, Bisagras 2, Gat Fin 3, Gato Sub., 2 y 3; Tube, Equipo vacío de Gatos Final 1 y 2
8	C2	C2, Soldadura P3, Tacoma 1, Damper

Con la información de las áreas que cubre cada montacarga, se lleva a cabo la metodología del estudio de la capacidad, los resultados del análisis arrojan que la forma en como actualmente se tienen distribuidas las actividades para los diferentes montacarguistas, no es la mejor distribución de actividades, se puede observar en la Figura 28, existe un desequilibrio en la utilización de los montacargas, algunos con actividades por encima del 100% de la capacidad (tiempo de más por turno de trabajo) y otros que con demasiado tiempo de ocio, esto explica lo que físicamente se observa cuando algunos montacargas no estaban en funcionamiento, ya sea por la batería o

		Cambio modelo, PT Gatos y soldadura, Battery 3072 y 3060, Bisagras 2, Tubos, 3060,3061
6	Pasillos 1	Winches, PKB, CD6, BISAGRAS 1, soldadura
7	Pedales	Powder, Movimiento de cont., E-coat, Gatos PT
8	Powder	Powder, E-coat, Gatos

A partir de las nuevas actividades propuestas para las rutas se realiza nuevamente un estudio de capacidad con la intención de verificar los porcentajes de utilización nuevos. Las rutas nuevas se muestran en la Figura 30.

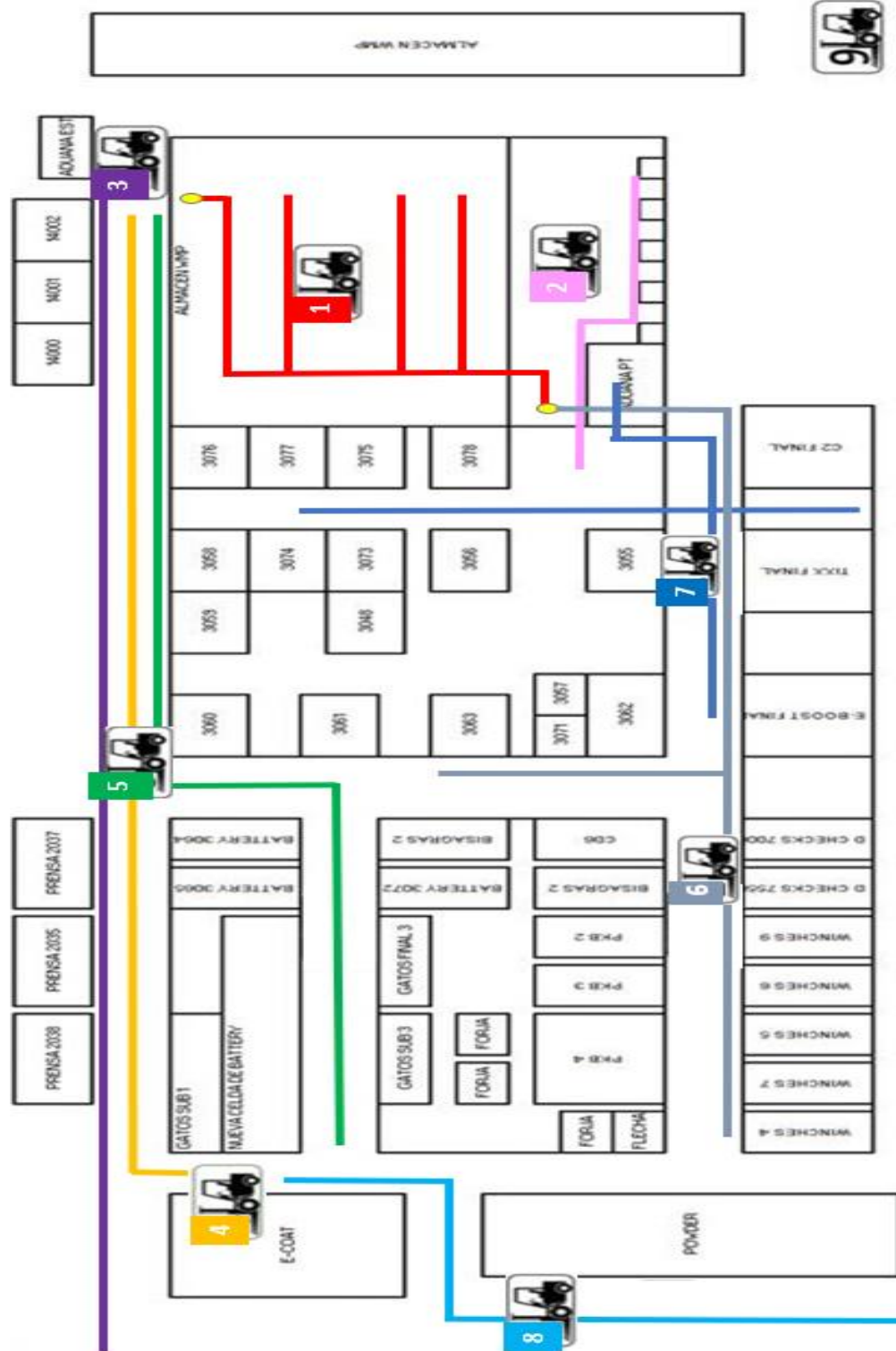
A diferencia de la distribución de cargas originales, en la propuesta muestra un equilibrio entre montacargas. Además de realizar de nuevo la asignación de actividades, se asignó una ruta específica para cada montacargas, con el fin de evitar los problemas, como lo era la aglomeración en los pasillos.

