



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**“PROPUESTA DE DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE
LA BODEGA LOGÍSTICA DE COLANTA PARA LA PLANTA
DE DERIVADOS LÁCTEOS UBICADA EN SAN PEDRO DE
LOS MILAGROS.”**

Autor

Víctor Alfonso Rodríguez Arias

**Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Industrial
Medellín, Colombia
2019**



“PROPUESTA DE DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LA BODEGA
LOGÍSTICA DE COLANTA PARA LA PLANTA DE DERIVADOS LÁCTEOS UBICADA
EN SAN PEDRO DE LOS MILAGROS.”

Víctor Alfonso Rodríguez Arias

Informe de práctica Empresarial
Como requisito para optar al título de:
Ingeniero Industrial

Asesor Externo

Jorge Armando Londoño Múnera
Ingeniero Industrial

Asesor Metodológico

Carlos Mario Llano Ortiz
Ingeniero Industrial

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial.
Medellín, Colombia
2019.

Resumen

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el proyecto “propuesta de diseño y distribución en planta de la bodega logística ubicada en san pedro de los milagros. Cooperativa Colanta, planta Derivados Lácteos”. Mediante el cual se plantea una posible solución a la oportunidad de mejora en cuanto al tiempo de desplazamiento de los montacargas y su porcentaje de utilización gracias a una nueva distribución de las estanterías, calles y pasillos del CEDI actual. Este modelo propuesto da respuesta a los objetivos planteados mediante la utilización de herramientas de medición y un software de modelación en 3D utilizadas frecuentemente en la Ingeniería, también incluye el uso de @Risk para realizar pruebas de bondad y ajuste.

Este documento está estructurado en cuatro bloques, el primero corresponde al marco teórico y la conceptualización del problema en general. El segundo describe la situación actual de proceso, los recursos con que se cuentan y el flujograma del sistema con sus entradas y salidas. Luego se hace un comparativo entre el Layout actual y el propuesto mediante los resultados obtenidos con el Software Simul8. Por último se describen las mejoras obtenidas en la ocupación del CEDI y los ahorros en tiempos de desplazamientos entre las calles y las plataformas de los Montacargas.

Por último y para completar el informe, este documento viene acompañado del Layout actual y el propuesto realizado es Sketchup Make. De la misma forma se adjunta dos modelos de simulación en Simul8 con los resultados obtenidos antes y después de la mejora propuesta para el proceso.

Tabla de Contenido

Resumen.....	3
1. Introducción.....	7
2. Objetivos.....	8
2.1 Objetivo General	8
2.2 Objetivos Específicos	8
3. Marco Teórico	8
4. Definición de problema y análisis de causas	10
4.1 Identificación del problema:.....	10
4.2 Planteamiento:.....	10
5. Descripción del proceso	12
5.1 Recursos Humano:	12
5.2 Productos:.....	12
5.3 Recursos físicos:	13
5.4 Recursos maquinaria y equipos:	13
5.5 Comercializadoras:	13
6. Validación del modelo actual con SIMUL8	19
6.1 Calculo del tamaño de la muestra.....	19
6.2 Recopilación y modelado de datos	22
7. Ajuste de datos en @risk	22
7.1 Distribuciones Modelo Actual en Simul8.....	24
8. Elaboración de un modelo formal.....	25
9. Análisis de resultados Situación Actual	26
10. Modelo propuesto (Layout Mejorado).....	27
10.1 Distribuciones Modelo Actual en Simul8.....	30
11. Análisis de resultados Situación Actual	31
12. Ocupación del cedi	32
13. Resultados y análisis.....	34
14. Conclusiones.....	36
15. Bibliografía	37

Lista de Figuras

Figura 1. Árbol del problema.....	11
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso	14
Figura 3. Plano Bodega Logística CEDI	15
Figura 4. Muelle de cargue CEDI	15
Figura 5. Cuarto de baterías y Oficina	16
Figura 6. Zona de Picking	16
Figura 7. Calle 5.....	17
Figura 8. Calle 4.....	17
Figura 9. Calle 3.....	18
Figura 10. Calle 2.....	18
Figura 11. Serial Padre y Serial Hijo	19
Figura 12. Muestra población Finita	19
Figura 13. Tamaño de la Muestra	20
Figura 14. Distribuciones Modelo Actual	24
Figura 15. Modelo Actual Simu8.....	26
Figura 16. Resultados Modelo Actual	27
Figura 17. Layout Modelo Propuesto	28
Figura 18. Distribuciones Modelo Propuesto.....	31
Figura 19. Resultados Modelo Propuesto	32

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Tiempo de desplazamiento montacargas	21
Ilustración 2. Tipo de distribución por variable	24
Ilustración 3. Tiempo de Espera	30
Ilustración 4. Ocupación CEDI.....	34
Ilustración 5. Resumen Ocupación CEDI	34
Ilustración 6. Resumen de Resultados	35

1. Introducción

Las condiciones del mercado de hoy exigen que las compañías sean cada vez más competitivas y se enfrente a los retos de reducir tiempos de producción, plazos de entrega, reducción de inventarios, incorporación de innovación y la investigación y desarrollo de nuevos productos.

Para avanzar en este sentido, las organizaciones han venido fortaleciendo la Gestión de la Cadena de Suministros, el proceso de integración / utilización proveedores, fabricantes, almacenes y minoristas, para que los bienes sean producidos y entregado en las cantidades correctas y en los tiempos establecidos, mientras se minimizan los costos y se satisfacen las necesidades de los clientes (Chang & Makatsoris, 2001).¹

La planta Derivados Lácteos es la más grande que posee la Cooperativa Colanta en todo el país, allí se reciben y procesan diariamente alrededor de 1'200.000 mil litros de leche que son recolectados en las fincas de al menos 7.000 mil asociados productores. Por lo anterior, su centro de distribución es también el más importante y transitado de todos, desde allí se despachan diariamente en promedio 16 vehículos a 18 comercializadoras. Posee cuatro muelles de cargue y tiene una capacidad de 1430 estibas para almacenar mercancía.

En la parte superior de La Bodega Logística de Derivados Lácteos (CEDI) se tiene el área de empaquetado (Kitting) la cual actualmente es un cuello de botella para el despacho de la mercancía ya que solo posee solo una puerta para subir y bajar las estibas con producto. Además cuando el montacargas accede a ella obstaculiza una de las dos puertas de acceso a la zona de preparación de pedidos (Picking, retrasando el cargue y despacho de los vehículos.

Mediante el estudio y la ejecución del proyecto se pretende evaluar las condiciones actuales de operación de la Bodega Logística, determinando cuellos de botellas, ventajas, desventajas y productividad.

Proponer un diseño y distribución en planta mediante el cual se mejore el flujo de la mercancía y se puedan desarrollar las actividades típicas de un centro de distribución con menos movimientos y en menos tiempo, todo lo anterior teniendo en cuenta las restricciones típicas del sistema.

¹ Chang, Y., & Makatsoris, H. (2001). Supply chain modeling using simulation. *Simulation*, 2(1), 24–30.
<http://doi.org/10.1177/003754970107700309>

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta de redistribución de la Bodega de Derivados Lácteos de la empresa Colanta de San Pedro de los milagros.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar y caracterizar la situación actual de los procesos de la Bodega de Derivados Lácteos.
- Elaborar el Layout actual de La Bodega.
- Plantear una alternativa de mejora en el diseño de las zonas de almacenamiento, pasillos y áreas necesarias para el flujo de productos, equipos y personas en La Bodega de Derivados Lácteos.
- Validar la situación actual y el modelo propuesto con el fin de evidenciar una mejora en el nivel de ocupación del CEDI.

3. Marco Teórico

1. **Distribución en planta:** Según el profesor Elkin Libardo Ríos, es el proceso sistemáticamente planeado que de manera holística y teniendo como base el método heurístico de la ingeniería toma decisiones sobre la mejor ubicación y ordenación de todos y cada uno de los elementos que componen la empresa, considerando para ello todos los factores que pudieran afectarla.²
2. **Capacidad:** Es la tasa máxima de producción o de prestación de servicios de una planta dada.³
3. **Simulación:** Para mejorar un proceso productivo es posible utilizar la simulación, método que permite imitar la operación de un proceso o sistema del mundo real y su comportamiento a medida que evoluciona con el tiempo. La simulación implica la generación de una historia artificial de un sistema y la observación para hacer inferencias sobre las características operativas del sistema real (Banks et al., 2010).⁴

² Ríos, Ortiz. Elkin Libardo "Modulo Diseño de Sistemas Productivos". Primera edición, Mayo 2013

³ Lee J. Krajewski y Larry P. Ritzman (1999), Administración de operaciones: estrategia y análisis, 5.a ed., Pearson, p. 300.

⁴ Banks, J., Nelson, B. L., Carson, J. S., & Nicol, D. M. (2010). Discrete-Event System Simulation. PrenticeHall International Series in Industrial and Systems Engineering, 640. <http://doi.org/10.2307/1268124>

4. **Recopilación y modelado de datos:** Recolección de datos a través de observaciones de un sistema ya existente, o de estimaciones. Se privilegia las fuentes primarias como operadores, supervisores, inspectores, todos aquellos que conocen a detalle el sistema.
5. **Elaboración de un modelo formal:** Estructuración de la información (variables, parámetros, relaciones funcionales) que permita describir, representar y analizar la operación de un sistema real, con el propósito de pronosticar eventos, evaluar consecuencias y proponer alternativas que contribuyan a mejorar el comportamiento del mismo.
6. **Verificación:** Revisión que permite asegurar que el modelo conceptual refleje con precisión los parámetros, sucesos y lógica del sistema real.
7. **Kitting:** Implica la unión en una sola unidad o kit, que se envía al punto exacto donde se precisa, de varios componentes o piezas necesarios para montar un producto. Se emplea fundamentalmente en el almacén principal de componentes, así como en los pequeños almacenes distribuidos en zonas próximas a la línea de montaje.
8. **Picking:** La preparación de pedidos o picking es la actividad que se desarrolla dentro de un almacén llevada a cabo por un equipo de personas que preparan los pedidos para los clientes. Este proceso incluye aquellas operaciones cuyo objetivo es extraer y acondicionar los productos demandados por los clientes y que se manifiestan a través de los pedidos. El picking es la recogida y combinación de cargas no unitarias que conforman el pedido de un cliente.
9. **Zona de despacho:** Espacio asignado para colocar la mercancía separada y revisada previamente para cada cliente, sitio que antecede el cargue de los vehículos.
10. **Cuello de botella:** Es todo elemento que disminuye o afecta el proceso de producción en una empresa. Ocasionando retrasos en la línea de producción o la prestación de un servicio.

4. Definición de problema y análisis de causas

4.1 Identificación del problema: “propuesta de diseño y distribución en planta de la bodega logística ubicada en san pedro de los milagros. Cooperativa Colanta, planta derivados lácteos”

4.2 Planteamiento: La cooperativa Colanta posee en el municipio de San Pedro de los Milagros la planta de Derivados Lácteos, la cual es la más grande del país en infraestructura y en capacidad de procesamiento de leche. Esta se divide en dos grandes grupos (pulverización y producción). Para la realización de este proyecto interesa el segundo grupo ya que toda la producción es entregada a la Bodega Logística (CEDI), para su almacenamiento y distribución a las comercializadoras.

