

Propuesta de layout para el mejoramiento de los procesos de almacenamiento y manejo de materiales en la bodega principal de Ace Super Constructor Comaderas en Sincelejo

Jean Carlos Álvarez Martínez  
Cristian Jesús Ortiz Dionisio

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR  
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura

Programa de Ingeniería Industrial

Sincelejo – Sucre

2017

Propuesta de layout para el mejoramiento de los procesos de almacenamiento y manejo de materiales en la bodega principal de Ace Super Constructor Comaderas en Sincelejo

Jean Carlos Álvarez Martínez  
Cristian Jesús Ortiz Dionisio

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Director

Cesar José Vergara Rodríguez  
Ingeniero Industrial Especialista en Logística Integral  
Maestría en Logística

Codirectora

Luty Del Carmen Gomezcaseres Pérez  
Especialista en Aseguramiento de la Calidad  
Maestría en Agricultura del Trópico Húmedo

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR  
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura

Programa de Ingeniería Industrial

Sincelejo – Sucre

2017

**Nota de Aceptación**

4.55

---

---

---

---

Cesar J. Vergara R.

Director

Diego Acuña

Evaluador 1

Amelby

Evaluador 2

Sincelejo, Sucre, 30, de Octubre de 2017

### **Dedicatoria**

Dedicamos este proyecto, principalmente a Dios y a nuestros padres, sin cuya dirección y apoyo no hubiese sido posible finalizar el fruto de un arduo proceso de formación, investigación y aprendizaje, que hoy nos permite graduarnos como Ingenieros Industriales.

### **Agradecimientos**

Agradecemos el anhelado momento de nuestra graduación a Dios, sin cuyo discernimiento y sustento diario no seríamos orgullosos poseedores de este triunfo académico. Asimismo, valoramos la fortaleza y consejo brindados por nuestros padres, que han representado un pilar fundamental en la consecución de nuestros objetivos; y la fe de nuestras familias en este propósito.

También, agradecemos la certera orientación y acompañamiento de los docentes César Vergara y Luty Gómezcaseres, respectivos director y codirectora del presente trabajo de grado.

## Tabla de Contenido

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos .....	5
Lista de Figuras.....	9
Lista de Tablas .....	11
Lista de Anexos .....	13
Resumen.....	15
Abstract.....	16
Introducción .....	17
2. Marco Referencial.....	19
2.1. Antecedentes .....	19
2.2. Marco Conceptual .....	21
2.2.1. Layout de Almacenes. ....	21
2.2.2. Configuración en Centros de Distribución. ....	22
2.2.3. Manejo de materiales.....	23
2.2.4. Almacenamiento de materiales.....	24
2.2.5. Tipos de almacenamiento y equipos.....	24
2.2.6. Costos que incurren en el almacén. ....	29
2.2.2.7. Simulación de operaciones de almacén. ....	30
2.3. Marco Institucional .....	31
2.3.1. Misión. ....	31
2.3.2. Visión. ....	32
3. Metodología .....	33
3.1. Tipo De Investigación Y Sitio De Estudio.....	33
3.2. Población.....	33
3.3. Fase 1. Levantamiento De Información .....	33
3.3.1. Levantamiento planímetro de la bodega y caracterización de materiales. ....	34
3.3.2. Aplicación del análisis ABC a los materiales que almacena la bodega. ....	35

3.3.3. Estudio de método y tiempos. ....	37
3.4. Fase 2. Planteamiento Del Nuevo Layout.....	41
3.4.1 Desarrollo de configuración de espacios para materiales almacenados de forma convencional.....	42
3.4.2. Desarrollo de configuración de espacios para materiales de carga larga, arrume y a piso. ....	48
3.5. Fase 3. Validación del Layout Propuesto.....	53
3.5.1 Importación del layout.....	54
3.5.2. Racks. ....	54
3.5.3. Proveedores y materiales. ....	56
3.5.4. Zona de despacho. ....	58
3.5.5. Bodegueros. ....	59
3.5.6. Rutas.....	60
3.5.7. Funcionamiento del modelo. ....	62
4. Resultados.....	64
4.1. Datos Estructurales De La Bodega .....	64
4.2. Caracterización De Materiales Almacenados En La Bodega .....	65
4.2.1. Clasificación ABC y Diagrama de Pareto de los materiales. ....	67
4.3. Caracterización De Proceso De Picking .....	70
4.3.1. Tiempo de las operaciones. ....	74
4.3.2. Tiempo de picking de productos. ....	75
4.4. Parámetros De Costos Requeridos Para La Utilización De Los Modelos Elegidos. ....	77
4.4.1. Parámetros de costos y demanda requeridos en el modelo propuesto por Bassan. ....	77
4.4.2. Parámetros de costos requeridos para el modelo EOQ. ....	81
4.5. Espacios Asignados Para Las Familias De Productos Almacenadas Convencionalmente	84
4.6. Espacios Asignados Para Las Familias De Materiales De Carga Larga .....	86
4.7. Espacios Asignados Para Las Familias De Productos Almacenadas En Arrume .....	88
4.8. Espacio Asignado Para Las Familias Almacenadas A Piso.....	88
4.9. Layout Con Distribución ABC De Los Productos En La Bodega.....	89
4.9.1. Materiales almacenados en rack estructural. ....	90

---

4.9.2. Materiales almacenados en rack de carga larga. ....	91
4.9.3. Materiales almacenados en arrume. ....	91
4.9.4. Materiales almacenados a piso. ....	91
4.10. Layout De La Bodega Principal Con Dimensionamiento De Espacios Y Pasillos.....	92
4.10.1. Análisis comparativo de áreas para el almacenaje del layout actual vs layout propuesto. ....	93
4.11. Validación Del Layout Propuesto .....	93
4.11.1. Análisis comparativo de layout actual vs layout propuesto con respecto a tiempos y costos. ....	96
5. Conclusión .....	97
6. Recomendaciones .....	99
7. Referencias Bibliográficas .....	101
Anexos .....	105

## Lista de Figuras

Figura 1. Las funciones de almacén típicas y los flujos, 2017. Fuente: Tompkins, White, Bozer, Frazelle, Tanchoco & Trevino, 2003. ....	23
Figura 2. Almacenamiento de materiales de carga larga. Almacenamiento de perfiles (izquierda), almacenamiento de placas de madera (derecha). Fuente: mecaluxco.cdnwm.com, 2017. ....	25
Figura 3. Transportador de pallets. Fuente: Meyers & Stephens, 2006. ....	26
Figura 4. Montacargas industriales. Fuente: Meyers & Stephens, 2006 .....	27
Figura 5. Complementos para montacargas en operaciones con cargas pesadas. Fuente: Meyers & Stephens, 2006. ....	28
Figura 6. Relación de conceptos asociados al modelo matemático de configuración interna de racks y pasillos propuesto por Jhosep Bassan (1980). Fuente: Elaboración propia. ....	42
Figura 7. Diseños propuestos por Bassan (1980), distribución transversal de rack en la derecha y distribución paralela izquierda. Fuente. Arango, et al., 2010. ....	43
Figura 8. Relación de conceptos asociados al modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ). Fuente: Elaboración propia. ....	49
Figura 9. Importación del layout propuesto a FlexSim. Fuente: Elaboración propia, 2017. ....	54
Figura 10. Características y dimensiones de los racks. Fuente: Elaboración propia, 2017. ....	55
Figura 11. Ubicación de racks en el modelo según el layout. Fuente: Elaboración propia, 2017. ....	55
Figura 12. Desarrollo de los materiales. Fuente: Elaboración propia, 2017. ....	57
Figura 13. Vínculos de proveedores a racks. Fuente: Elaboración propia, 2017. ....	58
Figura 14. Configuración de los Queue para la zona de despacho. Fuente: Elaboración propia, 2017. ....	59
Figura 15. Configuración de bodegueros. Fuente: Elaboración propia, 2017. ....	60
Figura 16. Configuración de los NetworkNodes. Fuente: Elaboración propia, 2017. ....	61
Figura 17. Rutas de movilidad. Fuente: Elaboración propia, 2017 .....	62
Figura 18. Modelo en ejecución. Fuente: Elaboración propia, 2017 .....	63
Figura 19. Layout actual de la bodega principal. Fuente: Elaboración propia, 2016 .....	64

---

Figura 20. Diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración propia, 2016.....	69
Figura 21. Diagrama de flujo del proceso de picking de la bodega principal. Fuente: Elaboración propia, 2016 .....	71
Figura 22. Diagrama de decisión del proceso de picking de la bodega principal. Fuente: Elaboración propia, 2017 .....	72
Figura 23. Layout actual con rutas del almacén principal. Fuente: Elaboración propia, 2017.....	73
Figura 24. Identificación de materiales obstruyendo pasillos. Fuente: Elaboración propia, 2017	76
Figura 25. Layout con distribución ABC de los productos en la bodega. Fuente: Elaboración propia, 2017. ....	89
Figura 26. Layout propuesto de la bodega principal. Fuente: Elaboración propia, 2017.....	92
Figura 27. Corrida del modelo.....	94

### Lista de Tablas

Tabla 1. Formato para la ficha técnica de estante.....	35
Tabla 2. Hoja de cálculo para la recolección de la información de los productos.....	36
Tabla 3. Hoja de cálculo para determinar los productos por familia.....	36
Tabla 4. Agrupamiento de familias de productos.....	38
Tabla 5. Asignación de la referencia y cantidad de artículos.....	39
Tabla 6. Hoja de observación para estudio de tiempo.....	40
Tabla 7. Agrupamiento de familias por tipo de almacenaje.....	41
Tabla 8. Cantidad económica de pedido ( $Q^*$ ) de materiales de carga larga, arrume y a piso.....	52
Tabla 9. Datos adicionales del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) de materiales de carga larga, arrume y a piso.....	53
Tabla 10. Características de los materiales en el modelo.....	56
Tabla 11. Velocidades de movilidad por grupos.....	61
Tabla 12. Referencias almacenadas en la bodega con cantidades vendidas y precios unitarios.....	66
Tabla 13. Referencia que componen la familia de cemento.....	67
Tabla 14. Clasificación ABC de familias de producto.....	68
Tabla 15. Participación porcentual por clase.....	69
Tabla 16. Tiempo estándar de las operaciones por grupo de materiales.....	75
Tabla 17. Tiempos de picking de productos.....	76
Tabla 18. Venta anual en pallets.....	78
Tabla 19. Consumo energético de elementos de bodega.....	80
Tabla 20. Costos que incurren en generar ordenar pedidos por día.....	82
Tabla 21. Índice de mantenimiento anual por clase.....	83
Tabla 22. Costo de mantener en inventario de las familias en arrume, carga larga y a piso.....	84
Tabla 23. Asignación de pallets por familia de productos con almacenamiento convencional.....	85
Tabla 24. Posiciones de almacenamiento y racks totales.....	86
Tabla 25. Racks necesarios para el almacenaje de materiales de carga larga.....	87
Tabla 26. Pallets necesarios para el almacenaje de materiales en arrume.....	88

---

Tabla 27. Significado de siglas de familias de productos almacenadas en rack estructural. ....	90
Tabla 28. Resultados de la simulación.....	95
Tabla 29. Comparación tiempos y costos de las distribuciones. ....	95

