

**PROPUESTA DE UN DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE UN CENTRO LOGÍSTICO
HORTOFRUTÍCOLA EN UN MUNICIPIO DEL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA**

JEISON LEONARDO BURGOS CAMARGO

ANDRES FELIPE GUTIERREZ SOTO



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2019**

**PROPUESTA DE UN DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE UN CENTRO LOGÍSTICO
HORTOFRUTÍCOLA EN UN MUNICIPIO DEL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA**

JEISON LEONARDO BURGOS CAMARGO

ANDRES FELIPE GUTIERREZ SOTO

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero industrial

Director

Juan José Rojas Reyes, MSc

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2019**

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	6
1.1	GENERALIDADES DEL PROYECTO	7
1.1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.1.2	FORMULACION DEL PROBLEMA.....	8
1.2	JUSTIFICACION.....	8
1.3	OBJETIVOS.....	10
1.3.1	OBJETIVO GENERAL	10
1.3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	10
1.4	ANTEDECENTES.....	10
1.5	DISEÑO DEL METODO DE INVESTIGACION.....	13
2	DIAGNOSTICO DE LOS FACTORES DE PRODUCCION HORTOFRUTICOLA EN EL MUNICIPIO	15
3	DETERMINACION DEL TIPO Y PROPUESTA EL DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN.....	21
3.1	FACTORES DE LA DISTRIBUCION (SLP)	21
3.1.1	IDENTIFICACION DE DEBILIDADES	26
3.2	PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA	27
4	VALIDACION Y ANALISIS DE LA PROPUESTA MEDIANTE UN MODELO DE SIMULACIÓN	32
4.1	DISEÑO DEL EXPERIMENTO EN ARENA.....	32
4.2	SIMULACION.....	36
4.3	RESULTADOS.....	38
5	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
	BIBLIOGRAFIA	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorización de bodegas	17
Tabla 2. Caracterización de transporte.....	17
Tabla 3. Cantidad de establecimientos categorizados por bodega	18
Tabla 4. Porcentaje de establecimientos categorizados por bodega	18
Tabla 5. Análisis de los factores de distribución en la teoría de Muther	26
Tabla 7. Simbología tabla de relaciones.....	28
Tabla 8. Entidades del experimento	32
Tabla 9. Recursos del experimento	33
Tabla 10. Atributos del experimento	32
Tabla 11. Filas del experimento	33
Tabla 12. Eventos del experimento	34
Tabla 13. Medidas de Efectividad del experimento	35
Tabla 14. Resultados simulación en los tres escenarios	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño metodológico	14
Figura 2. Categorización y ubicación de los negocios agrícolas	16
Figura 3. Ubicación del terreno para la distribución	19
Figura 4. Distribución propuesta por la administración.....	21
Figura 5. Tabla de relaciones	28
Figura 6. Diseño propuesto de las bodegas del centro logístico.	31
Figura 7. Alternativa propuesta	31
Figura 8. Modelo conceptual de la simulación.....	36
Figura 9. Experimento en Arena.....	37

1 INTRODUCCIÓN

Es objetivo de toda organización obtener la mayor cantidad de beneficios posibles maximizando su producción con la optimización de los recursos empleados: insumos, mano de obra, transporte y logística, por lo cual toda empresa busca internamente la mejora constante de su eficiencia.

El siguiente proyecto se realiza en el municipio de la Unión, Valle del Cauca en el sector de alimentos perecederos. Se enfoca en temas de interés como lo son la distribución y localización de planta, el manejo de insumos, personal y materia prima y la vida útil de los productos. El proyecto se origina con el fin de dar solución a la problemática que atrasa el crecimiento de la población debido a la excesiva cantidad de organizaciones de esta índole sin tener un lugar donde puedan realizar sus actividades de manera apropiada sin afectar las otras actividades comerciales y cotidianas de la población. Se trata de optimizar la capacidad que poseen para satisfacer el crecimiento actual y futuro de la demanda de producto hortofrutícola.

En este proyecto se utilizan los fundamentos de la distribución de planta y un modelo de simulación para determinar el tiempo, las esperas y las colas con la distribución de planta del municipio y la propuesta. Para la realización del trabajo se planteó el problema de investigación, los objetivos y se realizó una revisión documental y bibliográfica de los métodos de simulación y su aplicación a problemas de selección de alternativas de distribución en planta. Luego se exponen los criterios relacionados con la distribución de planta existentes con mayor implementación en la ingeniería, así como los que están en vías de investigación y desarrollo. A partir del estudio y revisión mencionados, se realizó un diagnóstico en el municipio objeto de estudio en lo que respecta a la distribución, transporte, capacidad, demanda y factores de producción hortofrutícola para justificar la necesidad de la creación del centro logístico y evidenciar falencias, necesidades y limitaciones.

Luego se identificó un conjunto de factores críticos teniendo en cuenta los factores de la distribución para determinar el tipo y el diseño de distribución de planta del centro logístico hortofrutícola que se va realizar para satisfacer la demanda actual y futura del municipio. Posteriormente, se efectúa una validación de la propuesta de mejoramiento mediante un modelo de simulación y se realiza un análisis cuantitativo del diseño propuesto mediante técnicas de simulación y se establece cual es la alternativa más adecuada para resolver el problema de selección de distribución. Finalmente, se extraen las conclusiones y se proponen líneas de investigación futura.

1.1 GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ubicación de una empresa o proyecto, el diseño y organización de su distribución pueden mejorar notoriamente el manejo de materiales, el almacenaje y los procesos productivos en general permitiendo cumplir con su objeto social y a la vez lograr un mejor posicionamiento en el mercado con éxito. Esto partiendo del hecho que Colombia es el país latinoamericano con más embotellamientos y el tercero en el mundo en este sentido, de acuerdo con el escalafón publicado por la firma especializada Inrix (Portafolio, 2018)

El municipio de La Unión, Valle del Cauca no es diferente en esta problemática. En este municipio en particular donde por su ubicación geográfica le permite tener una versatilidad agrícola de admirar, el crecimiento de este tipo de negocios se está saliendo de control. Esto debido a que se están ubicando dentro del casco urbano, primero haciendo uso indebido de suelos por su actividad y ocupación del espacio y generando problemas de movilidad y contaminación por emisiones de gases contaminantes por los vehículos de carga pesada. Eso de la mano con la propuesta de “reducir los impactos de la carga en el ambiente y la movilidad de las ciudades, pero hace un llamado a las regiones para que impulsen el desarrollo y estrategias dirigidas a la construcción de infraestructuras logísticas especializadas que suplan las necesidades de acceso a la demanda de las ciudades” (Ministerio de transporte, 2018). Estas Provocando así que los límites establecidos para el crecimiento del casco urbano se estén viendo afectados teniendo en cuenta que existen asentamientos humanos, negocios y urbanizaciones que están utilizando suelo de alta calidad agrícola.

El crecimiento del comercio hortofrutícola, el continuo manejo de insumos, materiales y movimientos ha llevado al municipio a buscar la forma de ubicar y redistribuir el espacio disponible, ya que las diferentes bodegas no cuentan con sistemas que permita un mejor aprovechamiento del espacio debido a que no dispone de un espacio adecuado que permita su correcto almacenamiento, manipulación y transporte. Además, el descargue de la materia prima es realizado de manera artesanal en la mayoría de los establecimientos comerciales por los operarios de las mismas, actividad que puede llevarse a cabo a través de un montacargas logrando una menor manipulación de los materiales y agilizar el proceso de descargue de la materia prima. Esto conlleva a una menor ocupación de la superficie por unidad almacenada y a su vez reduce el costo de almacenamiento, evitando recurrir a el alquiler de otra bodega.

El otro síntoma de la problemática radica en los negocios previamente mencionados, estos como su principal fuente de actividad es la comercialización, distribución y almacenamiento de productos perecederos. El problema del transporte de la materia prima y el producto terminado genera problemas en la calidad del producto final, además de cómo están ubicados dentro del casco urbano, la contaminación cruzada sería un factor clave en la pérdida de calidad, clientes y beneficios. Estas infraestructuras pueden llegar reducir sustancialmente el desplazamiento de vehículos de carga y disminuir las emisiones de CO₂ en 24% (Ministerio de transporte, 2018).

Las frutas frescas juegan actualmente un papel muy importante en la alimentación humana puesto que contienen importantes nutrientes tales como las vitaminas K, C, A, B, E, entre otras. Que el cuerpo humano no puede sintetizar y por lo tanto deben ser ingeridas directamente; de otro lado, la población mundial es cada vez más consciente de nutrirse bien, pero sin consumir un exceso de calorías; por lo tanto, está convencida de que un consumo creciente de frutas frescas mejorará su salud salvo algunas excepciones debido a que su consumo para enfermos de diabetes está restringido por lo que tener un proceso altamente productivo desde la recolección hasta su despacho final sin tiempos ni movimientos innecesarios permitiría que los productos conserven mejor sus beneficios hasta llegar al cliente final. (Gamboa, 2011)

1.1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

Con base en lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué forma se puede realizar el diseño de distribución de planta de un centro logístico hortofrutícola garantizando el flujo de los procesos, optimización de los recursos y la adecuada ubicación de los establecimientos para aumentar la capacidad disponible y satisfacer el crecimiento actual y futuro de la demanda del municipio?

1.2 JUSTIFICACION

La globalización de los mercados exige productos de alta calidad lo que obliga a las empresas a utilizar herramientas de control, organización y optimización de sus procesos productivos para diferenciarse de sus similares y alcanzar mayor fuerza en el mercado. *Un plan dirigido a la mejora de los procesos productivos en cualquier organización, permite el correcto funcionamiento de los mismos, contribuye al aumento de la disponibilidad de los operarios, y en general mejora los niveles de operacionalización de cada actividad.* (Villafañe, 2005). Si se implementan, desarrollan y controlan las mejoras

en los procesos al interior de la empresa, se alcanzará un mejor desempeño de las tareas de los trabajadores, propiciando calidad en la entrega del producto y en la mejora de la productividad de la empresa para generar mayores utilidades, por lo que se requiere de la empresa la mejora continua de sus procesos y la búsqueda constante de productividad

La propuesta encaminada a los objetivos de ordenamiento territorial (Ramírez, 2015). Teniendo en cuenta que:

1. Como propósito y vocación de desarrollo humano y territorial La Unión visiona:

Consolidarse en el largo plazo del plan como el centro agroindustrial del norte del valle del cauca, potenciando el reconocimiento ya ganado en los ámbitos Nacional e Internacional como “La Despensa Hortofrutícola de Colombia”.

Y alrededor de esta vocación prioritaria se articulan los demás propósitos tendientes a alcanzar la sostenibilidad en las distintas dimensiones del desarrollo humano (ambiental, económica, social, política y cultural), estos propósitos incluyen:

2. Consolidarse como el Centro de Producción, Procesamiento, Comercialización e Investigación, en la subregión Norte del Valle, de los productos asociados a la agroindustria de la fruta y la hortaliza.
3. Potenciar y desarrollar la actividad turística asociada a los valores culturales y ambientales del territorio municipal.