Este grupo se conforma por los siguientes procesos: Queso Blanco, Quesos Hilados, Gelatina, Quesos Madurados, Yogurt, Queso Industrial, Arequipe y Quesos Untables. También se cuenta con el área de Promociones la cual está ubicada en el segundo piso del CEDI, la cual se encarga del empaquetado de producto suelto.

En conclusión se cuenta con ocho departamentos los cuales entregan su producción mediante cuatro plataformas, se laboran tres turnos de ocho horas los siete días de la semana.

La oportunidad de mejora identificada en la Bodega Logística se presenta en su distribución y diseño de planta, posee cinco calles para acceder a las 1430 estibas que tiene con capacidad de almacenamiento y solo un pasillo entre calles por el cual solo se puede transitar en un sentido. En el turno de la mañana se operan tres montacargas las cuales se distribuyen e trabajo así:

- La primera se encarga de recibir la mercancía que llega desde las diferentes plataformas hasta la calle, el modulo y el nivel que le indica el cavero donde será almacenada.
- La segunda montacarga tiene como función la de subir y bajar la producción que se requiere para atender el área de promociones. Es decir, sube producto suelto y baja producto empaquetado para la zona de Picking o las estanterías según se la necesidad.
- El último equipo es encargado de bajar de las estanterías los derivados y productos requeridos en la zona de Picking para realizar el cargue y despacho de vehículos.

En el turno de la noche y la tarde solo se labora con dos montacargas ya que no se realiza despacho de carros a las comercializadoras.

Cuando se operan los tres equipos al tiempo se presentan algunos inconvenientes ya que se estorban unos a otros, esto debido que hay un contraflujo desde las plataformas hasta el acceso de las calles, en especial la calle 2 y 3. Por ejemplo, si están subiendo mercancía a promociones no se puede pasar a la zona de Picking. Esto hace que el tiempo de las diferentes actividades del CEDI se aumente. Además se aumenta el riesgo de golpes entre quipos, pérdida del producto por avería o peor aún accidentes e incidentes laborales.

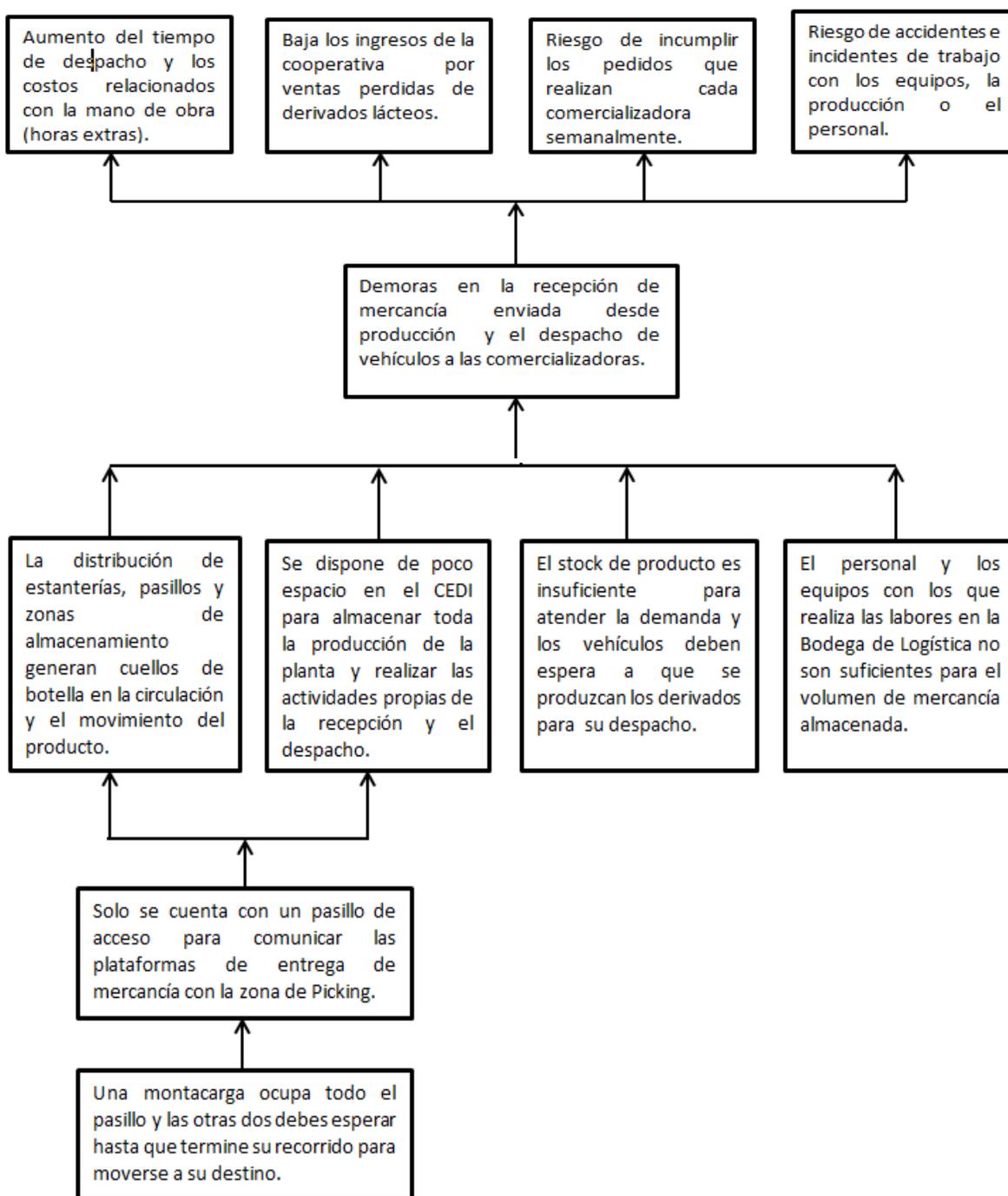


Figura 1. Árbol del problema

5. Descripción del proceso

El proceso inicia con la recepción del producto embalado en canastillas plásticas y estibadas por parte de producción, cada estiba lleva un serial “padre” el cual tiene toda la información relacionada con el producto: Código, nombre, lote, fecha de fabricación y fecha de vencimiento. El cavero recibe esta estiba y procede a leer con la terminal el serial verificando la información; si es correcta la ingresa en el TECNOCEDI y sino devuelve la estiba a producción. De acuerdo a la disponibilidad de la bodega le indica al montacarguista para que la ubique en la calle, modulo, nivel y posición seleccionada.

El pedido de las comercializadoras llegan los martes de cada semana, de acuerdo a la cantidad de producto se establece entre el supervisor de turno y el analista de logística la cantidad de vehículos que se necesitan por cada punto de envío, así mismo se decide el tipo de carro y los días que serán despachados.

El supervisor se encarga verificar en el sistema los productos solicitados por cada comercializadora y procede a entregar a los escogedores (tarde, noche) el listado de producto a separar. Es se define teniendo en cuenta que ya esté liberado por control calidad y la cantidad sugerida por el cliente en la fecha indicada.

Con las terminales el escogedor se acerca al serial y lo lee separando la cantidad requerida, si esta es menor que la contenida en el serial “padre” debe utilizar un serial “hijo”. El TECNOCEDI automáticamente envía el producto a una ubicación virtual, indicando que ya fue leído y separado para despacho.

Una vez separado todo el producto el despachador verifica y revisa en la terminal que no se presenten novedades y procede al cargue del carro previamente asignado y autorizado por el área de “Transportes Colanta”.

Se hace un último conteo general en el carro y se cierra el documento. Allí debe quedar descrito el nombre del conductor, la placa, el centro de costos y código tercero de la comercializadora, el nombre del despachador, el peso del carro, fecha de envío y el detalle de cada producto remisionado.

5.1 Recursos Humano:

- 1 Analista de logística
- 2 Supervisores A logística
- 4 Controladores de despacho y recibo
- 10 Montacarguistas
- 5 Despachadores
- 10 Escogedores (Auxiliares de producción)

5.2 Productos: En total se mantienen en inventario alrededor de 280 referencias de productos y sus diferentes presentaciones de las siguientes líneas de proceso:

- Queso Blanco
- Quesos Hilados
- Quesos Madurados
- Yogurt
- Queso Industrial
- Arequipe
- Quesos Untables
- Gelatina
- Promociones

5.3 Recursos físicos:

- Bodega de Logística CEDI
- Cuarto de Baterías
- Oficina
- Baños y casilleros
- Área de promociones
- Auditorio

5.4 Recursos maquinaria y equipos:

- 3 Montacargas (Crown)
- 2 Estibadores Eléctricos (Crown)
- 5 Estibador manual (Camabaja)
- 5 Computadores
- 2 Impresoras Laser
- 6 Baterías de Montacarga
- 4 Baterías de estibador
- 4 Muelles neumáticos
- 1 canastilla para alturas
- 1 impresora de Seriales

5.5 Comercializadoras:

➤ Combariza	➤ Dosquebradas
➤ Cali	➤ Medellín
➤ Barranquilla.	➤ Armenia
➤ Manizales	➤ Valledupar
➤ Cartagena	➤ Villavicencio
➤ Cereté	➤ San Andrés
➤ Funza	➤ Bueno Aires
➤ Ibagué	➤ Corralito
➤ Discolacteos	➤ Santander