### Lista de Anexos

Anexo 1. Formato de caracterización de rack 1 y 2.....	105
Anexo 2. Formato de caracterización de rack 3 y 4.....	105
Anexo 3. Formato de caracterización de rack 5 y 6.....	106
Anexo 4. Formato de caracterización de rack 7 y 8.....	106
Anexo 5. Formato de caracterización de rack 9.....	107
Anexo 6. Formato de caracterización de rack 10.....	107
Anexo 7. Formato de caracterización de rack 11.....	108
Anexo 8. Formato de caracterización de rack 12.....	108
Anexo 9. Formato de caracterización de rack 13 y 14.....	109
Anexo 10. Formato de caracterización de rack 15 y 16.....	109
Anexo 11. Formato de caracterización de rack 17 y 18.....	110
Anexo 12. Formato de agrupación de referencias pertenecientes a familia cemento. ....	110
Anexo 13. Formato de agrupación de referencias pertenecientes a familia varillas.....	111
Anexo 14. Formato de agrupación de referencias pertenecientes a familia porcelanato.....	112
Anexo 15. Formato de agrupación de referencias pertenecientes a familia tanques. ....	113
Anexo 16. Formato de agrupación de referencias pertenecientes a familia caballetes.....	114
Anexo 17. Tiempos de actividades de picking de materiales largos. ....	115
Anexo 18. Tiempos de actividades de picking de bultos.....	116
Anexo 19. Tiempos de actividades de picking de cajas.....	117
Anexo 20. Tiempos de actividades de picking de láminas. ....	118
Anexo 21. Tiempos de actividades de picking de baldes y tarros. ....	119
Anexo 22. Tiempos de actividades de picking de rollos. ....	120
Anexo 23. Tiempos de actividades de picking de granel.....	121
Anexo 24. Tiempos de actividades de picking de tanques. ....	122
Anexo 25. Datos de cantidades por lote provenientes del proveedor. ....	123
Anexo 26. Reporte estadístico de picking de los materiales largos. ....	124
Anexo 27. Reporte estadístico de picking de los materiales a granel.....	125

---

Anexo 28. Reporte estadístico de picking los bultos. ....	126
Anexo 29. Reporte estadístico de picking de los baldes y tarros.....	127
Anexo 30. Reporte estadístico de picking de las cajas. ....	128
Anexo 31. Reporte estadístico de picking de los rollos.....	129
Anexo 32. Reporte estadístico de picking de las láminas.....	130
Anexo 33. Reporte estadístico de picking de los tanques.....	131

## Resumen

En la actualidad, para cualquier empresa dedicada a la comercialización de productos terminados, resulta indispensable asegurar la calidad de los productos almacenados y el despacho de los mismos, con mayor eficiencia. Por ello, establecer un layout idóneo conforme a los requerimientos de despacho de los productos almacenados, se convierte en una necesidad para la empresa Ace Super Constructor Comaderas del municipio de Sincelejo. Teniendo en cuenta que esta comercializadora mantiene pedidos constantemente, su mayor interés es el de reducir los recorridos de picking de los operarios, para tener mayor disponibilidad de los mismos y de esta manera, poder satisfacer las expectativas de calidad en el cliente respecto al servicio prestado en la zona de despacho de los productos. El presente trabajo se fundamenta en proponer un layout de la bodega principal que posibilite la mejora en el almacenamiento y manejo de materiales, con el fin de optimizar los procesos de picking, distribución de estantes, pasillos y materiales; en pro de reducir los costos asociados a las operaciones llevadas a cabo en un centro de distribución. Metodológicamente, se recurrió al desarrollo y aplicación de herramientas ingenieriles de gestión logística como el método de Clasificación ABC, estudio de tiempos y modelo de inventario de Cantidad Económica de Pedido (EOQ); así como un modelo de configuración de racks y pasillos para una distribución óptima de los estantes. Asimismo, se empleó la herramienta de simulación FlexSim para realizar la validación del diseño propuesto a partir del análisis de resultados estadísticos relacionados al tiempo de respuesta ante el requerimiento de productos específicos. Con base a la terminación de los objetivos planteados, se obtuvo un layout que favoreció a la eficiencia en el desarrollo de los procesos correspondientes a la gestión de almacenes en la empresa.

*Palabras Clave:* layout, modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ), almacenamiento, simulación, optimizar, gestión, centro de distribución, materiales, bodega.

### **Abstract**

At present, for any company dedicated to the marketing of finished products, it is essential to ensure the quality of the products stored and the dispatch thereof, with greater efficiency. Therefore, to establish a suitable layout according to the requirements of dispatch of the stored products, it becomes a necessity for the company Ace Super Constructor Comaderas of the commune of Sincelejo. Taking into account that this marketer keeps orders constantly, its main interest is to reduce the picking routes of the operators, to have greater availability of the same and in this way, to satisfy the expectations of quality in the customer regarding the service provided in the dispatch area of the products. The present work is based on proposing a layout of the main warehouse that enables the improvement in the storage and handling of materials, in order to optimize the processes of picking, distribution of shelves, aisles and materials; to reduce the costs associated with operations carried out at a distribution center. Methodologically, we needed to the development and application of engineering tools of logistic management as the method of Classification ABC, study of times and model of inventory of Economic of Order Quantity (EOQ); as well as a rack and aisle configuration model for optimal shelves distribution. Also, the FlexSim simulation tool was used to validate the proposed design from the analysis of statistical results related to the response time to the specific product requirement. Based on the completion of the objectives raised, a layout was obtained that favored to efficiency in development of the processes corresponding to the management of warehouses in the company.

*Keywords:* layout, Economic of Order Quantity (EOQ), storage, simulation, optimization, management, distribution center, materials, warehouse.

## **Introducción**

La competitividad en el sector empresarial actual se rige a partir de diversos factores de influencia tanto interna como externa, lo cual ha creado una cultura casi obligatoria en las industrias de mejorar continuamente los procesos funcionales desarrollados en todas las etapas asociadas a la cadena de suministro del producto o servicio ofertado. Localmente, Ace Super Constructor Comaderas, se destaca como una empresa dedicada a almacenar y manipular productos ferreteros para su comercialización, fundamentando sus intereses organizacionales en cumplir con las expectativas del cliente mediante un servicio caracterizado por cortos tiempos de despacho en aplicados a mercancía de calidad. La presente investigación se centra en el análisis de las operaciones de distribución llevadas a cabo en la bodega de esta comercializadora y la manera, en que resulta posible optimizar las actividades de almacenamiento, recolección y despacho a partir de la implementación de métodos matemáticos de gestión logística en almacenes.

El proyecto se realizó con la motivación de conocer el impacto a mediano y largo plazo que representa la aplicación de adecuaciones logísticas en las operaciones de distribución de la empresa en cuestión, todo ello vinculado a una propuesta de mejora en los procesos de almacenamiento; manejo de materiales y equipos como racks, paletas y estructuras del almacén que sirven para conservar el producto, junto con su empaques primarios (Mancilla, 2013); y que permiten contribuir significativamente a disminuir los costos asociados a dichas operaciones, impulsando estándares de calidad más elevados respecto al servicio prestado y al producto directamente implicado.

El estudio llevado a cabo es de tipo descriptivo y se desarrolló a partir de un levantamiento de planimétrico de la bodega y la aplicación del método de Clasificación ABC, para determinar la popularidad de los productos dentro de la misma. La caracterización de procesos en el área de almacenamiento, efectuada a continuación, se basó en un estudio de tiempos, y la ejecución de modelos de inventarios como la Cantidad Económica de Pedido (EOQ). Asimismo, se empleó un modelo de configuración de pasillos y racks, vinculado a la

adecuación de espacios de almacenamiento. Posteriormente, se validan los resultados obtenidos en los modelos mencionados con anterioridad, mediante una herramienta de simulación como FlexSim.

La propuesta de reorganizar el layout de la bodega, favorecerá a la optimización de los tiempos y procesos de picking, mejorando igualmente las condiciones de almacenaje de los productos. La realización de la presente investigación resulta fundamental, debido a que permite hallar la manera idónea de mejorar el servicio prestado a los clientes, aumentando flexibilidad y ubicación eficiente de los productos almacenados en bodega, evitando futuros accidentes ocasionados áreas inadecuadas y reducir costos adicionales por los largos recorridos (Barrionuevo, 2010). Lo anterior, se vería reflejado directamente en los ingresos de la empresa por el aumento de clientes satisfechos y por consiguiente, la organización se volvería más competitiva en el mercado (Mac-Donald, 2013).

## 2. Marco Referencial

### 2.1. Antecedentes

Durante los últimos años, debido a la gran competitividad dentro del mercado globalizado, las empresas se han visto en la obligación de reducir los costos de producción con el fin de obtener mayores beneficios. Para las empresas del ramo ferretero una de las actividades que influyen directamente en el éxito de esta estrategia es la organización de la zona de almacenamiento y con ello el proceso de recogida de ordenes (picking). Los costos correspondientes al diseño y tiempo de recorrido de la operación de picking, se aproximan al 60% de los costos totales de dicha actividad, por ello, en la industria moderna se habla de un movimiento hacia los pequeños lotes de producción y puntos de entregas, hacia la personalización de orden y ciclo de reducción de tiempo (Arango, Zapata & Pemberthy, 2010).

Actualmente, contar con óptimos procesos de almacenamiento y distribución garantizan además de una disminución de costos y tiempo, agilidad en todos los procesos pertenecientes a la cadena de abastecimiento, altos niveles de satisfacción tanto para los clientes y reconocimiento en el campo empresarial (Gonzales, 2015). Toda esta gestión orientada al conocimiento de conceptos de almacenamiento, modelos matemáticos y herramientas tecnológicas. Castillo y Ortega (2013), en su informe sobre la optimización en el diseño de una bodega para una empresa que elabora fundas plásticas, confirman la importancia de utilizar herramientas informáticas como AutoCAD y modelos matemáticos como Gams dentro de las actividades del diseño, a través de estas herramientas se logran disminuir los costos teniendo en cuenta las restricciones del entorno.

Bassan, Y., Roll, Y., & Rosenblatt, M. J. (1980) En su investigación diseñan un modelo matemático, examinando el posible efecto del diseño interno de un almacén en su costo total de operación. Comparan ajustes de estantes considerando costos de manejo, costos de área de almacenamiento y costos perimetrales, y a partir de estos se desarrollan configuraciones de

diseño de almacenes óptimos, teniendo en cuenta requerimientos operativos, de seguridad y de otro tipo.

Arango, et al. (2010) lograron, después de realizar la reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial; reducir en un 13% el área requerida para el almacenamiento, observando también una reducción del 12,3% en el tiempo promedio requerido para la entrega de órdenes. Lo anterior generó para la empresa un beneficio total de 402 millones de pesos durante el primer año.

Una investigación del diseño de una bodega de materia prima del área de calzado de una industria plástica, en la cual se diagnosticó que la bodega presentaba problemas importantes como: mercancía de alta y baja rotación revuelta, pasillo sin nomenclatura, mercancía obsoleta, etc. Los autores utilizaron estrategias como análisis ABC de inventario según el respectivo valor en dinero y metodología CORELAP, para cumplir con su objetivo principal: organizar el almacén, reduciendo los tiempos y cogestión en el sitio de trabajo. Adicionalmente, analizaron el costo-beneficio del estudio para comprobar la viabilidad y rentabilidad de la investigación. (Moreno, Galindo & Abad, 2009).

Karakis, Baskak y Tanyas (2015), realizaron un trabajo que se titula Analytical Model For Optimum Warehouse Dimensions. Este trabajo se basó en literaturas a fines de cálculos de espacios óptimos de las configuraciones de almacenes, remodelando y mejorando los modelos matemáticos, dicha investigación presenta un modelo analítico que permitirá hallar las dimensiones óptimas para las proporciones de los almacenes con respecto a los ejes  $x$ ,  $y$ , y  $z$  como modelo lineal con el objetivo de mejorar el servicio al cliente, disminuir costos y contribuir al rendimiento del mismo.

A la empresa Cintas & Botones ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia se le realizó un estudio de mejora en sus procesos logísticos, debido a que presentaba problemas de desempeño. El estudio se especificó en la operación de picking y se utilizó un modelo COI (Cube Per Order Index) y un sistema de localización del producto con respecto a clasificación ABC según la rotación de estos. Los escenarios planteados se simularon en FlexSim, herramienta ingenieril que estipuló como resultado la maximización de espacio en bodega

liberando un área de 100m<sup>2</sup>, al igual que la productividad individual aumentaba reduciendo los costos de mano de obra en un 31% anual (Bernardo & Rincon, 2013).

Asimismo, la propuesta metodológica desarrollada por Palacio (2012), se postula como una alternativa factible en el diseño de instalaciones de almacenamiento ecoeficientes, a partir de principios de optimización.