Todo esto encaminado a el aprovechamiento y mejoramiento de las ventajas competitivas del municipio en la subregión norte del valle, Entre las que se subrayan:

1. La localización estratégica en el centro de la subregión Norte y su facilidad de conexión con los sistemas Nacionales y Regionales de Comunicación.
2. Las condiciones óptimas para una agricultura de alta productividad y variedad debidas a la calidad del Suelo Agrícola, a la aptitud del clima para el cultivo de frutales y hortalizas y a la existencia de infraestructuras que garantizan el riego.
3. La estructura de la propiedad del suelo rural predominantemente en Minifundio que facilita la variedad en la producción agrícola. (Ramírez, 2015)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un diseño de distribución de planta de un centro logístico hortofrutícola que permita mejorar el flujo de los procesos, optimización de los recursos y la adecuada ubicación de los establecimientos para aumentar la capacidad disponible y satisfacer la demanda.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un diagnóstico en el municipio objeto de estudio por medio del análisis de factores como distribución, transporte, capacidad, demanda y factores de producción hortofrutícola para justificar la necesidad de la creación del centro logístico.
- Determinar el tipo y el diseño de distribución de planta del centro logístico hortofrutícola que se va realizar con base en los principios de Muther y la metodología de Systematic Layout Planning para satisfacer la demanda.
- Validar la propuesta de mejoramiento mediante un modelo de simulación de eventos discretos para analizar el comportamiento del sistema de operaciones.

1.4 ANTEDECENTES

Las primeras distribuciones eran producto del hombre que llevaba a cabo el trabajo, o del arquitecto que proyectaba el edificio, se mostraba un área de trabajo para una misión o servicio específico, pero no reflejaba la aparición de ningún principio. Las distribuciones primitivas eran principalmente la creación de un hombre en su industria particular; Existían pocos objetivos específicos o procedimiento reconocidos, de distribución en planta. (Acero, 2009)

Con la llegada de la revolución industrial, hace unos 170 años, se transformó en objetivo económico, para los propietarios el estudiar la ordenación de sus fábricas. Las primeras mejoras fueron dirigidas hacia la mecanización del equipo. Se observó también que un taller limpio y ordenado era una ayuda para el buen funcionamiento de las empresas. A principios de siglo, la especialización del trabajo empezó a ser tan grande que el manejo de los materiales empezó también a recibir una mayor atención por lo que se refiere a su movimiento entre dos operaciones. (Muther, 1970)

Con el tiempo, los propietarios o sus administradores empezaron a crear conjuntos de especialistas para estudiar los problemas de distribución. Con ellos llegaron los principios que se conocen hoy en día y los cuales son tratados en diferentes proyectos de investigación y se tuvieron en cuenta en el desarrollo de este proyecto.

Luego, Gracia D. (2001) en su tesis para obtener el título de Maestro en Ciencias de la Administración con Especialidad en Producción y Calidad denominado “Implementación de un método para la distribución física de la planta” teniendo como base dos metas las cuales son 1. Lograr Maximizar el espacio disponible sin interferir o dañar el actual ritmo de producción. 2. Coordinar de una manera efectiva el flujo de la información fomentando el trabajo en equipo siempre con la mentalidad de "Ganar-Ganar". Después de establecer un programa de asignaciones y una revisión semanal de cada una de ellas en una teleconferencia con el cliente los problemas realmente graves fueron resueltos, los niveles de desempeño fueron relativamente mejorados, sin embargo, la empresa bajo estudio siguió contando con un patriarcado gerencial, que no se decidió a romper la tradición.

Así mismo, Cabanillas M. (2004), Diseño de distribución de planta de una empresa textil, plantea diseñar una distribución de planta que permita optimizar la disposición de los elementos del ciclo productivo: maquinas, recursos humanos y materiales, en una planta nueva, de manera que el valor creado por el sistema de producción eleve el máximo de los niveles de productividad de la empresa. Este proyecto plantea su problema con base en que “su crecimiento acelerado en ventas y niveles de producción han hecho que su planta sea cada vez más reducida y sus instalaciones sean barreras para un flujo acelerado de producción”. Es por esto, que la empresa ha considerado que tienen la necesidad de “evaluar la disposición de su planta con relación a los niveles de capacidad y demanda actuales”, con la intención final de realizar el diseño de una distribución en una nueva planta, para que esta pueda no solo cumplir con el objetivo de responder a las necesidades de la empresa y del mercado, sino también generando un diseño que sea flexible y pueda ser fácilmente adaptado a cambios que se generen a futuro.

Al siguiente año, Quiceno O & Zuluaga N. (2012) en su trabajo “*Propuesta de mejoramiento para la distribución de planta en una empresa del sector lácteo*”, tiene como finalidad rediseñar un Layout que se ajuste más a las necesidades de la empresa, mostrando un porcentaje de adyacencia mayor y un costo menor. Para validar la propuesta de rediseño usaron la herramienta de simulación donde ingresaron datos de entrada al modelo, como los tiempos de las operaciones, distancias, flujo de materiales y demás datos necesarios para que la salida del modelo arrojará los nuevos tiempos que se requieren para desempeñar las operaciones en la disposición propuesta. De esta

forma fue posible realizar una comparación entre ambas disposiciones en términos de tiempo, y se pudo concluir como consecuencia del acercamiento del área de embalaje al CEDI y con el cambio en la disposición de los puestos de trabajo, se eliminó la confusión y congestión dentro de las instalaciones del CEDI, específicamente en el área de despacho, puesto que ahora el acceso de entrada al centro de distribución es diferente al de salida.

Al mismo tiempo, Barón A. & Zapata L. (2012), Proyecto de redistribución de planta en una empresa del sector textil, considera un cambio de esta, el cual permita mejorar el flujo de materiales, reducir sus costos y aprovechar el espacio disponible dentro de su planta, para la validación del rediseño utilizan dos software diferentes, con los que ninguno logra una solución favorable para la empresa; por tal motivo se plantea que es mejor alternativa para la empresa, tener en cuenta una propuesta realizada por los autores del proyecto basada en las oportunidades de mejora identificadas en el objetivo número dos (2) "Identificar y detectar oportunidades de mejora respecto a la distribución actual". Finalmente y dando cumplimiento al objetivo en mención, se plantea tener en cuenta en la propuesta de redistribución los factores como congestión, condiciones de trabajo, y aprovechamientos de espacios, así que se propone realizar el cambio solo en tres departamentos como lo son, corte, confección y tela tubular tenida al piso número 1, para que la empresa tenga todos sus departamentos productivos en este piso, evitando desplazamientos hacia el piso número dos y generar mejores condiciones de trabajo, aprovechamiento de espacios y disminución de la congestión.

Mosquera & Cerón (2012) elaboraron un trabajo de tesis sobre una propuesta de distribución del área operativa de la bodega y el manejo de materiales en una empresa dedicada a la logística integral en Cali, Colombia. El objetivo principal de este trabajo es ayudar al concepto de la distribución de instalaciones y flujo de materias primas en las áreas operativas de las Pymes del rubro de logística, dando una serie de propuestas direccionadas a mejorar la distribución del área operativa de la empresa piloto. Con esta propuesta de distribución la empresa podrá aumentar la eficiencia y eficacia de los procesos en las actividades de almacenamiento, uniendo todos los sistemas de operación, realizando un planeamiento estratégico en los procedimientos de la empresa.

Después, Leyva et. Al (2013). En su artículo llamado "Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución" donde se plantea El problema de distribución de planta como la determinación del arreglo físico más eficiente de un número de instalaciones que interactúan en un sistema de producción con miras de encontrar uno o más objetivos. Una instalación es cualquier entidad que ocupa espacio: por ejemplo, una persona o grupo de personas, un área de recepción de clientes,

la ventanilla de un cajero, una máquina, una estación de trabajo, un departamento, un pasillo o un cuarto de almacenamiento además de plantear que en general, la distribución se planea para minimizar determinado criterio: distancias recorridas, tiempo total de fabricación, flujo y costo del manejo de materiales, retrasos o reprocesamientos y manejos físicos.

Así mismo, Uriarte & Jaramillo (2015) desarrollaron un artículo sobre la redistribución de planta y programación de la producción con un enfoque integrado en Cali, Colombia. El principal problema que enfrentan Las organizaciones al empezar una nueva distribución de planta es la interrupción de todos los procesos de manufactura 20 mientras se organizan nuevamente todas las áreas. Este artículo expone un modelo con enfoque integrado que programa el traslado de todas las áreas, garantizando el cumplimiento en los requerimientos de los clientes mientras se realiza la ejecución de la distribución nueva. El modelo que se utilizará será de programación lineal entera mixta (PEM) que minimiza los costos de traslado de los departamentos.

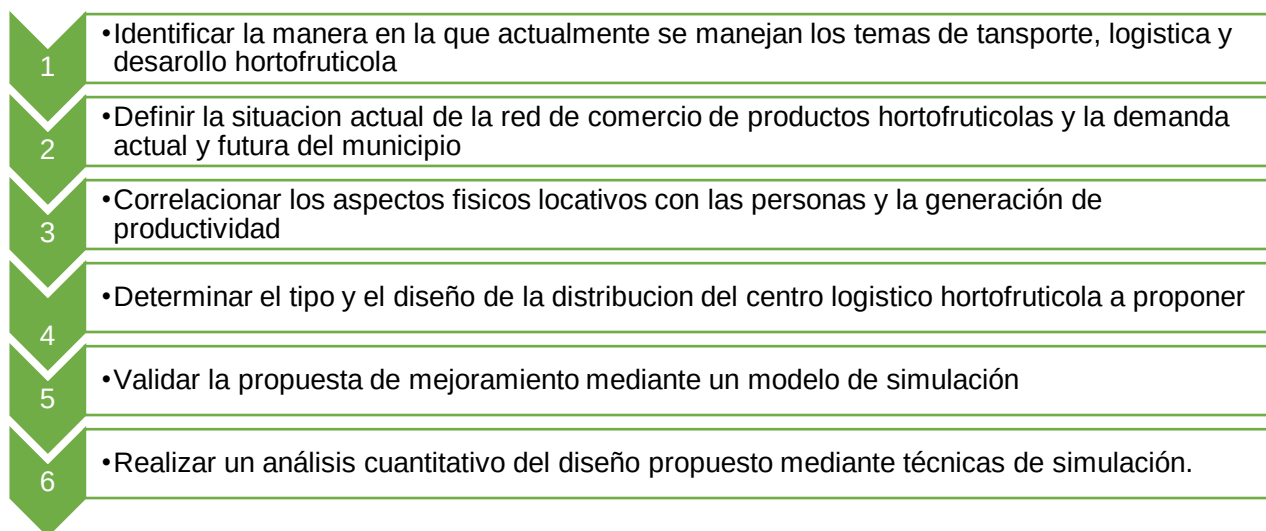
Posteriormente, Rodríguez (2016), En su trabajo de grado nombrado “Solución al problema de distribución de planta dinámico (DFLP) para instalaciones de áreas iguales mediante el híbrido búsqueda tabú - algoritmo genético” El trabajo aborda el problema de distribución de planta dinámico DFLP, solucionado mediante el híbrido de dos metaheurísticas: búsqueda tabú y algoritmo genético. Se realiza una documentación y revisión bibliográfica del DFLP a través del tiempo y se define la estructura básica para resolver el problema. Posteriormente se procede a seleccionar y aplicar el método de solución. Se sugieren algunos como algoritmos óptimos, métodos heurísticos y métodos meta-heurísticos. Los resultados obtenidos con el algoritmo fueron bastantes satisfactorios debido a que no solo se obtuvieron soluciones cercanas (en algunos casos) a las encontradas en la literatura sino también se logra mejorar algunas soluciones presentadas por autores reconocidos, lo que refleja la eficiencia del modelo planteado.