MODIFICACIÓN DE RUTAS															
1		2		3		4		5		6		7		8	
PRENSAS	Hrs	RAMPAS	Hrs	ALM. WIP	Hrs	ADIANA WIP	Hrs	LINEAS 2	Hrs	LINEAS 1	Hrs	PEDALES	Hrs	POWDER	Hrs
ESTAMPADO	5.97	DESCARGA/SURTE	5.57	MOV.CONT.LLEN	1.23	E-COAT	4.72	BATTERY 3072	0.18	WINCHES	1.65	SOLDADURA P	1.79	POWDER	4.82
	5.97		5.57	MOV.CONT.VAC	1.15	INVEC	0.59	BATTERY 3064	0.78	DOOR CHECKS	0.15	C2	1.68	ECOTF	0.10
	80%		74%	MOV.TOLVAS	0.52	PINT GF1,2	0.23	BATTERY 3152/51	0.06	TIE DOWN	0.02	D2UC	0.73	EMPIINT	0.19
				CAMBIO DE TROQ	4.17		5.54	BATTERY 3065	0.04	TACOMA 2	0.09	T1XX	0.67	MOV.CONT.G1,2	0.16
			MOV.ACERO	0.03		74%	BISAGRAS 2	0.70	CD6	0.62	DAMPER	0.02		5.27	
				7.09				GAT FIN 3	0.31	SOLDADURA P2	1.19	TACOMA 1	0.10		72%
				95%				GAT SUB 3	0.91	BISAGRAS 1	0.24	CARGA PT	2.55		
								GAT SUB 2	0.65	PKB's	1.42		7.56		
								TUBE	0.93	SOLDADURA P1	0.558		101%		
								GAT FIN 2	0.19		5.94				
								SOLDADURA P1	0.56		79%				
									5.30						
									71%						

Fuente: Elaboración propia

Figura 29 Distribución de actividades (Después)

Como se puede observar, no se logra un equilibrio en las actividades de los montacargas, sin embargo y en comparación con la distribución de actividades original, esta nueva distribución es más equitativa, teniéndose solo lo una ruta con un porcentaje mayor al 100%, misma que puede ser apoyada por algún otro montacarga que su ruta esté cerca, logrando con esto disminuir el tiempo extra de los montacarguistas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 30 Layout de las rutas propuestas

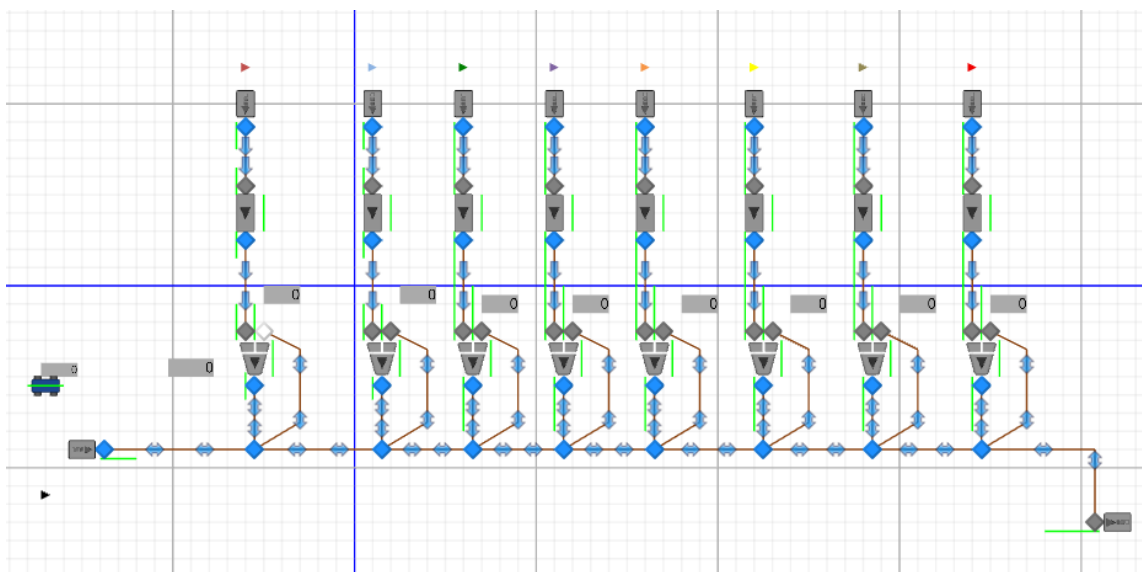
Los anexos 1 al 8 muestran el desglose de cada una de las rutas con la intención de que los montacarguistas reconozcan la ruta asignada y no se tengan confusiones de cuales áreas les toca cubrir, así mismo existen documento comprobatorio de que se les dio a conocer su ruta (Anexo 9).

4.2 SIMULACIÓN DEL PROCESO DE PRENSADO EN SIMIO

Una vez que fueron propuestas las rutas, el paso siguiente consiste en modelar las actividades para cada una de las rutas, cabe mencionar que en el presente trabajo y con el fin de presentar la metodología para la validación de la efectividad del procedimiento propuesto, solo se evalúa la ruta 1, que corresponde a Prensado. Es importante mencionar que la simulación va a servir para verificar el porcentaje de utilización y con ellos aprobar si las nuevas distribuciones cumplen con el objetivo de balancear el total de actividades para cada ruta.

4.2.1 Modelo en simio

La figura 31, muestra la distribución de las prensas, además en el lado izquierdo de la imagen se tiene el área de contenedores vacíos, mismos que son los que lleva el montacargas a las prensas y del lado derecho se tiene el área de almacén donde se entregan los contenedo con los productos procesados por las prensas.

