

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

QUE PRESENTA:

ALFREDO GONZÁLEZ TOLEDO

CON EL TEMA:

“ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE ANÁLISIS PARA ELIMINAR LOS CUELLOS DE BOTELLA EN EL ÁREA DE DESCARGA DE LA EMPRESA INMUEBLES DEL GOLFO S.A. DE C.V.”

MEDIANTE:

**OPCIÓN
(TITULACIÓN INTEGRAL)**

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

MARZO 2014

Contenido

Lista de Tablas	vii
Lista de Figuras	viii
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO 1 CARACTERIZACION DEL PROYECTO	3
1.1 Antecedentes del problema	4
1.2 Definición del problema	4
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Delimitación	5
1.6 Limitación	5
1.7 Impacto	5
CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	6
2.1 Antecedentes de la empresa	7
2.2 Ubicación de la empresa	8
2.3 Distribución de la empresa	9
2.3.1 Superficie de la empresa:	9
2.3.2 No. de personal en la planta:	10
2.3.3 Turnos de trabajo:	10
2.3.4 Personal operativo:	10
2.3.5 Personal Administrativo:	11
2.4 Caracterización de la empresa	11

2.5 Misión	12
2.5.1 Misión.....	12
2.6 Visión.....	12
2.6.1 Visión	12
2.7 Valores de la empresa	12
2.8 Organización.....	14
2.8.1 Organigrama de la planta.....	14
2.8.2 Organigrama del área de operaciones.....	15
2.9 Productos elaborados	16
CAPITULO 3 FUNDAMENTO TEÓRICO	17
3.1 Estudio de tiempos: Equipos necesario, realización del estudio de tiempos ...	18
3.1.1 Objetivos del estudio de tiempos	20
3.1.2 Importancia del estudio de tiempos.....	21
3.1.3 Aplicación del estudio de tiempos	21
3.2 Equipos de estudio de tiempos.....	22
3.2.1 Tablero de observación.....	24
3.2.2 Uso del estudio de tiempos con cronometro	25
3.2.3 Realización del estudio de tiempos	26
3.3 Elementos del estudio de tiempos	27
3.3.1 Selección del operario.....	27
3.3.2 Trato con el operario	28
3.3.3 Análisis de materiales y métodos.....	28
3.3.4 Colocación o emplazamiento del observador.....	29
3.3.5 División de la operación en elementos.....	29

3.3.6 Toma de tiempos.....	30
3.3.7 El método de regresos a cero	31
3.3.8 El método continuo.....	32
3.3.9 Registro del tiempo de cada elemento	32
3.4 Concepto de Simulación	33
3.5 Modelos de Simulación.....	34
3.5.1 Modelos Estáticos	34
3.5.2 Modelos Dinámicos	34
3.5.3 Modelos Continuos.....	34
3.5.4 Modelos Discretos.....	35
3.5.5 Modelos Determinísticos	35
3.5.6 Modelos Estocásticos.....	35
3.6 Ventajas y Desventajas de la Simulación	36
3.6.1 Ventajas	36
3.6.2 Desventajas	37
3.7 Metodología de la Simulación.....	37
3.8 ProModel®.....	39
3.8.1 Locaciones (Locations)	40
3.8.2 Entidades (Entities)	40
3.8.3 Llegadas (Arrivals)	40
3.8.4 Proceso (Processing).....	40
3.9 Stat::Fit™	41
CAPÍTULO 4 DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO	42
4.1 Proceso de descarga de las unidades de reparto.....	43

4.1.1 Llegada de la unidad de reparto.....	43
4.1.2 Vigilancia.....	44
4.1.3 Valores.....	44
4.1.4 Operaciones.....	45
4.1.5 Andén.....	46
CAPÍTULO 5 MÉTODO PROPUESTO.....	47
5.1 Construcción del modelo de simulación.....	48
5.2 Verificación y validación del modelo de simulación.....	52
5.3 Diseño de experimentos.....	55
5.4 Propuestas.....	56
5.4.1 Propuesta 1. Eliminar la actividad del operador de la unidad de reparto en el área de operaciones.....	56
5.4.2 Propuesta 2. Combinación de la propuesta 1, con la incorporación de un segundo montacargas en el proceso de descarga.....	58
CAPÍTULO 6 RESULTADOS.....	61
6.1 Representación de resultados.....	62
6.1.1 Modelo actual.....	62
6.1.2 Propuesta 1 Eliminar la actividad del operador de la unidad de reparto en el área de operaciones.....	63
6.1.3 Propuesta 2 Combinación de la propuesta 1, con la incorporación de un segundo montacargas en el proceso de descarga.....	65
6.2 Análisis de resultados.....	66
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
7.1 Conclusiones.....	72
7.2 Recomendaciones.....	73

BIBLIOGRAFÍA	74
Libros	75
ANEXOS	76

Lista de Tablas

Tabla 5.1 Validación del tiempo de registro de la unidad de reparto.....	55
Tabla 5.2 Validación del tiempo en abrir caja de valores.....	55
Tabla 5.3 Validación del tiempo de conteo de envase y producto.....	56
Tabla 5.4 Validación del tiempo de descarga.....	56
Tabla 6.1 Tiempo de simulación. Modelo actual.....	64
Tabla 6.2 Porcentaje de utilización en las áreas de conteo y descarga. Modelo actual.....	65
Tabla 6.3 Tiempo de simulación. Propuesta 1.....	66
Tabla 6.4 Porcentaje de utilización en las áreas de conteo y descarga. Propuesta 1.....	66
Tabla 6.5 Tiempo de simulación. Propuesta 2.....	67
Tabla 6.6 Porcentaje de utilización en las áreas de conteo y descarga. Propuesta 2.....	68
Tabla 6.7 Porcentaje de mejora del tiempo simulado.....	69
Tabla 6.8 Porcentaje de mejora de utilización en área de conteo.....	70
Tabla 6.9 Porcentaje de mejora de utilización en área de descarga.....	71
Tabla 6.10 Promedio del porcentaje de mejora del tiempo simulado.....	72
Tabla 6.11 Promedio del porcentaje de mejora de utilización en área de conteo y descarga.....	72

Lista de Figuras

Figura 2.1 Localización de la empresa.....	8
Figura 2.2 Coca Cola Latinoamérica.....	11
Figura 2.3 Valores de la empresa.....	13
Figura 2.4 Organigrama de la Empresa.....	14
Figura 2.5 Organigrama del área de operaciones.....	15
Figura 2.6 Productos Elaborados en Coca Cola FEMSA Planta SCC.....	16
Figura 3.1 Cronómetros decimal de minutos.....	23
Figura 3.2 Tablero de observación con cronometro.....	25
Figura 4.1 Abriendo cortinas de la unidad de reparto.....	45
Figura 4.2 Registro de la unidad de reparto.....	46
Figura 4.3 Extrayendo valores.....	47
Figura 4.4 Conteo físico de envase y producto.....	47
Figura 4.5 Descarga de envase y producto.....	48
Figura 5.1 Locaciones definidas para el modelo de simulación.....	51
Figura 5.2 Entidades del sistema de simulación.....	52
Figura 5.3 Modelo de simulación terminado.....	53
Figura 5.4 Propuesta 1. Eliminación de la entidad OPERADOR.....	60
Figura 5.5 Propuesta 2. Eliminación de la entidad OPERADOR e incorporación de un segundo montacargas	62

INTRODUCCION

El presente proyecto fue elaborado en la empresa inmuebles del golfo S. A. de C. V. el cual consta de siete capítulos. En donde el capítulo uno, se presenta los antecedentes del problema, seguido de la definición del problema, justificación, objetivo, tanto general como específicos, y a su vez la delimitación y limitación del proyecto.

En el capítulo dos se encuentra todo lo referenciado a los antecedentes de la empresa, principalmente como inicio y a que se dedica la empresa inmuebles del golfo S. A. de C. V, cuáles son sus servicios. Y además cuenta con un croquis de ubicación, la misión, visión y algunos valores. También cuenta con un organigrama de toda la planta, y del área donde se llevó a cabo el proyecto.

En el capítulo tres, se detalla todo el marco teórico, del cual se basó para hacer este proyecto. Y en el capítulo cuatro se realiza una explicación de todas las actividades del recorrido que realizan las unidades de reparto dentro de la planta.

En el capítulo cinco se construye el modelo de simulación. En este, se recolectan todos los datos obtenidos del estudio de tiempos y se introducen al programa con la finalidad de crear un modelo representativo del sistema real, incluyendo la validación del mismo, así como también se establecen las propuestas de mejora para el proceso y sus problemas, definiendo objetivos, actividades a realizar y describiendo el modelo de simulación planteado para cada propuesta.

En el capítulo seis se detallan los resultados obtenidos a través del estudio de movimientos y tiempos de las actividades del recorrido que realizan las unidades de reparto dentro de la planta.

En el capítulo siete se analizan los resultados que el programa de simulación arrojó, comparando el resultado de los datos de las propuestas planteadas contra los del modelo de la situación actual.

Finalmente, y con base en los resultados obtenidos de las comparaciones de las propuestas planteadas, en el capítulo 8 se establecen las conclusiones y recomendaciones generales.

Con la realización de este proyecto se espera eliminar los cuellos de botella en el área de operaciones, con el cual se mejore el tránsito vehicular dentro de la planta.

CAPÍTULO 1 CARACTERIZACION DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes del problema

Actualmente la empresa inmuebles del golfo S. A. de C. V. no cuenta con un análisis que le permita eliminar los cuellos de botella en el área de descarga, con el cual se agilice el tránsito de las rutas de reparto dentro de la planta, las cuales descargan envase y producto terminado.

1.2 Definición del problema

Saturación del acceso a planta en horas pico por el elevado flujo vehicular, los cuales generan los cuellos de botella en el área de descarga de la empresa Inmuebles del Golfo S. A. de C. V.

1.3 Justificación

La importancia de realizar este proyecto radica en que al detectar en donde se encuentra la problemática que genera dichos cuellos de botella y se pueda estudiar detalladamente, así como escoger la técnica más apropiada para resolver la problemática, y con esto lograr eliminar las causas que impiden agilizar el tránsito de las rutas en el área de descarga, a si también reducir el entorpecimiento de actividades de las demás procesos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Elaborar propuestas de análisis para eliminar los cuellos de botella en el área de descarga de la empresa inmuebles del golfo S. A. de C. V.

1.4.2 Objetivos específicos

- Delimitar el área donde se encuentre la problemática.
- Analizar las actividades del área delimitada.
- Desarrollar un modelo de simulación que sea representativo del sistema en estudio utilizando ProModel[®], comparando resultados con los del sistema real.
- Proponer algún modelo para facilitar el flujo de unidades de reparto dentro de la planta, y a su vez eliminar con los cuellos de botella.

1.5 Delimitación

Este proyecto se llevara a cabo en la empresa inmuebles del golfo S. A. de C. V. donde se realizara un estudio de movimientos y tiempos en las áreas de vigilancia, descarga de valores, operaciones y finalmente el almacén.

1.6 Limitación

- El poco tiempo y recurso humano para llevar a cabo la toma de tiempos.