Teniendo como base, el desarrollo metodológico registrado en cada uno de los estudios referenciados con anterioridad, cabe destacar como particularidad apreciable, entre estos y el presente trabajo, la búsqueda de soluciones factibles a fenómenos presentes en la cadena de suministro mediante el diseño e implementación de alternativas de optimización a funciones organizacionales (suministro de mercancía, control de calidad y de inventario, preparación y distribución de pedidos, etc.) y aprovechamiento de recursos como mano de obra, espacio físicos de almacenamiento, insumos, etc.

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Layout de Almacenes.**

Dentro de la amplia actividad logística que rodea empresas en todo el mundo, las actividades desarrolladas en centros de distribución y almacenes se centran en estándares específicos de regulación de costos y mejoramiento de la productividad (Arango, et al., 2010), destacando el área de administración de productos en almacén con finalidades como maximizar el nivel del servicio, aminorar las distancias a recorrer, reducir el tiempo requerido para preparar un pedido u operaciones de picking (Ashayeri & Gelders, 1985). Así, resulta posible asociar estrategias de layout destinadas a aprovechar eficientemente recursos de espacio, mano de obra, capital, equipos y flujo de información en operaciones comerciales (Tompkins, White, Bozer, Frazelle & Tanchoco, 2006).

Un layout de almacenes, por tanto, tiene como objetivo principal definir un equilibrio entre el manejo del espacio y los recursos disponibles; procurando una reducción de costos en la gestión de ambos factores y un mayor aprovechamiento del área a emplear (Önüt, Tuzkaya & Doğaç, 2007). Para dicho mecanismo de distribución de pedidos en almacén, se diversifican

sistemas como el cross docking que consiste en procesar de manera inmediata los insumos recibidos para el envío, evitando la generación de costos adicionales. Dicha eficacia en las operaciones, también es el propósito de los sistemas de almacenamiento aleatorio, el cual permite monitorear las cantidades de inventario existente, así como su ubicación de manera automática. La personalización, otro sistema empleado con frecuencia, hace énfasis en agregar valor al producto, mediante actividades complementarias desarrolladas en el mismo almacén (Heizer & Render, 2007). De igual manera, se han desarrollado otros sistemas para ubicar productos en su respectiva zona de almacenamiento, tales como almacenamiento según el periodo de rotación (Vidal, 2009), almacenamiento dedicado (De Koster y Neuteboom, 2001) y almacenamiento abierto (De Koster, Le-Duc & Roodbergen, 2007).

### **2.2.2. Configuración en Centros de Distribución.**

Los almacenes, no sólo especifican distintos sistemas de distribución de productos en bodega, sino también distintos tipos de infraestructuras o Centros de Distribución para almacenar, bajo criterios de categorización como según la función logística, según la ubicación, según el material a conservar, entre otros (Silva, 2006). Por otra parte, un aspecto sobresaliente vinculado a los Centros de Distribución, es el diseño de los mismos, en cuyo caso se matizan aspectos como la configuración interna y las dimensiones del almacén (Montenegro, 2002); así como el nivel de inventario destinado a almacenamiento (Vidal, 2009). En general, el diseño o arreglo interno, incluye determinar la cantidad de desplazamientos requeridos para la recogida del pedido, el número de bloques necesarios en el almacén, la longitud de espacios y el ancho de los pasillos en cada bloque (Adarme, Otero & Rodríguez, 2011).

Básicamente, las operaciones desempeñadas en los Centros de Distribución, se sintetizan en recepción, transferencia, determinación de distancia a recorrer, organización de pedidos, clasificación, cross docking y despacho (Bartholdi y Hackman, 2010) y (De Koster, et al., 2007). Frazelle (2002) estima, que el 10% de los costos de operación, se encuentran incluidos dentro de dichas actividades de recepción, mientras que un 15% de estos costos se centra en actividades relacionadas con el almacenamiento. La Figura 1, precisa los flujos usuales y áreas funcionales dentro de un Centro de Distribución. En ella, las actividades de recepción incluyen actividades como el transporte e inspección de productos recibidos, así

como la transferencia que rige el traslado de la mercancía entrante. La distancia a recorrer, se define conforme sea necesario establecer parámetros de desplazamiento en el almacén; para luego organizar los pedidos del cliente y clasificarlos mediante su selección y aglomeración por grupos de consumo. Así, el producto es embalado y apilado a la espera de ser llevado a las estancias de embarque a partir de cross docking (Koster, et al., 2007).

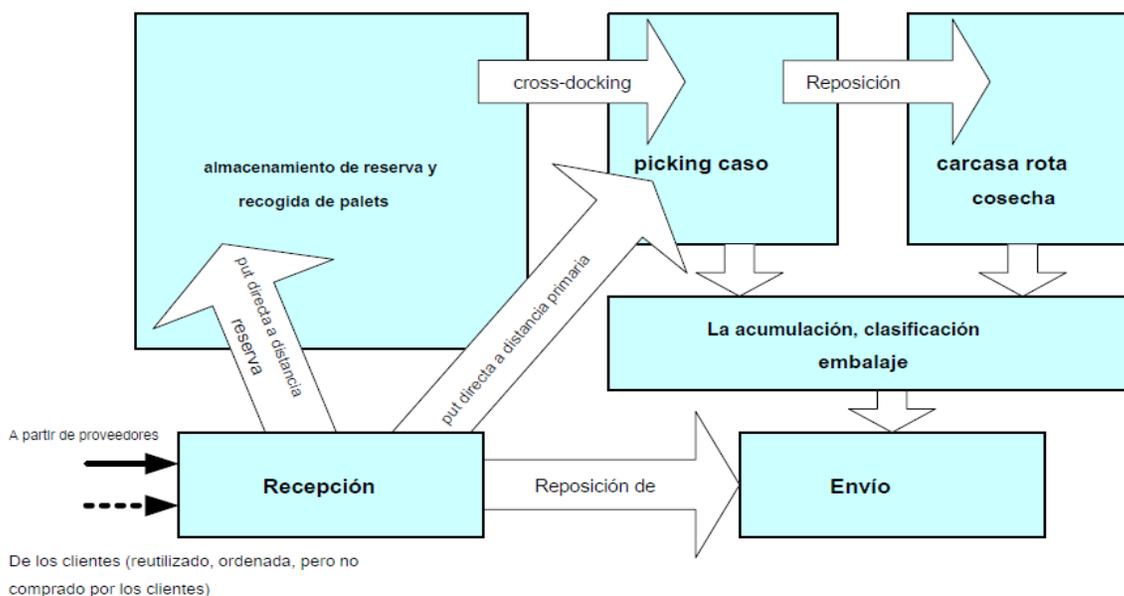


Figura 1. Las funciones de almacén típicas y los flujos, 2017. Fuente: Tompkins, White, Bozer, Frazelle, Tanchoco & Trevino, 2003.

### 2.2.3. Manejo de materiales.

Ballou (2004), especifica una manera distinta y mayormente generalizada, de designación a las operaciones realizadas en almacenes para el manejo de productos. Así, categoriza operaciones de carga y descarga, desplazamientos desde – hacia y surtido de pedidos. La primera, destaca actividades de ocurrencia inconexa pero totalmente vinculadas, al indicar al producto cargado un lugar de destino donde ser desembarcado o descargado. El traslado, puede presentarse entre distintos puntos de carga o descarga, zonas de recolección o aprovisionamiento que el producto requiera durante su manejo. De igual manera, el surtido de pedidos involucra las actividades de selección desde la zona de almacenamiento hasta el área de recolección de la mercancía.

#### **2.2.4. Almacenamiento de materiales.**

Para el caso de las operaciones realizadas para el almacenamiento, Caviedes y González (2016), puntualizan funcionalidades como la Pertenencia o protección proporcionada a los productos, teniendo en cuenta el tiempo que requieren ser mantenidos en almacenamiento; la Consolidación caracteriza la fijación de centrales o puntos de recolección para concretar los envíos. La Carga Fraccionada (Break bulk), es una funcionalidad opuesta a la de consolidación, valorando que en este caso particular se dividen los pedidos según su volumen y sus tarifas de envío; mientras que la Mezcla, permite enviar volúmenes considerables de mercancía pertenecientes a líneas de producción que se han propuesto para ser recogidos en un mismo punto, y posteriormente ser organizadas en pequeños pedidos y dirigidas al consumidor final.

#### **2.2.5. Tipos de almacenamiento y equipos.**

Los sistemas de almacenamiento, constituyen una estación fundamental dentro de la totalidad de la cadena logística; destacando su influencia en el aprovechamiento y distribución de espacios, así como en la eficiencia en el manejo de materiales. El sistema de almacenamiento convencional, por ejemplo, distribuye estanterías como equipos o medios de almacenaje en la zona destinada a dichas operaciones para la manipulación de mercancía a partir de estructuras de paletización, pallets o estibas (Palacio, 2012). Estas últimas, se categorizan por factores específicos como el destino para el que son empleadas, el número de entradas, por su piso y cubierta, por la manipulación a la que se someten, etc. (Salazar, 2017).

De manera puntual, el almacenamiento en estanterías, presenta variantes relacionados con la capacidad, resistencia o dimensiones que requieran los productos a almacenar. Las estanterías Cantilever, se fundamentan en el almacenaje de tubos, vigas, perfiles y otros elementos con longitud pronunciada como se evidencia en la siguiente imagen. (Figura 2). Las estanterías de rack convencional, por su parte, son una clasificación concordante con carga mediana y pesada en configuraciones unificadas de carga; a diferencia de las estanterías Drive In o Drive Beam (Consejo Colombiano de Seguridad, 2008), que conforman canales interiores de carga con un solo sentido de acceso y sin travesaños en las estanterías para que se pueda

transitar mediante equipos de cargue y descargue, recolección, traslado o movimiento de pedidos en almacén, como es el caso de equipos manuales como carretillas y transpaleta manual, ilustrada ésta última en la *Figura 3*; equipos asistidos por motor como elevadores, camiones industriales, montacargas y complementos para cargas pesadas (*Figura 4* y *Figura 5*), y mecanizados entre los que se encuentran escáner, tecnología de codificación. (Ballou, 2004).



*Figura 2.* Almacenamiento de materiales de carga larga. Almacenamiento de perfiles (izquierda), almacenamiento de placas de madera (derecha). Fuente: mecaluxco.cdnwm.com, 2017.



*Figura 3.* Transportador de pallets. Fuente: Meyers & Stephens, 2006.



Figura 4. Montacargas industriales. Fuente: Meyers & Stephens, 2006.

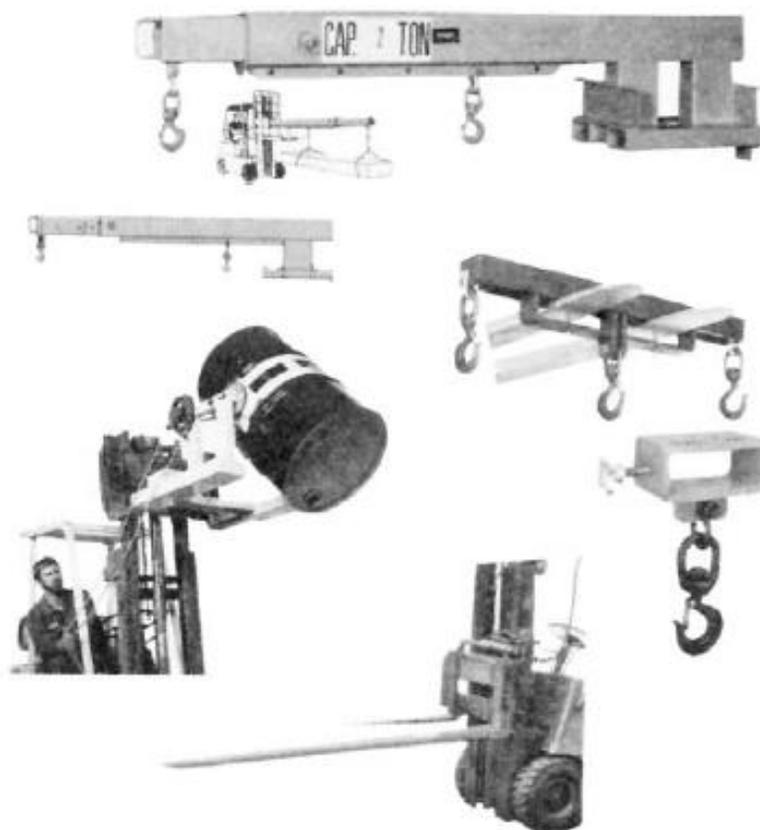


Figura 5. Complementos para montacargas en operaciones con cargas pesadas. Fuente: Meyers & Stephens, 2006.