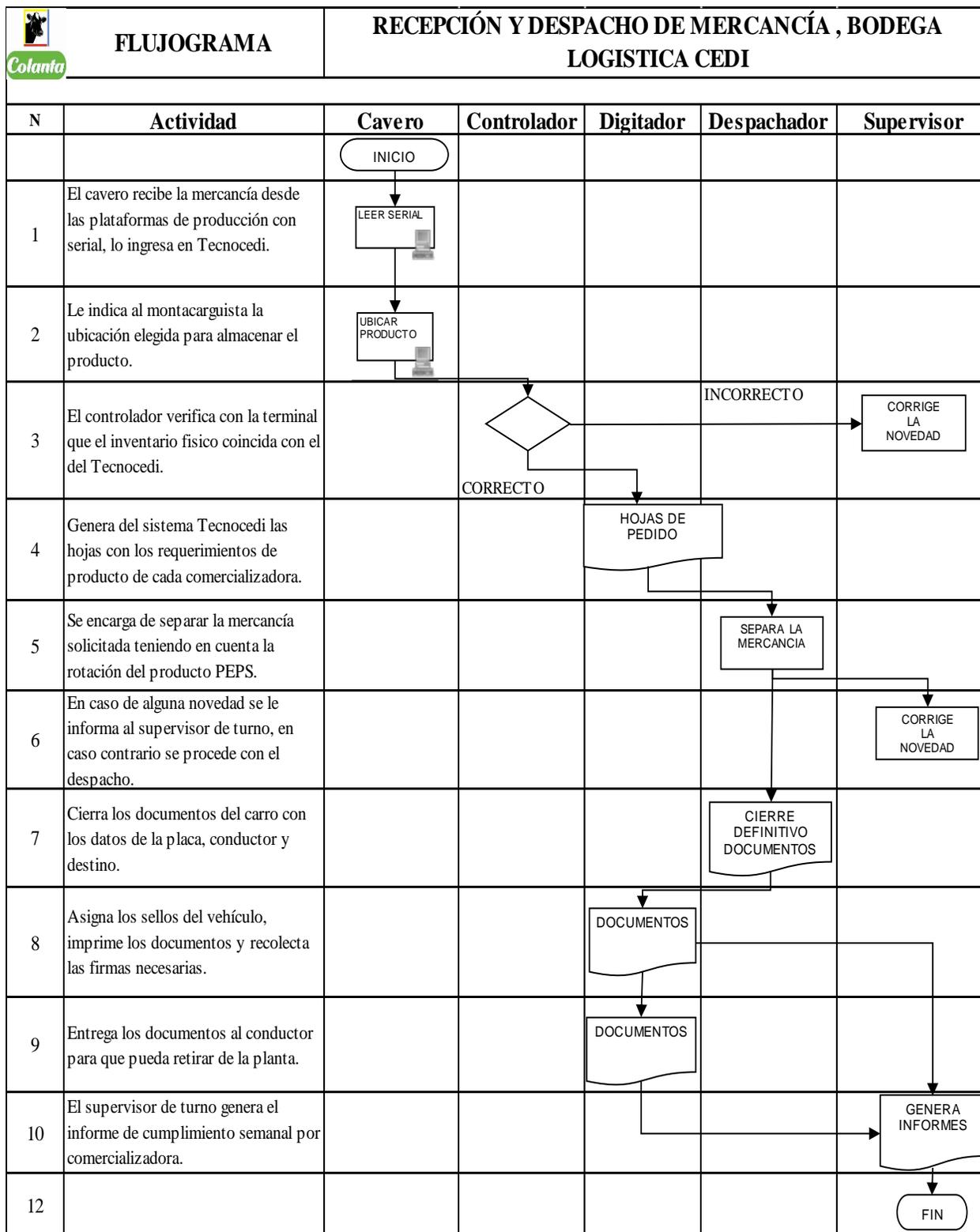


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso

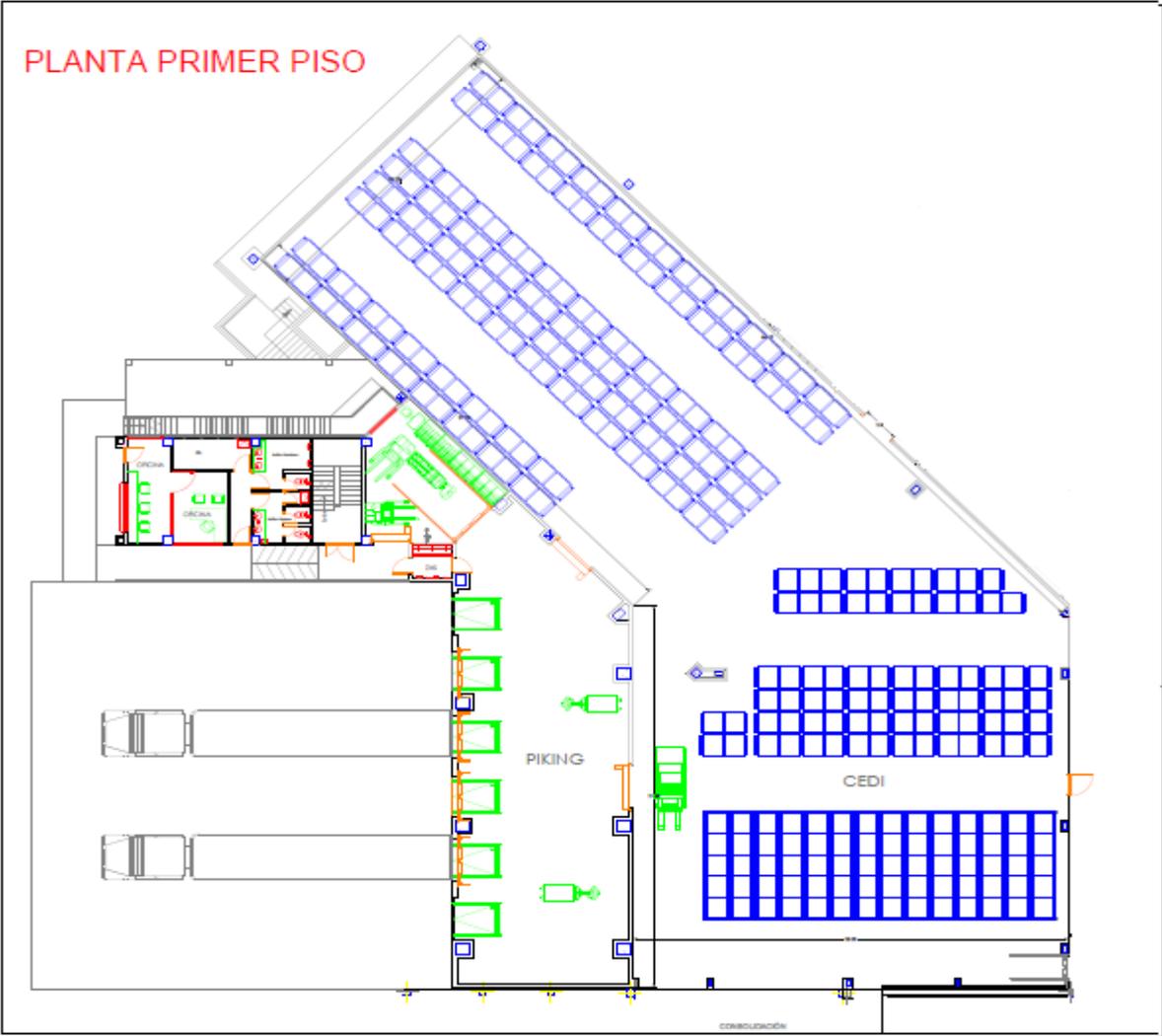


Figura 3. Plano Bodega Logística CEDI



Figura 4. Muelle de carga CEDI



Figura 5. Cuarto de baterías y Oficina



Figura 6. Zona de Picking

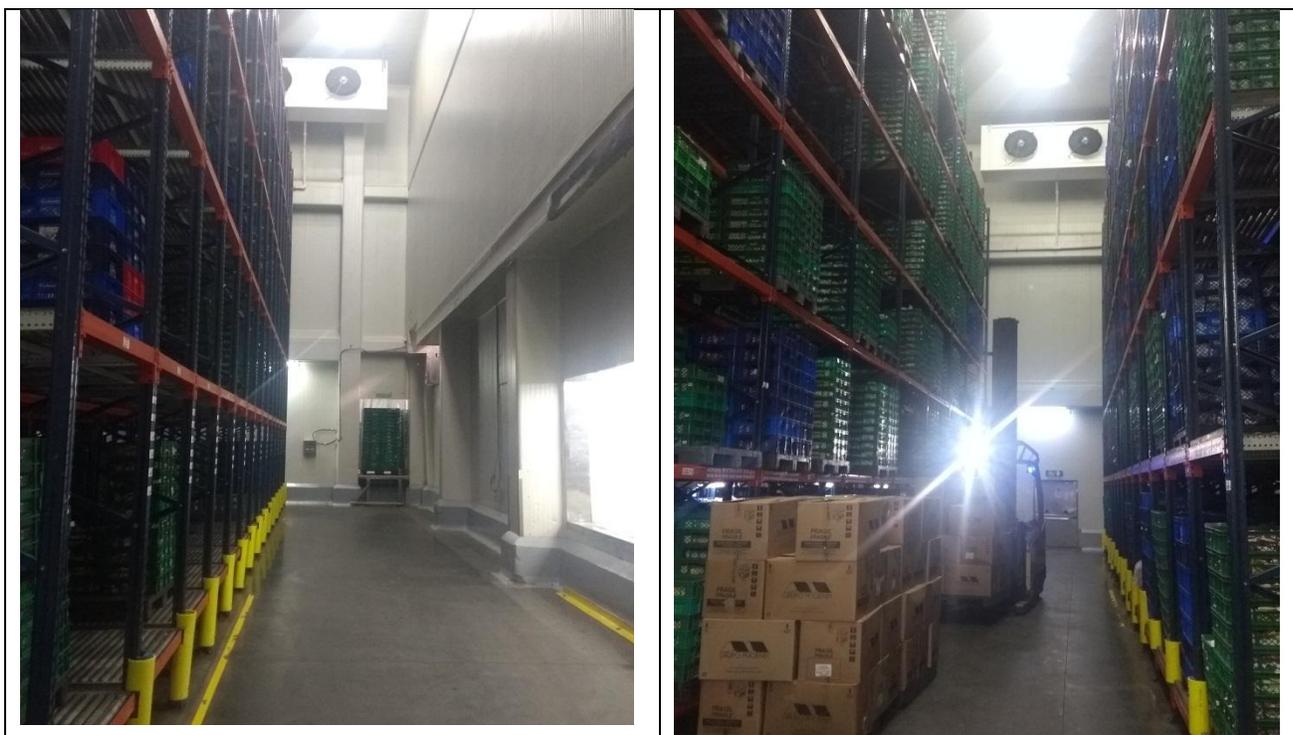


Figura 7. Calle 5

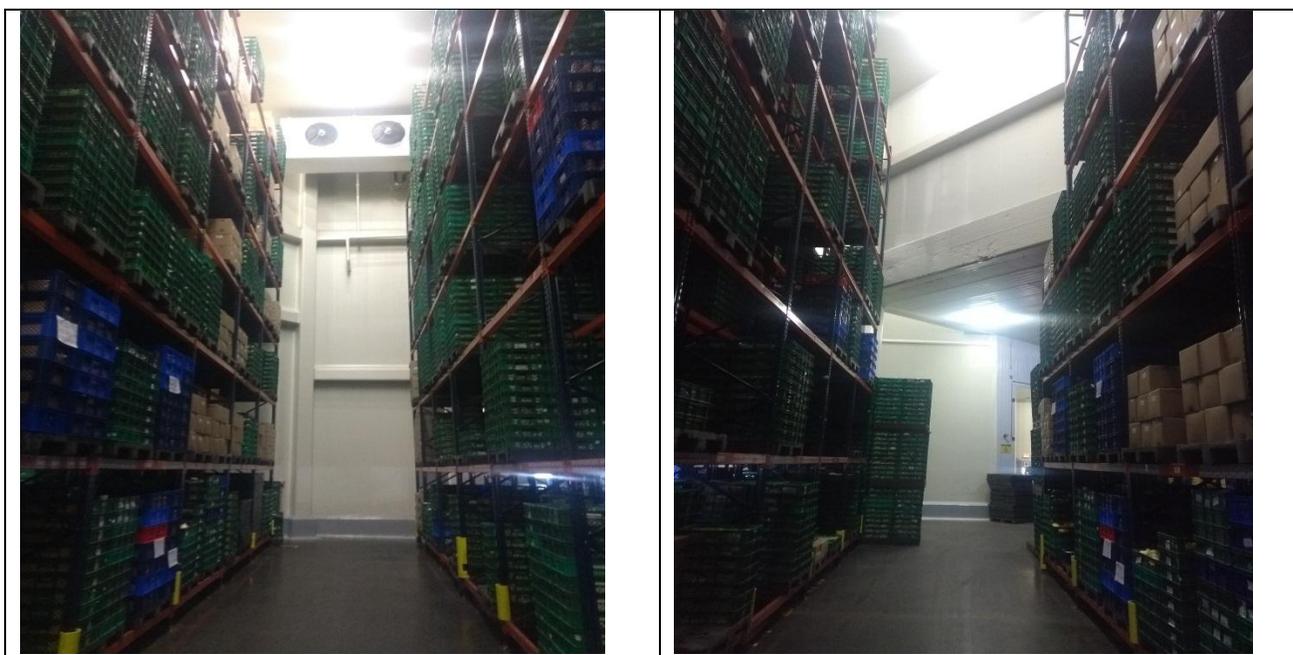


Figura 8. Calle 4

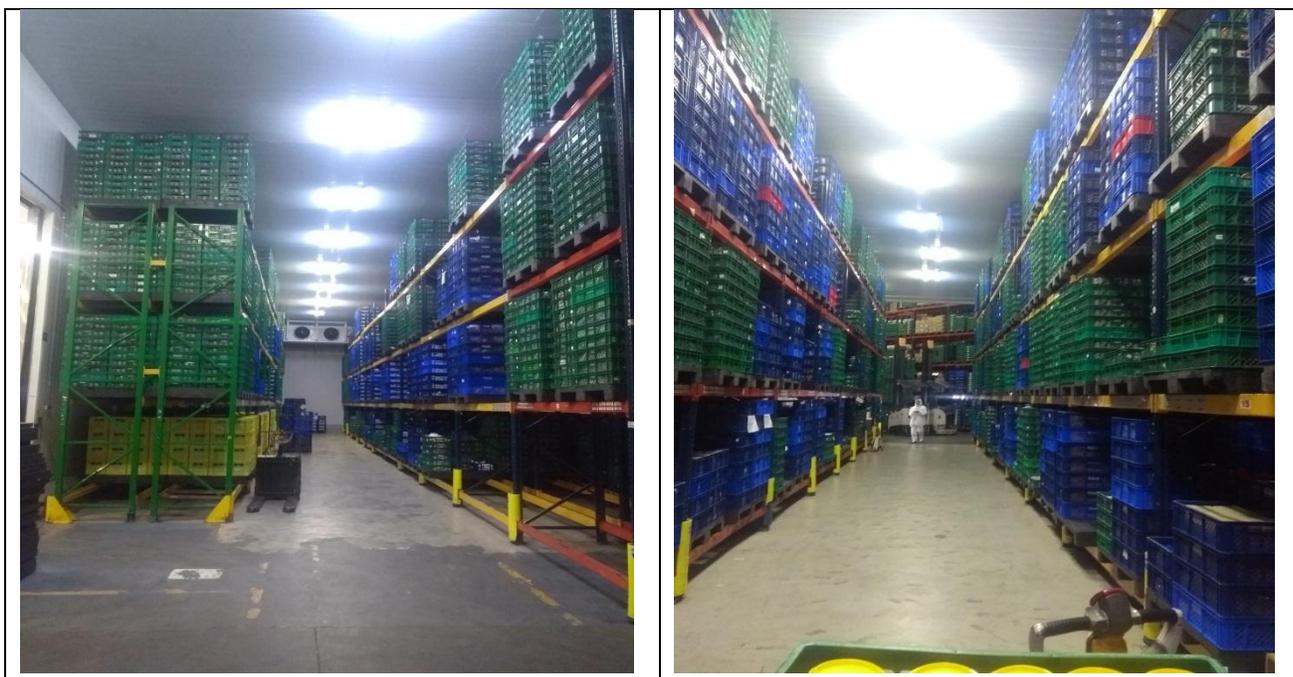


Figura 9. Calle 3



Figura 10. Calle 2



Figura 11. Serial Padre y Serial Hijo

6. Validación del modelo actual con SIMUL8

Con el objetivo de validar la Layout actual vs el Layout propuesto para el CEDI se utilizó el software Simul8. En primer lugar fue necesario obtener el cálculo de la muestra teórica respecto a la cantidad de mediciones que se debían realizar, esto dependiendo del volumen de estibas que se reciben semanalmente y con el fin obtener una medición considerable y que se ajuste lo más posible a la realidad.

6.1 Calculo del tamaño de la muestra.

Para hallar el número de la muestra requerida para la toma de tiempos se utilizó la ecuación de población finita la cual se muestra en la (Figura 12). En este caso se tomó N=1500 ya que sobrepasa la capacidad de almacenamiento de estibas del CEDI.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Figura 122. Muestra población Finita

Donde $Z_{\alpha/2}$ es el valor de la tabla Z para un nivel de confianza determinado, se asumió el valor de 1.645, es decir un alfa = 0.10, para un nivel de confianza del 90%. El error de estimación máxima aceptada es de 7% de acuerdo al criterio de certeza que se espera obtener en la investigación. Por último, dado que no se cuenta con investigaciones

pasadas como referencia se le otorga a “p” una probabilidad del 50% dado que el evento puede ocurrir o no, como resultado “q” obtiene el mismo valor.

Parametro	Insertar Valor		
N	2.000		
Z	1,960		
P	50,00%		
Q	50,00%	Tamaño de la muestra	
e	7,00%	n	178,59

Figura 133. Tamaño de la Muestra

Como se observa en la (**Figura 13**) en valor hallado es 179, lo que indica que ese es el mínimo de mediciones que se deben realizar en el proceso para tener datos con un 90% de confianza.

Una vez hallada la cantidad de mediciones requeridas para se procede a la toma de tiempo, este paso es muy importante ya que permite hallar mediante @Risk la distribución a la que más se ajustan los datos. Para realizarlo se identificó cada equipo de acuerdo al número de activo fijo tal como se observa en la primera columna de la (**Ilustración 1**). Esta medición inicia una vez la montacarga toma con las cuchillas las estibas desde la plataforma de producción, y culmina cuando descarga el mismo pallet en la calle, modulo, nivel y lado indicado por el cavero. Vale la pena mencionar que con la distribución actual de las estanterías del CEDI, para acceder a una calle deben esperar a que el que el montacarga que ingresó antes salga por completo para poder entrar, esto se debe a que el flujo no es continuo y las calles al final se cierran contra la pared de la cava. Todos los tiempos están registrados en la (**Ilustración 1**).

Tiempo de desplazamiento montacargas (segundos)							
Montacarga	Inicia	Termina	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
1A403626	Plataforma 1	Calle 2	202,13	157,13	141,03	211,15	146,32
1A051099	Plataforma 1	Calle 2	159,38	203,27	153,72	146,15	158,9
1A403684	Plataforma 1	Calle 2	210,35	207,81	202,13	156,03	209,15
1A403626	Plataforma 1	Calle 3	53,81	105,36	124,22	119,23	127,35
1A051099	Plataforma 1	Calle 3	55,22	110,18	131,03	102,91	133,27
1A403684	Plataforma 1	Calle 3	55,22	135,16	128,44	143,06	137,1
1A403626	Plataforma 1	Calle 4	138,17	121,12	147,35	152,11	149,57
1A051099	Plataforma 1	Calle 4	142,15	126,52	201,25	136,78	151,16
1A403684	Plataforma 1	Calle 4	101,08	112,99	136,71	146,86	135
1A403626	Plataforma 1	Calle 5	37,73	42,56	39,14	52,35	38,48
1A051099	Plataforma 1	Calle 5	47,16	36,14	22,15	28,65	42,86