1.7 Impacto

FCE (Factor Crítico de Éxito)

- Tiempo de atención de unidades de reparto
- Tiempo de estancia de planta

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Antecedentes de la empresa

Coca-Cola FEMSA se constituyó el 30 de octubre del 1991 como una sociedad anónima de capital variable, de conformidad con las leyes mexicanas y con una duración de 99 años desde su constitución. A partir del 5 de diciembre del 2006 de conformidad con las modificaciones de la Ley del Mercado de Valores, se convirtió en una sociedad anónima bursátil de capital variable.

La denominación social es Coca-Cola FEMSA, S. A. de C. V. Las oficinas corporativas están ubicadas en Guillermo González Camarena No. 600, Col. Centro de Ciudad Santa Fe, Delegación Álvaro Obregón, México, D.F., 01210, México.

Coca-Cola FEMSA es una subsidiaria de FEMSA, la cual también es dueña de la segunda cervecería más grande de México y la cadena de tiendas de conveniencia más grande en México.

En 1979, una subsidiaria de FEMSA adquirió algunas embotelladoras de refrescos que actualmente forman parte de la compañía. En ese momento, las embotelladoras adquiridas tenían 13 centros de distribución que operaban 701 rutas de distribución y la capacidad de producción de las subsidiarias adquiridas era de 83 millones de cajas. En 1991, FEMSA transfirió las acciones de las embotelladoras a FEMSA Refrescos, S. A. de C. V., la compañía predecesora de Coca-Cola FEMSA S. A. de C. V.

Actualmente Coca-Cola FEMSA S. A. de C. V., planta San Cristobal cuenta con 36 rutas de reparto, las cuales distribuyen un total de 22,000 cajas promedio por unidad, abarcando las zonas de San Cristobal, Teopizca, Chamula, Zinacantan, y bochil.

2.3 Distribución de la empresa

2.3.1 Superficie de la empresa:

La empresa está ubicada en un predio cuya superficie es de 44,684.41 m², siendo 27837.79 m² de superficie construida.

La empresa cuenta con las siguientes áreas:

- Almacén de azúcar
- Tanque de jarabes
- Laboratorio de control de calidad
- Cuarto frío.
- Producción
- Almacén de cajas y cobertizo andén
- Concentrado sólido
- Subestaciones
- Compresores de amoníaco
- Calderas
- Tratamiento de aguas residuales
- Tratamiento de aguas de procesos
- Mantenimiento
- Osmosis
- Bombas contra incendio
- Compresores de aire
- Área de tanques (CO₂, Diesel y Sosa)
- Cárcamo y canal de Pretratamiento
- Almacén de producción
- Cobertizo basura

- Cobertizo montacargas
- Área de tanques de gas LP.
- Residuos peligrosos
- Oficinas administrativas
- Comedor
- Baños
- Casetas de vigilancia
- Estacionamientos
- Jardines
- Nave de soplado, compresores y oficinas de ALPLA, S.A. DE C.V.
- Cuarto de soplado ALPLA, S.A. DE C.V.
- Subestación ALPLA, S.A. DE C.V.
- Laboratorio ALPLA, S.A. DE C.V.
- Almacén de sustancias químicas 1 y 2
- Oficinas administrativas

2.3.2 No. de personal en la planta:

Se cuenta con 178 trabajadores en total, que laboran en la empresa, de los cuales 84 son sindicalizados y 73 son empleados. La empresa ALPLA, S.A. DE C.V. cuenta con 12 trabajadores, ECODELLI está integrada por 20 trabajadores.

2.3.3 Turnos de trabajo:

El horario de trabajo de la empresa está dividido de la siguiente forma:

2.3.4 Personal operativo:

- Primer turno de 06:00 hrs. a 14:00 hrs., de Lunes a Sábado.
- Segundo turno de 15:00 hrs. a 22:30 hrs., de Lunes a Sábado.

- Tercer turno 23:00 hrs. a 06:00 hrs., de Lunes a Sábado.

2.3.5 Personal Administrativo:

- De 08:30 a 14:00 hrs. y de 16:00 a 19:30 horas de Lunes a Viernes.
- De 09:00 a 12:00 hrs. Sábados.

2.4 Caracterización de la empresa

Fomento Económico Mexicano, S. A. de C. V. (FEMSA), es una empresa cuya historia tiene más de un siglo, caracterizada por su contribución al desarrollo de la economía de nuestro país y actualmente es considerada como el grupo de bebidas más grande de América Latina, como se muestra en la figura 2.2.

FEMSA se ha definido como una empresa de bebidas, es por ello que sus negocios clave están constituidos por las subsidiarias FEMSA Cerveza y Coca-Cola FEMSA.



Figura 2.2 Coca Cola Latinoamérica

Coca-Cola FEMSA es la mayor empresa del sistema Coca-Cola fuera de Estados Unidos con operación en 9 países.

- Coca-Cola FEMSA es el segundo embotellador más grande de Coca Cola en el mundo.
- Es el fabricante del 40% de Coca Cola que se consume en América Latina.
- Elabora 5 de cada 10 Coca Colas que se consumen en México.

2.5 Misión

2.5.1 Misión

Satisfacer y agradar con excelencia al consumidor de bebidas.

2.6 Visión

2.6.1 Visión

Ser el mejor embotellador del mundo, reconocido por su excelencia operativa y la calidad de su gente.

2.7 Valores de la empresa

- Pasión por el servicio y enfoque al cliente/consumidor
- Innovación y creatividad
- Calidad y Productividad
- Honestidad, Integridad y Austeridad
- Respeto, Desarrollo Integral y Excelencia del Personal

En la figura 2.3 se muestran los valores mencionados anteriormente.



Figura 2.3 Valores de la empresa

2.8 Organización

2.8.1 Organigrama de la planta

La empresa Inmuebles del Golfo S.A. de C.V. cuenta con un organigrama general donde se especifica cómo está constituida su organización con sus respectivas áreas, como se muestra en la figura 2.4.

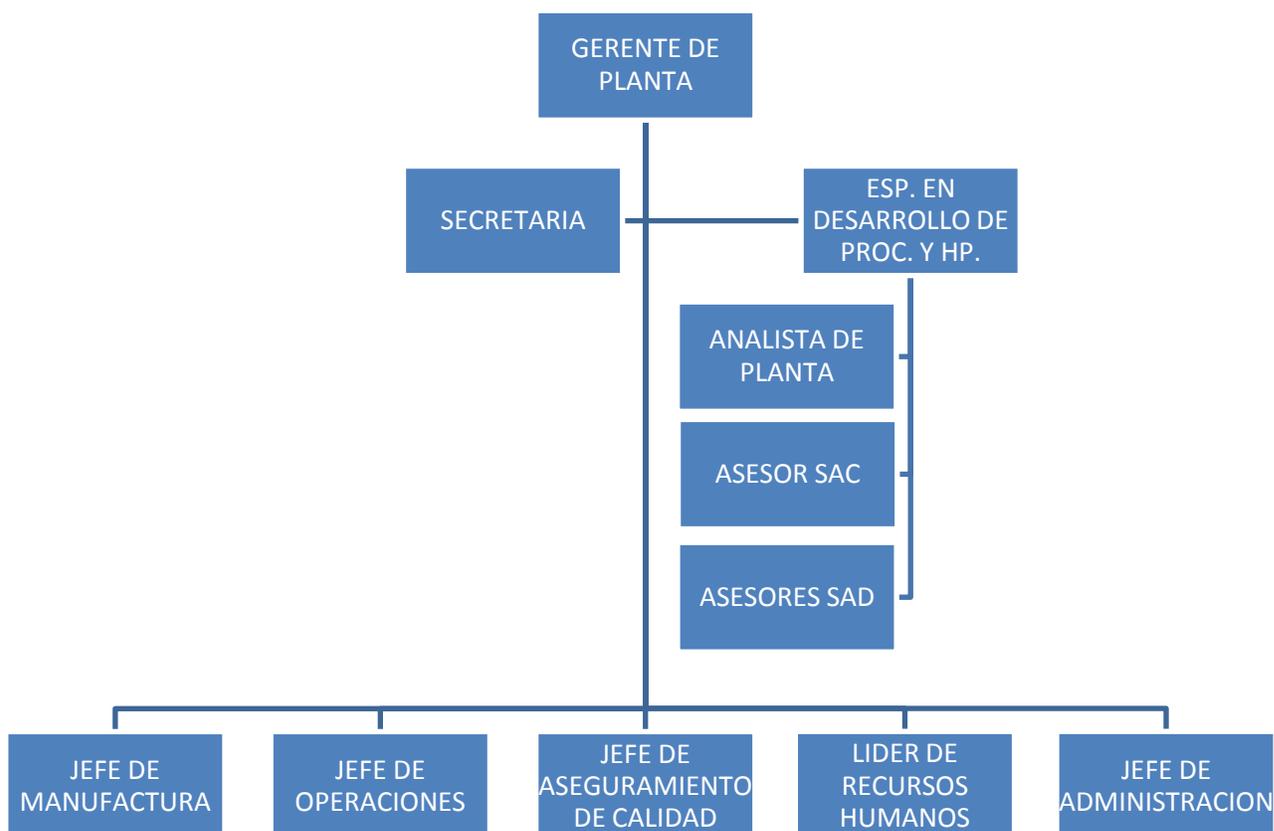


Figura 2.4 Organigrama de la Empresa

2.8.2 Organigrama del área de operaciones

El área de operaciones cuenta con un organigrama, donde se especifican los jefes de los diferentes puestos. Como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5 Organigrama del área de operaciones

2.9 Productos elaborados

En la figura 2.6 se muestra la variedad de producto que se elaboran en la planta.

	COCA-COLA	8 onzas (Vidrio NR) 2 , 5 lt REF-PET Y NR 12 onzas VIDRIO RET ½ Lt VIDRIO RET 600 ml PET NR 2 lt PET NR 3 lt PET NR 710 ML NR		FANTA	2,5 lt REF-PET ½ lt VIDRIO RET 12 onzas VIDRIO RET 2 Lts PET NR ½ LT NR
	SPRITE	12onzas VIDRIO RET 2,5 Lts PET NR ½ Lt VIDRIO RET		MANZANA LIFT	2,5 lt REF-PET ½ lt VIDRIO RET 12 onzas VIDRIO RET Golden y Verde
	SENZAO	2 ,5 Lts PET NR		FRESCA	½ lt VIDRIO RET 2,5 Lts PET NR

Figura 2.6 Productos Elaborados en Coca Cola FEMSA Planta SCC

CAPITULO 3 FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 Estudio de tiempos: Equipos necesario, realización del estudio de tiempos

Barnes, Ralph. (1979) menciona que el estudio de tiempos es un conjunto de procedimientos para determinar la cantidad de tiempo requerido, bajo ciertas condiciones estándar de medición, para tareas que implican alguna actividad humana. El resultado de tal medición recibe el nombre de tiempo estándar. El uso primero y fundamental de un tiempo estándar es ayudar a la operación de un ciclo de gestión.