Por su parte, el sistema de almacenamiento por apilamiento o arrume, proporciona resistencia, manipulación más factible del producto y distribución más adecuada del mismo (Consejo Colombiano de Seguridad, 2008). Se enfoca en la organización de cargas estibadas unas sobre otras; por lo que la altura, el peso y la estabilidad de la carga resultan ser variables sobresalientes para su aplicación. En el sistema de almacenamiento dinámico, las estanterías se agrupan en un único bloque. Los productos, cuentan con un espacio de ingreso y otro de salida entre los cuales se transita mediante bandas transportadoras o rodillos, que hacen innecesaria la presencia de pasillos de circulación de equipos y/o personal de manejo de materiales (UMB, s.f).

Dentro del contexto de la manipulación de materiales, cabe destacar la relación entre la incertidumbre oferta - demanda de una mercancía y el control de inventario gestionado con base en sus existencias en bodega (Izar y Ynzunza, 2012). Tradicionalmente, se emplea un método de punto de reorden para gestionar el control de inventarios aplicado a productos de elevado valor; mientras que las cantidades de reabastecimiento se establecen a través del modelo EOQ, o de Cantidad Económica de Pedido (Ballou, 2004). El objetivo del modelo se fundamenta en determinar la estacionalidad y respectivas cantidades en las que se reabastecerá el inventario, de manera que posibilite una reducción en los costos de mantener inventario, costos de producción unitaria y de preparación de pedido (Hillier y Lieberman, 2010). Respecto a ello, Ren (2010), afirma que este modelo resulta ser sólido en casos en que la demanda, el costo de pedidos y almacenamiento se fundamentan en distribuciones de probabilidad uniforme y normal. Asimismo, para que este modelo permita minimizar la cantidad de material a pedir y así poder mantener menos productos en inventario; se requiere de herramientas de análisis operacional que permitan ubicar los productos a partir de estrategias idóneas de distribución en bodega. El análisis ABC de inventario, por ejemplo, se destaca por categorizar los productos según su tipo o designación y detectar los más prioritarios por enviar, en zonas convenientes de despacho (Meyers & Stephens, 2006).

#### **2.2.6. Costos que incurren en el almacén.**

De igual manera, resulta relevante agregar que la toma de decisiones referente a inventarios, se vincula a parámetros específicos como el costo de mantener y de pedir (Sharafali, Shahul Hameed & Yadavalli, 2009). Basándose en este hecho, se asocia la premisa de que la necesidad de mantener inventarios o existencias en bodega, antepone costos de almacenamiento, manejo de materiales y de longitud de paredes externas; argumentados en el desempeño de iniciativas y distribución de componentes dentro del almacén.

### ***2.2.2.1. Costo de generar una orden.***

Son todos costos asociados al personal, elementos y medios necesarios para ordenar el pedido al proveedor. Tal es el caso de factores como: personal de compras, inventario, auxiliar de área específica de la bodega, auxiliar encargado de facturas y servicio de telefonía fija e internet.

### ***2.2.2.2. Costo de mantener en inventario.***

Se entiende por cuánto cuesta mantener un producto en un intervalo de tiempo en el almacén. Las dos variables necesarias para hallar este costo son: costo del producto y el índice de mantenimiento anual, que se relacionó con el tiempo de permanencia en la bodega, es decir que entre más tiempo demore en la bodega mayor será el índice de mantenimiento.

### ***2.2.2.3 Costo de manejo de materiales.***

Se entiende como el costo de cuánto cuesta mover un pallet por metro recorrido, el cual es el pago efectuado al auxiliar encargado de manipular las referencias que almacenan en la bodega principal.

### ***2.2.2.4. Costo de almacenamiento.***

El costo de almacenamiento, se define como el costo de mantener cada área de almacenaje de la bodega medida en metros cuadrados.

### ***2.2.2.5. Costo de longitud de paredes externas.***

Asociado al costo de mantener las condiciones de las paredes externas de la bodega de almacenamiento.

### ***2.2.2.7. Simulación de operaciones de almacén.***

La simulación de operaciones de almacén se define como una representación matemática que analiza el comportamiento de sistemas lógicos a través de equipos de cómputo. Básicamente, se centra en determinar patrones de asignación y de ubicaciones óptimas o

similares a lo óptimo en almacenes. Todo ello, a partir de reportes de datos económicos y estadísticos que evalúan la influencia de los modelos propuestos, en un entorno real (Ballou, 2004.)

### **2.3. Marco Institucional**

Ace Súper Constructor Comaderas es una empresa encargada de comercializar una amplia gama de productos para la construcción, ferretería, artículos decorativos, agrícolas y ahora por medio de la nueva tienda retail de autoservicio amplía su gama de productos para ofrecer al cliente artículos para el hogar, jardinería, automovilísticos, audio y video, limpieza y aseo, entre otros.

Localizada en la ciudad de Sincelejo capital del departamento de Sucre, y su ubicación corresponde al suroccidente de la ciudad precisamente en la denominada Avenida Ocala en la Cra 25 No.25-269. Este es un sector altamente comercial y de amplio tráfico vehicular tanto de transporte de carga como de pasajeros.

#### **2.3.1. Misión.**

Somos una empresa encargada de la comercialización de todo tipo de materiales para la construcción, ofreciéndoles a nuestros clientes además de nuestros productos de alta calidad, un servicio rápido, amable y confiable.

Superando sus expectativas mediante la innovación constante, convirtiendo a nuestros proveedores en verdaderos socios comerciales y asegurando una relación permanente y valiosa con nuestros clientes, al igual que con los demás colaboradores de la empresa.

Toda esta estructura armónica, amén de nuestra vocación de servicio, permitirá ir generando un desarrollo integral, contribuyendo así decisivamente al crecimiento económico de la organización y del país, actuando con responsabilidad frente al medio ambiente y la sociedad.

### **2.3.2. Visión.**

Ser una empresa competente con un sistema de perfeccionamiento empresarial consolidado y el componente humano altamente preparado, organizado y comprometido, siendo líderes en el sector de la comercialización de todo tipo de materiales para la construcción, representando para nuestros clientes la mejor alternativa en el mercado.

Ser reconocidos como una empresa líder en la comercialización de equipos e insumos y todo tipo de materiales para construcción con posicionamiento en términos de generación de valores, calidad, competitividad y mejoramiento continuo.

De este modo generar confianza en el cliente al adquirir nuestros productos, obteniendo así los más altos estándares de calidad.

### **3. Metodología**

#### **3.1. Tipo De Investigación Y Sitio De Estudio**

El presente estudio es de carácter cuantitativo-descriptivo, debido a que este progreso de manera secuencial, contiene datos numéricos en la mayor parte de él y contiene una fase de validación, de tal forma que en el desarrollo de cada fase metodológica debe seguir de la anterior sin saltar su orden. Según Hernández en su libro Metodología de la Investigación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010), Estas características, son propias de un enfoque cuantitativo-descriptivo de investigación.

Este estudio se llevó a cabo en la bodega principal de Ace Super Constructor Comaderas, localizada en la ciudad de Sincelejo capital del departamento de Sucre, y su ubicación corresponde al suroccidente de la ciudad precisamente en la denominada Avenida Ocala en la Cra 25 No. 25-269 este es un sector altamente comercial y de amplio tráfico vehicular tanto de transporte de carga como de pasajeros. El desarrollo de la investigación se compone de tres fases metodológicas, descritas en el desarrollo del proyecto.

#### **3.2. Población**

La población de estudio son todas las referencias de productos que se manejan en el año 2015 en la bodega principal de Ace Super Constructor Comaderas.

#### **3.3. Fase 1. Levantamiento De Información**

En esta primera parte del proyecto se recopilaron los datos de la bodega, utilizando herramientas investigativas e ingenieriles como formatos, encuestas, tablas, softwares, etc. Con el objetivo de conocer las características físicas y procesos que se lleven a cabo dentro de la bodega.

### **3.3.1. Levantamiento planímetro de la bodega y caracterización de materiales.**

Para el levantamiento planímetro de la bodega se les dio una nomenclatura a los equipos de almacenamiento (rack y paletas), a fin de representar cómo se encuentran distribuidos y ubicados dentro de la bodega además de permitir identificar los materiales que se encuentra almacenados en los racks y paletas. Utilizando una cinta métrica se determinaron las dimensiones de: equipos de almacenamiento, áreas de movilidad del personal y de carga, zonas de cargue y descargue, al igual que la parte estructural de la bodega (columnas, paredes internas y externas, puertas, etc.).

- ✓ Ancho de la bodega: 34.74 m.
- ✓ Largo de la bodega: 74.68 m.
- ✓ Puerta de recepción de materiales 1: 1.5 m.
- ✓ Puerta de recepción de materiales 2: 7m.
- ✓ Ancho de estantería pesada: 1.1m.
- ✓ Largo de estantería pesada: 3m.
- ✓ Zonas en arrume (variables).
- ✓ Ancho de pasillos principales (variables).
- ✓ Ancho de pasillos secundarios (variables).

Para identificar la ubicación y en qué nivel del equipo de almacenamiento se encuentran situado los productos de manera generalizada se desarrolló un formato como se demuestra en la Tabla 1.

Tabla 1

*Formato para la ficha técnica de estante.*

Tipo de almacenaje: (arrume, convencional o carga larga)					
Nomenclatura	Nivel	Material	Dimensiones (mts)	Posiciones de almacenamiento	
				Cantidad	Dimensiones
			Ancho:		
			Largo:		
			Alto:		
			Ancho:		
			Largo:		
			Alto:		
			Ancho:		
			Largo:		
			Alto:		

Fuente: elaboración propia, 2017.

Se rellenó uno de estos formatos por cada uno de los racks y paletas que se encuentran en la bodega.

Igualmente se recopilamos datos relacionados con: anchura de pasillos entre estanterías y pasillos principales, área de arrume negro, dimensiones de algunas estanterías, etc. Con toda la información recopilada y utilizando la herramienta computacional AutoCAD, se desarrolló el plano actual de la bodega.

### **3.3.2. Aplicación del análisis ABC a los materiales que almacena la bodega.**

En esta parte del proyecto se recolectaron las referencias de los productos que maneja la bodega, esta almacena gran variedad de referencias dentro de los diferentes productos que comercializa, la información requerida nos fue suministrada por los departamentos de inventario y venta de la empresa, nos facilitaron la siguiente información de los productos: código, referencia, precio promedio unitario de venta, unidades anuales vendidas por producto, ingresos totales anuales por producto, toda esta información se congregó en una hoja de Excel, ilustrado en la Tabla 2.

Tabla 2

*Hoja de cálculo para la recolección de la información de los productos.*

CODIGO	REFERENCIA	CANTIDAD	\$
--------	------------	----------	----

Fuente: elaboración propia, 2016.

Una vez obtenida la información de las referencias, se conformaron familias de productos que comparten características similares en el almacenamiento, esto fue registrado en una hoja de Excel, véase la Tabla 3.

Tabla 3

*Hoja de cálculo para determinar los productos por familia.*

FAMILIA DE PRODUCTO				
CODIGO	REFERENCIA	CANTIDAD	\$ UNITARIO	\$ TOTAL

Fuente: elaboración propia, 2016.