1.5 DISEÑO DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El presente capítulo expone la metodología utilizada para distribución del centro logístico hortofrutícola en el municipio de La Unión, Valle del Cauca donde se detallarán las metodologías, los procesos y las herramientas que se utilizarán en la realización del proyecto, además los hallazgos y resultados de cada una para darle total cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados previamente.

A continuación, se anexa el diagrama de flujo que bosqueja los pasos a seguir para la realización de los objetivos previamente establecidos.

Figura 1. Diseño metodológico



Fuente: Elaboración propia, 2019

Como primera instancia se realizará un diagnóstico del municipio objeto de estudio en lo que respecta a la distribución, transporte, capacidad, demanda y factores de producción hortofrutícola. Además de reconocer la posibilidad de la existencia del conflicto de uso de suelos por actividades no reguladas de transporte y almacenamiento de producto perecedero en el casco urbano. Esto articulado con las implicaciones políticas, territoriales y sociodemográficas.

Para dar desarrollo al segundo objetivo se identificarán las restricciones de localización y distribución del centro logístico y los criterios que deben cumplir teniendo en cuenta su ubicación, su naturaleza y sus actividades haciendo un análisis del problema que se realizará de forma sistemática aplicando los ocho factores de Muther, que son: Material, Maquinaria, Hombre, Movimiento, Espera, Servicio, Edificio y Cambio esto permitiendo correlacionar los aspectos físicos locativos con las personas y la generación de productividad. Estos siendo los factores que afectan a la distribución en planta

Luego de proponer la distribución idónea teniendo en cuenta las restricciones, para darle cumplimiento al tercer objetivo se propone una validación con simulación que permita establecer si la distribución es óptima para la debida logística y el correcto flujo de la cadena de abastecimiento del centro además de identificar la mejora en el aspecto cuantitativo como lo son tiempos de procesos, tiempos de espera y colas generadas por la naturaleza de las distribuciones. Además, de realizar un análisis comparativo cuantitativo de la propuesta con la propuesta actual planteada por la administración municipal.

2 DIAGNÓSTICO DE LOS FACTORES DE PRODUCCIÓN HORTOFRUTÍCOLA EN EL MUNICIPIO OBJETO DE ESTUDIO

La Unión es un municipio ubicado en el Norte del Valle del Cauca, el cual cuenta con plan de ordenamiento territorial que establece la estructura, urbano-rural que se busca alcanzar y consolidar a largo plazo, materializada en la visión territorial que es "Consolidarse en el largo plazo del plan como el centro agroindustrial del norte del Valle del Cauca, potenciando el reconocimiento ya ganado en los ámbitos Nacional e Internacional como "La Despensa Hortofrutícola de Colombia" (Ramírez, 2015) y a partir de esta se construyen los objetivos que están orientados a alcanzar el objetivo visionado a través de políticas y estrategias y con los diferentes sistemas estructurantes del territorio

Se consideran las políticas, objetivos y estrategias territoriales de largo plazo, para la ocupación y el aprovechamiento del suelo municipal, de las cuales se puede afirmar que por un lado, sus *políticas* están formuladas de modo general para orientar la toma de decisiones, centradas en temas como las opciones socioeconómicas y productivas, las ventajas comparativas, los recursos naturales y los equipamientos municipales, mostrando el interés por el aprovechamiento de los recursos brindados por el territorio y el mejoramiento de su ocupación, en torno a las condiciones socioeconómicas de la población. Cabe señalar, que estas políticas apuntan al desarrollo de la visión planteada para el municipio basada en convertirse en líder de la agroindustria, al tomar en cuenta las características del territorio, y sus posibilidades de aprovechamiento hacia la productividad.

El logro de la visión del modelo de ocupación del territorio, se basara en el alcance de los objetivos y estrategias territoriales de largo y mediano plazo que se refieren a la identificación y localización de las acciones sobre el territorio que permitan organizarlo y adecuarlo para el aprovechamiento de sus ventajas comparativas y su mayor competitividad, así como a la definición de las acciones territoriales para garantizar la consecución de los objetivos de desarrollo económico y social del municipio en términos de los siguientes propósitos:

La idea de propuesta va encaminada a la necesidad ya planteada del Municipio de la reubicación del comercio de distribución y comercialización de productos hortofrutícolas. Donde se mitiguen problemas de salud por emisión de gases, problemas de movilidad y se genere una estructura organizada del negocio hortofrutícola del municipio. Todo esto reubicando este tipo de negocios en un centro logístico, permitiendo así dinamismo en el control y logística de la distribución y transporte de productos precederos generando crecimiento regional y agrícola.

A continuación, se presenta la ubicación geográfica de las empresas de distribución y venta de producto hortofrutícola en el municipio caso de estudio:

A map of San Pedro de Macoris, Dominican Republic, showing numerous sampling locations marked by colored pins. The map includes major roads like Carretera Nacional 100 and Carretera 27, and landmarks such as the Museo de la UPR and Hotel Los Vileados. The pins are concentrated in the central urban area and along the main roads.

Donde de color azul se representan las bodegas pequeñas, con color verde las medianas y finalmente de color rojo las bodegas grandes que están en el municipio, esto basado en la categorización del diagnóstico del plan de ordenamiento territorial municipal. Los establecimientos se categorizaron en bodega pequeña, mediana y grande. A continuación, se presenta la definición de cada una de las categorías previamente mencionadas

Tabla 1. Categorización de bodegas

BODEGA	DIMENSION ESTABLECIMIENTO (M2)	PROMEDIO DE PRODUCTO SEMANAL (KILOS)				
		UVA	PAPAYA	MELON	MARACUYA	OTROS
BODEGA PEQUEÑA	52 m ² a 100 m ²	1500-2000	1500-2000	1000-1500	1000-1500	400-588
BODEGA MEDIANA	101 m ² a 1999 m ²	3000-6000	3000-6000	2500-3000	2500-3000	1000-1923
BODEGA GRANDE	2000 m ² a 6000 m ²	10000-40000	10000-40000	10000-40000	5000-20000	5000-10000

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 2. Caracterización de transporte

BODEGA	TIPO DE TRANSPORTE	PROMEDIO DE VIAJES SEMANALES	% de Participación en el Promedio diario por dimensión de establecimiento
BODEGA PEQUEÑA	DESDE VEHICULOS PEQUEÑOS ADECUADOS, HASTA CAMIONETAS ESTACADAS TIPO LUV MODELO 94 O MAZDA B2000 MODELO 2000	11,2	26%
BODEGA MEDIANA	DESDE CAMIONETAS TIPO LUV DMAX, MAZDA BT 2000	16,8	28%
BODEGA GRANDE	DESDE CAMIONETAS TIPO LUV DMAX, MAZDA BT 2000	28,0	46%

Fuente: Elaboración propia, 2019

En las tablas anteriores se observan los rangos en cuanto a dimensiones de los establecimientos, los rangos de la cantidad en kilos de producto comercializado haciendo énfasis en los más importantes como lo son la uva, la papaya, el melón y maracuyá, el promedio de viajes semanales teniendo en cuenta como valor de referencia la salida de vehículos con capacidad para transportar 10 toneladas de peso y el porcentaje de participación de cada una de las categorías. Además, del tipo de vehículos que cada una de estas utiliza.

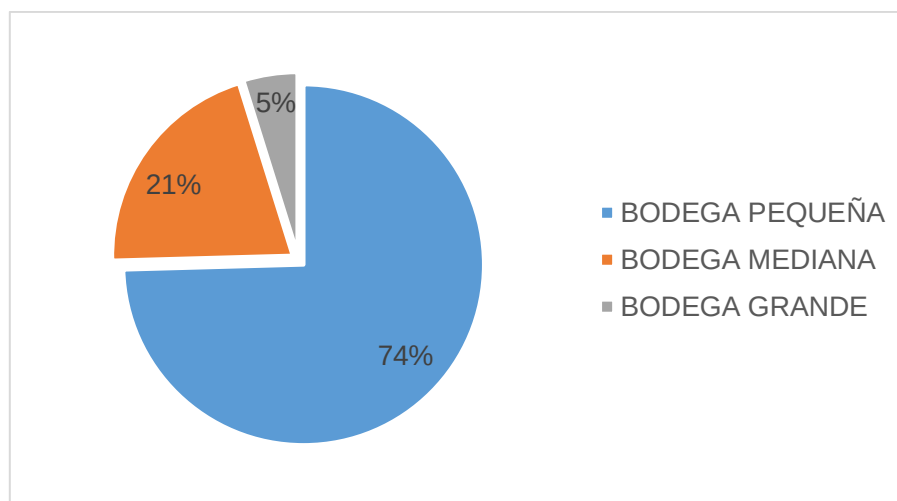
A continuación, se presenta la cantidad y el porcentaje de negocios comercializadores de productos hortofrutícola teniendo en cuenta el tipo de bodega a la cual están categorizados.