Mundel, Marvin. (1984) argumenta que el estudio de tiempos debe constituir una fuente para el establecimiento de datos de estándares y para el desarrollo de fórmulas. También será útil para mejoras de métodos, evaluación de los operarios y de las herramientas y comportamiento de las maquinas. Hay varias razones para tomar nota de las condiciones de trabajo. En primer lugar, las condiciones existentes tienen una relación definida con el margen o tolerancias que se agrega al tiempo normal o nivelado. Si las condiciones se mejoraran en el futuro, puede disminuir el margen de tiempo personal, así como el de fatiga.

Niebel. B. (1996) dice que el tiempo estándar se usa como un coeficiente numérico para convertir un estado cuantitativo de la carga de trabajo de un estado cuantitativo de recursos humanos necesarios. Los tiempos estándar proporcionan también una base para la comparación del uso real y el uso planificado de los recursos humanos. Los tiempos estándar tiene este uso:

1. Para determinar las necesidades de mano de obra y de equipo. Debe comprobarse la posibilidad de cualquier plan de gestión para la fabricación de productos. Dicha posibilidad se examina convirtiendo la cantidad de productos deseada a un estado de los recursos necesarios, y a la determinación de si esta cantidad de recursos cae dentro de los límites admisibles. Si el plan no es

posible, debe de alterarse o la cantidad de productos deseados o los factores que afectan la necesidad de recursos.

2. Para ayudar al desarrollo de métodos eficaces. El aspecto del estudio de movimientos y el del estudio de tiempos no son completamente separables, esta es un área de gran solape.

a. Para determinar el número de máquinas que una persona puede hacer funcionar. Como se observó en los diagramas de hombre y máquina, los valores de tiempos para las partes humanas de ciclo, son factores importantes al establecer métodos de trabajo.

b. Para equilibrar el trabajo de cuadrillas, coordinados o en secuencia. El trabajo eficaz de una cuadrilla requiere una distribución eficaz de las unidades de trabajo entre los miembros de la cuadrilla. Es el miembro de la cuadrilla con el trabajo más largo, el que determina la producción de la cuadrilla. Las líneas de montaje y la mayor parte de las actividades de cuadrilla, generalmente alcanzan una mayor producción y un menor costo que los individuos que realizan operaciones complejas, debido a la posibilidad de mayor automaticidad con tareas más pequeñas, a las herramientas y sitios de trabajo entre los miembros de la cuadrilla pueden más que neutralizar estas ganancias.

c. Para comparar métodos. Como puede observarse, se requiere un estándar de dificultad consecuente para proporcionar una medida invariable que sirva para comparar dos o más métodos para desarrollar el mismo trabajo.

Para restringir el uso de recursos humanos.

a. Para establecer programa. Los programas de producción o de un cumplimiento del trabajo son una necesidad vital para cualquier organización. Se usan para controlar el índice de uso de recursos. Sirven también como base para

programas de la planificación de ventas para organizaciones con motivaciones económicas; para programas de realizaciones planificadas para organizaciones gubernamentales o de servicios.

b. Para establecer estándares de mano de obra. Los estándares de mano de obra pueden ser los niveles de la producción individual o de grupo que parecen satisfactorios, y pueden ser aplicados sin incentivos económicos.

Los tiempos estándares usados para este propósito, deberán ser fácilmente obtenibles por el tipo de trabajador que se supone sea un promedio para el trabajo, con el objeto de no hacer típico un rendimiento o crear un sentimiento de frustración por parte del trabajador. En la actualidad, el estudio de tiempos con cronometro es el método de medida de trabajo que se emplea con más frecuencia. No obstante, como se explicara más adelante, existen un lugar bien definido para el uso de los tiempos tipos establecidos mediante datos elementales, tiempos predeterminados y muestreo de trabajo.

Mundel, Marvin. (1984) fundamenta que el estudio de tiempos se utiliza esta clase de estudio para determinar el tiempo requerido por una persona calificada, trabajando a una marcha normal, para realizar un trabajo específico. El estudio de trabajo se utiliza para medir el trabajo y su resultado es el tiempo en minutos que necesitara una persona adecuada a la tarea, e instruida en el método específico, para ejecutar dicha tarea si trabaja a una marcha normal. A esto es a lo que se llama tiempo tipo de operación.

3.1.1 Objetivos del estudio de tiempos

Los principales objetivos del estudio de tiempos son:

- Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos
- Conservar los recursos y minimizan los costos
- Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía
- Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad

3.1.2 Importancia del estudio de tiempos

Barnes, Ralph. (1979) menciona que la medición del trabajo sigue siendo una práctica útil, pero polémica. Por ejemplo, la medición del trabajo con frecuencia es un punto de fricción entre la mano de obra y la administración. Si los estándares son demasiados apretados, pueden resultar en un motivo de queja, huelgas o malas relaciones de trabajo.

Por otro lado, si los estándares son demasiados holgados, pueden resultar en una planeación y control pobre, altos costos y bajas ganancias. La medición del trabajo hoy en día involucra no únicamente el trabajo de los obreros en sí, sino también el trabajo de los ejecutivos.

3.1.3 Aplicación del estudio de tiempos

Mundel, Marvin. (1984) indico que obtener y registrar toda la información concerniente a la operación es importante que el analista registre toda la información pertinente obtenida mediante observación directa, en previsión de que sea menester consultar posteriormente el estudio de tiempos. La información se puede agrupar como sigue:

- Información que permita identificar el estudio de cuando se necesite.
- Información que permita identificar el proceso, el método, la instalación o la máquina.
- Información que permita identificar al operario.

- Información que permita describir la duración del estudio.

Es necesario realizar un estudio sistemático tanto del producto como del proceso, para facilitar la producción y eliminar ineficiencias, constituyendo así el análisis de la operación y para lo que se debe considerar lo siguiente:

- Objeto de la operación
- Diseño de la pieza
- Tolerancias y especificaciones
- Material
- Proceso de manufactura
- Preparación de herramientas y patronos.
- Condiciones de trabajo
- Manejo de materiales
- Distribución de máquinas y equipos
- Principios de economía de movimientos

3.2 Equipos de estudio de tiempos.

Niebel. B. (1996) especifica que el equipo necesario para realizar un estudio de tiempos consiste en un dispositivo de cronometraje y equipo auxiliar. Los dispositivos de medida de tiempos son: 1) cronometro; 2) cámara tomavistas (accionada por motor de velocidad constante o con un micro cronometro en la fotografía para indicar el tiempo) y 3) máquina registradora del tiempo. El equipo auxiliar consta de un tablero de observación, tacómetro y regla de cálculo.

Cronometro decimales. El cronometro es el instrumento que más se emplea para la medida del tiempo. Los dos únicos tipos de cronómetros utilizados en el

estudio de tiempos son el decimal de minutos y el decimal de hora, aunque el primero se utiliza más que el segundo. Sin embargo, la cámara tomavistas y la máquina registradora de tiempos hallan una aplicación creciente en este campo.

Además Barnes R., (1979) señala que el cronómetro decimal de minutos (de 0.01) , y tiene su carátula con 100 divisiones y cada una de ellas corresponde a 0.01 de minuto. Por lo tanto, una vuelta completa de la manecilla mayor requerirá un minuto. El cuadrante pequeño del instrumento tiene 30 divisiones, correspondiendo cada una un minuto. Por cada revolución de la manecilla mayor, la manecilla menor se desplazará una división, o sea, un minuto.

El cronometro decimal de minuto tiene la esfera dividida en 100 espacios iguales, cada uno de los cuales representa 0.01 minutos; las manecillas grande da una vuelta completa por minuto. El reloj tiene una esfera pequeña dividida en 30 espacios, cada uno de los cuales representa un minuto, y en la que la manecilla da una vuelta en 30 minutos. Las manecillas del reloj se manejan mediante la corredera A y el vástago de dar cuerda B. Ver figura 3.1



Figura 3.1 Cronómetros decimal de minutos.

La puesta en marcha y parada del cronometro se regulan mediante la corredera. Se puede parar la manecilla en una posición cualquiera y luego hacerla reanudar la marcha desde esa posición. Oprimiendo la parte superior del vástago B

vuelve la manecilla a cero, pero comienzan a andar inmediatamente después de soltar el vástago. Se puede mantener en cero la manecilla, conservando el vástago o empujando la corredera A en dirección opuesta al vástago.

También Mundel, Marvin. (1984) menciona que el cronometro decimal a hora es como el decimal de minuto, tanto en diseño como en funcionamiento. Pero tiene la esfera dividida en 100 partes iguales, cada una de las cuales representa 0.0001 horas y la manecilla da 100 revoluciones por hora. La principal ventaja de este cronometro consiste en que las lecturas se hacen directamente en fracciones de hora, que es la unidad común de medida de tiempo en la industria. Su principal desventaja radica en que es difícil manejar cuatro cifras decimales que dos. El cronometro fraccionado en segundo no es recomendable y se utiliza poco en los trabajos de estudio de tiempos.

3.2.1 Tablero de observación

Niebel. B. (1996) indica que para sostener el papel y el cronometro se utiliza un tablero de poco peso y ligeramente mayor que la hoja de observación. Hay muchas disposiciones diferentes; pero la mejor parece ser montar rígidamente el reloj en cualquier sitio cerca del ángulo superior derecho del tablero y sujetar las hojas de observación mediante las pinzas situadas a un lado o en la parte superior del tablero, como se muestra en la figura 3.2. El analista ha de registrar los datos estando en pie, es preferible tener dispuesto el reloj y las hojas de la forma más conveniente posible.

Cuando se está realizando el estudio con cronometro, el observador debe sujetar el tablero contra su cuerpo y su brazo izquierdo, de forma que pueda manejar el cronometro con el pulgar y el dedo índice de la mano izquierda, dejando libre la mano derecha para registrar los datos.



Figura 3.2 Tablero de observación con cronometro

Estando en pie en la posición correcta para el trabajo que se observa y sosteniendo el tablero de forma que la esfera del reloj quede dentro de la línea de visión, el observador puede concentrarse más fácilmente sobre las tres cosas que piden su atención, esto es, el operario, el reloj y las hojas de observación. Las hojas de observación es un impreso, con los espacios necesarios para anotar la información deseada sobre la operación que se estudia.

Esta información incluye generalmente una descripción detallada de la operación, nombre del operario, nombre del observador del estudio de tiempos, fecha y lugar de estudio. El impreso ofrece también espacio para anotar las lecturas del cronometro para cada elemento de la operación, registrar las valoraciones de la actuación del operario y para cálculos. Se puede dejar un espacio para hacer un esquema del lugar de trabajo, o un dibujo de la pieza y para las especificaciones del material, plantillas, calibres y herramientas.