1A403684	Plataforma 1	Calle 5	100,56	48,05	59,02	48,15	35,16
1A403626	Plataforma 2	Calle 2	245,08	233,16	156,42	212,28	252,03
1A051099	Plataforma 2	Calle 2	218,19	222,36	246,1	159,62	240
1A403684	Plataforma 2	Calle 2	220,11	233,78	210,13	216,71	226,52
1A051099	Plataforma 2	Calle 3	221,33	214,53	229,93	227,4	236,68
1A051099	Plataforma 2	Calle 3	209,77	223,15	236,85	211,94	159,59
1A403684	Plataforma 2	Calle 3	157,88	138,15	146,95	152,96	200,7
1A403626	Plataforma 2	Calle 4	201,14	208,93	215,22	207,34	219,33
1A051099	Plataforma 2	Calle 4	203,51	156,26	215,31	231,62	216,65
1A403684	Plataforma 2	Calle 4	139,28	124,35	139,18	121,86	128,16
1A403626	Plataforma 2	Calle 5	128,17	119,99	143,02	129,91	118,15
1A051099	Plataforma 2	Calle 5	120,65	115,25	57,66	131,89	119,2
1A403684	Plataforma 2	Calle 5	133,41	126,89	146,42	142,63	139,28
1A403626	Plataforma 1	Despachos	33,16	41,23	38,22	46,09	43,03
1A051099	Plataforma 1	Despachos	40,12	36,15	24,98	101,69	47,56
1A403684	Plataforma 1	Despachos	48,35	124,48	57,19	59,25	55,15
1A403626	Plataforma 2	Despachos	48,05	50,46	54,28	101,39	106,96
1A051099	Plataforma 2	Despachos	46,25	51,33	49,65	53,39	59,65
1A403684	Plataforma 2	Despachos	49,17	53,32	55,82	59,34	102,07
1A403626	Plataforma 1	Promociones	50,01	48,67	37,66	50,75	203,18
1A051099	Plataforma 1	Promociones	52,31	45,02	37,99	47,71	56,29
1A403684	Plataforma 1	Promociones	107,48	40,43	34,9	48,55	44,4
1A403626	Plataforma 2	Promociones	112,17	59,89	55,96	105,49	105,15
1A051099	Plataforma 2	Promociones	101,98	103,56	115,33	120,12	117,22
1A403684	Plataforma 2	Promociones	105,78	121,33	107,15	117,15	145,45
1A403626	Calle 5	Promociones	51,46	36,28	55,59	50,09	49,56
1A051099	Calle 5	Promociones	59,65	48,52	62,24	48,25	56,24
1A403684	Calle 5	Promociones	101,6	105,61	57,16	50,59	106,28
1A403626	Calle 2	Despachos	203,18	139,78	143,07	203,5	206,1
1A051099	Calle 2	Despachos	217,64	132,16	205,11	137,3	207,98
1A403684	Calle 2	Despachos	150,31	155,56	146,48	212,51	200,01
1A403626	Calle 3	Despachos	143,93	146,09	150,12	155,67	101,15
1A051099	Calle 3	Despachos	125,68	113,84	144,9	202,97	203,15
1A403684	Calle 3	Despachos	108,42	130,04	153,11	141,14	119,51
1A403626	Calle 4	Despachos	122,39	59,27	105,26	50,18	51,47
1A051099	Calle 4	Despachos	145,19	159,12	147,43	56,66	140,01
1A403684	Calle 4	Despachos	136,36	110,93	118,48	145,69	57,97
1A403626	Calle 5	Despachos	53,68	48,17	56,19	37,95	59,27
1A051099	Calle 5	Despachos	57,89	42,13	56,09	113,38	44,98
1A403684	Calle 5	Despachos	104,43	48,31	51,46	101,64	100,69

Ilustración 1. Tiempo de desplazamiento montacargas

6.2 Recopilación y modelado de datos

Para efectos de la modelación en el Software Simul8 se considerarán las siguientes variables:

- Cantidad: número de muestras estibas que ingresan por semanalmente al CEDI. Periodicidad con la que llegan las muestras al sistema.
- Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 1 y la Calle 2.
- Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 1 y la Calle 3.
- Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 1 y la Calle 4
- Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 1 y la Calle 5.
- Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 2 y la Calle 2.
- Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 2 y la Calle 3.
- Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 2 y la Calle 4
- Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 2 y la Calle 5.
- Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 1 y Despachos.
- Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 2 y Despachos.
- Tiempo de desplazamiento entre la Calle 5 y Promociones.
- Tiempo de desplazamiento entre la Calle 2 y Despachos.
- Tiempo de desplazamiento entre la Calle 3 y Despachos.
- Tiempo de desplazamiento entre la Calle 4 y Despachos.
- Tiempo de desplazamiento entre la Calle 5 y Despachos.
- P Porcentaje de utilización de cada montacarga.
- Porcentaje de utilización por tuno laborado.