Tabla 3. Cantidad de establecimientos categorizados por bodega

BODEGA	CANTIDAD
BODEGA PEQUEÑA	170
BODEGA MEDIANA	47
BODEGA GRANDE	11
TOTAL	228

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 4. Porcentaje de establecimientos categorizados por bodega

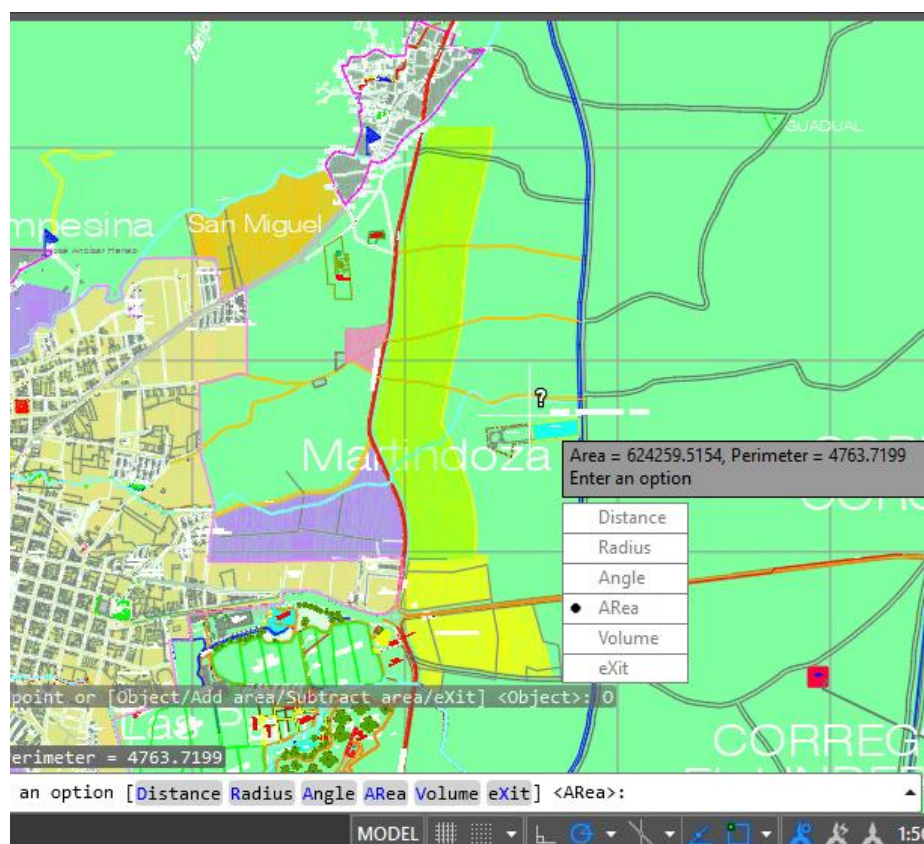


Fuente: Elaboración propia, 2019

Esto permitiendo así reconocer que el municipio tiene una cantidad de 228 establecimientos de esta índole donde en total distribuyen un promedio 560.000 kilos de producto hortofrutícola semanal en el municipio. Además de los cambios posibles generados por el crecimiento de la demanda de frutas y hortalizas anualmente. Así, definiendo cuales deben ser las capacidades, los límites y las características para la propuesta.

En el marco de planeación a largo plazo del municipio esta propuesto un centro logístico hortofrutícola donde permitiría conglomerar la actividad agrícola y apartarla del casco urbano del municipio. A continuación, se presenta geográficamente el terreno disponible de la administración para la tentativa ubicación del centro logístico:

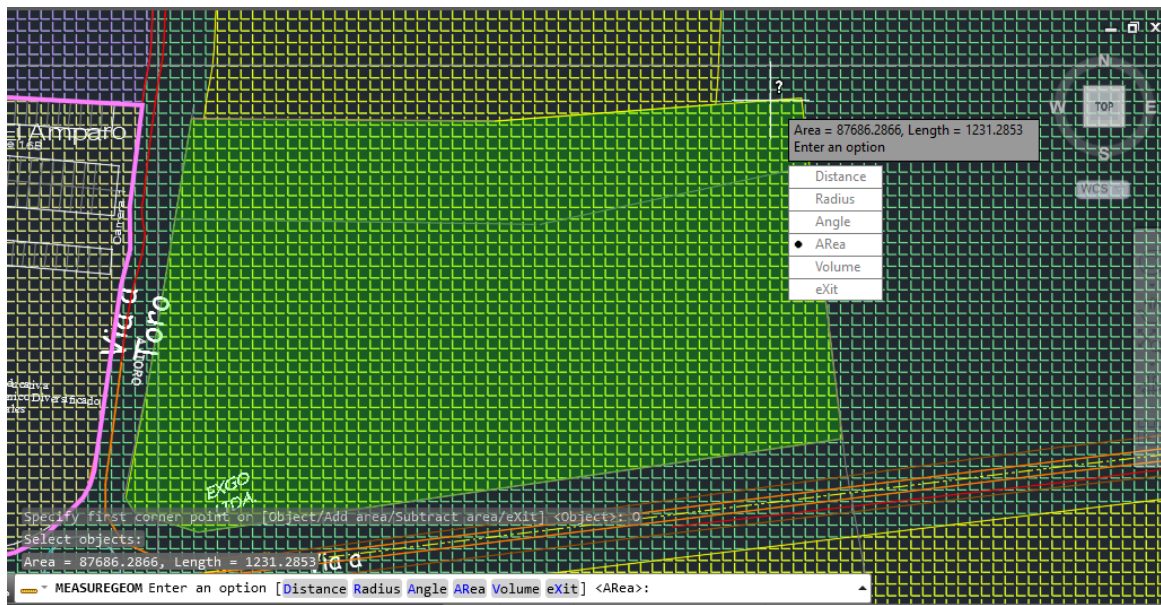
Figura 3. Ubicación del terreno para la distribución



Fuente: Plan de ordenamiento territorial, 2015

Según la planimetría de clasificación de suelos, el municipio cuenta con un área aproximada de 70 Hectáreas ubicadas sobre el corredor vial de Toro-La Unión y al costado izquierdo en dirección Oeste – Este Km1 vía a la Victoria, en las que no existiría conflicto de uso de suelos y es viable el uso de suelos para la actividad bodegaje.

No obstante, teniendo en cuenta la población objetivo y la magnitud del proyecto, se iniciaría en un área de aproximadamente 8 hectáreas, en la que se proyectarían 15 bodegas.

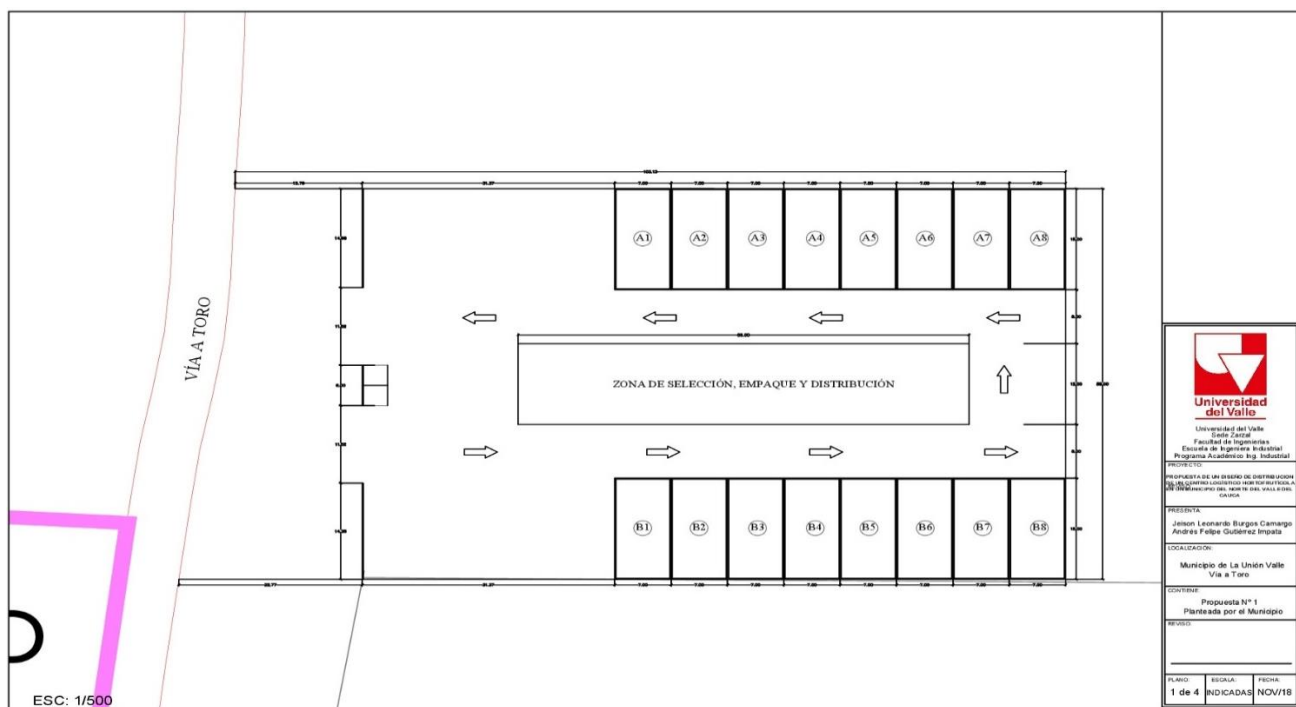


Fuente: Plan de ordenamiento territorial, 2015

El municipio actualmente es consciente de la problemática. Teniendo estrategias y objetivos ya planteados en el plan de ordenamiento territorial para mitigar el problema generado por la existencia de la cantidad excesiva de este tipo de negocios dentro del casco urbano, por lo que desde el área de planeación del Centro Administrativo Municipal tienen una propuesta de diseño y distribución de planta propuesta. Esto permitirá que la propuesta planteada en este trabajo de investigación pueda ser evaluada y comparada con la propuesta inicial administrativa. Permitiendo así demostrar desde la ingeniería cual diseño es el más adecuado teniendo en cuenta las restricciones halladas y los criterios que deben cumplir desde la logística y la estructura de la distribución.

A continuación, se presenta el diseño propuesto pensado por el área de planeación municipal del municipio objeto de estudio: Propuesta de Municipio está definida en un área total de 5981.54 m². Comprende 16 bodegas con una entrada con dirección oeste – este, cada una de 11.52 metros lineales, que se acorta en las vías internas de tránsito hasta los 8 metros cada una. La entrada y salida cuentan con una caseta de control de 3m, ubicadas a una distancia máxima de 22.77 metros del corredor vial La Unión – Toro. La primera bodega está ubicada a 31.37 metros de la entrada. Siendo este el punto de partida para la validación y priorización de las alternativas comparadas con las planteadas en el trabajo de investigación.

Figura 4. Distribución propuesta por la administración



Fuente: Elaboración propia, 2019

3 DETERMINACION DEL TIPO Y PROPUESTA EL DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN

3.1 FACTORES DE LA DISTRIBUCION (SLP)

Según (Muther, 1970) para realizar una distribución de planta se requiere:

- un conocimiento ordenado de los diversos elementos o particularidades implicadas en una distribución y de las diversas consideraciones que pueden afectar a la ordenación de aquellos, y
- un conocimiento de los procedimientos y técnicas de cómo debe ser realizada una distribución para integrar cada uno de estos elementos.

La solución a cualquier problema de distribución será necesariamente un compromiso entre las diversas consideraciones y objetivos de toda buena distribución. Las relaciones de la maquinaria con la manipulación, del edificio con los servicios, de los cambios con los hombres, están entrelazadas entre sí.

A continuación, se presentará el análisis del problema que se realizará de forma sistemática aplicando los ocho factores de Muther, que son: Material, Maquinaria, Hombre, Movimiento, Espera, Servicio, Edificio y Cambio. Factores que afectan a la distribución en planta. Donde obtendremos las principales restricciones y los requisitos que deben cumplir las propuestas de mejora de la nueva distribución.