3.2.2 Uso del estudio de tiempos con cronometro

Barnes Ralph., (1979) argumenta que aunque el estudio de tiempos con cronometro ha tenido su mayor uso en las determinaciones de tiempos tipo en

relación con los sistemas de primas por rendimiento, se le utiliza en la actualidad para una serie de fines diferentes. El estudio de tiempos con cronometro pueden emplearse para:

- Determinar programas y planificar el trabajo.
- Determinar costos tipo y ayudar en la preparación de presupuestos.
- Estimarlos costos de un producto previamente a su fabricación. Esta información es valiosa para la preparación de ofertas y para la determinación de precios de venta.
- Determinar la eficacia de las maquinas, números de estas que pueden manejar una persona, número de personas necesarias en un grupo o cuadrilla y para ayudar a equilibrar las líneas de montaje y el trabajo realizado en transportador.
- Determinar tiempos tipo que han de utilizarse como base para la aplicación de un sistema de primas por rendimiento a la mano de obra directa.
- Determinar tiempos tipo que se han de utilizar como base para el pago de la mano de obra indirecta, como transportistas e instaladores.
- Determinar tiempos tipo, que servirán de base para el control de costo de la mano de obra.

3.2.3 Realización del estudio de tiempos

Niebel. B. (1996) apunta que el procedimiento exacto de hacer un estudio de tiempos con cronometro pueden variar algo, según sea el tipo de la operación que se estudia y el uso que ha de hacerse de los datos obtenidos. No obstante, por lo general, se requiere dar los ocho pasos siguientes:

1. Obtener y registrar información sobre la operación y operario que se estudia.

2. Dividir la operación en elementos y anotar una descripción completa del método.
3. Observar y registrar el tiempo empleado por el operario.
4. Determinar el número de ciclos que deben cronometrarse.
5. Valorar la actuación del operario
6. Comprobar que se ha cronometrado un número suficiente de ciclos.
7. Determinar los suplementos.
8. Determinar el tiempo tipo para la operación.

El observador de tiempos examina la operación que se pretende estudiar, con el fin de sugerir cualquier cambio que crea puede efectuarse antes de hacer el estudio. Se supone que el observador del estudio de tiempos estará instruido en el estudio de movimientos y que aplicara sus conocimientos en esta materia a la operación que está a punto de cronometrar.

3.3 Elementos del estudio de tiempos

3.3.1 Selección del operario

Mundel, Marvin. (1984) indico que el primer paso para iniciar un estudio de tiempos se hace a través del capataz del departamento o del supervisor de línea. Después de revisar el trabajo en operación, tanto el capataz como el analista de tiempos debe estar de acuerdo en que el trabajo está listo para ser estudiado. Si más de un operario está efectuando el trabajo pare el cual se va a establecer sus estándares, varias consideraciones deberán ser tomadas en cuenta en la selección del operario que se usara para el estudio.

Además Niebel. B. (1996) fundamenta que el operario deberá estar bien entrenado en el método a utilizar, tener gusto por su trabajo e interés en hacerlo bien. Debe estar familiarizado con los procedimientos del estudio de tiempos y su

práctica, y tener confianza en los métodos de referencia así como en el propio analista.

3.3.2 Trato con el operario

Mundel, Marvin. (1984) concreta que de la técnica usada por el analista del estudio de tiempos para establecer contacto con el operario seleccionado dependerá en mucho la cooperación que reciba. A este trabajador deberá tratársele amistosamente e informársele que la operación va a ser estudiada. Debe dársele oportunidad de que haga todas las preguntas que desee cerca de cosas como técnica de toma de tiempos, métodos de evaluación y aplicación de márgenes. En caso en que el operario sea estudiado por primera vez el analista deber responder a todas las preguntas sinceras. El analista debe mostrar interés en el trabajo del operario, y en toda ocasión ser justo y franco en su comportamiento hacia el trabajador.

3.3.3 Análisis de materiales y métodos

Barnes, Ralph. (1979) señala que tal vez el error más común que suele cometer el analista de tiempos es el de no hacer análisis y registros suficientes del método que se estudia. Si se hace un esquema, deberá ser dibujado a escala y mostrar todos los detalles que afecten al método. El croquis mostrara claramente la localización de los depósitos de la materia prima y las partes terminadas, con respecto al área de trabajo. La localización de todas las herramientas que se usan en la operación debe estar indicada también, ilustrado así el patrón de movimientos utilizados en la ejecución de elementos sucesivos.

También Niebel. B. (1996) expone que una vez terminado este diagrama, el analista podrá identificar el método estudiado y observar las oportunidades de mejorarlo. Se facilitara así la división del estudio en sus elementos básicos, y el analista podrá adquirir una mejor idea de la habilidad con que se ejecuta.

3.3.4 Colocación o emplazamiento del observador

Mundel, Marvin. (1984) especifica que una vez que el analista ha realizado el acercamiento correcto con el operario y registrado toda la información importante, está listo para tomar el tiempo en que transcurre cada elemento. El observador de tiempos debe colocarse unos cuantos pasos detrás del operario de manera que no lo distraiga ni interfiera en su trabajo.

Es importante que el analista permanezca de pie mientras hace el estudio. Un analista que efectuara sus anotaciones estando sentado sería objeto de críticas por parte de los trabajadores y pronto perdería el respeto del personal del piso de producción. Además estando de pie el observador tiene más facilidad para moverse y seguir los movimientos de las manos del operario, conforme se desempeña en su ciclo de trabajo. El tomador de tiempos debe evitar toda conversación con el operario, ya que esta tendera a trastornar la rutina de trabajo del analista y del operario u operador de máquina.

3.3.5 División de la operación en elementos.

Niebel. B. (1996) cita que cada elemento debe registrarse en su orden o secuencia apropiados e incluir una división básica del trabajo que termine con un sonido o movimiento distintivo. Las reglas principales para efectuar la división en elementos son:

1. Asegurarse de que son necesarios todos los elementos que se efectúan. Si se descubre que algunos son innecesarios, el estudio de tiempos debería interrumpirse y llevar a cabo un estudio de métodos para obtener el método apropiado.
2. Conservar siempre por separado los tiempos de máquina y los de ejecución manual.

3. No combinar constante con variables
4. Seleccionar elementos de manera que sea posible identificar los puntos terminales por algún sonido característico.
5. Seleccionar los elementos de modo que puedan ser cronometrados con facilidad y exactitud.

Mundel, Marvin. (1984) comenta que al dividir un trabajo en elementos, el analista debe conservar por separado el tiempo de maquina o de corte, del tiempo de esfuerzo o manipulación. Del mismo modo, elementos constantes (o sea, aquellos elementos cuyo tiempos no varían dentro de un intervalo específico) mantenerse separados de los elementos variables (aquellos cuyo tiempos varían en el intervalo especificado).

Cuando un elemento se repite, no es preciso describirlo por segunda vez, sino que únicamente se indica en el espacio en que debería ir la descripción, el número con que se designó al aparecer por primera vez.

3.3.6 Toma de tiempos

Barnes Ralph, (1979) argumenta lo que dice Mundel M. (1984) al mencionar que existen dos técnicas para anotar los tiempos elementales durante un estudio. En el método continuo se deja correr el cronometro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronometro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimientos.

Niebel. B. (1996) indica que en la técnica de regresos a cero el cronometro se lee a la terminación de cada elemento, y luego las manecillas se regresan a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento las manecillas parten de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente en el cronometro al finalizar este elemento y las manecillas se devuelven a cero otra vez. Este procedimiento se sigue durante todo el

estudio. Al comenzar el estudio el analista de tiempos debe avisar al operario que lo va a hacer, y darle a conocer también la hora exacta del día en que empezara, de modo que el operario pueda verificar el tiempo total.

3.3.7 El método de regresos a cero

Niebel. B. (1996) fundamenta que esta técnica tiene ciertas ventajas e inconvenientes en comparación con la técnica continua. Esto debe entenderse claramente antes de estandarizar una forma de registrar valores. De hecho, algunos analistas prefieren usar ambos métodos considerando que los estudios en que predominan elementos largos, se adaptan mejor al método de regresos a cero, no es preciso, cuando se emplea este método, hacer trabajo de oficina adicional para efectuar las restas sucesivas, como en el otro procedimiento. Además los elementos ejecutados fuera de orden por el operario, pueden registrarse fácilmente sin recurrir a notaciones especiales.

Además Mundel, Marvin. (1984) concluye que la desventaja que tiene este método es la tendencia del observador a no poner mayor cuidado una vez que ha establecido un valor para los distintos elementos. Podría prever cual sería la lectura y registrar el valor correspondiente sin poner demasiado atención al tiempo verdaderamente transcurrido. Las técnicas de regreso a cero tienen las siguientes desventajas:

1. Se pierde tiempo a regresar a cero la manecilla; por lo tanto, se introduce un error acumulativo en el estudio.
2. Es difícil tomar el tiempo de elementos cortos (de 0.06 min o menos)
3. No siempre se obtiene un registro completo de un estudio en el que no se haya tenido en cuenta los retrasos y los elementos extraños.
4. Se propicia el descuido de parte del analista de tiempos.

5. No se puede verificar el tiempo total sumando los tiempos de las lecturas elementales.

3.3.8 El método continuo

Mundel, Marvin. (1984) dice que esta técnica para registrar valores elementales de tiempo es recomendable por varios motivos. La razón más significativa de todas es, probablemente, la de que este tipo de estudio presenta un registro completo de todo el periodo de observación y, por tanto, resulta del agrado del operario y sus representantes.

El trabajador puede ver que no se ha dejado ningún tiempo fuera del estudio, y que los retrasos y elementos extraños han sido tomados en cuenta. Es más fácil explicar y lograr la aceptación de esta técnica de registro de tiempos, al exponer claramente todos los hechos. El tiempo de las lecturas continuas se adapta mejor también para registrar elementos muy cortos.

3.3.9 Registro del tiempo de cada elemento

Niebel. B. (1996) habla que al anotar las lecturas de cronometro, el analista registra solamente los dígitos o cifras necesarios y omite el punto decimal, teniendo así el mayor tiempo posible para observar la actuación del operario. Es decir, si se usa un cronometro con decimales de minutos, y el punto terminal del primer elemento ocurre a 0.08 min, el analista anotara solamente el dígito 8 en la columna "L" (de lectura) de la forma impresa para estudios de tiempos.

La manecilla pequeña del medidor indicara el número de minutos transcurridos, de modo que el observador puede recurrir a ella periódicamente, para verificar la primera cifra correcta registrar después de que la manecilla grande paso por cero.

3.4 Concepto de Simulación

La simulación es una herramienta eficaz utilizada para analizar y estudiar sistemas complejos, permite diseñar un modelo que represente un sistema real con la finalidad de observar y entender su funcionamiento en un período de tiempo; así también, postular teorías que ayuden a predecir los efectos que se producirían en el sistema mediante los cambios en su interior.

Raúl Coss Bu (2005), dice que, la simulación ha sido definida por diversos autores en diferente tiempo y hace mención de algunas de las definiciones más aceptadas que a continuación se describen, como son:

Naylor, (1991), "Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo".

Shannon, (1988), "Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema".

Con los conceptos anteriormente mencionados se concluye que, la simulación es la representación de un proceso o sistema mediante otro que lo hace más simple y entendible, permite analizar sus características con la finalidad de observar su funcionamiento, crear diversas situaciones para conocer cómo se comporta ante éstas y evaluar diferentes alternativas de acción a través de un período de tiempo para seleccionar la que mejor le convenga al sistema.