7. Ajuste de datos en @risk

Una vez encontrado el tamaño de muestra mínimo requerido para validar el modelo a analizar se procede a realizar las pruebas de bondad y ajuste con el programa @risk. Esto con el fin de ingresar en cada nodo de Simul8 el tipo de distribución asociada a los tiempos tomados en los desplazamientos de cada Montacarga ver (**Ilustración 1**). Los resultados obtenidos se presentan a continuación en la (**Ilustración 2**).

Tipo de distribución por variable						
Variable	Tipo de Distribución	Moda	Media	Desviación Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
Tiempo de desplazamiento entre la plataforma	Uniforme	210.21	177.64	28.54	141.03	211.15

1 y la Calle 2.						
Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 1 y la Calle 3.	Triangular	54,75	110.77	31.16	53.18	143.060
Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 1 y la Calle 4	Normal	147,93	139.92	22,44	101.08	201.25
Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 1 y la Calle 5.	Lognormal	47.78	45.211	17.86	22.15	100.56
Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 2 y la Calle 2.	Triangular	221.54	215.43	27.70	156.42	252.03
Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 2 y la Calle 3.	Triangular	212.08	197.85	35.83	138.15	236.85
Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 2 y la Calle 4	Uniforme	204.0	181.88	41.08	121.86	231.62
Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 2 y la Calle 5.	Triangular	119.94	124.83	21.05	57.66	146.42
Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 1 y Despachos.	Exponencial	53.66	62.74	21.43	46.25	106.96
Tiempo de desplazamiento entre la plataforma 2 y Despachos.	Lognormal	53.66	63.72	22.44	47.52	107.98
Tiempo de desplazamiento entre la Calle 5 y Promociones.	Exponencial	50.08	62.60	22.51	36.28	106.28
Tiempo de desplazamiento entre la Calle 2 y Despachos.	Uniforme	204.93	177.37	33.43	132.16	217.64

Tiempo de desplazamiento entre la Calle 3 y Despachos.	Triangular	143.32	142.65	29.71	101.15	203.15
Tiempo de desplazamiento entre la Calle 4 y Despachos.	Uniforme	52.77	109.07	40.68	50.18	159.12
Tiempo de desplazamiento entre la Calle 5 y Despachos.	Exponencial	55.32	65.08	25.74	37.95	113.38

Ilustración 2. Tipo de distribución por variable

7.1 Distribuciones Modelo Actual en Simul8

Gracias a las distribuciones halladas mediante @Risk y las cuales se resumen en la (**Ilustración 2**) se procede a la creación de las mismas en Simul8, esto se hace con el fin de asociarlas en los nodos que representan el desplazamiento entre las plataformas 1 y 2 de producción y las calles 2,3,4 y 5 de la Bodega Logística. Como se puede observar en la (**Figura 14**) se crean el listado de etiquetas y el listado de distribuciones ajustadas para correr el modelo correctamente y que sea una representación fiel al sistema observado en la vida real.

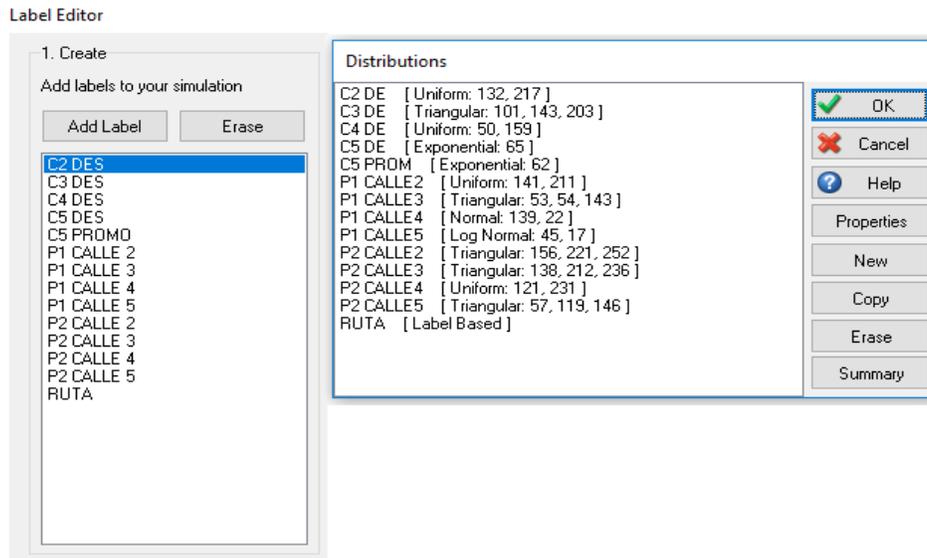


Figura 144. Distribuciones Modelo Actual

8. Elaboración de un modelo formal

Como se mencionó anteriormente la elaboración del modelo se lleva a cabo en el Software Simul8, en este se representa el tiempo de desplazamientos de los montacargas utilizados en el proceso de recepción, transporte y almacenamiento de mercancía en la Bodega de Almacenamiento de la Planta Derivados Lácteos. Para realizar esta simulación se tuvo en cuenta la cantidad de estibas que se reciben semanalmente en el CEDI desde cada una de las dos plataformas de producción. Esta información histórica de las 24 semanas del 2019 fue otorgada por el Asesor Externo de este proyecto el Ing. Jorge Londoño y su resumen se relaciona en la (**Ilustración 4**).

Como se puede observar en la (**Figura 15**) se crearon los nodos con cada una de las posibles rutas que puede realizar un montacarga en el CEDI durante el movimiento de mercancía. Iniciando en las 2 plataformas de producción y llegando a la calle destino, también se incluyó el recorrido desde la Calle 5 hasta la puerta de acceso a Promociones (Kitting) ya que este es un cuello de botella considerable para el despacho. Por último, se graficó el desplazamiento desde cada una de las calles hasta la zona de Despachos (Picking) donde se hace el cargue de los vehículos. La dirección de las flechas representa el flujo del producto en el sistema y como se mueve a través del proceso.

Como se mencionó en el (**Apartado 7.1**) los tiempos tomados y ajustados ya fueron creados en el sistema y a cada ruta se le asoció su distribución con la respectiva media, moda, valor máximo, valor mínimo y la desviación estándar. Este punto es fundamental ya que determina la cantidad de mercancía que pasa por los nodos y representa el volumen movido por cada montacarga, permitiendo establecer el porcentaje de trabajo de la cada ruta. Por último se creó en el sistema los 3 Montacargas que operan en el CEDI, así mismo se establecieron los turnos de trabajo de acuerdo a lo observado, donde se encontró que el montacarga 1 labora los tres turnos y el quipo 2 y 3 descansa un turno en la tarde o noche respectivamente. Estos representan el recurso del modelo y se convierten en su principal restricción.

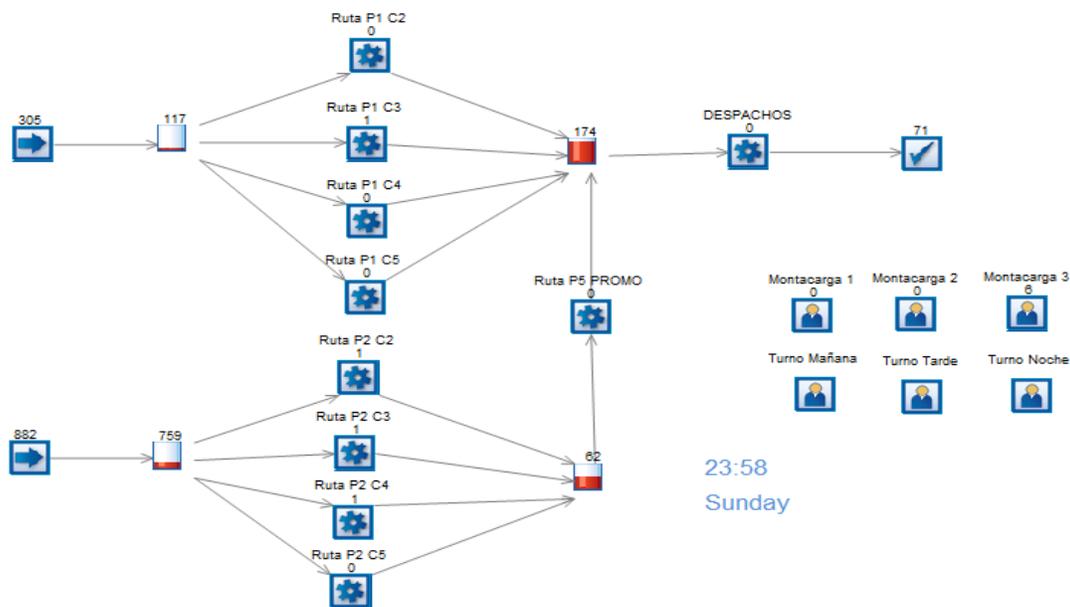


Figura 15. Modelo Actual Simul8

9. Análisis de resultados Situación Actual

Mediante la representación del modelo actual en el Software Simul8 y después de correrlo por 1000 semanas se determinó que en promedio se reciben semanalmente en el CEDI 1179,19 estibas lo cual coincide con los datos históricos de ocupación presentados en la (Ilustración 4). Por la plataforma 1 ingresan 334.17 estibas y por la plataforma 2 ingresan 839.53. Respecto a las montacargas se encontró que para la numero 1 hay una utilización del 99.34%, para la montacarga 2 su utilización es de 98.05% y por último para la montacarga 3 la utilización es de 39.45%. Se debe tener en cuenta que en el turno de la mañana laboran los tres montacargas, mientras que para los turnos de la tarde y noche solo se utilizan dos equipos. En la (Figura 16) se pueden ver los resultados obtenidos después de correr el modelo.