Para aplicar la ley de Pareto y llevar a cabo el estudio ABC se tomaron las familias de productos se sumaron las utilidades de los productos por cada familia y se halló el total de utilidades anual de cada una de las familia, luego con esto se procedió con la ley de Pareto y

análisis ABC, donde se clasificaron las familias según su respectiva participación en dinero en ventas del total de las ventas de todas las referencias, posteriormente se organizaron de mayor participación a menor participación y se clasificaron de la siguiente manera:

- ✓ Clase A: el primer 20% de las familias que sumen el 80% de participación del total de las ventas
- ✓ Clase B: el siguiente 30% de las familias con 15% de participación en el total de las ventas
- ✓ Clase C: el 50 % de las familias que sumen el 5% de participación en el total de las ventas

Cabe anotar que esta clasificación es excluyente, es decir que las familias solo podrán pertenecer a una sola clase.

### **3.3.3. Estudio de método y tiempos.**

En esta parte se caracterizó el proceso de despacho, para ello se solicitó al jefe de bodega que describiera como es el comportamiento de este proceso, además se comprobó esta información haciendo seguimiento a algunos pedidos con una video cámara, conformando así de manera secuencial, objetiva y lógica cada actividad del proceso de despacho de órdenes de compra mediante un diagrama de flujo y mapa de operaciones.

Actividades del proceso de picking:

- ✓ Recibir orden de compra.
- ✓ Asignar orden a un bodeguero.
- ✓ Recoger equipo de manipulación de carga.
- ✓ Desplazarse hacia el rack.
- ✓ Recoger material en el nivel 1.
- ✓ Buscar escalera.
- ✓ Recoger material en los niveles 2 y 3.
- ✓ Consolidar carga.
- ✓ Dirigirse al área de despacho.
- ✓ Verificar orden.
- ✓ Despachar orden.

Una vez caracterizado el proceso de despacho se procedió a realizar un estudio de tiempos de las actividades que conforman este procedimiento, se redujeron esas 40 familias, para ello se tomaron criterios sobre el manejo y transporte de las familias, dichos criterios conformaron 8 grupos de familias que poseen características similares en el manejo y transporte de materiales desde el rack o pallet hasta la zona de despacho, ilustrado en la Tabla 4.

Tabla 4

*Agrupamiento de familias de productos.*

Tipo	Familia de productos		
<b>Material largo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varillas.</li> <li>• Tuberías metálicas.</li> <li>• Laminas metálicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubos.</li> <li>• Platinas metálicas.</li> <li>• Molduras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfiles.</li> <li>• Vigas</li> </ul>
<b>Granel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas agrícolas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carretillas.</li> </ul>
<b>Bultos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cemento.</li> <li>• Pegantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caballetes.</li> <li>• Granitos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladrillos.</li> </ul>
<b>Baldes y tarros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pinturas.</li> <li>• Sika.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aditivos.</li> <li>• Asfalto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balde.</li> </ul>
<b>Cajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revestimientos.</li> <li>• Porcelana sanitaria.</li> <li>• Porcelanato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decorados.</li> <li>• Muebles de baño.</li> <li>• Lavamanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavaderos.</li> <li>• Lavaplatos</li> </ul>
<b>Rollos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mallas.</li> <li>• Alambres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Telas.</li> <li>• Plástico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangueras.</li> </ul>
<b>Laminas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tejas.</li> <li>• Placacentro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placas.</li> <li>• Puertas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesones.</li> </ul>
<b>Tanques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tanques elevados</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia, 2017.

Posteriormente a cada uno de estos grupos se le asignó una referencia representativa y una cantidad de esta referencia como lo muestra la Tabla 5.

Tabla 5

*Asignación de la referencia y cantidad de artículos.*

Tipo	Nivel	Cantidad De Artículos	Referencia Manipulada
<b>MATERIAL LARGO</b>	1,2 y 3	2	Tubo sanitario de 6MT
<b>GRANEL</b>	1 Y 2	5	Accesorios sanitarios
	3	1	Carretilla
<b>BULTOS</b>	1	4	Bultos de cemento 50kg
	1	2	Cuñetes de pintura
<b>BALDES Y TARROS</b>	2 y 3	2	Paquete compuesto de 4 tarros de pintura de 1 gal cada una.
<b>CAJAS</b>	1 Y 2	1	Caja de Cerámica
	3	1	Sanitario
<b>ROLLOS</b>	1 Y 2	2	Mallas plásticas
<b>LAMINAS</b>	1	2	Teja Ruralit
<b>TANQUES</b>	1	1	Tanque elevado de 250 Lt

Fuente: elaboración propia, 2017.

Para el estudio de tiempo se utilizaron herramientas como: tablero de observaciones, cronómetros, cámaras, cinta métrica y el siguiente formato Tabla 6, Seguidamente se tomaron 5 ciclos por cada grupo estudiado estas determinaciones se basaron en conformar un muestreo por conveniencia al escoger elementos de la población sin aleatoriedad por motivos de limitaciones de recursos, tiempo y personal (Devore, 2006).

Tabla 6

*Hoja de observación para estudio de tiempo.*

IDENTIFICACIÓN DE LA OPERACIÓN						FECHA			
TIEMPO INICIAL	OPERAR		VISTO BUENO			OBSERVADOR			
TIEMPO FINAL	IO		CICLOS			RESUMEN			
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS Y PUNTO DE QUIEBRE	1	2	3	4	5	Sumatori a T	T prom	ID	TN (minutos)
1 Recorrido sin carga ( 5 mts)									
2 Recogida de artículos en el 1er nivel									
3 Recorrido con escalera rodante (5 mts)									
4 Recogida de artículos en el 2do nivel									
5 Recogida de artículos en el 3er nivel									
6 Recorrido con carga ( 5 mts)									
<b>TIEMPO NORMAL DE 0</b>	<b>TOLERANCIA=</b>	<b>10%</b>	<b>TIEMPO ESTÁNDAR</b>	<b>minutos/c arros</b>					

Fuente: elaboración propia, 2017.

Luego de especificar y establecer las características de la referencias a estudiar y la metodología de estudio de los grupos, se procedió a la toma de tiempos de cada grupo de familia anotando cada dato de observación descrita anteriormente, se calculó el tiempo estándar sumando los tiempos por ciclo de cada grupo, se halló el tiempo promedio y ese tiempo promedio se multiplicó por un índice de desempeño de 90% para calcular un tiempo normal (TN), cabe resaltar que se utilizó este índice ya que los tiempos fueron tomados una hora después de haber comenzado la jornada laboral asumiendo así que los trabajadores sondeados no estaban desgastado debido que a que no han ejercido demasiado esfuerzo de momento pero que ya han tomado el ritmo y la rutina de las labores que les competen. Luego este TN se

multiplico por un factor de tolerancia del 10 % determinando así el tiempo estándar, es preciso destacar que los tiempos fueron tomados y calculados en segundos.

### 3.4. Fase 2. Planteamiento Del Nuevo Layout

Para el desarrollo de esta fase principalmente se debió dividir en tres grupos de familias de productos almacenados de cuatro formas diferentes que son: almacenamiento convencional, almacenamiento en arrume, almacenamiento de carga larga y almacenamiento a piso, como se muestra en la Tabla 7, Esta división, se llevó a cabo debido a que los modelos matemáticos para la configuración interna de centros de distribución son aplicados únicamente para productos almacenados de forma convencional.

Tabla 7

*Agrupamiento de familias por tipo de almacenaje.*

TIPO DE ALMACENAJE	FAMILIA
CONVENCIONAL	- Revestimientos
	- Porcelana sanitaria
	- Decorados
	- Sika
	- Porcelanato
	- Pinturas
	- Pavco
	- Mallas
	- Alambres
	- Telas
ARRUME	- Cemento
	- Pegantes
	- Varillas
	- Tejas
	- Perfiles
	- Tubos
CARGA LARGA	- Placas
	- Caballetes
	- Placa centro
	- Metales planos x6mt
	- Tanques
	- Mangueras
A PISO	- Herramientas agrícolas
	- Aditivos
	- Asfalto
	- Lavaplatos
	- Balde
	- Carretillas
	- Lavamanos
	- Lavadero
	- Muebles de baño
	- Granitos
	- Ladrillos
	- Molduras
	- Tubería metálica
	- Viga
- Mesón	
- Laminas metálicas	
- Puerta	
- Plástico	

Fuente: elaboración propia, 2017.

### 3.4.1 Desarrollo de configuración de espacios para materiales almacenados de forma convencional.

Para el establecimiento de los respectivos espacios de almacenamiento convencional, fueron necesarias varias etapas preliminares relacionadas con la configuración de los mismos.

#### 3.4.1.1. Modelo Conceptual.

El siguiente diagrama (Figura 6), organiza y representa la relación de conceptos fundamentales para la comprensión del modelo de configuración de racks y pasillos propuesto por Jhosep Bassan (1980).

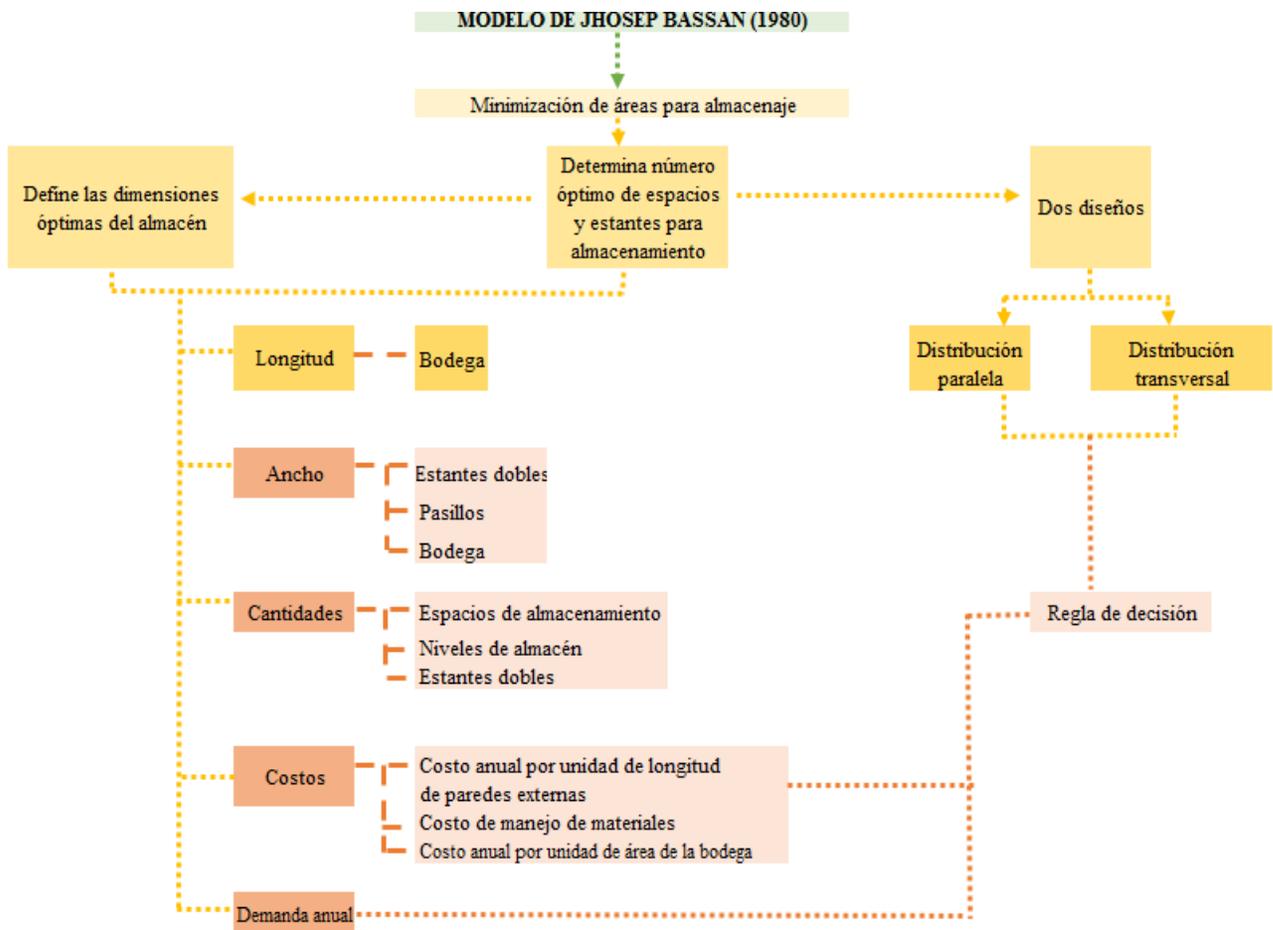


Figura 6. Relación de conceptos asociados al modelo matemático de configuración interna de racks y pasillos propuesto por Jhosep Bassan (1980). Fuente: elaboración propia.