3.5 Modelos de Simulación

Un modelo es una abstracción de la realidad, descripción formal de los elementos más esenciales de un problema; en consecuencia los modelos de simulación de sistemas se clasifican de diversas formas:

1. Estáticos o Dinámicos
2. Continuos o Discretos
3. Determinísticos o Estocásticos

3.5.1 Modelos Estáticos

Un modelo estático describe una relación, o un conjunto de relaciones, que no cambia a través del tiempo, por ejemplo, se encuentran los modelos de regresión que no incorporan el factor tiempo como una de las variables independientes.

3.5.2 Modelos Dinámicos

Un modelo dinámico describe una relación que varía en el tiempo. Como ejemplos de sistemas dinámicos se pueden citar los modelos de regresión lineal que incluyen el factor tiempo como una de las variables independientes.

3.5.3 Modelos Continuos

En los modelos continuos, la naturaleza del sistema permite cambios de estado continuos, determinados por cambios continuos en los valores de las variables que representan el estado del sistema.

Dichos modelos manejan sistemas que su comportamiento cambia continuamente a través del tiempo, usan ecuaciones diferentes para describir las interacciones entre los distintos elementos del sistema (Taha, 2005).

3.5.4 Modelos Discretos

Taha (2005) menciona que los modelos discretos se relacionan principalmente con el estudio de teoría de colas, cuyo objetivo es determinar medidas como el tiempo de espera promedio y el tamaño de la cola, las cuales sólo cambian cuando entra o sale un cliente al sistema, en todos los demás momentos nada sucede en el sistema, desde el punto de vista de reunir datos estadísticos y en los instantes en que suceden los cambios, en puntos discretos en el tiempo, dan el nombre de simulación de evento discreto.

"Para los sistemas discretos, el seguimiento de los cambios de estado requiere la identificación de qué y cuándo se presenta la causa del cambio, denominado un suceso, las ecuaciones del modelo se convierten entonces en las ecuaciones y relaciones lógicas que determinan las condiciones en que tiene lugar la ocurrencia del suceso".

3.5.5 Modelos Determinísticos

Un modelo es determinístico si no contiene variables aleatorias sus predicciones obtenidas en el marco de un conjunto específico de condiciones serán siempre idénticas.

3.5.6 Modelos Estocásticos

Un modelo es estocástico, si contiene una o más variables aleatorias, sus predicciones obtenidas en el marco de un conjunto específico de condiciones no siempre son las mismas, debido a que dichas variables toman diferentes valores cada vez que se resuelven.

3.6 Ventajas y Desventajas de la Simulación

3.6.1 Ventajas

Naylor, 1991, citado por Coss Bu (2005), ha sugerido que un estudio de simulación es muy recomendable porque presenta las siguientes ventajas:

- A través de un estudio de simulación, se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.
- Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente a sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia del sistema.
- La técnica de simulación puede ser utilizada como un instrumento pedagógico para enseñar a estudiantes habilidades básicas en análisis estadístico, análisis teórico, etc.
- La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables más importantes que interactúan en el sistema y a entender mejor las interrelaciones de las variables.
- La técnica de simulación se usa para experimentar con nuevas situaciones, sobre las cuales se tiene poca o ninguna información. A través de esta experimentación se anticipa mejor a posibles resultados no previstos.
- La técnica de simulación se utiliza también para entrenamiento de personal. En algunas ocasiones se tiene una buena representación de un sistema, y entonces a través de él es posible entrenar y dar experiencia a cierto tipo de personal.

- Cuando en un sistema son introducidos nuevos elementos, la simulación se usa para anticipar cuellos de botella o algún otro problema que puede surgir en el comportamiento del sistema.

3.6.2 Desventajas

Una desventaja de la simulación es que el desarrollo de algunos sistemas complejos sea demasiado tardado y costoso, pues el modelo tiene que ser perfeccionado para trabajar tal y como sucede con el sistema real. "Finalmente, es posible que la alta administración de una organización no entienda esta técnica y esto crea dificultad en vender la idea" (Coss Bu, 2005).

3.7 Metodología de la Simulación

Diversos autores (Naylor, Shanon, Coss Bu) han escrito acerca de los pasos que se requieren para desarrollar un estudio de simulación, sin embargo, la mayoría coincide con la siguiente metodología.

1. Definición del Problema

En este paso se debe especificar el porqué de la simulación, los objetivos deben ser claros para abordar el problema por el cual se ha solicitado el proyecto de simulación. Es recomendable hacer un análisis preliminar del sistema con el fin de determinar sus restricciones, las variables que interactúan dentro de él, las medidas de efectividad y los resultados que se esperan obtener del estudio.

2. Formulación del Modelo

Una vez definidos los objetivos, es necesario identificar todas las variables que forman parte del sistema, sus relaciones lógicas de modo que, se describa en forma

completa al sistema a simular. Es importante que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir los resultados deseados.

3. Recolección de Datos

En esta etapa, se deben identificar los datos necesarios para llevar un control de los parámetros seleccionados en el estudio, que sirvan para recopilar la información a utilizar en la experimentación del modelo, como ejemplos; tiempos, cantidad de personas, horas de llegada, entre otros.

4. Construcción del Modelo

Con el modelo definido, se debe decidir qué lenguaje de simulación utilizar para procesarlo en la computadora y obtener los resultados deseados, en el presente proyecto se utiliza ProModel® puesto que permite capturar la aleatoriedad y las interdependencias de la realidad, así también utilizar las distribuciones de probabilidad.

5. Verificación y Validación del Modelo

Comprobar que existe la correspondencia adecuada entre el sistema real y el modelo a simular, de tal forma que sea una representación fiel de la realidad.

Coss Bu, (2005) menciona que a través de esta etapa es posible detallar deficiencias en la formulación del modelo y que las formas más comunes de validar un modelo son:

- La opinión de expertos sobre los resultados de la simulación.
- La exactitud con que se predicen datos históricos.
- La exactitud en la predicción del futuro.

- La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real.
- La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación.

6. Diseño de Experimentos y Experimentación

En función de los objetivos del estudio, permite desarrollar las estrategias de definición de los escenarios a simular, cuando se comprueba que el modelo es válido, se diseña el experimento, determinando la longitud de la simulación que incluyen todos los datos, las condiciones iniciales y el tiempo de cada corrida.

7. Análisis de los Resultados

En este paso, se deberán analizar los resultados obtenidos a través de las corridas de simulación con la finalidad de detectar problemas y recomendar mejoras o soluciones.

8. Documentación

Se debe proporcionar documentación sobre el trabajo efectuado con la cual se facilitará la interacción y el uso del modelo desarrollado a través de una computadora.

3.8 ProModel®

ProModel® es un programa de simulación en el cual se permite crear un modelo computarizado de todo proceso y una vez realizado el modelado, se simula una gran cantidad de situaciones, para esto es necesario tomar en cuenta que los elementos conformados el modelo deben estar definidos correctamente, porque el

programa antes de hacer la simulación comprueba la corrección en la definición, además, debe contener al menos los elementos como: Locaciones, entidades, llegadas y proceso.

3.8.1 Locaciones (Locations)

Las locaciones representan los lugares fijos en el sistema a dónde se dirigen las entidades por procesar, el almacenamiento, o alguna otra actividad o fabricación. Deben usarse locaciones para modelar los elementos como las máquinas, líneas de espera, estaciones de trabajo, y bandas transportadoras.

3.8.2 Entidades (Entities)

Son aquellas que entran al sistema, siguen una ruta, realizan alguna actividad dentro de él y se retiran, en otras palabras, todo lo que el sistema procesa es llamado "Entidad", también se piensa en ellas como las partes en los sistemas, personas, papeles, tornillos, productos de toda clase.

3.8.3 Llegadas (Arrivals)

Las llegadas se refieren al instante en que una entidad es introducida en el sistema y activan el funcionamiento del proceso. Una llegada suele consistir de clientes, materia prima, información, entre otros.

3.8.4 Proceso (Processing)

El proceso define las rutas y las operaciones que se llevaran a cabo en las locaciones para las entidades en su viaje por el sistema tomando en cuenta la información recolectada del sistema, como la cantidad de tiempo que una entidad

gasta en un lugar, los recursos que se necesitan para realizar el proceso, y cualquier otra cosa que ocurra en la locación.

3.9 Stat::Fit™

Stat::Fit™ es un software que se utiliza para ajustar datos a distribuciones de probabilidad. Stat::Fit™ toma los datos de eventos que ocurren en forma aleatoria, desde una planilla electrónica, archivo de texto o por ingreso en forma manual, convirtiéndolos a la mejor distribución de probabilidad e ingresándolos automáticamente al software de simulación ProModel®.

Con Stat::Fit™ no se requiere de conocimientos previos en estadística para ajustar los datos a distribuciones de probabilidad, a través de Stat::Fit™ se logra representar la aleatoriedad dentro de los modelos de simulación automáticamente.

CAPÍTULO 4 DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO

4.1 Proceso de descarga de las unidades de reparto

En este capítulo se propone dar seguimiento al desarrollo del proyecto, en el cual se dará una explicación de las actividades que se realizan en el recorrido de descarga de las unidades de reparto dentro de la empresa Inmuebles del golfo S. A. de C. V. Dichas actividades se mencionaran más adelante.

4.1.1 Llegada de la unidad de reparto

Aquí es donde comienza el proceso de descarga de las unidades de reparto. Una vez estacionada la unidad a las afueras de las instalaciones de la empresa, el operador y auxiliares descienden para abrir las cortinas de la unidad, para que puedan permitirles el acceso a las instalaciones de la empresa, como se muestra en la figura 4.1.

En donde por políticas de la empresa solo se permite el acceso al operador abordando la unidad, y a los auxiliares por la entrada del personal.



Figura 4.1 Abriendo cortinas de la unidad de reparto

4.1.2 Vigilancia

Esta área tiene la obligación de verificar que el ingreso de las unidades de reparto se encuentre en condiciones normales de operación.

En la cual se registra la hora de llegada de la unidad y se valida con la firma del operador, para que a su vez se le pueda otorgar el permiso de pasar al área de valores, como se muestra en la figura 4.2.



Figura 4.2 Registro de la unidad de reparto

4.1.3 Valores

En esta área se realizan las liquidaciones de las ventas que realiza cada una de las rutas de reparto.

En donde al estacionarse la unidad en esta área, se espera a que el encargado de vigilancia llegue a abrir la caja de la unidad, para que el operador pueda sacar el efectivo y pase a liquidarlo, como se muestra en la figura 4.3.



Figura 4.3 Extrayendo valores

Una vez que el operador ha sacado el efectivo, el encargado de vigilancia cierra la caja de la unidad, y el auxiliar del operador se encarga de mover la unidad al área de operaciones para continuar con el proceso de descarga.

4.1.4 Operaciones

En esta área al llegar la unidad de reparto, el auxiliar del operador desciende de la unidad a dejar la hoja de carga con el liquidador, el cual realiza un conteo físico del envase o producto que será descargado, como se muestra en la figura 4.4.



Figura 4.4 Conteo físico de envase y producto

Una vez que el liquidador ha realizado el conteo físico del envase o producto que será descargado, el auxiliar del operador aborda nuevamente la unidad, y espera su turno de descarga.