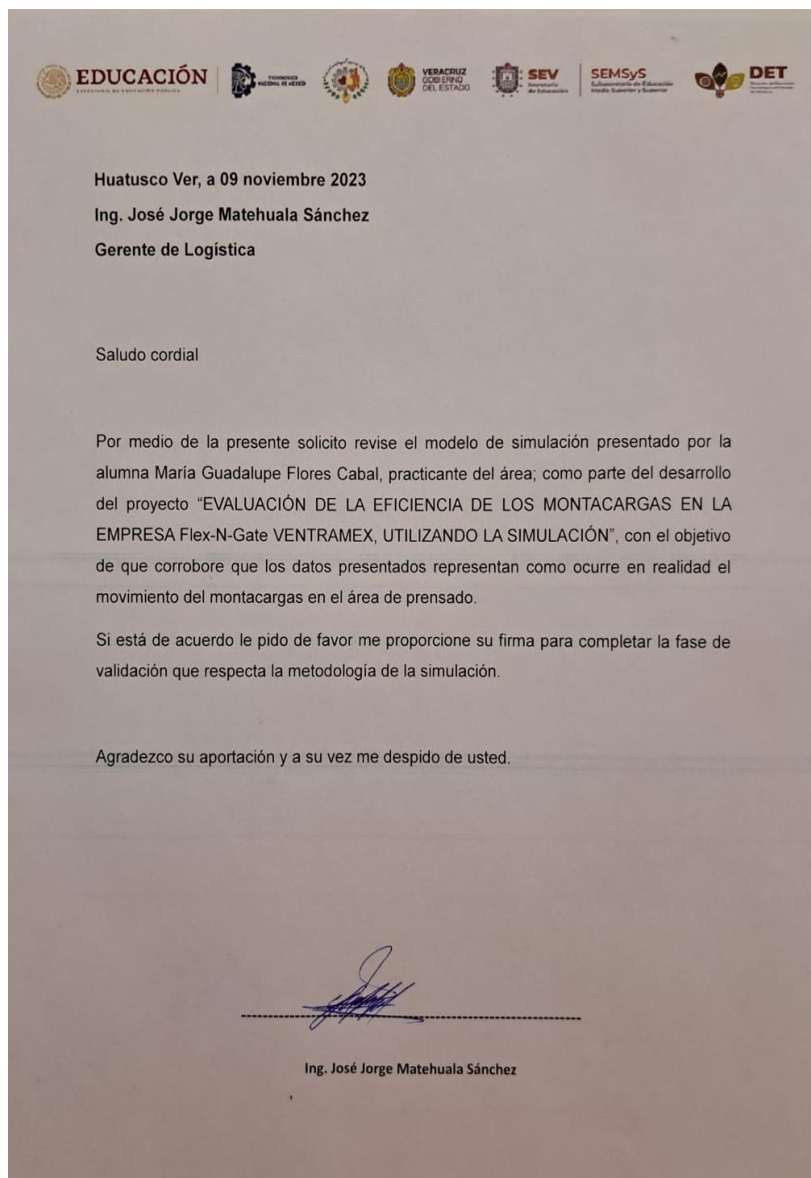


Fuente: Elaboración propia

Figura 31 Simulación del modelo en SIMIO

4.2.2 Verificación

Una vez que el modelo se mostró al gerente de logística y se le explicó el funcionamiento, este aprobó dicho modelo, de manera que se considera que el modelo muestra el funcionamiento tal como ocurre en la realidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 32 Formato demostrativo

4.2.3 Validación

La variable por comparar va a ser el número de contenedores (SISTEMA) que se producen en un turno contra el número de contenedores de las 10 corridas del modelo.

Total de contenedores terminados al final del turno:

Tabla 6 Muestras, Numero de contenedores en producción por turno.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
344	312	310	332	353	281	284	306	296	353

De la misma forma se ejecuta el modelo por un turno de ocho horas y se observan los resultados del total de contenedores terminados en el turno. Se realizan 10 réplicas donde cada réplica representa un turno.

Medias arrojadas por el modelo:

	A	B	C	D	E	G	H	J
1	Scenario	Replicatio	Object Ty	Object Na	Data Sour	Category	Data Item	Value
28812	Scenario1	1	Sink	ALMACEN	InputBuffer	Throughput	NumberEnte	297
28813	Scenario1	2	Sink	ALMACEN	InputBuffer	Throughput	NumberEnte	296
28814	Scenario1	3	Sink	ALMACEN	InputBuffer	Throughput	NumberEnte	299
28815	Scenario1	4	Sink	ALMACEN	InputBuffer	Throughput	NumberEnte	297
28816	Scenario1	5	Sink	ALMACEN	InputBuffer	Throughput	NumberEnte	297
28817	Scenario1	6	Sink	ALMACEN	InputBuffer	Throughput	NumberEnte	298
28818	Scenario1	7	Sink	ALMACEN	InputBuffer	Throughput	NumberEnte	299
28819	Scenario1	8	Sink	ALMACEN	InputBuffer	Throughput	NumberEnte	298
28820	Scenario1	9	Sink	ALMACEN	InputBuffer	Throughput	NumberEnte	300
28821	Scenario1	10	Sink	ALMACEN	InputBuffer	Throughput	NumberEnte	296

Fuente: Elaboración propia

Figura 33 Resultados de SIMIO

Prueba t-pareada

El proceso de la prueba t-pareada permite comparar los resultados obtenidos en el sistema contra los resultados de las réplicas, de manera que, si el intervalo incluye al 0, se puede considerar que el modelo representa la realidad.

Comparación de medias:

Tabla 7 Prueba T Pareada

	DATOS			
	REALES	SIMULADOS		
REPLICAS	SISTEMA	MODELO	$Z_j = X_j - Y_j$	$(Z_j - \bar{Z})^2$
1	344	297	47	2209
2	312	296	16	256
3	310	299	11	121
4	332	297	35	1225
5	353	297	56	3136
6	281	298	-17	289
7	284	299	-15	225
8	306	298	8	64
9	296	300	-4	16
10	353	296	57	3249
SUMATORIA				10790
PROMEDIO				19.4

Hipótesis:

$$H_0: \mu_x = \mu_y$$

$$H_1: \mu_x \neq \mu_y$$

H_0 : No existe diferencia observada entre la media de los datos reales y la media del conjunto de datos del modelo

H_1 : Cualquier diferencia observada entre la media de los datos reales y la media del conjunto de datos del modelo

Formulas utilizadas para la validación:

$$Z_{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n} \quad \text{Ec. 1}$$

$$Z_i = X_i - Y_i \quad \text{Ec. 2}$$

$$Var[Z_{(n)}] = \frac{\sum_{i=1}^n [Z_i - Z_{(n)}]^2}{n(n-1)} \quad \text{Ec. 3}$$

$$Z_{(n)} \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{Var(Z_{(n)})} \quad \text{Ec. 4}$$

Con el 95% se calcula el intervalo de confianza para evaluar el modelo.

Sustituyendo:

$$19.4 \pm 2.262\sqrt{119.88}$$

$$19.4 \pm 24.76$$

$$-5.3674941 \leq Z \leq 44.1674941$$

Analizando el resultado, podemos decir que con un 95 % de confianza el modelo si representa la realidad, dado que el cero está incluido en el intervalo y las diferencias observadas no son significativas estadísticamente.