Factor Material

Según (Muther, 1970) el objetivo de este análisis es familiarizarse con las distintas etapas de producción que son necesarias para fabricar el artículo, además de identificar todas las actividades en la planeación y la fabricación de un producto, con el fin de encontrar oportunidades de mejoramiento que tengan un impacto sobre toda la cadena y no en procesos aislados. Es el estudio de cómo se transforma el material desde las materias primas hasta el producto final.

En este caso en particular donde se maneja producto perecedero. Teniendo en cuenta su transformación cuyo proceso comienza con la cosecha, selección, pesaje, etiquetado y finalmente despacho.

La lista de consideraciones sobre el factor maquinaria, comprende:

- Proceso o método.
- Maquinaria, utillaje y equipo.
- Utilización de la maquinaria.
- Requerimientos de la maquinaria y del proceso.

Factor Maquinaria

Según (Muther, 1970) Después del factor material sigue, en orden de importancia, la maquinada y el equipo de proceso. La información sobre la maquinaria (incluyendo las herramientas y equipo) es fundamental para una ordenación apropiada de la misma.

Las consideraciones que afectan al factor material, son:

- El proyecto y especificaciones del producto.
- Las características físicas o químicas del mismo.
- La cantidad y variedad de productos o materiales.
- Las materias o piezas componentes y la forma de combinarse unas con otras

Factor Hombre

Como factor de producción el hombre es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. Se le puede trasladar, se puede dividir o repartir su trabajo, entrenarlo para nuevas operaciones y, generalmente, encajarle en cualquier distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas. (Muther, 1970)

Las consideraciones sobre el factor hombre son:

- Condiciones de trabajo y seguridad.
- Necesidades de mano de obra (tipo de trabajadores, número necesario y horas de trabajo).
- Utilización del hombre.

Factor Movimiento

El factor movimiento hace referencia al flujo de materiales de un centro de trabajo a otro. Este flujo no añade valor al producto, por lo que deberá ser el menor posible. Según (Muther, 1970) Por lógica eliminar completamente el movimiento es inalcanzable, pero se busca la factibilidad suprimir algunas operaciones de recorrido para obtener una solución aceptable. Esto debido a que el manejo no es una finalidad en sí mismo. El mero movimiento de material no cambia las formas o características de este ni le añade otros elementos.

En este sentido, no es productivo. Por lo tanto, debemos buscar la solución partiendo de la base de que es necesario determinar el modo más conveniente y económico de realizar cada operación productiva y después proyectar un sistema de manejo para conseguir el traslado del material, hombres o maquinaria, hacia y desde cada operación. Las consideraciones sobre el factor movimiento se agrupan de la siguiente manera:

- Patrón o modelo de circulación.
- Reducción del manejo innecesario y antieconómico.
- Manejo combinado.
- Espacio para el movimiento.
- Análisis de los métodos de manejo.

Factor Espera

Cuando la distribución está correctamente planeada, los circuitos de flujo de material se reducen a un grado óptimo. Según (Muther, 1970) El objetivo de este factor es una circulación clara y veloz del material a través de la planta, siempre en progreso hacia el acabado del producto. Siempre que los materiales son detenidos, tienen lugar las esperas o demoras, y estas cuestan dinero. Los costos de espera incluyen los siguientes:

- Costos del manejo efectuado hacia el punto de espera y del mismo hacia la producción.
- Costo del manejo en el área de espera.
- Costo de los registros necesarios para no perder la pista del material en espera. Costos de espacio y gastos generales.
- Intereses del dinero representado por el material ocioso.
- Costo de protección del material en espera.
- Costo de los contenedores o equipo de retención involucrados.

Factor Servicio

La palabra servicio tiene multitud de significados en la industria. Por lo que a distribución se refiere, los servicios de una planta son las actividades, elementos y personal que sirven y auxilian a la producción. Los servicios mantienen y conservan en actividad a los trabajadores, materiales y maquinaria. Estos servicios comprenden:

- Servicios relativos al personal:
 - Vías de acceso.
 - Instalaciones para uso del personal
 - Protección contra incendios.
 - Iluminación.
 - Calefacción y ventilación.
 - Oficinas.
- Servicios relativos al material:
 - Control de calidad.
 - Control de producción.
 - Control de rechazos, mermas y desperdicios.
- Servicios relativos a la maquinaria:

- Mantenimiento.
- Distribución de líneas de servicios auxiliares.

Factor Edificio

El factor edificio analiza la superficie útil real del edificio. Este factor tiene en cuenta la forma de la planta, las columnas, la situación de las ventanas de ventilación, zonas de posible ampliación. En muchos casos la existencia de puentes-grúa limita el número de posibilidades de cambio de distribución.

Teniendo en cuenta que para (Muther, 1970) El edificio influirá en la distribución sobre todo si ya existe en el momento de proyectarla. De aquí que las consideraciones de edificio. se transformen en seguida en limitaciones de la libertad de acción del distribuidor. Por su misma cualidad de permanencia, el edificio crea una cierta rigidez en la distribución. Por otra parte, el levantar un edificio completamente nuevo alrededor de una distribución implica que dicho edificio deberá ajustarse a las necesidades de la misma. Este es un modo algo diferente de enfocar el asunto, pues, aunque todos los detalles completos de la distribución no se puedan concretar hasta que no está diseñado el edificio, existe una libertad de acción muchísimo mayor en su planteo inicial de conjunto.

Los elementos o particularidades del factor edificio que con mayor frecuencia intervienen en el problema de la distribución, son:

- Edificio especial o de use general.
- Edificio de un solo piso o de varios.
- Su forma.
- Sótanos o altillos.
- Ventanas. Suelos.
- Cubiertas y techos.

Factor Cambio

Este factor es para evaluar la versatilidad, flexibilidad y expansión de la distribución en planta. Según (Muther, 1970) el cambio es una parte básica de todo concepto de mejora y su frecuencia y rapidez se va haciendo cada día mayor. Por lo tanto, a pesar de que planeemos nuevas distribuciones, debemos revisar constantemente las que hemos establecido previamente, pues de otro modo podemos encontrarnos con la desagradable

sorprea de despertar un día y ver que una distribución anticuada nos está mermando una buena cantidad de beneficios potenciales.

Las diversas consideraciones del factor cambio, incluyen:

- Cambio en los materiales (diseño del producto, materiales, demanda, variedad).
- Cambios en la maquinaria (procesos y métodos).
- Cambios en el personal (horas de trabajo, organización o supervisión, habilidades).
- Cambios en las actividades auxiliares (manejo, almacenamiento, servicios, edificio).
- Cambios externos y limitaciones debidas a la instalación.

3.1.1 IDENTIFICACIÓN DE DEBILIDADES

A continuación, se consideran los factores de distribución expuestos en la teoría de Muther y se analizan frente a la distribución actual de la planta y además se relacionan con las debilidades identificadas que afectan dicha distribución:

Tabla 5. Análisis de los factores de distribución en la teoría de Muther

Factor	Componentes	Situación actual
Material	Diseño	Materia prima de todos los tamaños y pesos.
	Variedad	Gran variedad de materia prima.
	Cantidad	Utilizan semanal de 560 toneladas de producto
	Operaciones y secuencia	Gran cantidad de materia prima y con tamaños diferente.
Maquinaria	Equipo de producción	Falta de mantenimiento a los equipos.
	Herramientas	Gran variedad de herramientas en todas las áreas
	Utilización de la maquinaria	Utilización correcta de maquinaria pero falta de control en el mantenimiento en la mayoría de los casos
Hombre	Supervisión y servicios auxiliares	Falta supervisión por parte de los encargados en cada área para que los procesos funcionen correctamente.
	Mano de obra directa.	Levantamiento de objetos pesados, no tienen en cuenta los tiempos de operación, dificultad de trabajo por el sol y el calor.
Movimiento	Transporte	Dificultad de transportar objetos pesados.
	Manejo de operaciones	Falta plan de trabajo para reorganizar los tiempos operativos

	Almacenamiento e inspecciones	Es difícil contar e identificar las piezas
Factor	Componentes	Situación actual
Servicio	Mantenimiento	No hay mantenimiento preventivo
	Inspección	No hay control de las piezas actuales ni en stock.
	Control de desperdicios	No hay un debido control de desperdicios
	Programación	Falta plan de trabajo y priorización en las órdenes de los clientes. Falta acercamiento con los clientes
Edificio	Distribución	Artesanal
	Equipo de instalaciones	Espacios reducidos, a veces se complica el transporte del material
Cambio	Versatilidad	En la mayoría de los casos no hay disponibilidad de área para agrupar maquinas
	Flexibilidad	Mayoría de máquinas son empotradas.
	Expansión	la mayoría de comercios no cuenta con una bodega suficientemente grande para su producción.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

3.2 PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA

Las alternativas se han planteado teniendo en cuenta la metodología de Muther para el diagnóstico completo de la distribución, esto basado en las relaciones que existen de un departamento con otro, las distancias recorridas de acuerdo al flujo de materiales, personal y producto terminado. Esto en la búsqueda de proponer una distribución por procesos que sería la más adecuada por las características mostradas.

En la nueva distribución se tienen en cuenta las debilidades encontradas en la propuesta actual además del espacio disponible en el terreno para adquirir nueva maquinaria, mejorar el flujo del proceso, ampliar la capacidad de los equipos y disminuir los tiempos de espera por cruces, desvíos y congestión vehicular.

Para la distribución y diseño de la planta se consideraron los ocho factores expuestos en la teoría: Primero se planteó el diseño de las bodegas utilizando la tabla de relaciones y proximidad (Muther, 1970). A continuación, se presenta la simbología usada en la tabla de relaciones y el resultado del estudio obtenido con la naturaleza de los procesos de las organizaciones a tratar:

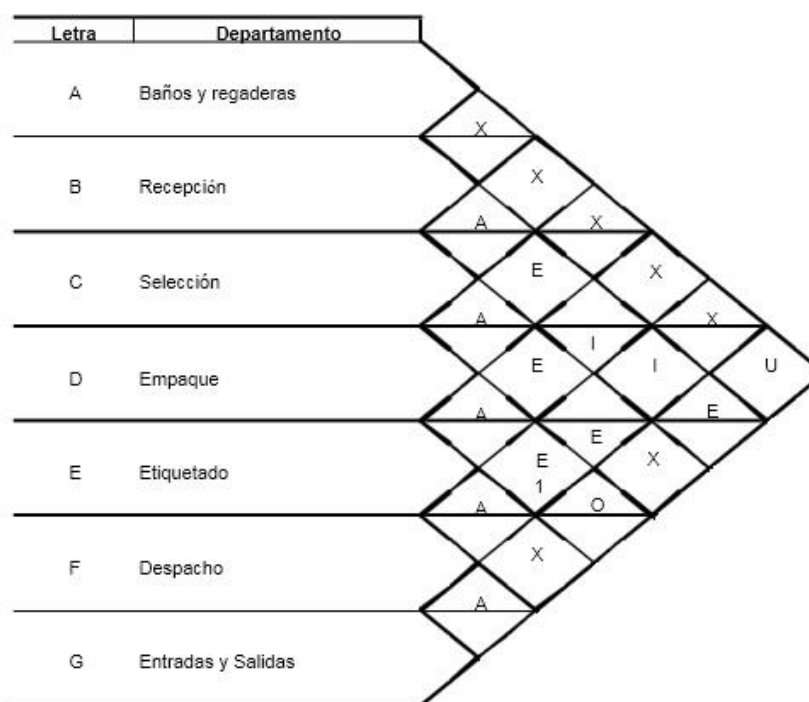
Tabla 6. Simbología tabla de relaciones

TABLA DE RELACIONES Y PROXIMIDAD	
RELACIÓN	PROXIMIDAD
Absolutamente necesario	A
Especialmente Importante	E
Importante	I
Ordinario	O
Sin Importancia	U
No deseable	X

Fuente: Elaboración propia, 2019.