Respecto al porcentaje de trabajo de las calles se observa que la más alta es la Calle 2 desde la plataforma 1 y plataforma 2, con un 63.05% y 67.84% respectivamente. Estos resultados coinciden con la toma de tiempos realizada ya que fue la más demorada para la ubicación de estibas por su lejanía. En la Calle 4 también se obtuvieron resultados altos desde ambas plataformas con el 59.35 % en promedio. Por el contrario la Calle 5 fue la más rápida y con un resultado menor en el porcentaje de trabajo, esto se debe a que está al frente de las plataformas y su desplazamiento es muy corto.

Results

SALIDA PRODUCTO	Average Time in System	4482.03	4493.93	4505.82
Montacarga 1	Utilization %	99.34	99.35	99.37
Montacarga 2	Utilization %	98.05	98.09	98.12
Montacarga 3	Utilization %	39.45	39.46	39.47
Turno Mañana	Utilization %	99.34	99.35	99.37
Turno Noche	Utilization %	98.69	98.72	98.74
Turno Tarde	Utilization %	98.69	98.72	98.74
Plataforma 1	Number Entered	334.47	335.61	336.75
Plataforma 2	Number Entered	837.72	839.53	841.34
Ruta P1 C2	Working %	63.05	63.14	63.23
Ruta P1 C3	Working %	41.63	41.72	41.81
Ruta P1 C4	Working %	55.92	56.03	56.14
Ruta P1 C5	Working %	26.35	26.43	26.50
Ruta P2 C2	Working %	67.84	67.91	67.98
Ruta P2 C3	Working %	41.86	41.95	42.04
Ruta P2 C4	Working %	62.79	62.89	62.99
Ruta P2 C5	Working %	1.16	1.20	1.23
Ruta P5 PROMO	Working %	33.17	33.37	33.56

Figura 16. Resultados Modelo Actual

10. Modelo propuesto (Layout Mejorado)

Para realizar la nueva distribución del CEDI se debe cerrar definitivamente el acceso a la cava de madurados. La puerta se debe ser reubicada por un costado de la cava de exportación. Esto trae varios beneficios ya que elimina el tránsito de este personal por los pasillos y evita un riesgo de accidente con los montacargas o por caída de canastillas. Además se disminuye el saqueo de Yogures, Quesos y Arequipes el cual es un ahorro en reposición a las comercializadoras de producto faltante en canastilla.

Una vez se tiene este espacio se puede ocupar una estantería nueva continuando la línea de la calle dos, en total se ganan 94 espacios para estibas nuevas en las cuales se puede almacenar producto.

La estantería de la calle 3 se pasa al medio de la calle ya que son de característica iguales y se pueden acoplar sin problemas, al final de esta se corren dos módulos para abrir un pasillo el cual permite transitar a los montacargas en un solo sentido y sin contraflujos. Es decir, que si acceden por la calle 2 no tiene que regresar al centro del CEDI sino que pasan a la calle 3 sin problemas que impida su regreso. El principal beneficio es que se puede establecer un solo sentido de recorrido para las calles y esto evitará accidentes con el personal y otros equipos, también permite hacer un ahorro en el tiempo muerto del montacarga que ya no debe esperar.

En el espacio de PNC se reubica la estantería de la calle 4 y se pasa la puerta de acceso a Picking para que pueda entrar toda en su totalidad. En cuanto a los productos no conformes se deben sacar de la Bodega Logística y se deben empezar a enviar inmediatamente se detecten al contenedor de “bajas lácteas”, actualmente PNC es una estantería transitoria la cual se puede aprovechar el espacio para almacenar producto conforme.

Por último se deben trasladar dos cuerpos del centro de la estantería dinámica hacia la parte de atrás de la misma, este procedimiento es fácil de hacer ya que la estantería permite acoplarse y desacoplarse en cualquiera de sus lados y niveles.

Este movimiento se hace con el fin de abrir un pasillo que conecta desde las plataformas hasta el centro del CEDI y accediendo a todas las calles, además permite descongestionar la puerta de acceso a Despachos y por lo tanto mejoraría el flujo de los derivados hasta el cargue de los vehículos. En la (**Figura 17**) se puede observar todas las mejoras planteadas anteriormente y como gracias a cada una de ellas se logra conseguir un flujo continuo para los Montacargas, permitiendo llegar cada ubicación de las estanterías dentro de la Bodega Logística en menos tiempo.

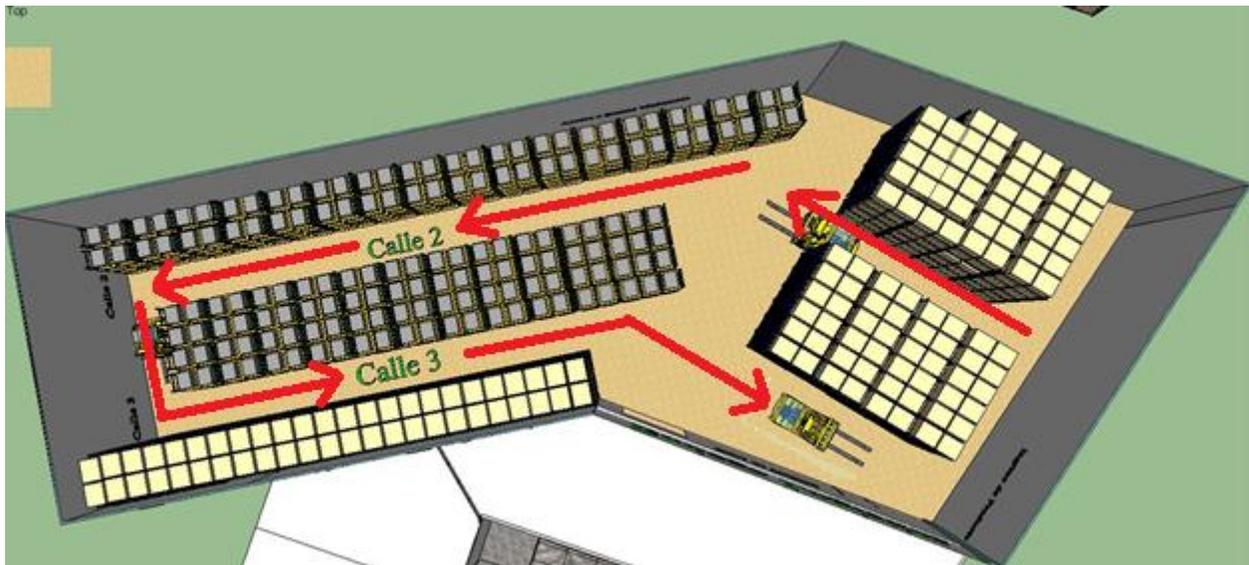


Figura 17. Layout Modelo Propuesto

Como se puede observar en la (**Figura 17**) se eliminó los contraflujos ya que se abren dos pasillos, los cuales permiten que los montacargas giren sin problema y no se tengan que devolver por donde ingresaron cuando llevan el producto. Esto elimina los tiempos de espera incurridos ya que mientras un montacarga estuviera en una calle el otro no podía ingresar hasta que se retirará el primero.

Este tiempo de espera mientras se accede a una calle ocupada por otro Montacarga fue tomado en el proceso de muestreo y se descontó de cada una de las mediciones realizadas para el modelo actual.

Como se puede ver en la (**Ilustración 3**) al descontar los tiempos muertos eliminados con el Layout propuesto se obtienen tiempos de desplazamientos menores a los iniciales, los cuales serán utilizados para la alimentar el modelo propuesto en Simul8 después de ajustar con @Risk y hallar las nuevas distribuciones.

Tiempo de Espera para acceder a Calles ocupadas								
Montacarga	Inicia	Termina	Tiempo Espera	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5
1A403626	Plataforma 1	Calle 2	51,4	150,73	105,73	89,63	159,75	94,92
1A051099	Plataforma 1	Calle 2	48,7	110,68	154,57	105,02	97,45	110,2
1A403684	Plataforma 1	Calle 2	57,2	153,15	150,61	144,93	98,83	151,95
1A403626	Plataforma 1	Calle 3	42,6	11,21	62,76	81,62	76,63	84,75
1A051099	Plataforma 1	Calle 3	38,7	16,52	71,48	92,33	64,21	94,57
1A403684	Plataforma 1	Calle 3	40,1	15,12	95,06	88,34	102,96	97
1A403626	Plataforma 1	Calle 4	31	107,17	90,12	116,35	121,11	118,57
1A051099	Plataforma 1	Calle 4	34,8	107,35	91,72	166,45	101,98	116,36
1A403684	Plataforma 1	Calle 4	27,9	73,18	85,09	108,81	118,96	107,1
1A403626	Plataforma 1	Calle 5	12,8	24,93	29,76	26,34	39,55	25,68
1A051099	Plataforma 1	Calle 5	20,7	26,46	15,44	1,45	7,95	22,16
1A403684	Plataforma 1	Calle 5	18,9	81,66	29,15	40,12	29,25	16,26
1A403626	Plataforma 2	Calle 2	37,9	207,18	195,26	118,52	174,38	214,13
1A051099	Plataforma 2	Calle 2	23,7	194,49	198,66	222,4	135,92	216,3
1A403684	Plataforma 2	Calle 2	32,4	187,71	201,38	177,73	184,31	194,12
1A051099	Plataforma 2	Calle 3	40,7	180,63	173,83	189,23	186,7	195,98
1A051099	Plataforma 2	Calle 3	28,7	181,07	194,45	208,15	183,24	130,89
1A403684	Plataforma 2	Calle 3	37,2	120,68	100,95	109,75	115,76	163,5
1A403626	Plataforma 2	Calle 4	27,5	173,64	181,43	187,72	179,84	191,83
1A051099	Plataforma 2	Calle 4	22,3	181,21	133,96	193,01	209,32	194,35
1A403684	Plataforma 2	Calle 4	30,6	108,68	93,75	108,58	91,26	97,56
1A403626	Plataforma 2	Calle 5	15,75	112,42	104,24	127,27	114,16	102,4
1A051099	Plataforma 2	Calle 5	12,7	107,95	102,55	44,96	119,19	106,5
1A403684	Plataforma 2	Calle 5	11,99	121,42	114,9	134,43	130,64	127,29
1A403626	Plataforma 1	Despachos	5,68	27,48	35,55	32,54	40,41	37,35
1A051099	Plataforma 1	Despachos	7,98	32,14	28,17	17	93,71	39,58
1A403684	Plataforma 1	Despachos	10,15	38,2	114,33	47,04	49,1	45
1A403626	Plataforma 2	Despachos	4,03	44,02	46,43	50,25	97,36	102,93
1A051099	Plataforma 2	Despachos	7,05	39,2	44,28	42,6	46,34	52,6
1A403684	Plataforma 2	Despachos	9,19	39,98	44,13	46,63	50,15	92,88