4.1.5 Andén

Aquí se realizan las actividades de carga y descarga de las unidades de reparto, como también de las unidades de fleteo.

Las cuales una vez que arriban al andén, esperan ser atacados por los montacargas, para que estos realicen las labores de descarga de las unidades de reparto, y así se pueda concluir con este proceso, como se muestra en la figura 4.5.



Figura 4.5 Descarga de envase y producto

CAPÍTULO 5 MÉTODO PROPUESTO

5.1 Construcción del modelo de simulación

El proceso que se llevó a cabo para la creación del modelo de simulación se basa en la descripción de los eventos anteriormente mencionados, en el cual la problemática se encuentra situada en las dos siguientes áreas:

- Área de conteo
- Área de descarga

Con los datos obtenidos a través de la toma de tiempos, los cuales se muestran en el anexo A, se codificara el modelo mediante el lenguaje de simulación elegido. El lenguaje seleccionado es ProModel® y se basa en los siguientes componentes para la construcción del modelo.

Locaciones

Las locaciones son los lugares en el sistema donde las entidades, es decir, las unidades de reparto, serán enviadas para realizar alguna actividad. Estas son las siguientes:

- **Llegada.** Representa la llegada de las unidades de reparto a la planta.
- **Revisión.** Es esta locación las unidades de reparto son registradas por un encargado de vigilancia.
- **Valores.** En esta locación las unidades son atendidas por un encargado de vigilancia para extraer y descargar valores.
- **Área de conteo.** En esta locación el liquidador realiza un conteo físico de producto y envase que será descargado.

- **Área de descarga.** En esta locación las unidades de reparto son descargadas por los montacargas.

En la figura 5.1 se aprecian las locaciones del sistema definidas para el programa de simulación.

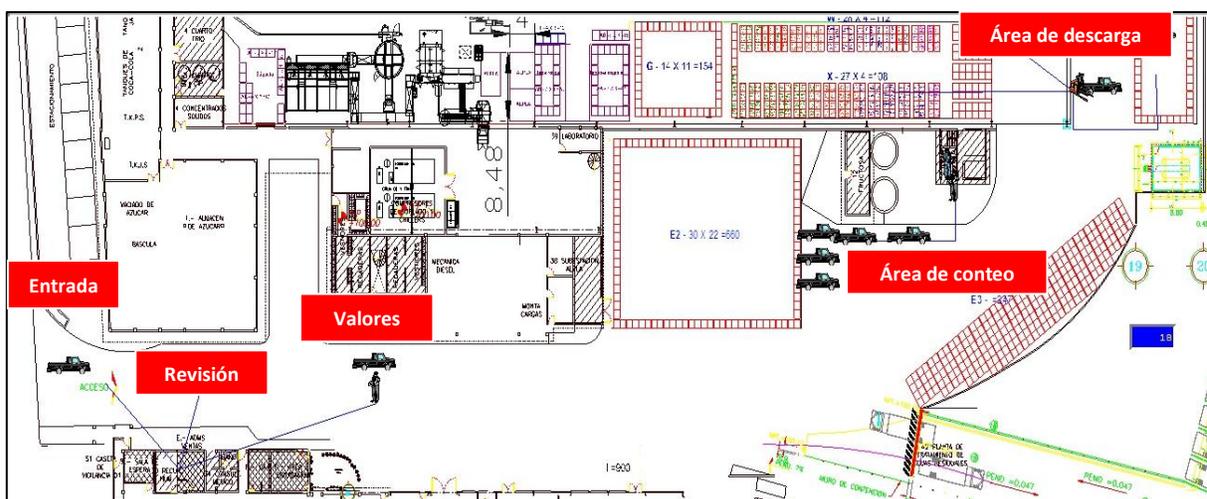


Figura 5.1 Locaciones definidas para el modelo de simulación

Entidades

Las entidades de este sistema son las unidades de reparto y sus operadores, quienes determinarán el tiempo que cada unidad de reparto pasa dentro el sistema. Los cuales se muestran a continuación en la figura 5.2.

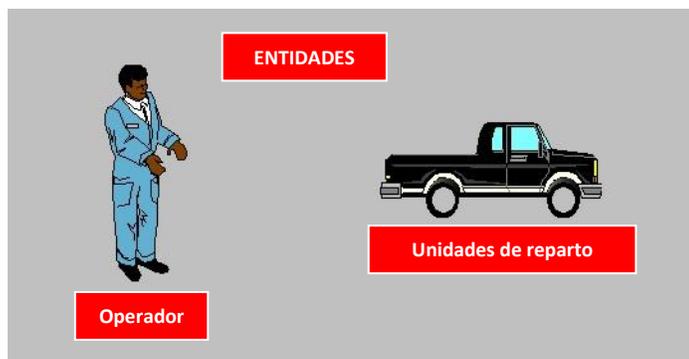


Figura 5.2 Entidades del sistema de simulación

Llegadas (arrivals)

Este elemento de ProModel® indica con qué frecuencia llegan las unidades de reparto a la planta; se basa en distribuciones de probabilidad. Los componentes de “Llegadas” quedan de la siguiente forma:

- Frecuencia. Es el tiempo entre llegadas que se representan con una distribución de probabilidad o bien, se llama a alguna sentencia que cumpla con las condiciones. En este caso, se utiliza la distribución exponencial (15.6).
- Arribos. Es la cantidad de unidades de reparto que llegan al mismo tiempo: en este caso solo se utiliza la cantidad de 1.
- Ocurrencia. Se refiere a la cantidad de llegadas al sistema. En la casilla de Ocurrencias se coloca la cantidad de 30, dado a que solo son 30 unidades de reparto.

Proceso

El proceso representa las actividades que se realizan en cada locación dentro del modelo de simulación y se utilizara para conocer la ruta que las unidades de reparto siguen al entrar al sistema.

Cuando una unidad de reparto entra a la locación “Llegada” espera a que llegue un vigilante para que le dé acceso a la planta, pasa a “Revisión” y ahí espera a que un “Vigilante” llegue para que lo revise y le registre su hora de llegada, luego pasa a “Valores”, en donde espera a un vigilante para que abra la caja de valores y el “Operador” pueda extraer valores.

Posteriormente pasa al “Área de conteo” en donde el operador baja y deja la hoja de carga con el “Liquidador”, el cual realiza el conteo físico de envase y producto que será descargado. Luego pasa al “Área de descarga”, en donde la unidad de reparto es descargada por el “Montacargas”.

En la figura 5.3 se muestra el modelo de simulación terminado, donde se incluye toda la información antes descrita y que se apreciara al momento de correr el programa en el anexo B.

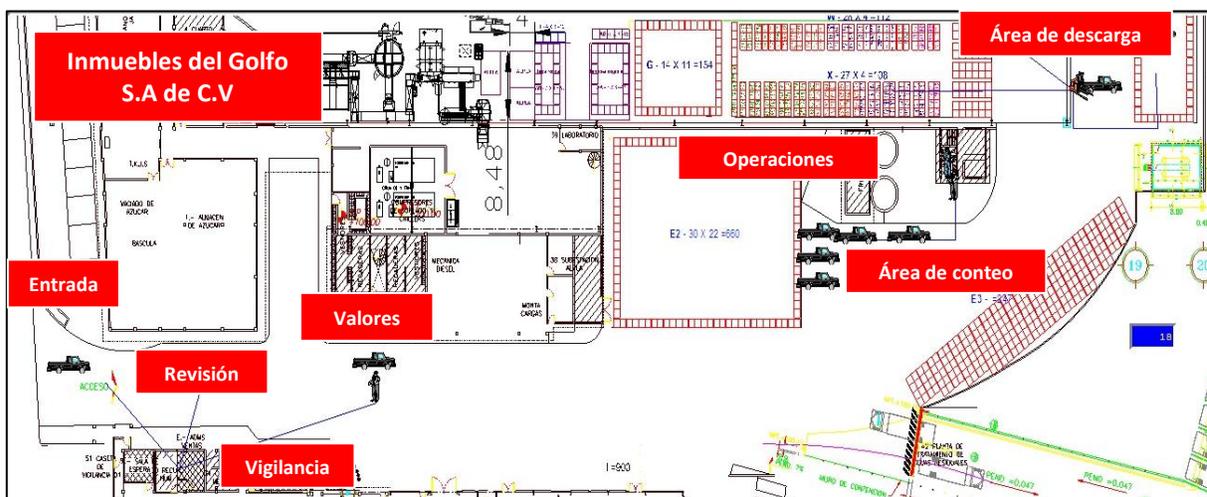


Figura 5.3 Modelo de simulación terminado

5.2 Verificación y validación del modelo de simulación

En este punto se debe comprobar que el modelo de simulación planteado es representativo del sistema real, realizando 10 corridas piloto que servirán para comparar los resultados simulados con los reales; esto es con la finalidad de saber si el modelo planteado es representativo del sistema real, como expectativa sería, si los resultados que se obtienen en las diferentes corridas son confiables.

Para la validación del modelo, se utilizó los resultados tanto de la simulación como los datos reales para que se comparen mediante una prueba estadística, la prueba T para medias de dos muestras emparejadas. Esta prueba consiste en comparar ambas muestras y determinar si son estadísticamente iguales, de ser así, el modelo se valida, de lo contrario, se rechaza.

En las siguientes tablas se exponen los resultados de las comparaciones, de las cuales, en todas no se rechaza la hipótesis nula:

- Tiempo de registro de la unidad real contra tiempo de registro de la unidad simulado
- Tiempo en abrir caja de valores real contra tiempo en abrir caja de valores simulado
- Tiempo de conteo de envase y producto real contra tiempo de conteo de envase y producto simulado
- Tiempo de descarga real contra tiempo de descarga simulado

Tabla 5.1 Validación del tiempo de registro de la unidad de reparto

Tiempo de registro de la unidad de reparto	Real	Simulado
Media	0.36633444	0.35393333
Varianza	0.01847069	0.01415951
Observaciones	30	30
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.00013646	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	29	
Estadístico t	0.37599489	
P(T<=t) una cola	0.35482867	
Valor crítico de t (una cola)	1.69912703	
P(T<=t) dos colas	0.70965734	
Valor crítico de t (dos colas)	2.04522964	

Tabla 5.2 Validación del tiempo en abrir caja de valores

Tiempo en abrir caja de valores	Real	Simulado
Media	2.46357667	2.20523333
Varianza	0.79126274	0.61787239
Observaciones	30	30
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.14476359	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	29	
Estadístico t	1.11463438	
P(T<=t) una cola	0.13707984	
Valor crítico de t (una cola)	1.69912703	
P(T<=t) dos colas	0.27415968	
Valor crítico de t (dos colas)	2.04522964	

Tabla 5.3 Validación del tiempo de conteo de envase y producto

Tiempo de conteo de envase y producto	Real	Simulado
Media	2.57522	2.457
Varianza	1.44551292	1.21197117
Observaciones	30	30
Coeficiente de correlación de Pearson	-0.07614972	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	29	
Estadístico t	0.3829476	
P(T<=t) una cola	0.35227565	
Valor crítico de t (una cola)	1.69912703	
P(T<=t) dos colas	0.70455131	
Valor crítico de t (dos colas)	2.04522964	

Tabla 5.4 Validación del tiempo de descarga

Tiempo de descarga	Real	Simulado
Media	6.59589944	6.3484
Varianza	3.64275584	3.97415997
Observaciones	30	30
Coeficiente de correlación de Pearson	-0.27745336	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	29	
Estadístico t	0.43462772	
P(T<=t) una cola	0.33352487	
Valor crítico de t (una cola)	1.69912703	
P(T<=t) dos colas	0.66704975	
Valor crítico de t (dos colas)	2.04522964	

A través de la observación, la experiencia adquirida durante el proceso de toma de tiempos y los resultados obtenidos de las comparaciones de las muestras,

se confirma que el modelo de la simulación planteado es válido y representativo del sistema real, en otras palabras, los resultados que se obtengan de él serán confiables. Los datos que se incluyeron en la validación se pueden consultar en el anexo C.