4.2.4 Determinación del número de corridas de la simulación.

El paso siguiente es calcular el número de replicas para estimar el número de contenedores que saldrán. En este punto es importante comentar que, de acuerdo con el gerente de logística, se acordó tener un error absoluto de 4 contenedores como máximo para estimar el valor del número de contenedores producidos, esto con un nivel de confianza del 95%. El procedimiento indica que el total de réplicas será cuando se cumpla lo siguiente:

$$t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2(n)}{i}} \leq \beta$$

REPLICAS	DATOS					
1	297				$\sqrt{\frac{s^2(n)}{i}}$	$t^* \sqrt{\frac{s^2(n)}{i}}$
2	296	i	i-1	ti-1,1 α /2		
3	299		2	1	12.7062047	12.0169024
4	297		3	2	4.30265273	3.32251807
5	297		4	3	3.18244631	2.12825064
6	298		5	4	2.77644511	1.66071754
7	299					
8	298					
9	300					
10	296					
s^2=	1.7888889					

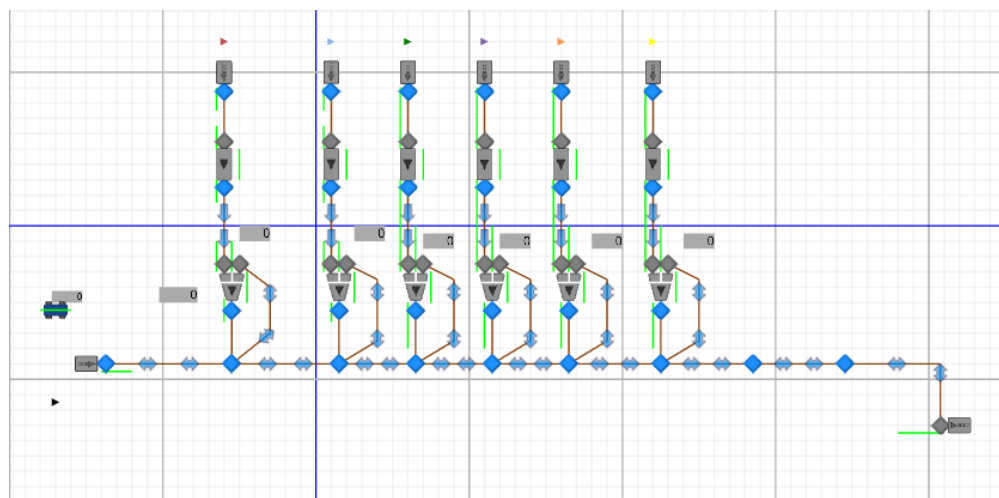
Fuente: Elaboración propia

Figura 34 Cálculo del número de corridas

Como se puede observar el valor del producto que se encuentra en la última columna es menor a 4 que es el valor de β sugerido, por lo que se podría trabajar con 4 réplicas para probar el siguiente escenario que se muestran a continuación.

4.2.5 Escenarios.

El escenario que se va a modelar consiste en que el montacargas solo dará servicio a 6 de las 8 prensas que atiende normalmente. El modelo propuesto es el que se muestra en la Figura 35.



Fuente: Elaboración propia

Figura 35 Experimento del modelo

Para el modelo se realizan 4 réplicas como se indican en la Figura 36.

 Design			 Response Results		 Pivot Grid		
Scenario				Replications			
	☒	Name	Status	Required	Completed		
	☒	Scenario 1	Comple...	4	4 of 4		
	☐						

Fuente: Elaboración propia

Figura 36 Experimentación

Llevando a cabo la modelación del nuevo escenario, se puede observar en el los resultados que el porcentaje de utilización del Montacargas es de 80.5659 ± 0.8495 . Esto indica un porcentaje aceptable de trabajo. Si se compara este valor contra el porcentaje de utilización del montacargas en la operación original, que es de 97.8847 ± 0.1896 se puede decir que hay una reducción en dicho porcentaje, el cual se puede verificar si se hace una prueba de hipótesis de diferencia de medias.

Se considera que las varianzas de ambos modelos son iguales, esto debido a que salen del mismo modelo solo que se considera que en lugar de trabajar con ocho prensas se trabaja ahora con seis prensas. La Figura 37 muestra los cálculos realizados a un 95% de confianza. Lo que se busca determinar si la media del porcentaje de utilización del modelo original es mayor al porcentaje de utilización del modelo con la modificación. Para este punto se usan 10 corridas de cada modelo, esto no afecta la precisión del modelo. Como se observa, $t_o = 50.941$, que es mayor que 1.734, por lo que se puede concluir que existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula que nos indica que la media del porcentaje de utilización del modelo original es mayor que la media del porcentaje de utilización del modelo propuesto. El cual con las 10 corridas queda en 80.849 ± 1.0404 .

Este valor al compararlo contra el promedio esperado al llevar a cabo la modificación de las actividades, se puede apreciar un valor poco mayor ya que en el estudio de capacidad indica que para las prensas se esperaba un 80% de utilización, mientras que en el modelo da aproximadamente 80.849%. Esto puede deberse a la variación por la aleatoriedad de la simulación, sin embargo, esta no representa un resultado muy alejado del porcentaje esperado para este proceso.

Hipotesis para comparar dos medias			
Varianzas desconocidas pero iguales			
unilateral			
H0: $\mu_1 \geq \mu_2$			
H1: $\mu_1 < \mu_2$			
nivel de confianza= 95%			
$t_{\alpha/2} = -1.734$			
x1=	97.8847	x2=	80.849
s1=	0.1896	s2=	1.0404
n1=	10	n2=	10
sp= 0.74779018			
gl= 18			
Estadistico		to= 50.941	
de prueba			
No Rechazar			

Fuente: Elaboración propia

Figura 37 Cálculo de la comparación de medias

Así mismo, el modelo indica que, de un turno de 8 horas, el montacargas trabajaría 6.44 horas, mientras que el cálculo del estudio de capacidad indica un tiempo de trabajo de 5.97 horas, nuevamente considerar que el modelo de simulación considera la variabilidad, cosa que el estudio de capacidad no incluye.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

El estudio realizado se puede dividir en dos partes:

1. Se desarrolló un estudio de capacidad, con el cual se determinaron los porcentajes de utilización de los ocho montacargas. Dicho estudio demostró que existía un problema en la distribución de actividades, por lo que era indispensable realizar una redistribución de estas para balancear las cargas de trabajo.

Los porcentajes de utilización de cada montacarga fueron los siguientes:

Tabla 8 Porcentajes de utilización originales

Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
101%	79%	104%	86%	95%	92%	86%	42%

2. Se propuso un ajuste con el cual se redistribuyen las actividades, en este ajuste se puede apreciar una mejoría en los porcentajes de utilización.

Tabla 9 Porcentajes de utilización, mejora

Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
80%	74%	95%	74%	71%	79%	101%	72%

Es evidente que solo la Ruta 7 presenta una sobre carga de trabajo, pero de acuerdo con el responsable de logística esta redistribución de actividades es la que puede funcionar para los procesos.