Los costos asociados a los procesos que componen el almacén se pueden determinar, a partir de la identificación de factores como: energéticos, salarios de trabajadores directamente relacionados con la bodega, áreas utilizables para el almacenaje ( $m^2$ ) y los mantenimientos que se le hacen en el año a las paredes externas.

### 3.4.1.2. Modelo Matemático.

Se utilizó el modelo matemático de *Jhosep Bassan* (1980), ejecutado por Arango, Zapata C & Pemberthy (2010) para diseñar el espacio de almacenaje en la bodega principal en los productos que se mantendrán almacenados de manera convencional. El modelo para la configuración de estantes y pasillos en el almacén, propone dos posibles situaciones para la distribución de estantes en la bodega, diseños ilustrados en la Figura 7.

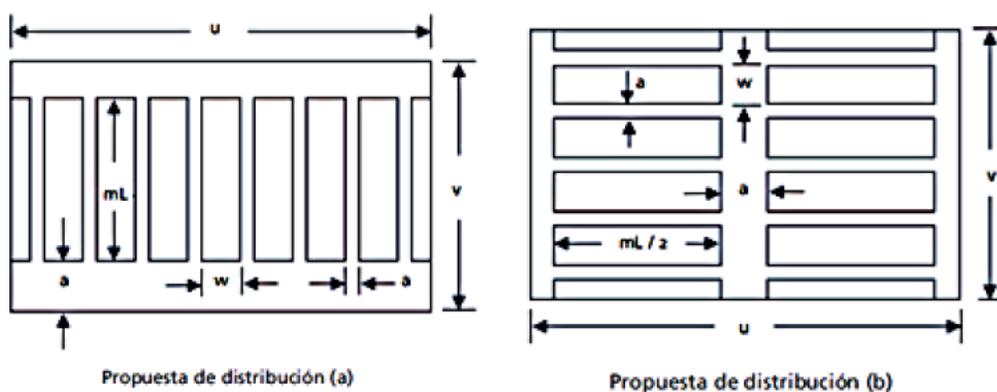


Figura 7. Diseños propuestos por Bassan (1980), distribución transversal de rack en la derecha y distribución paralela izquierda. Fuente: Arango, et al., 2010.

Los supuestos del modelo son los siguientes:

- ✓ El producto se obtiene a través de una puerta de un lado del edificio y se despacha por otra puerta en el lado opuesto.
- ✓ Un ítem requiere de cuatro movimientos entre una puerta y su lugar de almacenamiento.
- ✓ Las puertas están localizadas en el centro del edificio.
- ✓ Todas las partes de la bodega tienen la misma probabilidad de ser utilizadas.
- ✓ La estantería es de doble – faz, excepto aquellas ubicadas contra las paredes.

Para aplicar el modelo de configuración de estantes, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

$W$  = Ancho de estante doble (metros).

$L$  = Ancho del pallet (metros).

$m$  = Cantidad de espacios de almacenamiento a lo largo del estante.

$h$  = Cantidad de niveles de almacenaje en dirección vertical.

$n$  = Cantidad de estantes dobles.

$K$  = Capacidad total de la bodega en espacios de almacenamiento.

$a$  = Ancho de pasillos (metros), suponiendo que el dimensionamiento es el mismo.

$u$  = Largo de la bodega (metros).

$v$  = Ancho de la bodega (metros).

$d$  = Demanda anual de la bodega en unidades de almacenamiento (por ejemplo, en pallets). Se asume que un ítem de almacenamiento ocupa una unidad de espacio de almacenamiento (ítems/año).

$C_h$  = Costo de manejo de materiales, de mover un ítem una unidad de longitud (\$/metro).

$C_s$  = Costo anual por unidad de área de la bodega (\$/metro<sup>2</sup>).

$C_p$  = Costo anual por unidad de longitud de paredes externas (\$/metro).

Para la configuración (a), el número óptimo de espacios de almacenamientos es *Ecuación 1*.

$$m_1 = \frac{1}{L} \sqrt{\left[ \frac{dCh + 2aCs + 2Cp}{2(dCh + Cp)} \right] \left[ \frac{K(w + a)L}{2h} \right]}$$

*Ecuación 1*

El número óptimo de estantes doble faz es *Ecuación 2*.

$$n_1 = \frac{1}{w + a} \sqrt{\left[ \frac{2(dCh + Cp)}{dCh + 2aCs + 2Cp} \right] \left[ \frac{K(w + a)L}{2h} \right]} \quad \text{Ecuación 2}$$

Para las dimensiones de la bodega, el largo óptimo se representa en la *Ecuación 3*.

$$u_1 = n_1 * (w + a) \quad \text{Ecuación 3}$$

Y el ancho óptimo en la *Ecuación 4*.

$$v_1 = 2a + m_1 * L \quad \text{Ecuación 4}$$

Para la configuración (b), el número óptimo de posiciones de almacenamiento es *Ecuación 5*.

$$m_2 = \frac{1}{L} \sqrt{\left[ \frac{2dCh + 3aCs + 2Cp}{dCh + 2Cp} \right] \left[ \frac{K(w + a)L}{2h} \right]} \quad \text{Ecuación 5}$$

El número óptimo de estantes lo indica la *Ecuación 6*.

$$n_2 = \frac{1}{w + a} \sqrt{\left[ \frac{dCh + 2Cp}{2dCh + 3aCs + 2Cp} \right] \left[ \frac{K(w + a)L}{2h} \right]} \quad \text{Ecuación 6}$$

Para las dimensiones de la bodega, el largo óptimo sería *Ecuación 7*.

$$u_2 = 3a + m_2 * L \quad \text{Ecuación 7}$$

Y ancho óptimo *Ecuación 8*.

$$v_2 = n_2 * (w + a) \quad \text{Ecuación 8}$$

Regla de decisión para determinar la configuración que genera menos costos:

- ✓ Si  $d < Cp / Ch$ , seleccionar la configuración 1
- ✓ Si  $d > 2Cp / Ch$ , seleccionar la configuración 2
- ✓ Si  $Cp / Ch < d < 2Cp / Ch$ , no se puede concluir.

### ***3.4.1.3. Aplicación del modelo matemático con datos de la bodega.***

Datos de la bodega para la ejecución del modelo matemático de configuración de estantes en la bodega principal.

$$W = 2,32 \text{ metros.}$$

$$L = 1 \text{ metro.}$$

$$m = 3 \text{ espacios por rack.}$$

$$h = 3 \text{ niveles por rack.}$$

$$n = 65 \text{ racks dobles.}$$

$$K = 2mhn \rightarrow (2) (3*3*65) = 1170 \text{ espacios de almacenamiento.}$$

$$a = 1,60 \text{ metros.}$$

$$u = 74,69 \text{ metros}$$

$$v = 34,64 \text{ metros}$$

$$d = 13.908 \text{ pallets.}$$

$$C_h = \$ 1,01 / \text{Metro.}$$

$$C_s = \$2.576 / \text{Metro cuadrado (m}^2\text{).}$$

$$C_p = \$ 2674,27 / \text{Metro.}$$

#### ***3.4.1.3.1. Selección de configuración adecuada para la bodega.***

Sabiendo los costos asociados al almacén, procedimos a ejecutar una regla de decisión para determinar que configuración es la más factible para poner en marcha el layout propuesto.

✓  $d = 13908 < Cp / Ch = 2645,52$ . Regla para selección de configuración 1 no cumplida.

✓  $d = 13908 > 2Cp / Ch = 5291,03$ . Regla para configuración 2 cumplida. Esto implica que la configuración 2 es la más conveniente para implementarse, ya que cuenta con unos costos más reducidos que la configuración 1.

Reemplazando las *Ecuaciones 5, 6, 7 y 8*, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$m_2 = \frac{1}{1} \sqrt{\left[ \frac{2(13.908 * 1,01) + 3(1,60 * 2576) + 2(2674,27)}{(13.908 * 1,01) + 2(2674,27)} \right] \left[ \frac{1170(2,32 + 1,60)1}{2(3)} \right]} \quad \text{Ecuación 9}$$

$m_2 = 42$  espacios de almacenamiento por estanterías.

$$n_2 = \frac{1}{2,32 + 1,60} \sqrt{\left[ \frac{(13.908 * 1,01) + (2 * 2674,27)}{2(13.908 * 1,01) + 3(1,60 * 2.576) + 2(2674,27)} \right] \left[ \frac{1170(2,32 + 1,60)1}{2(3)} \right]} \quad \text{Ecuación 10}$$

$n_2 = 5$  estanterías de doble – faz.

$$u_2 = 3(1,60) + 42 * 1 \quad \text{Ecuación 11}$$

$u_2 = 46,8$  metros de largo.

$$v_2 = 5 * (2,32 + 1,60) \quad \text{Ecuación 12}$$

$v_2 = 19,6$  metros de ancho.

Resolviendo las ecuaciones del modelo de configuración de estantes de centros de distribución, se determinó que los estantes quedarán organizados con 4 filas de estantes dobles y 2 estantes simples ubicados a los costados, con 42 posiciones de almacenamiento a lo largo de cada estante, con una totalidad de 420 posiciones de almacenamiento por nivel; siendo 42x10 estantes simples. El espacio ocupado por esta configuración fue de 46,8 metros de largo x 19,6 metros de ancho.

#### ***3.4.1.3.2. Validación del modelo matemático para configuración de racks y pasillos.***

Para el desarrollo del modelo matemático de configuración de racks y pasillos, se realizó un bosquejo en literaturas anteriores para certificar los resultados que obtuvieron autores anteriores. De este modo, validar que es adecuado para la implementación en la presente investigación.

- ✓ Arango, Zapata reducir en un 13% el área requerida para el almacenamiento, al igual que 12,3% en el tiempo requerido para la entrega de órdenes.
- ✓ El ingeniero industrial Oscar palacio en su propuesta para almacenamiento modulares ahorró aproximadamente del 50% en los desplazamientos para el proceso de picking.
- ✓ Adarme, Otero y Rodríguez reestructuraron un almacén de materiales para construcción y reparación de buques optimizando los espacios aumentando las posiciones de almacenamiento un 18%.

#### **3.4.2. Desarrollo de configuración de espacios para materiales de carga larga, arrume y a piso.**

##### ***3.4.2.1. Modelo Conceptual.***

El siguiente diagrama (Figura 8), organiza y representa la relación de conceptos fundamentales para la comprensión del modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ).