1A403626	Calle 5	Promociones	19,12	32,34	17,16	36,47	30,97	30,44
1A051099	Calle 5	Promociones	10,56	49,09	37,96	51,68	37,69	45,68
1A403684	Calle 5	Promociones	22,35	79,25	83,26	34,81	28,24	83,93
1A403626	Calle 2	Despachos	55,18	148	84,6	87,89	148,32	150,92
1A051099	Calle 2	Despachos	45,98	171,66	86,18	159,13	91,32	162
1A403684	Calle 2	Despachos	50,15	100,16	105,41	96,33	162,36	149,86
1A403626	Calle 3	Despachos	47,82	96,11	98,27	102,3	107,85	53,33
1A051099	Calle 3	Despachos	36,61	89,07	77,23	108,29	166,36	166,54
1A403684	Calle 3	Despachos	44,98	63,44	85,06	108,13	96,16	74,53
1A403626	Calle 4	Despachos	35,68	86,71	23,59	69,58	14,5	15,79
1A051099	Calle 4	Despachos	26,85	118,34	132,27	120,58	29,81	113,16
1A403684	Calle 4	Despachos	25,59	110,77	85,34	92,89	120,1	32,38
1A403626	Calle 5	Despachos	18,59	35,09	29,58	37,6	19,36	40,68
1A051099	Calle 5	Despachos	12,15	45,74	29,98	43,94	101,23	32,83
1A403684	Calle 5	Despachos	11,04	93,39	37,27	40,42	90,6	89,65

Ilustración 3. Tiempo de Espera

10.1 Distribuciones Modelo Actual en Simul8

Los tiempos de espera tomados durante el muestreo fueron restados de los tiempos tomados para el modelo actual, esto es válido hacerlo ya que con el Layout propuesto se eliminan los contraflujos y permite la optimización de los desplazamientos de los montacargas. Luego, al igual que en el modelo actual se ajustaron las distribuciones mediante @Risk las cuales se resumen en la (**Ilustración 3**), se procede a crearlas en Simul8 con el fin de asociarlas en los nodos que representan el desplazamiento entre las plataformas 1 y 2 de producción y las calles 2,3,4 y 5 del CEDI. Como se puede observar en la (**Figura 18**) se crea el listado de etiquetas y el listado de distribuciones ajustadas para correr el modelo correctamente y que sea una representación fiel al sistema modelado del proyecto.

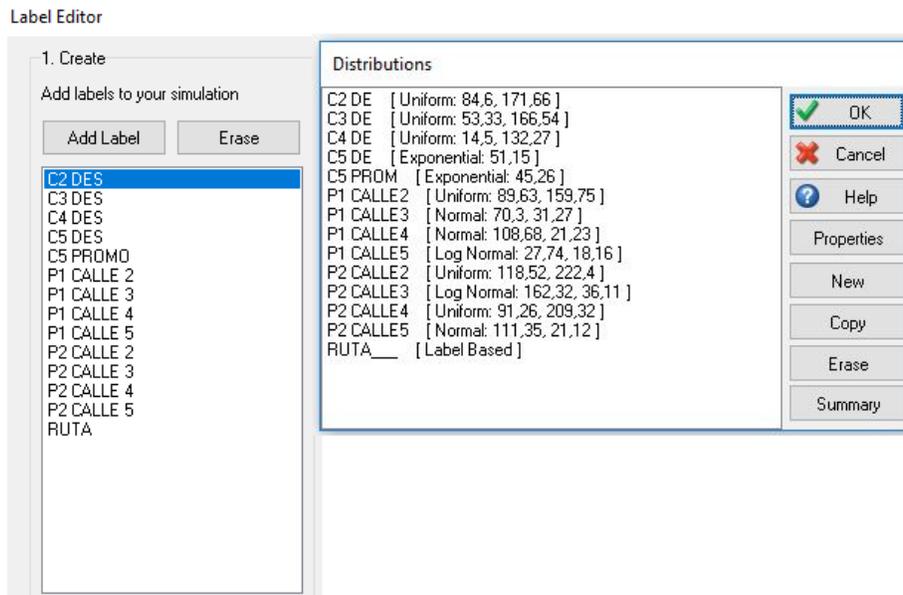


Figura 18. Distribuciones Modelo Propuesto

11. Análisis de resultados Situación Actual

Nuevamente mediante la representación del modelo actual en el Software Simul8 y después de correrlo por 1000 semanas se determinó que en promedio se reciben semanalmente en el CEDI 1160,2 estibas lo cual coincide con los datos históricos de ocupación presentados en la (Ilustración 5) y con el promedio hallado en los resultados del modelo actual como se puede observar en la (Figura 16).

Desde la plataforma 2 ingresan 834.02 estibas y por la plataforma 1 ingresan 326.18. Respecto al rendimiento de las montacargas se encontró que para la numero 1 su porcentaje de utilización baja al 82.99%, para la montacarga 2 su utilización también disminuye a 62.48% y por último la montacarga 3 presenta un porcentaje de utilización reducido de 24.97%. Esta mejoría notable se debe a que el tiempo de desplazamientos entre las plataformas y cada uno de las calles es menor debido al mejoramiento del flujo y la eliminación de los tiempos muertos. Además de acuerdo a los resultados obtenidos en la (Figura 19) también hay una concordancia con los turnos donde se cuenta con tres montacargas en la mañana y dos entre la tarde y la noche.

Es importante recordar que cada Ruta en la (Figura 19) representa el tiempo demorado en moverse entre esa calle y la plataforma. En este sentido se puede observar que al igual que los resultados anteriores también hay una mejoría notable en los resultados del porcentaje de trabajo de las calles. La de mayor valor continua siendo la Calle 2 que desde la plataforma 1 y plataforma 2 presenta un porcentaje de trabajo de 31.71 % y 36.25% respectivamente. Al igual que en el modelo actual es seguida por Calle 4 donde se obtuvo 25.46% de trabajo para desde la Plataforma 1 y 30.52% desde la

Plataforma 2. Estos resultados coinciden con la toma de tiempos realizada ya que fue la más demorada para la ubicación de estibas por su lejanía.

La Ruta P2 C5 es el único dato que subió de porcentaje de trabajo, esto era de esperarse ya que por su cercanía de esta calle a las plataformas el tiempo muerto fue muy bajo en el muestreo realizado.

Results

SALIDA PRODUCTO	Average Time in System	4265.14	4307.72	4350.29
Montacarga 1	Utilization %	82.99	83.05	83.11
Montacarga 2	Utilization %	62.48	62.55	62.62
Montacarga 3	Utilization %	24.97	24.97	24.98
Turno Mañana	Utilization %	82.99	83.05	83.11
Turno Noche	Utilization %	72.77	72.80	72.82
Turno Tarde	Utilization %	72.77	72.80	72.82
Plataforma 1	Number Entered	326.18	332.29	338.40
Plataforma 2	Number Entered	834.02	843.46	852.91
Ruta P1 C2	Working %	31.71	32.07	32.43
Ruta P1 C3	Working %	16.13	16.36	16.60
Ruta P1 C4	Working %	25.46	25.79	26.11
Ruta P1 C5	Working %	8.98	9.19	9.40
Ruta P2 C2	Working %	36.25	36.53	36.81
Ruta P2 C3	Working %	16.24	16.54	16.85
Ruta P2 C4	Working %	30.52	30.88	31.23
Ruta P2 C5	Working %	20.03	20.29	20.55
Ruta P5 PROMO	Working %	11.42	12.14	12.86

Figura 19. Resultados Modelo Propuesto

12. Ocupación del cedi

Basados en datos históricos de lo que va corrido en el 2019 se estableció que en promedio llegan al CEDI 1098.66 estibas semanalmente con productos desde las diferentes áreas de producción (**Ilustración 4**). Teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento de estiba en estantería de la Bodega Logística es de 1430 se obtiene que en promedio su porcentaje de ocupación es del 76,83%.

Con la redistribución propuesta del CEDI se aumentó en 94 estibas más la capacidad de almacenamiento, específicamente en la Calle 3. Este crecimiento representa el 4.74% de la estantería actual y que puede ser aprovechada a futuro cuando crezca el volumen de la producción. Así mismo es importante mencionar que con las 1524 estibas del modelo propuesto se baja a 72.09% el nivel promedio de ocupación semanal de la Bodega de Logística.

Ocupación Bodega Logística CEDI										
Semana	Arequipe		Gelatina		Hilado		Industrial		Madurados	
Semana 1	36	3,12%	40	3,47%	97	8,41%	22	1,91%	14	1,21%
Semana 2	29	3,10%	38	4,06%	87	9,30%	18	1,93%	18	1,93%
Semana 3	34	3,98%	21	2,46%	76	8,89%	23	2,69%	23	2,69%
Semana 4	23	2,78%	12	1,45%	57	6,88%	17	2,05%	29	3,50%
Semana 5	38	4,09%	36	3,88%	54	5,82%	12	1,29%	32	3,45%
Semana 6	31	2,79%	32	2,88%	61	5,49%	11	0,99%	30	2,70%
Semana 7	36	2,98%	43	3,56%	33	2,73%	17	1,41%	18	1,49%
Semana 8	38	2,98%	46	3,61%	38	2,98%	20	1,57%	10	0,78%
Semana 9	36	3,08%	43	3,68%	27	2,31%	16	1,37%	10	0,86%
Semana 10	27	2,32%	35	3,01%	25	2,15%	13	1,12%	11	0,95%
Semana 11	27	2,46%	39	3,55%	41	3,73%	14	1,27%	11	1,00%
Semana 12	31	3,00%	38	3,68%	42	4,06%	10	0,97%	13	1,26%
Semana 13	30	2,87%	19	1,81%	54	5,16%	10	0,96%	9	0,86%
Semana 14	27	2,48%	28	2,57%	33	3,03%	13	1,19%	8	0,73%
Semana 15	26	2,29%	35	3,08%	35	3,08%	16	1,41%	17	1,50%
Semana 16	31	2,76%	26	2,31%	35	3,11%	11	0,98%	15	1,33%
Semana 17	30	2,72%	29	2,63%	26	2,36%	6	0,54%	32	2,91%
Semana 18	37	3,14%	37	3,14%	19	1,61%	6	0,51%	31	2,63%
Semana 19	31	2,89%	30	2,79%	34	3,17%	12	1,12%	34	3,17%
Semana 20	28	2,53%	39	3,53%	33	2,99%	10	0,90%	35	3,17%
Semana 21	33	2,87%	27	2,35%	35	3,04%	7	0,61%	41	3,56%
Semana 22	44	3,84%	31	2,71%	28	2,44%	10	0,87%	42	3,66%
Semana 23	49	4,20%	37	3,17%	60	5,15%	8	0,69%	43	3,69%
Semana 24	49	3,94%	29	2,33%	76	6,10%	14	1,12%	34	2,73%
Promedio	33	3,05%	33	2,99%	46	4,33%	13	1,23%	23	2,16%