A continuación, se presenta el diagrama de relaciones de las áreas que contendrán las bodegas:

Figura 5. Tabla de relaciones



Fuente: Elaboración propia, 2019.

El resultado del análisis de las relaciones conlleva a evitar que los productos perecederos estén cerca de los baños y de las entradas y salida de personal y que las relaciones de las áreas de selección, empaque y etiquetado deben ser más necesarias o tener una mayor proximidad entre estas.

Teniendo en cuenta la distribución del centro logístico se plantea una distribución por proceso. Ésta es la distribución en la cual todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas, de esta forma se puede definir cada una de las características relacionadas con la distribución de planta para una posterior evaluación:

- Factor material: El flujo representa un proceso lineal.
- Factor maquinaria: En cada uno de las bodegas se realizará la distribución funcional o también llamada por talleres. Estas divididas en zona de despacho, recepción, selección y empaque y almacenamiento.
- Factor hombre: No requiere aumento del personal. Se continúa trabajando con las personas de cada entidad
- Factor movimiento: La propuesta para la nueva planta toma en consideración los movimientos involucrados en el proceso recepción y transporte de los productos para su correspondiente proceso y teniendo en cuenta también el momento del empaque de producto final y la distribución final.
- Factor espera: Se considera la propuesta evitando los tiempos de espera por la congestión vehicular dentro del municipio, la distribución se plantea con una forma de U permitiendo así un flujo adecuado del producto.
- Factor servicio: determinando los servicios para los empleados de cada una de las diferentes entidades que harán parte del centro, por lo cual se ha destinado el área de preparación, selección y empaque de los productos lejos de los puntos de acceso sin generar cambios en la línea de producción del proceso, tomando en cuenta los múltiples desplazamientos que hacen los empleados en dicho recinto.
- Factor edificio: Estará ubicado dentro de los predios que tiene a disposición el municipio y se deben hacer las adecuaciones para utilizar el área que no se usara en la primera sección y convertirla en la nueva planta de producción.
- Factor cambio: el área escogida para la elaboración de la nueva planta de producción tiene flexibilidad para futuros cambios y ampliaciones ya que no se ocupa el 100% del área total con esto se pueden cambiar las configuraciones de los implementos, ya que algunas máquinas como las pesas y empacadoras tienen en su mayoría un sistema

de rodachines con esto se puede ubicar en cualquier parte que se ha destinado para esta planta, además se cuenta con espacio extra para adicionar nuevos implementos en la cadena de producción.

Con esta propuesta el municipio puede usar de forma completa la capacidad de producción hortofrutícola que por las limitaciones de espacio en los diferentes establecimientos no se ha podido explotar, con esto también se adicionan nuevos lugares de trabajo para que los operarios no presenten demoras a la hora de cumplir sus tareas, el personal se encontrará de manera más cómoda y podrá realizar los desplazamientos que necesitan para desempeñar sus tareas.

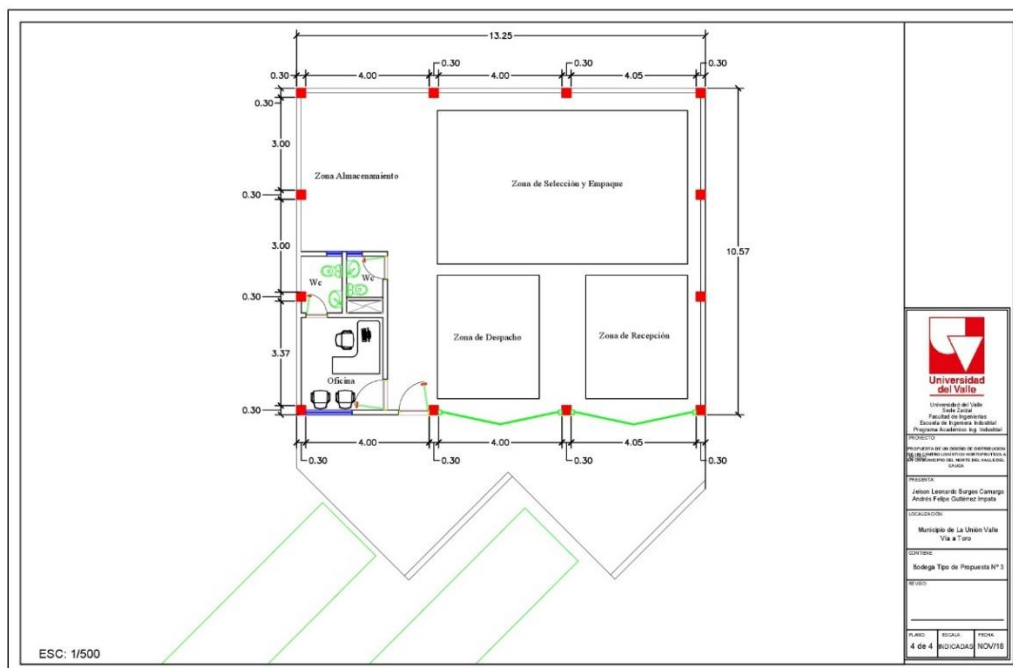
Para la evaluación se proponen estas alternativas de distribución del centro y el diseño propuesto para cada uno de establecimientos comerciales hortofrutícolas:

Alternativa propuesta

Es un área de 112.07 m de ancho y 150.32 m de largo, es decir un área total de 16846,3624 m², son 16 bodegas elevadas a una distancia aproximada de 1.4 m del suelo para la recepción de camiones y con una ubicación diagonal, con un largo de 10.57 m * 13.25 de ancho; cada bodega cuenta con dos puertas de 4 m, lo que permite dos zonas de desembarque para cada bodega. Dos pesas una en la entrada y otra en la salida, para dinamizar el proceso. en la zona uno, ubicada en la zona suroeste del terreno zonas de parqueo de hasta 10 vehículos y motocicletas, sumando un espacio adicional en la parte trasera de la zona, repitiendo la distribución en la zona 2, pero en ubicación sureste. Baños públicos en cada una de las zonas de parqueo y en la entrada del terreno, las vías son en promedio de 8 m. Se plantea la segunda alternativa siendo esta la propuesta por el Centro Administrativo Municipal.

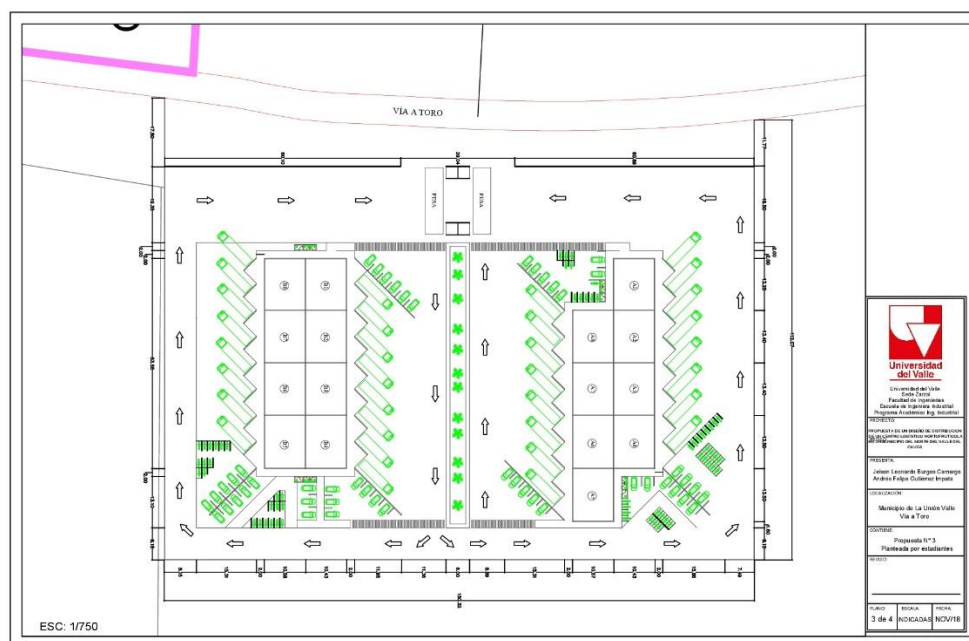
A continuación, se presentan los planos del diseño de la bodega y de las alternativas mencionadas:

Figura 6. Diseño propuesto de las bodegas del centro logístico.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 7. Alternativa propuesta



Fuente: Elaboración propia, 2019.

4 VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE LA PROPUESTA MEDIANTE UN MODELO DE SIMULACIÓN

4.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO EN ARENA

De acuerdo a la información recolectada para el experimento de la simulación se determinaron las siguientes características, esto con el fin de asemejar lo más posible a la realidad:

Entidades: Puede ser un objeto o persona que se mueve a través de un sistema y que causa cambios en las variables de respuesta.

Se toman dos entidades. La primera siendo T_CAMION que serían los camiones que y T_CAMIONETA siendo las camionetas que entrarán al sistema

Tabla 7. Entidades del experimento

ENTIDADES
T_CAMION
T_CAMIONETA

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Atributos: Es una característica propia de cada entidad. En Arena se pueden definir tantos atributos como lo requieran el usuario para el modelamiento del sistema en estudio. Cada entidad individual tiene su propio valor de atributo esto implica que, para determinar este valor, a diferencia de las variables se deben examinar la entidad que lo porta. Para este caso serían: la hora de llegada del vehículo, la definición de qué tipo de vehículo es, la bahía a la que debe ir y el proceso que debe realizar ya sea de carga o descarga

Tabla 8. Atributos del experimento

ATRIBUTOS
HORA_LLEGADA
CAMIONETA
CAMION
BAHIA
PROCESO

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Recursos: Es un elemento estacionario que puede ocupado por una entidad. Los recursos se emplean cuando se requiere representar actividades claves del sistema que restringen el flujo de entidades. Los recursos tienen una capacidad finita; así mismo, cuentan con una serie de estados por los cuales atraviesan a lo largo de la simulación, *ejemplo, ocupado, ocioso, inactivo o dañado*. Un recurso puede ser una persona (cajero), una maquina (tono) o, incluso, un espacio en áreas de almacenamiento (zona de carga). En este caso se tienen 4 actividades que serían la actividad del pesaje del camión/camioneta para conocer la cantidad de producto ingresado, la preparación que es el desplazamiento hasta la bahía asignada, el procesamiento que es la acción de cargue o descargue de producto hortofrutícola y la preparación final que sería el desplazamiento hasta la salida del centro:

Tabla 9. Recursos del experimento

RECURSOS
PESAJE
PREPARACION_IN
PROCESAMIENTO_CARGUE_DESCARGUE
PREPARACION_OUT

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Filas: Son los eventos en el sistema que pueden generar filas, procesos donde su tiempo de procesamiento es mayor a la ocurrencia de llegadas de entidades al mismo. Para el caso de estudio se tienen 5 filas: La fila cuando se llega a pesar el vehículo, las dos filas mientras los vehículos se estacionan y se ubican donde corresponde y las filas de preparación del producto cargándolo o descargándolo.