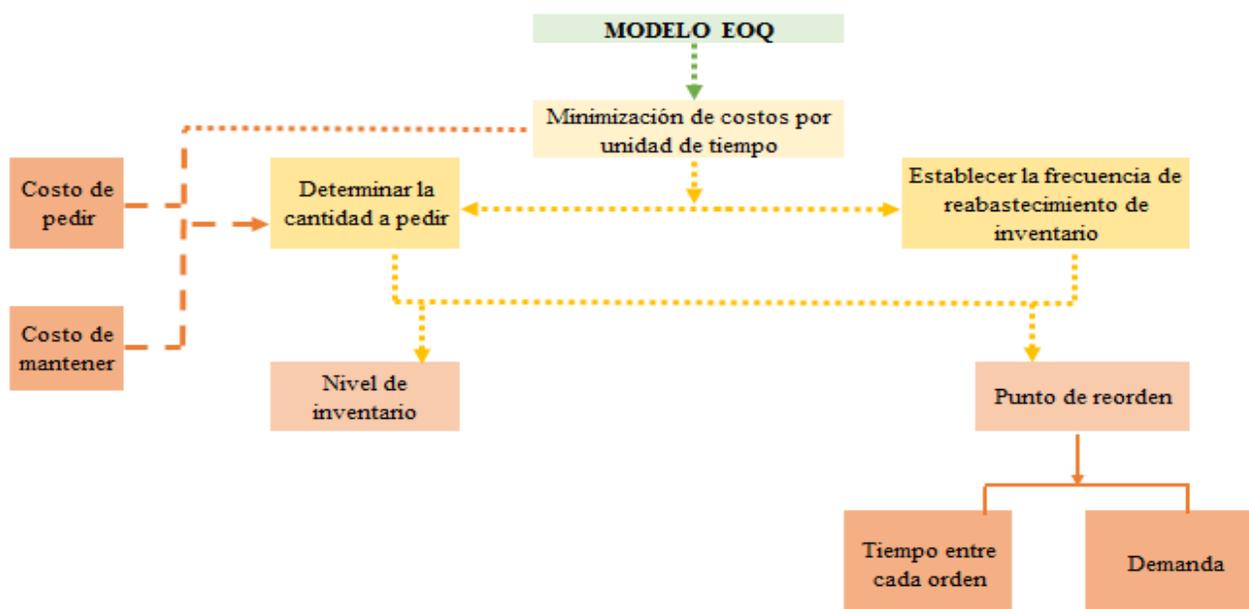


Figura 8. Relación de conceptos asociados al modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ). Fuente: elaboración propia.

### 3.4.2.2. Modelo de Cantidad Económica de Pedido (EQO).

Se determinó una metodología con la cual se pudiera optimizar el espacio ocupado por estos materiales. Por ello, se decidió aplicar el modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) planteado en el libro de investigación de operaciones (Taha, 2011), con el fin de minimizar la cantidad de material a pedir y así poder mantener menos productos en inventario. De ese modo, una vez igualados los costos de pedir y costo de mantener, se procede a despejar la ecuación hasta tener a  $Q$  óptimo ( $Q^*$ ), como se muestra en la *Ecuación 13*.

$$\left(\frac{D}{Q} * S\right) = \left(\frac{Q}{2} * H\right)$$

$$\frac{2 * D * S}{H} = Q^2$$

$$\sqrt{\frac{2 * D * S}{H}} = \sqrt{Q^2}$$

*Ecuación 13*

$$\sqrt{\frac{2 * D * S}{H}} = Q *$$

Los supuestos manejados en la implementación del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) son:

- ✓ La demanda es constante y se conoce.
- ✓ Aplicara para una familia de productos.
- ✓ Los materiales se ordenan por lotes.
- ✓ Cada lote se recibe en un solo envío.
- ✓ El costo de generar una orden es constante.
- ✓ El lead Time es conocido y no varía.
- ✓ No hay rupturas de stock.
- ✓ No hay descuentos por volumen.

Las variables que complementan el modelo de cantidad económica de pedido (EOQ), son:

D: Demanda anual, dada en unidades por año.

S: Costo de ordenar o alistar, dado en unidades monetarias por unidad.

C: Costo de ítem, dado en unidades monetarias por unidad.

i: Tasa anual de mantenimiento, dada en unidades porcentuales.

H: Costo anual de mantenimiento, dado en unidades monetarias por año.

Q: Tamaño del lote, en unidades.

R: Punto de nueva orden o corrida, dada en unidades, *Ecuación 17*.

N: Numero de ordenes o corridas al año.

T: Tiempo entre cada orden.

TRC: Costo total anual o costo total relevante.

Donde:

$$H = i * C$$

$$\text{Costo anual de pedir} = \frac{D}{Q} * S$$

$$\text{Costo anual de mantenimiento} = \frac{Q}{2} * H$$

$$\text{Costo total anual} = \left( \frac{D}{Q} * S \right) + \left( \frac{Q}{2} * H \right)$$

También se calcularon otros datos de mucha importancia como:

N: número de pedidos a realizar en el año, *Ecuación 15*.

L: Lead time del proveedor.

T: Tiempo que transcurre entre pedidos, en días, *Ecuación 16*.

$$N = \frac{D}{EOQ} \quad \text{Ecuación 15}$$

$$T = \frac{\text{Días laborales del año}}{N} \quad \text{Ecuación 16}$$

$$R = \left( \frac{D}{365} \right) * L \quad \text{Ecuación 17}$$

#### ***3.4.2.3. Aplicación del modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ).***

Se aplica el modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) con los datos reales del almacén principal. Teniendo en cuenta a la variable principal (Q\*), para determinar el espacio que se debe ocupar en el almacén por las familias almacenadas en carga larga, arrume y a piso.

### 3.4.2.3.1. Cálculo de cantidad de pedido económica ( $Q^*$ ).

Se procedió a determinar la cantidad económica a pedir de cada familia de productos, con su respectivo costo total relevante anual. Aplicando las ecuaciones del modelo cantidad de pedido económica (EOQ), los resultados obtenidos se demuestran en la Tabla 8.

Tabla 8

*Cantidad económica de pedido ( $Q^*$ ) de materiales de carga larga, arrume y a piso.*

FAMILIA	UNIDADES VENDIAS EN EL AÑO (d)	COSTO DE PEDIR (S)	COSTO DE MANTENER (H)	CANTIDAD ECONOMICA ( $Q^*$ ) = ( $Q^*$ ) = $\sqrt{\frac{(2)(D)(S)}{H}}$	COSTO TOTAL RELEVANTE = = ( $D/Q$ ) * $S$ ) + ( $Q/2$ * $H$ )
<b>VARILLAS</b>	581165	\$ 3.053	\$ 163	4669,3	\$ 759.852
<b>TEJAS</b>	308920	\$ 3.053	\$ 473	1998	\$ 944.115
<b>PERFILES</b>	77151	\$ 3.053	\$ 801	767	\$ 614.352
<b>TUBOS</b>	75669,76	\$ 3.053	\$ 1.043	665	\$ 694.211
<b>PLACAS</b>	28626	\$ 3.053	\$ 1.871	306	\$ 571.818
<b>CABALLETES</b>	13035	\$ 3.053	\$ 1.248	253	\$ 315.152
<b>PLACACENTRO</b>	5318,93	\$ 3.053	\$ 6.070	73	\$ 443.967
<b>PLATINAS METALICAS</b>	10063,49	\$ 3.053	\$ 2.031	174	\$ 353.250
<b>MOLDURAS</b>	8137	\$ 3.053	\$ 8.013	79	\$ 630.926
<b>TUBERIA METALICA</b>	3756,08	\$ 3.053	\$ 5.024	68	\$ 339.403
<b>VIGA</b>	396	\$ 3.053	\$ 35.440	8	\$ 292.711
<b>MESON</b>	312	\$ 3.053	\$ 15.081	11	\$ 169.487
<b>LAMINAS METALICAS</b>	212,5	\$ 3.053	\$ 13.061	10	\$ 130.170
<b>PUERTA</b>	188	\$ 3.053	\$ 33.051	6	\$ 194.766
<b>PLASTICO</b>	18801,5	\$ 3.053	\$ 254	672	\$ 170.849
<b>CEMENTO</b>	326336,15	\$ 3.053	\$ 216	3040	\$ 655.253
<b>PEGANTES</b>	107715	\$ 3.053	\$ 74	2985	\$ 220.300
<b>GRANITOS</b>	6127,02	\$ 3.053	\$ 2.596	120	\$ 311.634
<b>LADRILLOS</b>	32403	\$ 3.053	\$ 82	1558	\$ 127.002
<b>TANQUES</b>	2194	\$3.052	\$ 34.555,93	20	\$ 680.334

Fuente: elaboración propia, 2017.

Sabiendo las cantidades de económicas de pedido, se calculan otros datos que son de importancia para tener más precisión en la toma de las decisiones, tales como: punto de re-orden, número de órdenes al año, tiempo entre cada orden y el lead time, indicados en la Tabla 9.

Tabla 9

*Datos adicionales del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) de materiales de carga larga, arrume y a piso.*

FAMILIA	UNIDADES VENDIAS EN EL AÑO (d)	CANTIDAD ECONOMICA (Q*)	LEAD TIME EN DIAS (L)	PUNTO DE REORDEN  =(d/365)*L	NUMERO DE ORDENES AL AÑO (N) = D/Q	TIEMPO ENTRE CADA ORDEN (T) =250/N
<b>VARILLAS</b>	581165	4669,3	5	7961	124	2
<b>TEJAS</b>	308920	1998	3	2539	155	2
<b>PERFILES</b>	77151	767	8	1691	101	2
<b>TUBOS</b>	75669,76	665	5	1037	114	2
<b>PLACAS</b>	28626	306	5	392	94	3
<b>CABALLETES</b>	13035	253	3	107	52	5
<b>PLACACENTRO</b>	5318,93	73	8	117	73	3
<b>PLATINAS METALICAS</b>	10063,49	174	8	221	58	4
<b>MOLDURAS</b>	8137	79	8	178	103	2
<b>TUBERIA METALICA</b>	3756,08	68	8	82	56	4
<b>VIGA</b>	396	8	8	9	48	5
<b>MESON</b>	312	11	5	4	28	9
<b>LAMINAS METALICAS</b>	212,5	10	8	5	21	12
<b>PUERTA</b>	188	6	8	4	32	8
<b>PLASTICO</b>	18801,5	672	8	412	28	9
<b>CEMENTO</b>	326336,15	3040	8	7153	107	2
<b>PEGANTES</b>	107715	2985	9	2656	36	7
<b>GRANITOS</b>	6127,02	120	11	185	51	5
<b>LADRILLOS</b>	32403	1558	12	1065	21	12
<b>TANQUES</b>	2194	20	8	72	111,43889	2

Fuente: elaboración propia, 2017.

### 3.5. Fase 3. Validación del Layout Propuesto

La validación de la distribución propuesta se realizó mediante un estudio de simulación, el modelo se desarrolló en FlexSim 2017. Esta labor se fraccionó en 4 componentes: 1. Introducir el layout propuesto, 2. Generación y ubicación de los racks siguiendo el layout, 3. Crear los proveedores (source) y materiales (flowitem) que se manejan en el proyecto, 4. Implementación de la zona de despacho (queue), 5. Configuración de los operarios (operator) que manipularán los productos desde los racks hasta la zona de despacho y 6. Designación de las rutas (networknode) por donde se mueven los operarios.

### 3.5.1 Importación del layout.

Se introdujo el layout propuesto, este paso consistió en: poseer la distribución en un archivo en AutoCAD, se proporcionar la escala y los colores, éste se visualizó en el modelo, en nuestro caso el diseño ya se encontraba a escala y los colores se dejaron como constaban ya que estos determinan la clasificación de los espacios de los estantes y la ubicación de los productos de forma estratégica según el análisis ABC, Figura 9.

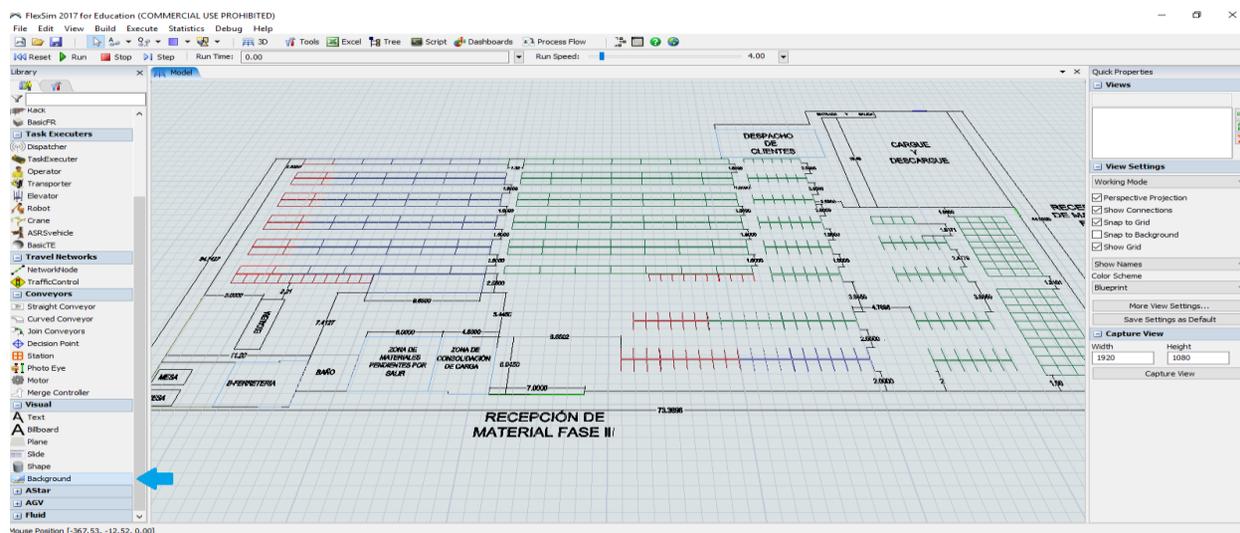


Figura 9. Importación del layout propuesto a FlexSim. Fuente: elaboración propia, 2017.