5.3 Diseño de experimentos

El diseño de experimentos se utiliza para determinar el número de réplicas para cada alternativa, así como sus condiciones iniciales y el tiempo de cada corrida. El número de réplicas para cada alternativa se calcula por medio de la siguiente formula:

$$n(\beta) = \text{MIN} \left\{ i \geq n: t_{i-1, 1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\left(\frac{S^2}{i}\right)} \leq \beta \right\}$$

Dónde:

$n(\beta)$ = Número de Réplicas con Valor Absoluto

β = Error Absoluto Permisible

$1-\alpha$ = Nivel de Confianza

S^2 = Varianza (de la variable demandada)

Los datos que se emplearon para determinar el número de réplicas para las diferentes alternativas se obtuvieron de las 10 corridas de prueba que se hicieron anteriormente. La variable demandada que se utiliza para el estudio será el tiempo de descarga, que ayudará a encontrar el número de réplicas necesarias.

De las 10 corridas de prueba se obtuvieron 300 tiempos de descarga de simulación. La varianza de estos datos es de 3.67539137 con una media de 6.39259 que se tomará como error absoluto permisible. El valor inicial de n será de 10

corridas, posteriormente se irá aumentando o disminuyendo su valor en 1 hasta encontrar un valor que sea menor o igual que el error absoluto permisible. Sustituyendo los valores en la fórmula, queda de la siguiente forma:

$$n(\beta) = \text{MIN} \left\{ 4 \geq n: t_{4-1, 1-\frac{0.05}{2}} \sqrt{\left[\frac{(3.67539137)^2}{4} \right]} \leq 6.39259 \right\}$$

$$n(\beta) = \text{MIN}\{4 \geq n: t_{3,0.975} (1.837695685) \leq 6.39259\}$$

$$n(\beta) = \text{MIN}\{4 \geq (3.18244631)(1.837695685) \leq 6.39259\}$$

$$n(\beta) = \text{MIN}\{4 \geq 3.05058327 \leq 6.39259\}$$

$$n(\beta) = 4$$

El resultado que se obtuvo al aplicar estos datos es de 6 réplicas para cada alternativa, pero para efectos de confiabilidad, el número de corridas se dejara en 10 para cada una.

Todos los cálculos efectuados para la obtención de los datos que se utilizaron en la formula anterior para calcular el número de réplicas de simulación para cada alternativa se pueden consultar en el anexo D.

5.4 Propuestas

5.4.1 Propuesta 1. Eliminar la actividad del operador de la unidad de reparto en el área de operaciones.

Objetivo

La finalidad de esta propuesta es disminuir el cuello de botella y a su vez agilizar el flujo vehicular en el área de operaciones.

Resultados previstos

Los resultados que se esperan obtener de esta propuesta es la disminución del cuello de botella en el área de operaciones, de tal forma que como vayan llegando las unidades de reparto a esta área, el liquidador los atienda de manera inmediata, sin necesidad de que el operador de la unidad de reparto baje a dejar la hoja de carga.

Actividades

En lugar de que el operador baje a dejar la hoja de carga, sea el liquidador quien vaya por ella, y a su vez realice el conteo físico de envase y producto que será descargado.

Por lo tanto, la responsabilidad dependerá principalmente del liquidador, ya que al eliminar la actividad del operador de la unidad de reparto, el liquidador debe de estar más concentrado en sus actividades, y así contar con un mejor servicio de atención para las rutas de reparto.

Modelo de simulación

La información que se utilizó para simular esta propuesta fue la misma que la del modelo actual, con la única diferencia que se eliminó la entidad OPERADOR.

La figura 5.4 que se muestra a continuación, representa el modelo de simulación de la propuesta descrita previamente.

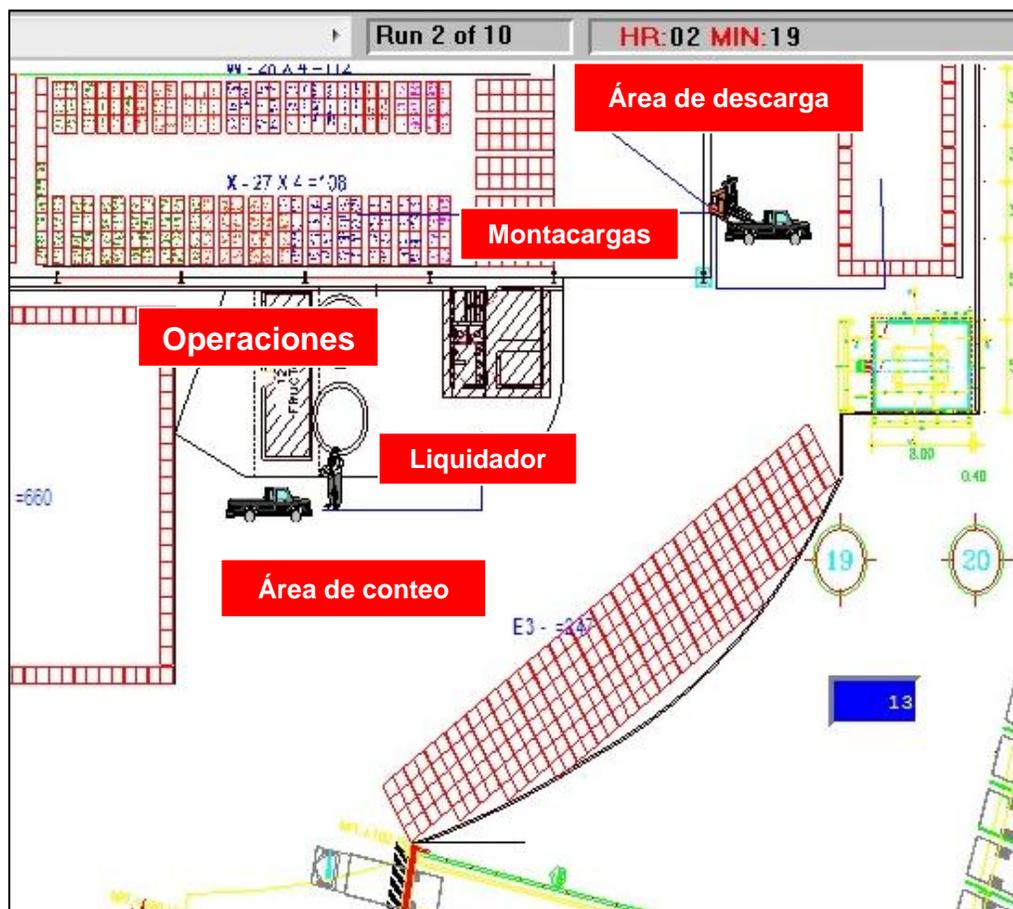


Figura 5.4 Propuesta 1. Eliminación de la entidad OPERADOR

5.4.2 Propuesta 2. Combinación de la propuesta 1, con la incorporación de un segundo montacargas en el proceso de descarga.

Objetivo

La finalidad de esta propuesta es disminuir el cuello de botella en el área de operaciones, y agilizar el flujo vehicular, tanto en el área de operaciones como en el área de descarga.

Resultados previstos

Los resultados que se esperan obtener de esta propuesta es la disminución del cuello de botella en el área de operaciones, de tal forma que se agilice el tránsito vehicular por esta área, y que la incorporación de un segundo montacargas en el área de descarga nos reduzca el porcentaje de utilización de esta área, y genere un mejor flujo vehicular.

Actividades

En lugar de que el operador baje a dejar la hoja de carga, sea el liquidador quien vaya por ella, y a su vez realice el conteo físico de envase y producto que será descargado. Y en el proceso de descarga involucrar un segundo montacargas.

Modelo de simulación

La información que se utilizó para simular esta propuesta fue la misma que la del modelo actual, con la única diferencia que se eliminó la entidad OPERADOR, y se agregó un segundo MONTACARGAS.

La figura 5.5 que se muestra a continuación, representa el modelo de simulación de la propuesta descrita previamente.



Figura 5.5 Propuesta 2. Eliminación de la entidad OPERADOR, e incorporación de un segundo montacargas

CAPÍTULO 6 RESULTADOS

6.1 Representación de resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos a través de las corridas de simulación, recordando que se establecieron 10 réplicas para cada alternativa y de las cuales se toma la información necesaria para realizar el análisis.

6.1.1 Modelo actual

Habrá que comenzar por presentar los resultados del sistema real para que se comparen con los resultados de las propuestas más adelante. En la **Tabla 6.1** se muestran los tiempos de simulación de cada una de las réplicas. En la **Tabla 6.2** se exponen el porcentaje de utilización de las áreas de conteo y descarga para cada una de las réplicas.

Tabla 6.1 Tiempo de simulación. Modelo actual

RÉPLICA	TIEMPO DE SIMULACIÓN (HR)
1	8.06
2	6.82
3	9.07
4	6.29
5	7.07
6	8.27
7	7.64
8	7.64
9	6.5
10	9.01
PROMEDIO	7.64

Tabla 6.2 Porcentaje de utilización en las áreas de conteo y descarga. Modelo actual

RÉPLICA	UTILIZACIÓN DE LAS ÁREAS	
	CONTEO	DESCARGA
1	46.48%	47.66%
2	56.25%	60.18%
3	38.35%	39.24%
4	55.84%	55.38%
5	54.09%	55.37%
6	44.87%	45.76%
7	49.50%	51.24%
8	46.55%	52.02%
9	58.35%	57.33%
10	37.56%	41.16%
PROMEDIOS	48.78%	50.53%

6.1.2 Propuesta 1 Eliminar la actividad del operador de la unidad de reparto en el área de operaciones.

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la propuesta 1. En la **Tabla 6.3** se muestran los tiempos de simulación de cada una de las réplicas. En la **Tabla 6.4** se exponen el porcentaje de utilización de las áreas de conteo y descarga para cada una de las réplicas.