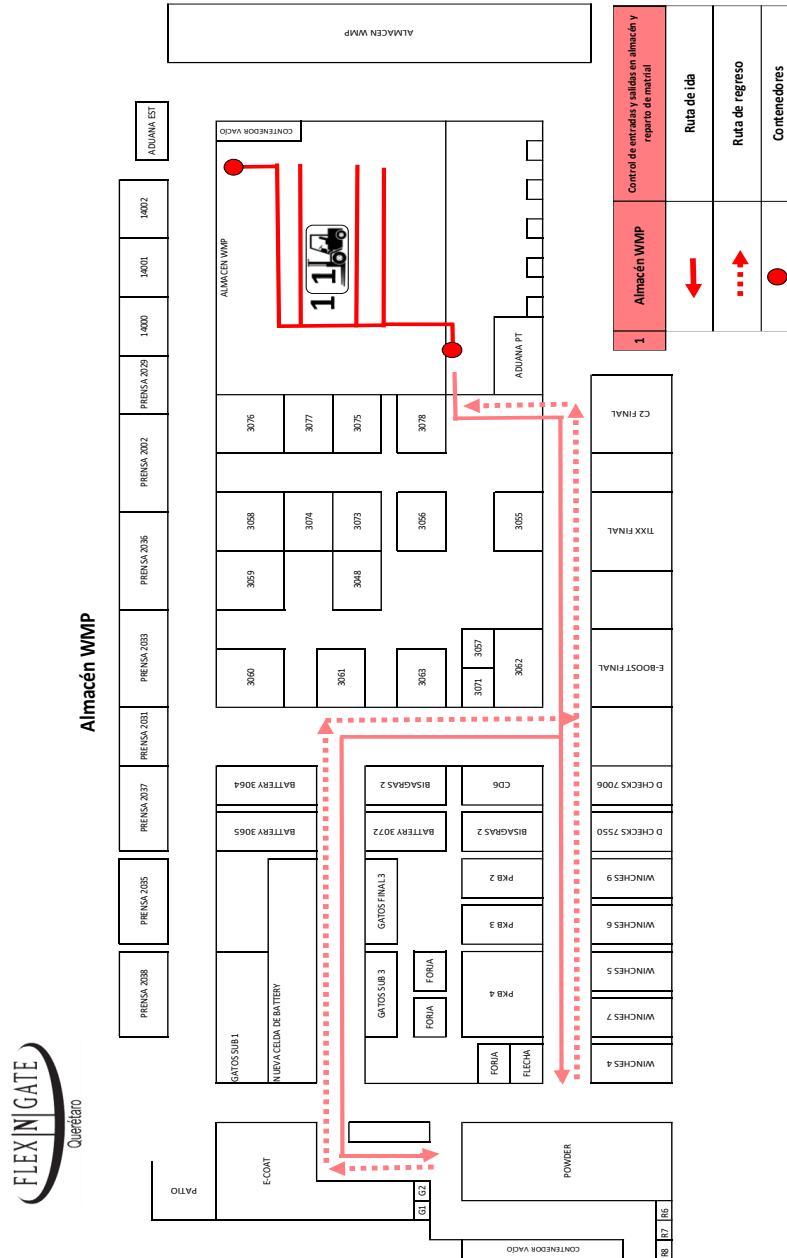
3. Se propuso realizar un estudio de simulación de las ocho rutas con la intención de verificar que los porcentajes de utilización de los montacargas correspondan a los resultados obtenidos en la redistribución de las actividades. Debido a la falta de tiempo y recursos, solo se autoriza realizar el estudio para validar la Ruta 1. Cabe mencionar que dicha ruta representa el proceso principal de fabricación, por lo mismo, se desea verla funcionar en la simulación y que los tiempos y porcentajes correspondan a lo planteado en el estudio de capacidad.

4. Se realizó un modelo basé de simulación de la Ruta, a partir del cual se logra representar el área de prensas. En este modelo se logra una utilización del 97.8847 ± 0.1896 en ocho horas de trabajo, este valor es muy cercano 100%, cabe mencionar que el valor del estudio de capacidad en esta ruta es mayor al 100% pero esto debido a que para concluir las actividades de esta ruta en la realidad se ocupan ya sean tiempos extras o bien se tiene que complementar con otro montacargas.
5. Es recomendable realizar un estudio de cada una de las rutas con la intención de verificar todos los porcentajes de utilización.
6. Se simuló la propuesta considerando ahora que el montacargas solo atiende a 6 prensas. Con este ajuste, en el modelo se tiene un porcentaje de utilización del 80.849 ± 1.0404 , mismo que es semejante al porcentaje obtenido en el estudio de capacidad. En el modelo se obtienen un total de 6.44 horas de trabajo, por lo cual esta propuesta es aceptada para la ruta.
7. SIMIO ha demostrado como herramienta de trabajo que es un software potente en simulación, ya que permite proyectar los posibles escenarios de la vida real o del futuro, y lo mejor es que sin tener que incurrir a costos por modificaciones y personales.
8. En cuanto al plano personal, este proyecto me ha permitido desarrollar habilidades y conocimientos más amplios en el campo de la simulación de sistemas, del cual se tenía un conocimiento previo, pero no tan extenso.
9. Tras adquirir nuevos conocimientos, considero que realmente SIMIO es una herramienta muy importante hoy en día, puesto que permite la optimización de procesos actuales, sin importar el ámbito, desde fabricación, servicio u otra rama industrial, al mismo tiempo la simulación de procesos futuros de los cuales se requiera conocer el comportamiento, a un coste menor que si se utilizaran otros medios. Poniendo a prueba todos los posibles escenarios para poder encontrar una mejora.