Tabla 10. Filas del experimento

FILAS
F_PESAJE
F_PREPARACION_IN
F_PROCESAMIENTO_CARGUE
F_PROCESAMIENTO_DESCARGUE
F_PREPARACION_OUT

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Evento: Es la ocurrencia que cambia el estado del sistema. Hay eventos internos y externos; estos se conocen también como endógenos y exógenos, respectivamente. A continuación, se presentan los eventos relacionados con el proceso:

Tabla 11. Eventos del experimento

EVENTOS
Llegada de los vehículos al centro de distribución
Pesaje del vehículo
Desplazamiento Entrada - Bahía - 1
Desplazamiento Entrada - Bahía - 2
Desplazamiento Entrada - Bahía - 3
Desplazamiento Entrada - Bahía - 4
Desplazamiento Entrada - Bahía - 5
Desplazamiento Entrada - Bahía - 6
Desplazamiento Entrada - Bahía - 7
Desplazamiento Entrada - Bahía - 8
Desplazamiento Entrada - Bahía - 9
Desplazamiento Entrada - Bahía - 10
Desplazamiento Entrada - Bahía - 11
Desplazamiento Entrada - Bahía - 12
Desplazamiento Entrada - Bahía - 13
Desplazamiento Entrada - Bahía - 14
Desplazamiento Entrada - Bahía - 15
Desplazamiento Entrada - Bahía - 16
Preparación del vehículo en Bahía (Parqueo)
Procesamiento del vehículo (Cargue)
Procesamiento del vehículo (Descargue)
Preparación del vehículo en Bahía (salida a vía de salida del cedi)
Desplazamiento Salida - Bahía 1
Desplazamiento Salida - Bahía 2
Desplazamiento Salida - Bahía 3
Desplazamiento Salida - Bahía 4
Desplazamiento Salida - Bahía 5
Desplazamiento Salida - Bahía 6
Desplazamiento Salida - Bahía 7
Desplazamiento Salida - Bahía 8
Desplazamiento Salida - Bahía 9
Desplazamiento Salida - Bahía 10
Desplazamiento Salida - Bahía 11
Desplazamiento Salida - Bahía 12
Desplazamiento Salida - Bahía 13

Desplazamiento Salida - Bahía 14
Desplazamiento Salida - Bahía 15
Desplazamiento Salida - Bahía 16
Salida del vehículo del centro de distribución

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Finalmente se presenta la forma en la que se evaluarán las simulaciones. Esta acción basada en las siguientes medidas de efectividad:

Tabla 12. Medidas de Efectividad del experimento

MEDIDAS DE EFECTIVIDAD
TS_CAMIONETA
TS_CAMION
CAMIONETAS_IN
CAMIONES_IN
CAMIONETAS_OUT
CAMIONES_OUT
% UTILIZACION PESAJE
% UTILIZACION CARGUE Y DESCARGUE

Fuente: Elaboración propia, 2019.

- Las medidas de efectividad TS_CAMIONETA y TS_CAMION mostrarán el tiempo total dentro del sistema
- Las medidas de efectividad CAMIONETAS_IN, CAMIONES_IN, CAMIONETAS_OUT, CAMIONES_OUT arrojarán la cantidad de camionetas y camiones que entraron y salieron del sistema
- Las medidas de efectividad de % UTILIZACION PESAJE, % UTILIZACION CARGUE Y DESCARGUE son para conocer el porcentaje utilizado de los dos procesos que pueden llegar a generar las filas

Así es como opera el proceso logístico de las dos distribuciones a evaluar, se aprecian los procesos que se realizan junto a sus decisiones y distribuciones de probabilidad:

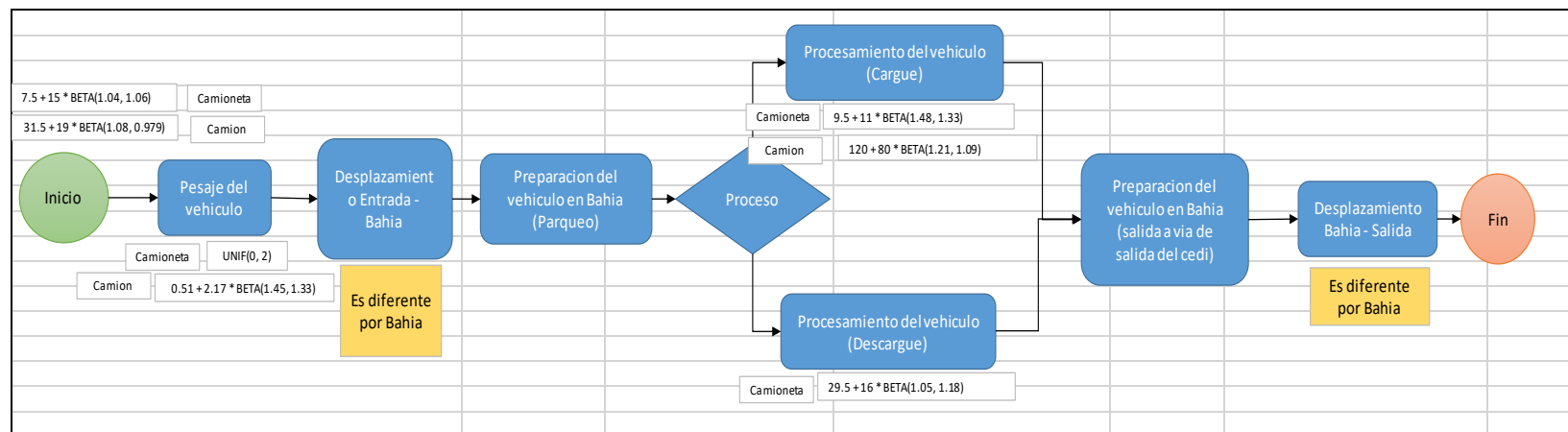
- Para la decisión del proceso del procesamiento la simulación toma que el 41% de las camionetas llegan a descargar y 69% a cargar mientras que los camiones es el 100% cargar.
- La probabilidad que el modelo le va a asignar a cualquier bahía será la misma, esto utilizando una distribución acumulada en arena

- Las distribuciones que se manejaron para la modelación de la simulación se obtuvieron con Input Analyzer utilizando los datos históricos recogidos en los negocios de interés.
- Los tiempos de transporte de portería a cada una de las bahías y viceversa. Se obtuvieron de los planos teniendo en cuenta la distancia entre los puntos de interés multiplicándolo por la velocidad máxima permitida. Teniendo en cuenta el Código Nacional de Transito, los vehículos dentro del centro logístico tienen un límite de velocidad de 20km/h.

4.2 SIMULACION

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso con sus respectivas distribuciones de probabilidad y todas las características previamente mencionadas en lenguaje de Arena: La distribución de los procesos como lo son la llegada de vehículos y la preparación (carga y descarga de productos hortofrutícolas) se comportan de la misma forma en la distribución a evaluar y en la propuesta en el proyecto. Viéndose los cambios reflejados en el flujo de vehículos que cada una tiene la capacidad de tener dependiendo de su distribución y las restricciones con que viene:

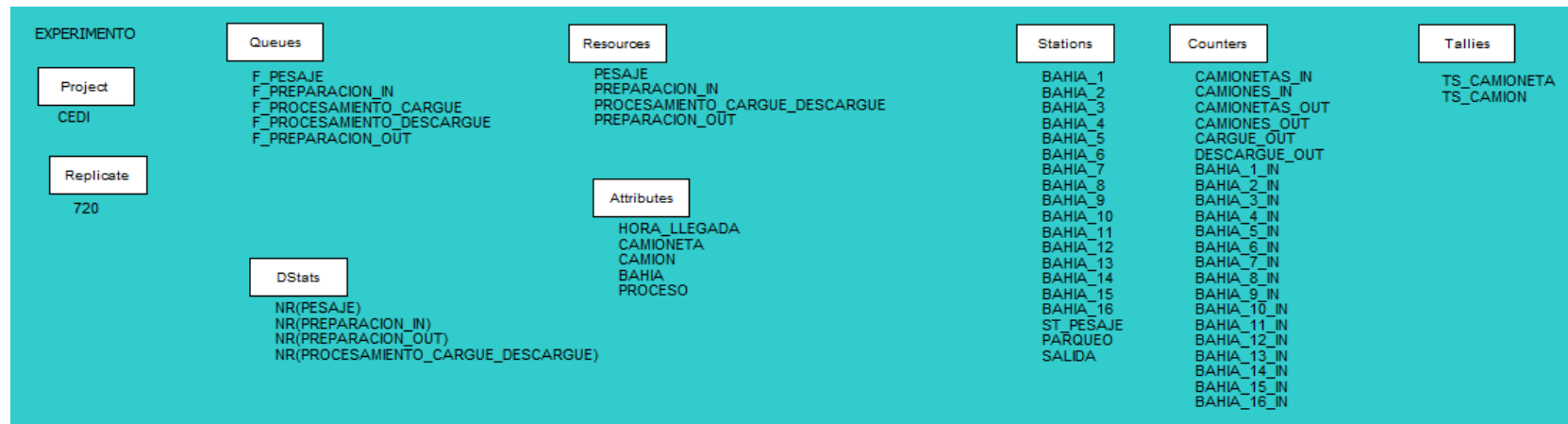
Figura 8. Modelo conceptual de la simulación



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Luego, se presentan todas las características previamente mencionadas en el diseño del experimento, utilizando el lenguaje de Arena Simulator.

Figura 9. Experimento en Arena



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para la evaluación comparativa de las distribuciones se tomaron en cuenta tres escenarios. Actualmente la demanda de frutas y hortalizas crece anualmente un 7,9% (Arango, 2018). Hay que evaluar no solo las distribuciones en el estado actual del flujo de productos hortofrutícolas del municipio, sino también. A futuro teniendo en cuenta este aumento de demanda para conocer cómo se verían afectadas las distribuciones en su flujo vehicular y así tener una capacidad de decisión con alto grado de exactitud.