Tabla 6.3 Tiempo de simulación. Propuesta 1

RÉPLICA	TIEMPO DE SIMULACIÓN (HR)
1	7.53
2	6.02
3	11.63
4	8.36
5	7.19
6	5.6
7	7.58
8	5.56
9	5.96
10	6.35
PROMEDIO	7.18

Tabla 6.4 Porcentaje de utilización en las áreas de conteo y descarga. Propuesta 1

RÉPLICA	UTILIZACIÓN DE LAS ÁREAS	
	CONTEO	DESCARGA
1	15.21%	49.54%
2	46.03%	68.61%
3	12.64%	33.73%
4	13.26%	42.23%
5	18.44%	53.64%
6	24.70%	66.81%
7	17.28%	47.84%
8	32.45%	67.79%
9	26.62%	67.64%
10	23.21%	55.78%
PROMEDIOS	22.98%	55.36%

6.1.3 Propuesta 2 Combinación de la propuesta 1, con la incorporación de un segundo montacargas en el proceso de descarga.

A continuación se muestra los resultados obtenidos de la propuesta 2. En la **Tabla 6.5** se muestran los tiempos de simulación de cada una de las réplicas. En la **Tabla 6.6** se exponen el porcentaje de utilización de las áreas de conteo y descarga para cada una de las réplicas.

Tabla 6.5 Tiempo de simulación. Propuesta 2

RÉPLICA	TIEMPO DE SIMULACIÓN (HR)
1	9.67
2	4.79
3	9.3
4	8.48
5	6.49
6	7.16
7	7.04
8	8.88
9	7.13
10	7.14
PROMEDIO	7.61

Tabla 6.6 Porcentaje de utilización en las áreas de conteo y descarga. Propuesta2

RÉPLICA	UTILIZACIÓN DE LAS ÁREAS	
	CONTEO	DESCARGA
1	8.81%	36.86%
2	48.16%	72.50%
3	14.80%	39.04%
4	13.51%	38.76%
5	18.01%	52.64%
6	14.47%	44.43%
7	15.31%	41.97%
8	11.33%	37.76%
9	16.76%	46.99%
10	15.37%	48.44%
PROMEDIOS	17.65%	45.94%

6.2 Análisis de resultados

Los resultados de cada una de las propuestas se comparan con los resultados del modelo actual mediante una tabla donde se muestra claramente en cuál de las alternativas se reduce el tiempo de simulación, y el porcentaje de utilización de las áreas de conteo y descarga.

A continuación se presenta la **Tabla 6.7** que muestra el porcentaje de mejora del tiempo simulado de cada una de las réplicas de las propuestas comparadas con el modelo actual. En la **Tabla 6.8** se muestra el porcentaje de mejora de utilización del área de conteo de cada una de las réplicas de las propuestas. Y en la **Tabla 6.9** se muestra el porcentaje de mejora de utilización del área de descarga de cada una de las réplicas de las propuestas.

Tabla 6.7 Porcentaje de mejora del tiempo simulado

RÉPLICA	MODELO ACTUAL		PROPUESTA 1		PROPUESTA 2	
	TIEMPO DE SIMULACIÓN (HR)	PORCENTAJE	TIEMPO DE SIMULACIÓN (HR)	PORCENTAJE DE MEJORA	TIEMPO DE SIMULACIÓN (HR)	PORCENTAJE DE MEJORA
1	8.06	100%	7.53	6.58%	9.67	-19.98%
2	6.82	100%	6.02	11.73%	4.79	29.77%
3	9.07	100%	11.63	-28.22%	9.3	-2.54%
4	6.29	100%	8.36	-32.91%	8.48	-34.82%
5	7.07	100%	7.19	-1.70%	6.49	8.20%
6	8.27	100%	5.6	32.29%	7.16	13.42%
7	7.64	100%	7.58	0.79%	7.04	7.85%
8	7.64	100%	5.56	27.23%	8.88	-16.23%
9	6.5	100%	5.96	8.31%	7.13	-9.69%
10	9.01	100%	6.35	29.52%	7.14	20.75%

Tabla 6.8 Porcentaje de mejora de utilización en área de conteo

RÉPLICA	MODELO ACTUAL		PROPUESTA 1		PROPUESTA 2	
	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	PORCENTAJE	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	PORCENTAJE DE MEJORA	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	PORCENTAJE DE MEJORA
1	46.48%	100%	15.21%	67.28%	8.81%	81.05%
2	56.25%	100%	46.03%	18.17%	48.16%	14.38%
3	38.35%	100%	12.64%	67.04%	14.80%	61.41%
4	55.84%	100%	13.26%	76.25%	13.51%	75.81%
5	54.09%	100%	18.44%	65.91%	18.01%	66.70%
6	44.87%	100%	24.70%	44.95%	14.47%	67.75%
7	49.50%	100%	17.28%	65.09%	15.31%	69.07%
8	46.55%	100%	32.45%	30.29%	11.33%	75.66%
9	58.35%	100%	26.62%	54.38%	16.76%	71.28%
10	37.56%	100%	23.21%	38.21%	15.37%	59.08%

Tabla 6.9 Porcentaje de mejora de utilización en área de descarga

RÉPLICA	MODELO ACTUAL		PROPUESTA 1		PROPUESTA 2	
	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	PORCENTAJE	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	PORCENTAJE DE MEJORA	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	PORCENTAJE DE MEJORA
1	47.66%	100%	49.54%	-3.94%	36.86%	22.66%
2	60.18%	100%	68.61%	-14.01%	72.50%	-20.47%
3	39.24%	100%	33.73%	14.04%	39.04%	0.51%
4	55.38%	100%	42.23%	23.75%	38.76%	30.01%
5	55.37%	100%	53.64%	3.12%	52.64%	4.93%
6	45.76%	100%	66.81%	-46.00%	44.43%	2.91%
7	51.24%	100%	47.84%	6.64%	41.97%	18.09%
8	52.02%	100%	67.79%	-30.32%	37.76%	27.41%
9	57.33%	100%	67.64%	-17.98%	46.99%	18.04%
10	41.16%	100%	55.78%	-35.52%	48.44%	-17.69%

Los números con resultados negativos, nos indican que hay un incremento de tiempo simulado, o ya sea un incremento de utilización de las de conteo y descarga. Lo cual indica que hay mayor carga de trabajo en ellas.

La **Tabla 6.10** muestra el promedio y el porcentaje de mejora de los resultados del tiempo simulado que se obtuvieron en las 10 corridas de simulación, y en la **Tabla 6.11** se muestra el promedio del porcentaje de mejora de la utilización de las áreas de conteo y descarga.

Tabla 6.10 Promedio del porcentaje de mejora del tiempo simulado

MODELO ACTUAL		PROPUESTA 1		PROPUESTA 2	
TIEMPO DE SIMULACIÓN (HR)	PORCENTAJE	TIEMPO DE SIMULACIÓN (HR)	PORCENTAJE DE MEJORA	TIEMPO DE SIMULACIÓN (HR)	PORCENTAJE DE MEJORA
7.64	100%	7.18	6.02%	7.61	0.39%

Tabla 6.11 Promedio del porcentaje de mejora de utilización en área de conteo y descarga

ÁREA	MODELO ACTUAL		PROPUESTA 1		PROPUESTA 2	
	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	PORCENTAJE	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	PORCENTAJE DE MEJORA	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	PORCENTAJE DE MEJORA
CONTEO	48.78%	100%	22.98%	52.89%	17.65%	63.82%
DESCARGA	50.53%	100%	55.36%	-9.56%	45.94%	9.08%

CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Durante el desarrollo del proyecto y a través del involucramiento al recorrido de descarga de las unidades de reparto por medio de la toma de tiempos, se pudo observar y comprender que el cuello de botella no depende en gran medida de los arribos de las unidades de reparto sino del servicio de atención que se les da, desde la entrada de la planta hasta que son descargadas.

Con base en los resultados obtenidos a través del modelo de simulación y las propuestas planteadas, se dice que: los objetivos del proyecto se cumplieron ampliamente. Se desarrolló un modelo de simulación que representa finalmente a la situación real del recorrido del proceso de descarga de las unidades de reparto y se logró plantear propuestas que mejorara el servicio.

La propuesta 1, al eliminar la actividad del operador de la unidad de reparto en el área de operaciones se reduce en promedio un 6.02% de tiempo simulado, el cual dice que las 30 unidades de reparto son atendidas en un tiempo promedio de 7.18 horas. Respecto al porcentaje de utilización del área de conteo se reduce el 52.89%. Y en el área de descarga se obtuvo un incremento del porcentaje de utilización del 9.56%, el cual indica que en el área de conteo hay un mayor flujo vehicular, pero en el área de descarga hay una mayor carga de trabajo.

En la propuesta 2, al eliminar la actividad del operador de la unidad de reparto en el área de operaciones y al incorporar un segundo montacargas al proceso de descarga se reduce en promedio un 0.39% de tiempo simulado, el cual dice que las 30 unidades de reparto son atendidas en un tiempo promedio de 7.61 horas . Respecto al porcentaje de utilización del área de conteo se redujo un 63.89% y en el área de descarga se redujo el 9.08%, el cual indica que en el área de conteo y en el área de descarga al disminuir el porcentaje de utilización hay una disminución al cuello de botella y a su vez un mejor flujo vehicular.

7.2 Recomendaciones

Si se decide poner en práctica las propuestas, sería muy recomendable crear:

- Un programa de capacitación de involucramiento de todo personal que intervenga en el proceso de descarga de las unidades de reparto con los objetivos del área.
- Un programa de actividades de los montacargas, y que a su vez sea supervisado por los jefes en turno.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Meyers, Fred. E. (2000). Estudio de tiempos y movimiento para la manufactura ágil. México: Ed. Prentice Hall; 2da. Edición.

Barnes, Ralph M.; (1979). Introducción del estudio de trabajo. Nueva York: Ed. Ginebra, Quinta edición. Pp.35-44.

Niebel. B. (1996). Ingeniería industrial. Estudio de tiempos y movimientos. Ed. Alfaomega.

Suñé, Albert; Gil, Francisco; Arcusa, Ignacio. (2004). Manual práctico de diseños de sistemas productivos. España: Ed. Díaz de santos

Mundel, Marvin. E. (1984). Estudio de tiempos y movimientos. México: Ed. Cecs

Coss Bu, R. (2005). Simulación: Un Enfoque Práctico. México: Limusa

Shannon, R. E. (1988). Simulación De Sistemas Diseño, Desarrollo E Implementación. México: Trillas.

Taha, H. A. (2005). Investigación de Operaciones. (Trad. V. González Pozo). México: Pearson Educación.

ANEXOS

Anexo A

Toma de tiempos del proceso

[..\ANEXOS\TOMA DE TIEMPOS.xlsx](#)

Anexo B

Modelo de simulación. Modelo actual

[..\ANEXOS\MODELO ACTUAL.MOD](#)

Modelo de simulación. Propuesta 1

[..\ANEXOS\PROPUESTA 1.MOD](#)

Modelo de simulación. Propuesta 2

[..\ANEXOS\PROPUESTA 2.MOD](#)

Anexo C

Datos de la validación del programa de simulación

[..\ANEXOS\PRUEBA T.xlsx](#)

Anexo D

Calculo de número de corridas

[..\ANEXOS\NÚMERO DE CORRIDAS DE SUMULACIÓN.xlsx](#)