REFERENCIAS

- Achkara, V. (2015). *Simposio Argentino de Informática Industrial*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/59082/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bárbara Alexandra Anaya Sánchez, G. E. (2020). ANÁLISIS LOGÍSTICO Y SIMULACIÓN DE UNA CALLE DE RETORNO PARALELA EN UN AEROPUERTO REGIONAL . *CATHI*, 10.
- Eduardo García Dunna, H. G. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. Mexico: PEARSON.
- JCALDERON. (2010). Logistica. *Escuela de Administracion de Negocios*, 4.
- JULIO. (2020). *Simulemos*. Obtenido de <https://simulemos.cl/books/simio/chapter/standard-library>
- L. Fuentes-Rosas, A. G.-C.-M. (2021). Determinación del número óptimo de unidades en un sitio de taxis, usando simulación en Simio . *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, 5.
- L.Fuentes-Rosas, A. L.-C.-G.-S. (2019). Análisis de la red logística de un crucero vial utilizando simulación en SIMIO para evaluar la alternativa de colocar un semáforo. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, 6.
- Maldonado, C. E. (2010). Modelamiento y simulación de sistemas complejos. *Repositorio Institucional E-docUR*, 34.
- Raúl Ignacio Castillo-Villagra, J. T.-G.-L.-B. (2020). Propuesta de asignación de personal mediante simulación para una empresa de servicios mineros. *SciELO*, 13.
- Sanval, P. (s.f.). *SIMULACION EN SIMIO PLANIFICACION DE LA PRODUCCION*. Obtenido de https://www.academia.edu/8217297/SIMULACION_EN_SIMIO_PLANIFICACION_DE_LA_PRODUCCION
- Silva, E. C. (s.f.). *academia.edu*. Obtenido de https://www.academia.edu/36103014/Qu%C3%A9_es_la_simulaci%C3%B3n
- SIMIO. (s.f.). *SIMIO*. Obtenido de <https://textbook.simio.com/SASMAA/ch-intermediate-modeling.html#summary-1>