El diseño experimental llevado a cabo es un diseño factorial completo, ya que el número total de combinaciones no es demasiado alto para su procesamiento. Es decir, se van a considerar todas las posibles combinaciones de factores a sus distintos niveles. Esto equivale al producto del número de niveles de cada uno de los factores respetivamente. La ventaja de este tipo de diseño, es que se evalúan todas las posibilidades. En el modelo del presente proyecto, existen dos

posibilidades para el tipo de vehículo y dentro de cada uno, dos posibilidades para cada saber si va a cargar o descargar, lo que significa que existen dos factores con dos niveles. Por otra parte, dentro de cada nivel anterior, existen dieciséis posibilidades de disponibilidad para cada uno de las bahías, lo cual suponen tres factores, por tanto, el número total de experimentos será de:

$$N^{\circ} \text{ de Experimentos} = 2 * 2 * 16 = 2^2 * 16 = 64 \text{ experimentos}$$

Para tener en cuenta todas y cada una de los posibles escenarios se requieren un mínimo de 64 experimentos. Estos siendo los experimentos que se realizaron para la simulación.

4.3 RESULTADOS

Tabla 13. Resultados simulación en los tres escenarios

MEDIDA DE EFECTIVIDAD	UNIDAD	PROPUESTA	MUNICIPIO	PROPUESTA EN 5 AÑOS	MUNICIPIO EN 5 AÑOS	PROPUESTA EN 10 AÑOS	MUNICIPIO EN 10 AÑOS
TS_CAMIONETA	Prom. (min)	33,15	42,51	34,59	42,54	34,05	43,37
	Minimo (min)	17,35	19,76	16,12	21,12	16,48	19,83
	Maximo(min)	53,83	56,82	53,19	57,35	56,39	58,47
	Observ.	46	45	77	76	113	106
TS_CAMION	Prom. (min)	167,43	178,96	171,26	171,76	166,61	175,71
	Minimo (min)	130,75	149,29	134,76	135,16	132,7	131,53
	Maximo(min)	206,03	201,89	205,41	206,23	207,17	212,9
	Observ.	15	14	22	20	31	30
CAMIONETAS_IN	Cant.	47	47	80	80	120	112
CAMIONES_IN	Cant.	18	18	27	27	40	39
CAMIONETAS_OUT	Cant.	45	44	77	76	113	106
CAMIONES_OUT	Cant.	14	13	22	20	31	30
UTILIZACION PESAJE	%	10,168	11,246	16,01	21,27	23,49	30,78
UTILIZACION CARGUE Y DESCARGUE	%	31,656	35,659	52,105	57,721	71,572	75,728

Fuente: Elaboración propia

5 CONCLUSIONES

La propuesta contra el municipio en el estado actual del flujo de producto hortofrutícola tiene un 22.01% de tiempo en el sistema de las camionetas menor al propuesto por el municipio, siendo un promedio de 9 minutos de ahorro por vehículo, lo que, según los resultados obtenidos, se mantiene en las proyecciones a 5 y 10 años

La propuesta contra el municipio en el estado actual del flujo de producto hortofrutícola tiene un 6.44% de tiempo en el sistema de los camiones menor al propuesto por el municipio, siendo un promedio de 12 minutos de ahorro por vehículo. Este dato se mantiene en las proyecciones a 5 y 10 años

Se evidencia que, aunque el mismo número de vehículos entren al sistema en el tiempo estipulado. En la distribución propuesta cuando se termina el tiempo de trabajo salen más vehículos que en la propuesta del municipio, esto evidenciado en los tres escenarios donde el número de vehículos que quedaban dentro del sistema era siempre menor en la propuesta.

El porcentaje de utilización de la báscula y de la capacidad de cargue y descargue sumada de todos los establecimientos permite conocer cuánto falta para que la distribución se vuelva obsoleta. Las dos distribuciones cumplen con la capacidad en las dos proyecciones, pero la propuesta en el proyecto siempre se mantiene por debajo de la utilización municipal. Dándole un beneficio extra por la capacidad extra a usar en futuras instancias

El diagnóstico realizado en el sistema de comercialización y distribución actual del municipio permitió constatar las evidencias y objetivos del plan de ordenamiento territorial vigente, permitiendo así encaminar la solución a la problemática ya evidenciada por la administración y ofrecer la solución más adecuada teniendo en cuenta los múltiples criterios relacionados con la temática.

El uso de la metodología de Muther dividido en sus ocho factores permitió tener un diagnóstico completo en miras de proponer una nueva distribución en planta porque para ello es necesario conocer la totalidad de los factores implicados en ella y las interrelaciones existentes entre los mismos. El examinar cada uno de los factores se establece un medio sistemático y ordenado para poder estudiarlos, sin descuidar detalles importantes que pueden afectar la distribución en planta.

Existen cuatro tipos de distribución en planta: por procesos, por posición fija, por producto y distribuciones híbridas; la manera como cada empresa lleve a cabo su producción determinará el tipo que requiere. En esta distribución se ha utilizado la ordenación por procesos con las máquinas agrupadas, atendiendo a operaciones de la misma naturaleza y teniendo una amplia variedad de productos con volúmenes intermitentes de producción. Siendo así, se determinó que implementando una distribución por procesos o función la empresa podría resolver los principales problemas expuestos anteriormente, la nueva propuesta genera un flujo de producción más dinámico puesto que el recorrido de los materiales entre las áreas es lineal.

Las herramientas implementadas en el trabajo de campo permitieron hacer un análisis detallado que permitió identificar los principales problemas para atacarlos de raíz y así implementar mejoras que podrán tener un seguimiento en el tiempo para controlar los problemas que se presenten en la empresa. Además, que el uso de herramientas de simulación permite evaluar las propuestas y los cambios propuestos en ellas sin necesidad de incurrir en gastos en la vida real.

El modelo simulado propone una distribución en planta más eficiente; con la que se pueden medir y estandarizar las operaciones asociadas directamente al proceso, facilitando la optimización o alineación efectiva de las gestiones tanto logística como operativa y administrativa de la empresa.

6 RECOMENDACIONES

Es muy importante crear instructivos de trabajo para todas las áreas ya que los operarios muchas veces no tenían conocimiento de las normas de la empresa como también sus distintos procesos desde la parte industrial hasta la parte más importante, la seguridad.

Un proyecto de distribución es una buena oportunidad para realizar cambios y eliminar costumbres arraigadas en los métodos de trabajo, que perjudican las operaciones. El principal obstáculo para el cambio lo constituyen los propios trabajadores; éste es un buen momento para que, junto con la nueva ubicación del área y su ordenamiento físico, se termine con hábitos de prácticas ineficientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Acero, L. (2009). Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos. Ecoe Ediciones.
- Alva, D. & Paredes, D. (2014) Diseño de la distribución de planta de una fábrica de muebles de madera y propuesta de nuevas políticas de gestión de inventarios en Lima, Perú.
- Arancibia, S. &. (2006). Evaluación Multicriterio, Aplicaciones al ámbito público. Santiago: CEPAL.
- Andrade, D. & Rodríguez, L. (2016). Solución al problema de distribución de planta dinámico (dflp) para instalaciones de áreas iguales mediante el híbrido búsqueda tabú - algoritmo genético. Universidad Industrial De Santander. Facultad De Ingeniería Físicomecánicas. Escuela De Estudios Industriales Y Empresariales. Bucaramanga
- Fábregas, A. (2003). Simulación de sistemas productivos con arena. Ediciones Uninorte. Universidad del Norte. Barranquilla.
- Barón, M. D., & Zapata, Á. L. (2012). Propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil. Santiago de Cali, Colombia: Universidad ICESI.
- Cabanillas, M. (2004). Diseño de distribución en planta de una empresa textil. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería Industrial.
- Cárdenas, D. (2017). Propuesta de distribución de planta y de ambiente de trabajo para la nueva instalación de la empresa mv construcciones Ltda. de la comuna de Llanquihue. Puerto Montt. Chile. Universidad Austral de Chile. Escuela de Ingeniería Civil Industrial.
- Chaparro, M. (2010). Diseño de procesos y aplicación de método de toma de decisión en iniciativas de desarrollo de bancoestado. Santiago de Chile, Chile. Universidad De Chile Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas. Departamento De Ingeniería Industrial
- Comision Europea. (2015). Enfoque metodológico de evaluación. Bases metodológicas y enfoque.
- Gamboa, C. (2011). Guías alimentarias para la educación nutricional en Costa Rica.

- Ministerio de Salud. San José, Costa Rica. Dirección Nacional de Centros de Educación y Nutrición y de Centros Infantiles de Atención Integral.
- Gracia, D. (2001). Implementación de un método para la distribución física de la planta. Ciudad Universitaria San Nicolás de los Garza. México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de ingeniería mecánica y eléctrica. División de estudios de post-grado
- Leyva, M. Mauricio, D. & Salas, J. Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución. Industrial Data, vol. 16, núm. 2, julio-diciembre, 2013, pp. 132-143 Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú
- Morales, F. (2011). Aplicación de métodos de toma de decisiones multi-atributo en la definición de prioridades en la gestión de infraestructuras en San Luis Potosí, México. Madrid. Universidad Politécnica De Madrid. Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Montes
- Mosquera, M. & Cerón, L. (2012) Propuesta de distribución del área operativa de la bodega y el manejo de materiales en una empresa dedicada a la logística integral en Cali, Colombia.
- Muther, R. (1970). Distribución en planta. Massachusetts Institute of Technolog. McGraw Hill Book Company. New York
- Pacheco, J. F., & Contreras, E. (2018). Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. . Santiago de Chile.
- PODER PÚBLICO - RAMA LEGISLATIVA. Ley 769 de 2002. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones
- Quiceno, O & Zuluaga, N. (2012). Propuesta de mejoramiento para la distribución de planta en una empresa del sector lácteo. Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia. Universidad ICESI. Departamento de Ingeniería Industrial
- Ramírez, L. A. (2015) Revisión y actualización del plan básico de ordenamiento territorial del municipio de La Unión Valle del Cauca. Documento elaborado por la Fundación Arquitectura y Ciudad para la Municipalidad de La Unión. Planeación Municipal

- Saaty, T. (1987). Fundamentals of the analytic network process. University of Pittsburgh. USA.
- Sánchez, D. (2018). Artículo Debate por las restricciones de carga en ciudades. Portafolio. Bogotá, DC.
- Sánchez, D. (2018). Colombia es el país latinoamericano con más trancones. Bogotá, DC.
- Uriarte, J. & Jaramillo, D. (2015) Redistribución de planta y programación de la producción con un enfoque integrado en Cali, Colombia.
- Villafañe, Y. C. (2005). Diseño de un plan de mejora para la línea de producción en los procesos de llenado, tapado y encajonado del cloro nevex. Caracas, Venezuela. Universidad Metropolitana. Escuela de Ingeniería de Producción.