Semana	MaduradosPD N		Queso Blanco		Untables		Yogur		Total
Semana 1	51	4,42%	121	10,49%	122	10,58%	650	56,37%	1153
Semana 2	49	5,24%	77	8,24%	100	10,70%	519	55,51%	935
Semana 3	49	5,73%	65	7,60%	143	16,73%	421	49,24%	855
Semana 4	47	5,68%	66	7,97%	115	13,89%	461	55,68%	827
Semana 5	40	4,31%	80	8,62%	136	14,66%	500	53,88%	928
Semana 6	43	3,87%	114	10,25%	158	14,21%	632	56,83%	1112
Semana 7	48	3,98%	124	10,27%	134	11,10%	755	62,55%	1208
Semana 8	56	4,39%	102	8,00%	156	12,24%	810	63,53%	1276
Semana 9	49	4,19%	63	5,39%	176	15,06%	749	64,07%	1169
Semana 10	55	4,73%	121	10,40%	148	12,73%	728	62,60%	1163

Semana 11	52	4,73%	113	10,28%	147	13,38%	655	59,60%	1099
Semana 12	48	4,64%	110	10,64%	121	11,70%	620	59,96%	1033
Semana 13	48	4,58%	84	8,02%	130	12,42%	664	63,42%	1048
Semana 14	49	4,50%	103	9,45%	146	13,39%	684	62,75%	1091
Semana 15	50	4,41%	112	9,87%	157	13,83%	689	60,70%	1137
Semana 16	49	4,36%	109	9,70%	171	15,21%	675	60,05%	1122
Semana 17	52	4,72%	86	7,81%	150	13,62%	691	62,76%	1102
Semana 18	42	3,57%	126	10,71%	165	14,02%	714	60,66%	1177
Semana 19	46	4,28%	123	11,45%	150	13,97%	616	57,36%	1076
Semana 20	46	4,16%	93	8,42%	150	13,57%	671	60,72%	1105
Semana 21	46	4,00%	93	8,08%	160	13,90%	709	61,60%	1151
Semana 22	42	3,66%	97	8,46%	164	14,31%	688	60,03%	1146
Semana 23	43	3,69%	83	7,12%	152	13,04%	692	59,35%	1167
Semana 24	42	3,37%	83	6,67%	152	12,21%	766	61,53%	1245
Promedio	48	4,38%	98	8,91%	146	13,35%	657	59,62%	1096,88

Ilustración 4. Ocupación CEDI

13. Resultados y análisis

- Como se puede observar en la (Ilustración 5) con el diseño propuesto se aumenta la capacidad del CEDI en 94 estibas más para almacenar mercancía. Se ubican en la antigua puerta de Madurados y se aumenta el tamaño de la Calle 3 sacando la estantería de PNC al contenedor de “Bajas Lacteas” ya que allí es donde debe estar. El Porcentaje de ocupación actual de la Bodega Logística es del 76.83%, con la nueva distribución se disminuye a 72.02%. Representando una mejora en el 4.74%.

Layout Actual				Layout Propuesto			
Nombre	Módulo	Nivel	Total	Nombre	Módulo	Nivel	Total
Calle 2	40	4	162	Calle 2	64	4	256
Calle 3	92	4	368	Calle 3	99	4	396
Calle 4	48	7	336	Calle 4	44	7	308
Calle 5	94	6	564	Calle 5	94	6	564
TOTAL			1430	TOTAL			1524

Ilustración 5. Resumen Ocupación CEDI

- Gracias al ahorro de tiempos muertos en los recorridos los porcentajes de utilización de cada montacargas disminuyen. Para la Montacarga 1 baja en 16 %,

respecto a la Montacarga 2 se reduce en 35.54 %. Por último se obtiene un ahorro en el Montacarga 3 del 14.49 %.

- Según los resultados obtenidos en la (**Ilustración 6**) el porcentaje de utilización de los turnos mañana, tarde y noche se redujeron en 16.32%, 35.54% y 14.49 % respectivamente. Este ahorro se puede evaluar económicamente y seguramente sería un ahorro en costo considerable si se tiene en cuenta que estos equipos utilizan electricidad para cargar las baterías, el desgaste de los equipos y el valor de la hora de los operarios.
- Como se puede ver en la (**Ilustración 6**) se puede establecer que en general todas las rutas disminuyeron su porcentaje de trabajo excepto la ruta P2 C5 la cual aumentó en 19 %. Este resultado no es representativo si se tiene en cuenta que para las ocho rutas restantes se optimizó su tiempo de desplazamiento en 213.93 % sumando el promedio de cada una.
- En cuanto al comportamiento de las Plataformas se puede observar en la (**Ilustración 6**) que continúan con el mismo comportamiento del modelo actual, se ve un poco afectada la 2 en -3.93 % según el promedio de entrada del modelo propuesto. Sin embargo en promedio siguen entrando 839.53 estibas semanalmente. Es decir que el modelo responde a la situación actual. Además si se tiene en cuenta que el tiempo de recorrido de los montacargas es menor se espera que su flujo mejore.

DESCRIPCIÓN		MODELO ACTUAL CEDI			MODELO PROPUESTO CEDI			ACTUAL VS PROPUESTO		
SALIDA PRODUC	Average Time In S	4482,03	4493,93	4505,82	4265,14	4307,72	4350,29	216,89	186,21	155,53
Montacarga 1	Utilization %	99,34	99,35	99,37	82,99	83,05	83,11	16,35	16,3	16,26
Montacarga 2	Utilization %	98,05	98,09	98,12	62,48	62,55	62,62	35,57	35,54	35,5
Montacarga 3	Utilization %	39,45	39,46	39,47	24,97	24,97	24,98	14,48	14,49	14,49
Turno Mañana	Utilization %	99,34	99,35	99,37	82,99	83,05	83,11	16,35	16,3	16,26
Turno Noche	Utilization %	98,69	98,72	98,74	72,77	72,8	72,82	25,92	25,92	25,92
Turno Tarde	Utilization %	98,69	98,72	98,74	72,77	72,8	72,82	25,92	25,92	25,92
Plataforma 1	Number Entered	334,47	335,61	336,75	326,18	332,29	338,4	8,29	3,32	-1,65
Plataforma 2	Number Entered	837,72	839,53	841,34	834,02	843,46	852,91	3,7	-3,93	-11,57
Ruta P1 C2	Working %	63,05	63,14	63,23	31,71	32,07	32,43	31,34	31,07	30,8
Ruta P1 C3	Working %	41,63	41,72	41,81	16,13	16,36	16,6	25,5	25,36	25,21
Ruta P1 C4	Working %	55,92	56,03	56,14	25,46	25,79	26,11	30,46	30,24	30,03
Ruta P1 C5	Working %	26,35	26,43	26,5	8,98	9,19	9,4	17,37	17,24	17,1
Ruta P2 C2	Working %	67,84	67,91	67,98	36,25	36,53	36,81	31,59	31,38	31,17
Ruta P2 C3	Working %	41,86	41,95	42,04	16,24	16,54	16,85	25,62	25,41	25,19
Ruta P2 C4	Working %	62,79	62,89	62,99	30,52	30,88	31,23	32,27	32,01	31,76
Ruta P2 C5	Working %	1,16	1,2	1,23	20,03	20,29	20,55	-18,87	-19,09	-19,32
Ruta P5 PROMO	Working %	33,17	33,37	33,56	11,42	12,14	12,86	21,75	21,23	20,7

Ilustración 6. Resumen de Resultados

14. Conclusiones

- Mediante este trabajo se pudo evaluar el proceso y las condiciones de almacenamiento de la Bodega Logística en la Planta Derivados Lácteos. Con los resultados obtenidos se evidencia una oportunidad de mejora interesante para la empresa en cuanto a la redistribución de las estanterías, calles, puertas de acceso y pasillos actuales.
- Se cumple con el objetivo para este proyecto el cual era elaborar una propuesta de mejora en el Layout de la Bodega de Derivados Lácteos de la empresa Colanta de San Pedro de los milagros.
- Se logra identificar y caracterizar la situación actual de los procesos de la Bodega de Derivados Lácteos. Los cuales se tuvieron en cuenta para la realización del Layout actual modelado en Sketchup, luego estas mismas condiciones del proceso y restricciones fueron consideradas para realiza el modelo propuesto, para finalmente ser validados ambos con la ayuda del software Simul8.
- Mediante el Layout propuesto se plantea una alternativa de mejora en la redistribución de las zonas de almacenamiento, pasillos y áreas requeridas para un buen flujo de productos, equipos y personas en La Bodega de Derivados Lácteos.
- Mediante la realización de la nueva distribución del CEDI se pudo establecer que es posible optimizar en 4.74 % la ocupación actual de la Bodega Logística.
- Mediante la ayudas de Simul8 se logró correr 1000 semanas y obtener unos resultados óptimos para los tiempos de desplazamientos de los Montacargas y el porcentaje de trabajo por turno de las Plataformas. Se cuantificó cada uno de los recursos medidos y se simuló el nivel de mejora del proceso si se llega a ejecutar este proyecto.
- El proyecto arroja un resultado positivo ya que se logra optimizar el espacio actual de la Bodega Logística, donde se evidencia que sin necesidad de ampliación de infraestructura es posible redistribuir las estanterías, pasillos, calles y puertas de acceso para favorecer el flujo de los montacargas.
- Se mejoran las condiciones de trabajo del personal que labora en el CEDI ya que siempre circularan los Montacargas en un solo sentido, lo cual puede evitar accidentes e incidentes laborales. Así como también golpes entre equipos y a la estantería de la Bodega Logística.

15. Bibliografía

- Chang, Y., & Makatsoris, H. (2001). *Supply chain modeling using simulation. Simulation*, 2(1), 24–30. <http://doi.org/10.1177/003754970107700309>
- Ríos, Ortiz. Elkin Libardo “*Modulo Diseño de Sistemas Productivos*”. Primera edición, Mayo 2013
- Lee J. Krajewski y Larry P. Ritzman (1999), *Administración de operaciones: estrategia y análisis*, 5.a ed., Pearson, p. 300.
- Miranda, Juan José “*Gestión de Proyectos*”. Cuarta Edición.
- Lopez, Cesar (2005). *Muestreo Estadístico: Conceptos y problemas resueltos*. Primera Edición: Pearson Educacion.Madrid. ISBN: 9788420544113
- Banks, J., Nelson, B. L., Carson, J. S., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete-Event System Simulation. PrenticeHall International Series in Industrial and Systems Engineering*, 640. <http://doi.org/10.2307/1268124>
- Chang, Y., & Makatsoris, H. (2001). *Supply chain modeling using simulation. Simulation*, 2(1), 24–30. <http://doi.org/10.1177/003754970107700309>
- Kersten, W., & Saeed, M. A. (2012). A SCOR based analysis of simulation software in Supply Chain Management. *Proceedings 28th European Conference on Modelling and Simulation*.
- Marmolejo, Isaías., Macías, Rafael G., Santana, Francisca. (s.f). *Etapas de un modelos de simulación y la modelación con FlexSim*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/sahagun/n2/p1.html>
- Sargent, R. G. (2011). Verification and Validation of Simulation Models. *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, 11-14 Dec*, 2194–2205. <https://doi.org/10.1109/WSC.2011.6148117>