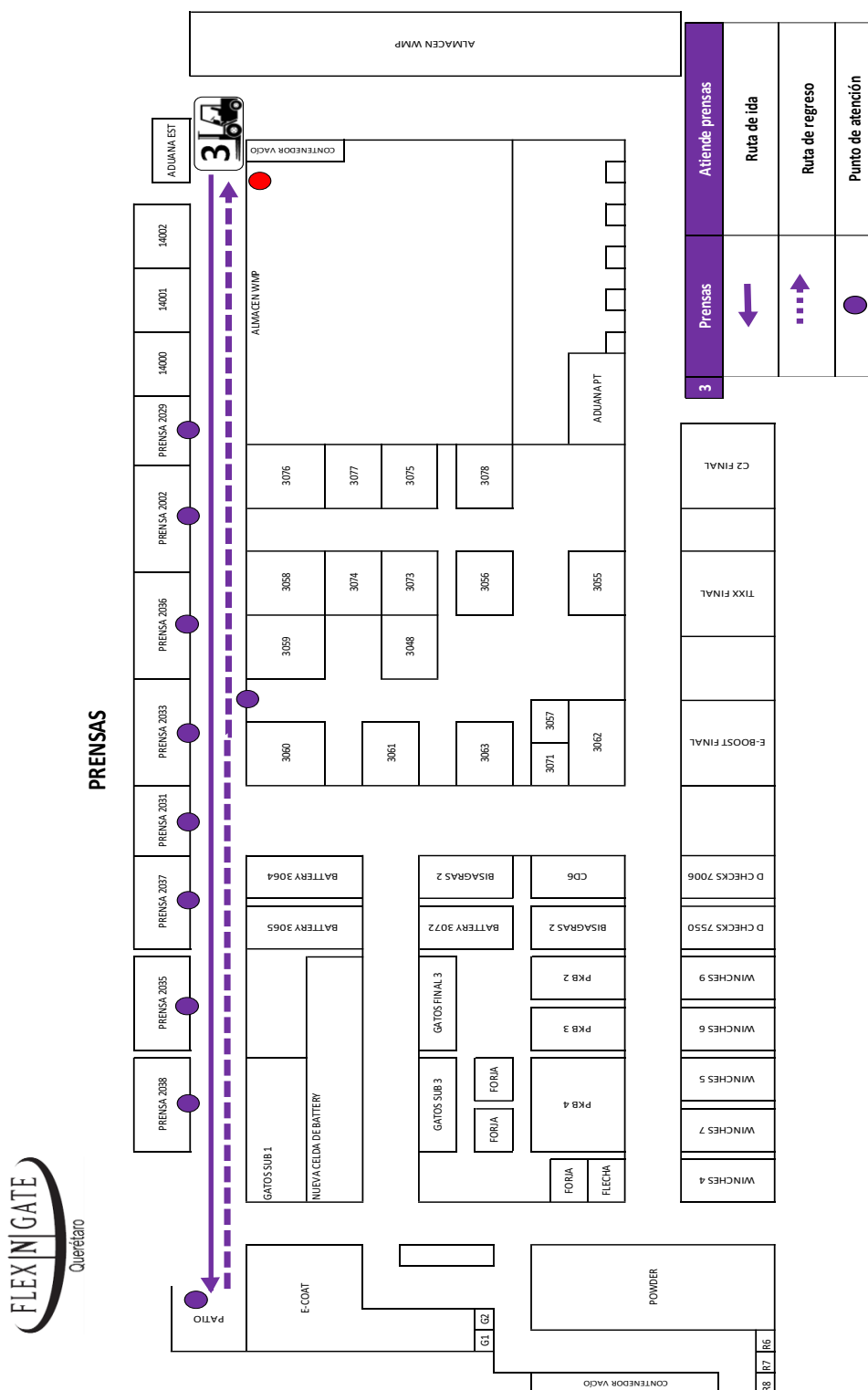
ANEXOS



Fuente: Elaboración propia

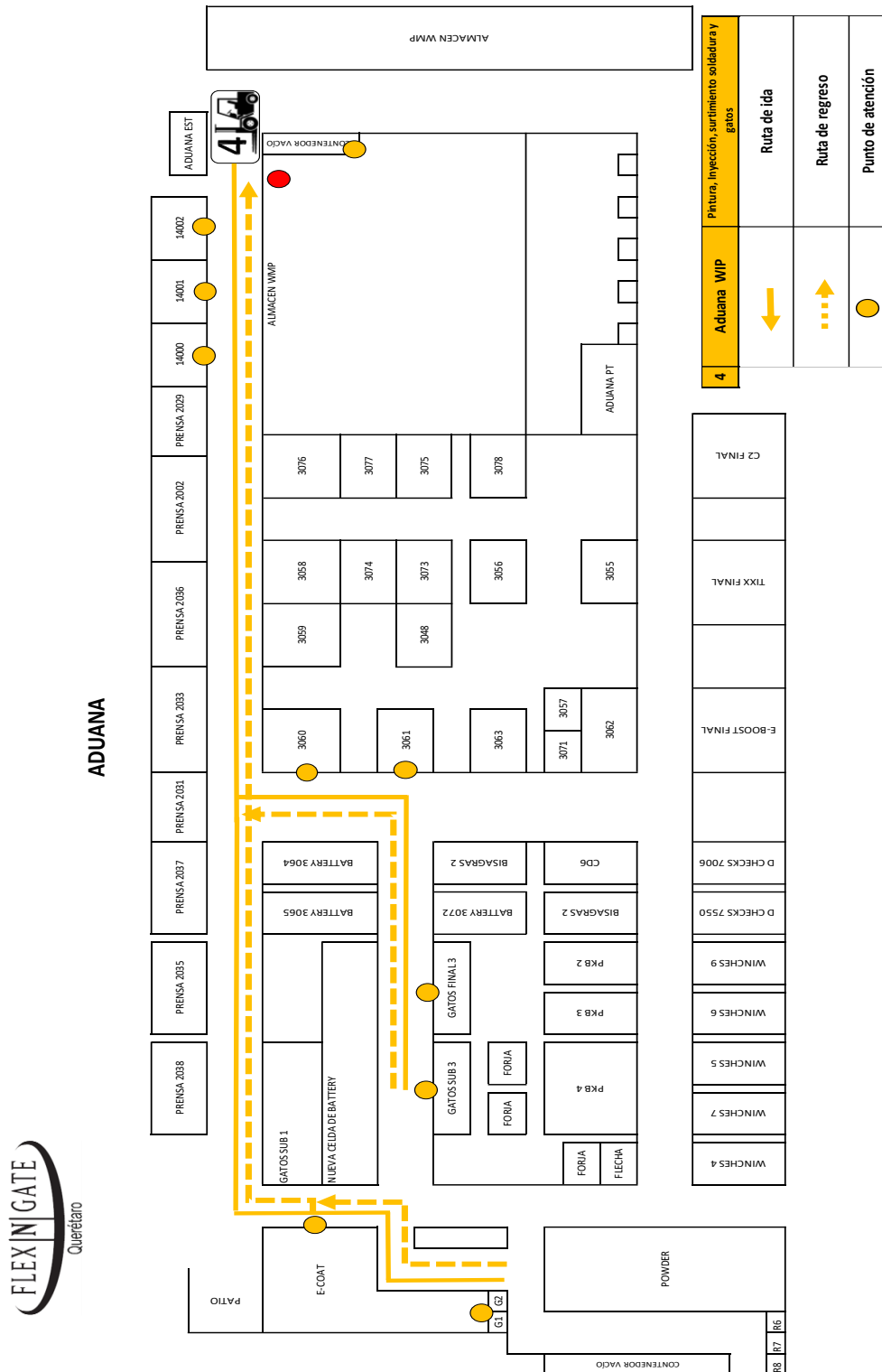
Figura 38 ANEXO 1

Figura 39ANEXO 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 40 ANEXO 3



Fuente: Elaboración propia

Figura 41 ANEXO 4

Figura 42 ANEXO 5







NOMBRE DEL INSTRUCTOR:		DURACIÓN TOTAL:							
ORDEN	Nº NOMINA	NOMBRE DEL PARTICIPANTE	L	M	J	V	S	FIRMA	ÁREA
1	6296	Miguel Ezequiel Rivera L.		✓				Miguel R.	Logística.
2	3405	Gustavo de la Cruz J.		✓				Gustavo	Logística
3	4843	ROMAN ORDOZ		✓				Roman	Logística
4	4969	Marco Antonio Silvestre		✓				Marco	Logística
5	6341	Isaac Alvarez Bautista		✓				Isaac A.	Logística
6	3338	Javier Betellon R.		✓				Javier B.	Logística
7	5512	Luis Fernando N. P.		✓				Luis F.	Logística
8	5899	Noe Gutierrez G		✓				Noe G.	Logística
9	4112	Andrés Páez		✓				Andrés P.	Logística
10	4667	Juan Antonio González F.		✓				Juan A.	Logística
11	5384	FERNANDO SANCIO F.		✓				Fernando S.	Logística
12	5951	Arturo Hurtado Hdez		✓				Arturo H.	Logística
13	5801	Josethan Riosale		✓				Josethan R.	Logística
14	5774	Oswaldo Hernández		✓				Oswaldo H.	Logística
15	5169	Edoardo Gutierrez				✓		Edoardo G.	Logística
16	6048	Sergio Ivan Hdez de la Cruz				✓		Sergio I.	Logística
17	3867	José Edoardo				✓		José E.	Logística
18	5485	Marcel Antonio Garcia Avila	✓					Marcel A.	Logística
19	4591	Sebastian Pérez Rodríguez	✓					Sebastian P.	Logística
20	5933	José Manuel Angeles R.	✓					José M.	Logística
21	2926	Hugo Reyes Guzman	✓					Hugo R.	Logística
22	5150	Oswin Hdez. Jaquez	✓					Oswin H.	Logística
23	245	Jose Laura Ramos Alvarez	✓					Jose L.	Logística
24	6335	Don Jose Ramundo Mtz O.	✓					Don Jose R.	Logística
25	1327	Enrique Olivero	✓					Enrique O.	Logística
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									

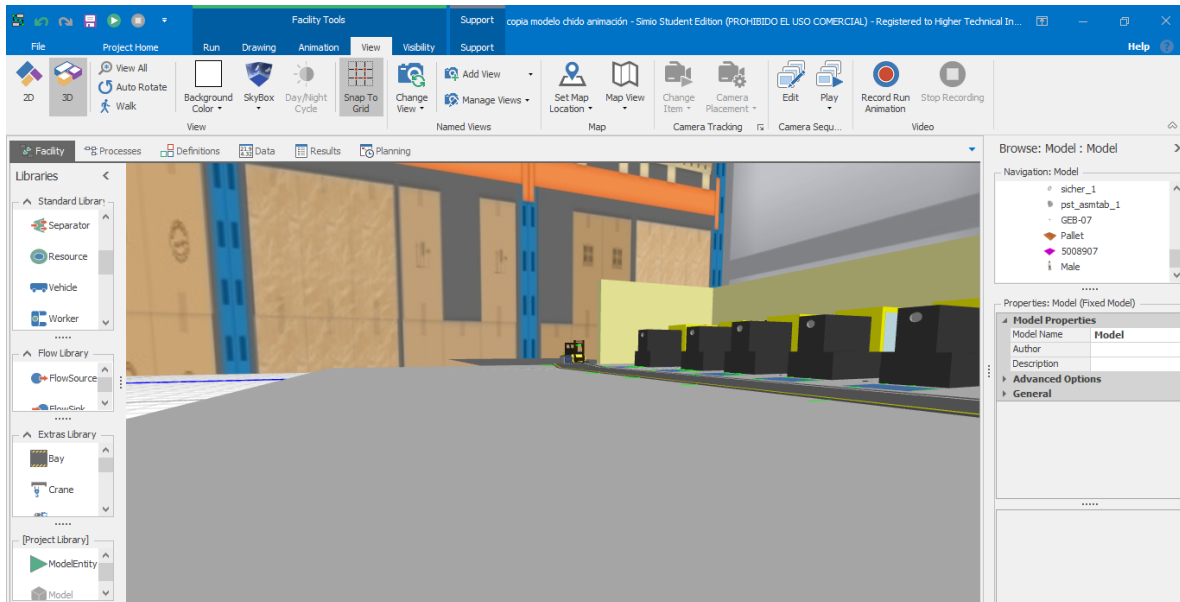
Firma del Instructor

0/2021
1

Documento impreso no controlado (solo si tiene el sello de control)
el usuario es responsable de verificar la versión actual

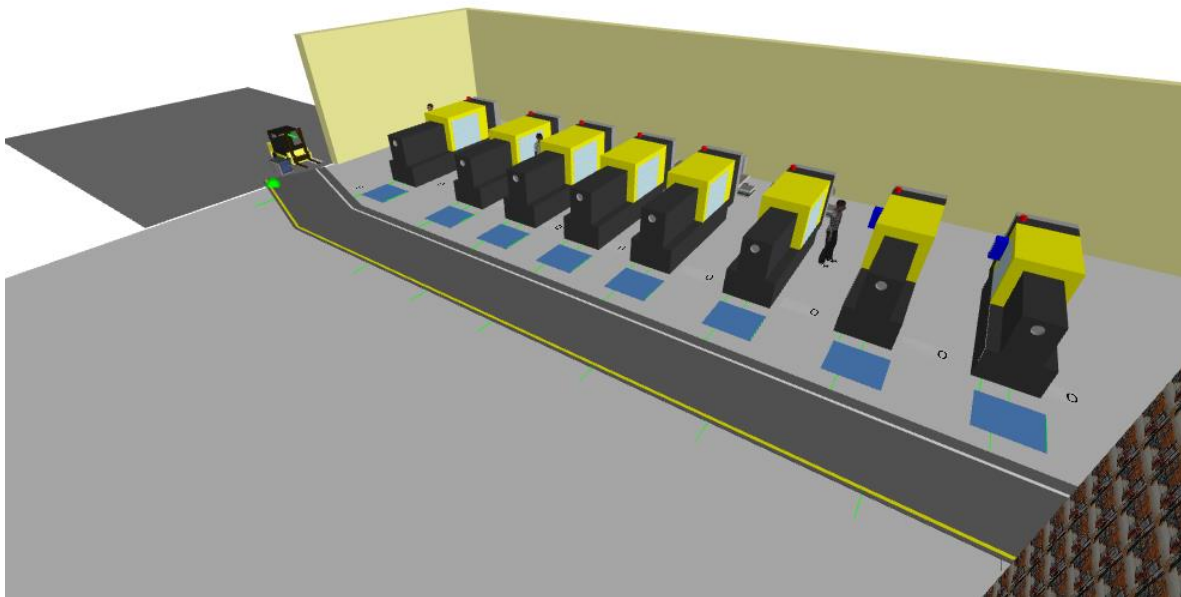
Fuente: Elaboración propia

Figura 46 ANEXO 9



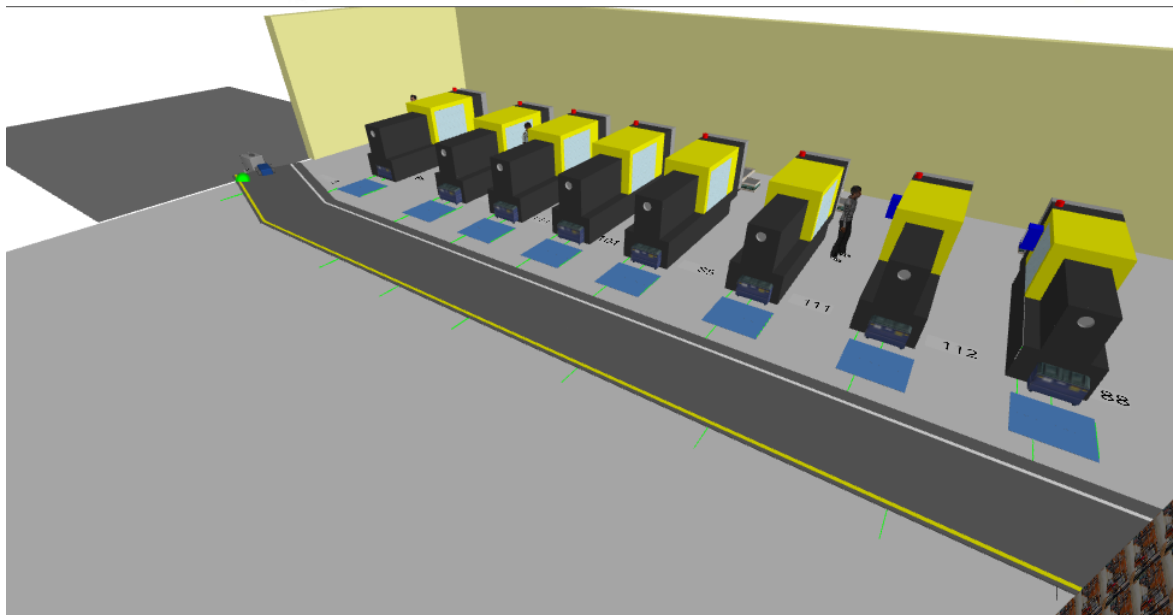
Fuente: Elaboración propia

Figura 47 ANEXO 10 Modelo con animación



Fuente: Elaboración propia

Figura 48 ANEXO 11



Fuente: Elaboración propia

Figura 49 ANEXO 12