### 3.5.2. Racks.

Se crearon y configuraron de los racks que almacenarán los productos en el modelo de simulación, las características de los racks se basaron en la información obtenida en los resultados de la fase 2, estos se configuraron según el material que almacena, de la forma como se muestra en la Figura 10.

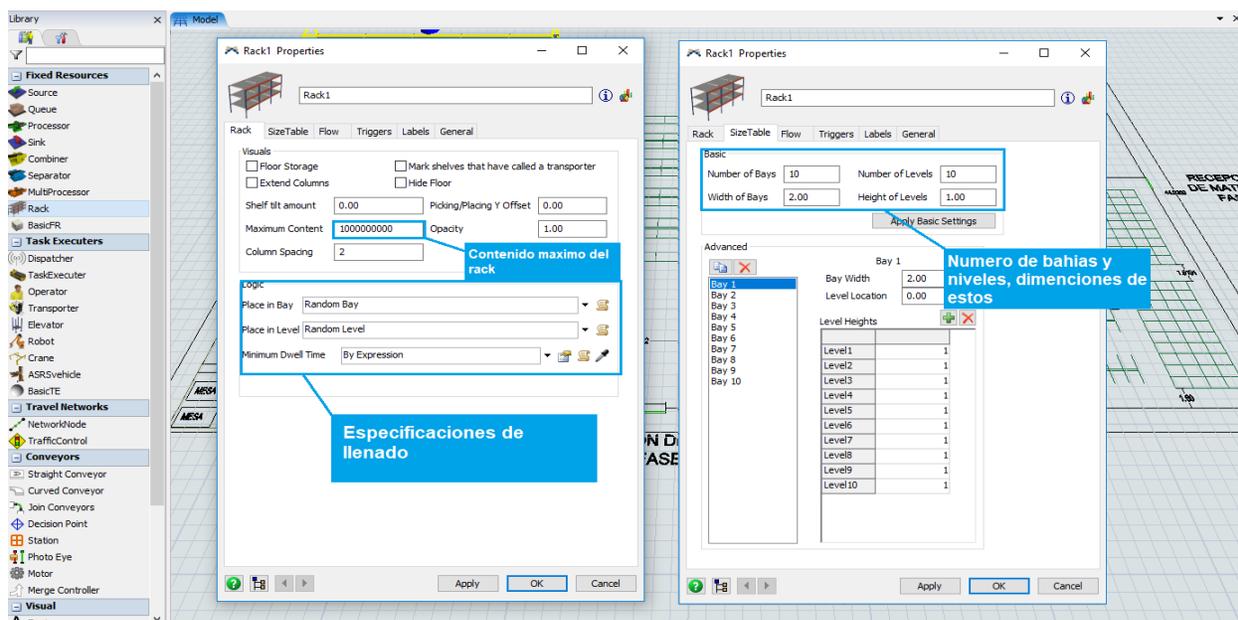


Figura 10. Características y dimensiones de los racks. Fuente: Elaboración propia, 2017.

Al ir creando los racks con sus especificaciones, estos se fueron organizando según las especificaciones de la Figura 25 y la Tabla 27 donde se muestra la ubicación de los productos dentro de la distribución siguiendo los estándares mascados por el análisis ABC. Obteniendo la Figura 11.

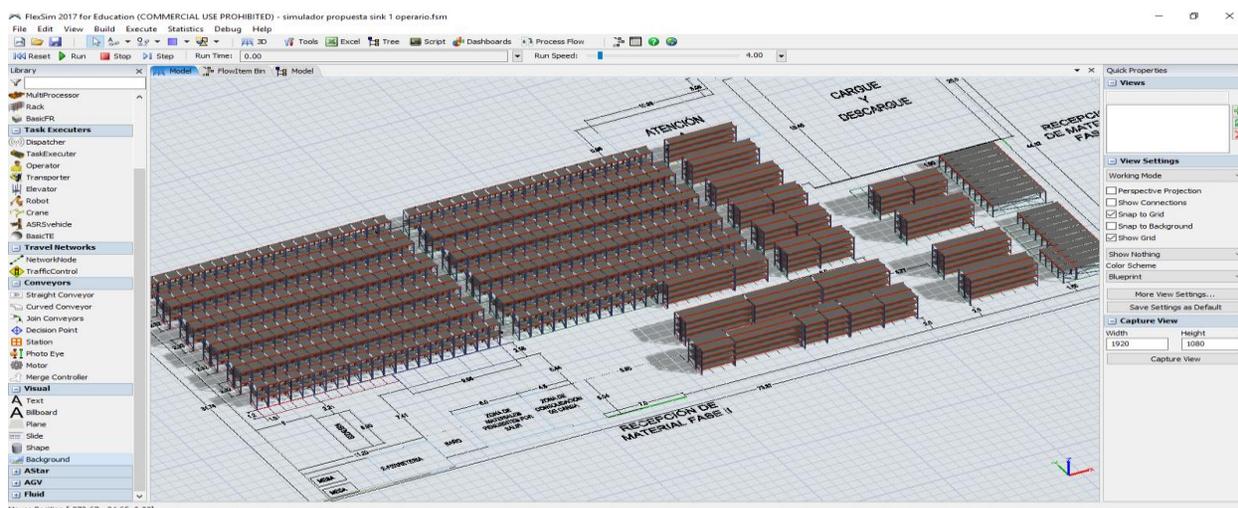


Figura 11. Ubicación de racks en el modelo según el layout. Fuente: elaboración propia, 2017.

### 3.5.3. Proveedores y materiales.

Se creó un proveedor (source) y un material por cada familia de productos, las características de los materiales en el modelo se proporcionaron desde los proveedores, estas características de los materiales se basaron en Tabla 10, donde se muestra el color que los materiales tendrán dentro del modelo, el nombre del material y las especificaciones de ancho.

Tabla 10

*Características de los materiales en el modelo.*

MATERIAL	COLOR	ANCHO	MATERIAL	COLOR	ANCHO
<b>Revestimiento</b>	Café	0.022	<b>Granel</b>	Purpura	0.622
<b>Sika</b>	Amarillo	0.053	<b>Varillas</b>	Negras	0.004
<b>Porcelana sanitaria</b>	Blanco	0.091	<b>Tejas</b>	Gris	0.04
<b>Decorados</b>	Verde suave	0.229	<b>Perfiles</b>	Rojo	0.032
<b>Pintura</b>	Rosa oscuro	0.061	<b>Tubo sanitario</b>	Amarillo	0.033
<b>Pavco</b>	Naranja suave	0.042	<b>Tubería metálica</b>	Gris claro	0.033
<b>Porcelanato</b>	Gris claro	0.022	<b>Placas</b>	Moradas	0.048
<b>Malla</b>	Verde suave	0.055	<b>Placacentro</b>	Celeste	0.08
<b>Alambre</b>	Marrón	0.005	<b>Plástico</b>	Rosa	0.005
<b>Telas</b>	Morado claro	0.091	<b>Moldura</b>	Verde oscuro	0.026
<b>Asfalto</b>	Negra	0.002	<b>Caballete</b>	Gris oscuro	0.08
<b>Carretilla</b>	Naranja oscuro	0.055	<b>Planitas metálicas</b>	Amarillo oscuro	0.026
<b>Lavaplatos</b>	Azul	0.11	<b>Vigas</b>	Rojo claro	0.2
<b>Mangueras</b>	Verde oscuro	0.018	<b>Laminas metálicas</b>	Gris claro	0.12
<b>Balde</b>	Verde fluorescente	0.047	<b>Mesones</b>	Morado	0.33
<b>Herramienta agrícola</b>	Morado oscuro	0.036	<b>Cemento</b>	Azul verdoso	0.03
<b>Lavadero</b>	Azul	0.078	<b>Pegante</b>	Hueso	0.03
<b>Aditivos</b>	Amarillo suave	0.005	<b>Ladrillos</b>	Vino tinto	0.03
<b>Lavamanos</b>	Rojo	0.044	<b>Granitos</b>	Amarillo suave	0.03
<b>Muebles de baño</b>	Celeste oscuro	0.091	<b>Tanques</b>	Azul turquesa	0.64

Fuente: elaboración propia, 2017.

De la tabla anterior cabe destacar que se configuró el ancho del material siguiendo la Ecuación 17 de esta forma, porque al ser más anchos al ir acumulando productos, estos

pasarían el ancho del estante, lo que provocaría que no se reflejara la organización del almacén al correr el modelo.

*Ancho del material = ancho del estante / Cantidad de material por espacio. Ecuación 17*

Las características de cada uno de los proveedores y materiales se configuraron de modo como se muestra en la Figura 12.

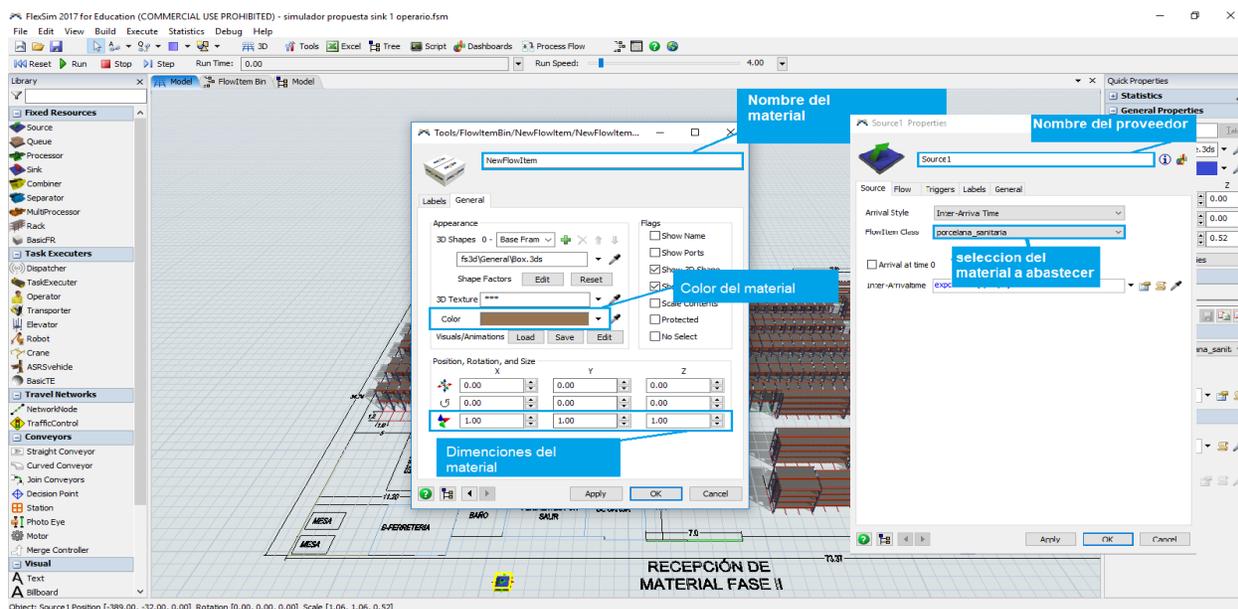


Figura 12. Desarrollo de los materiales. Fuente: elaboración propia, 2017.

Posteriormente se vincularon cada uno de los proveedores con los racks que abastecen de material Figura 13.

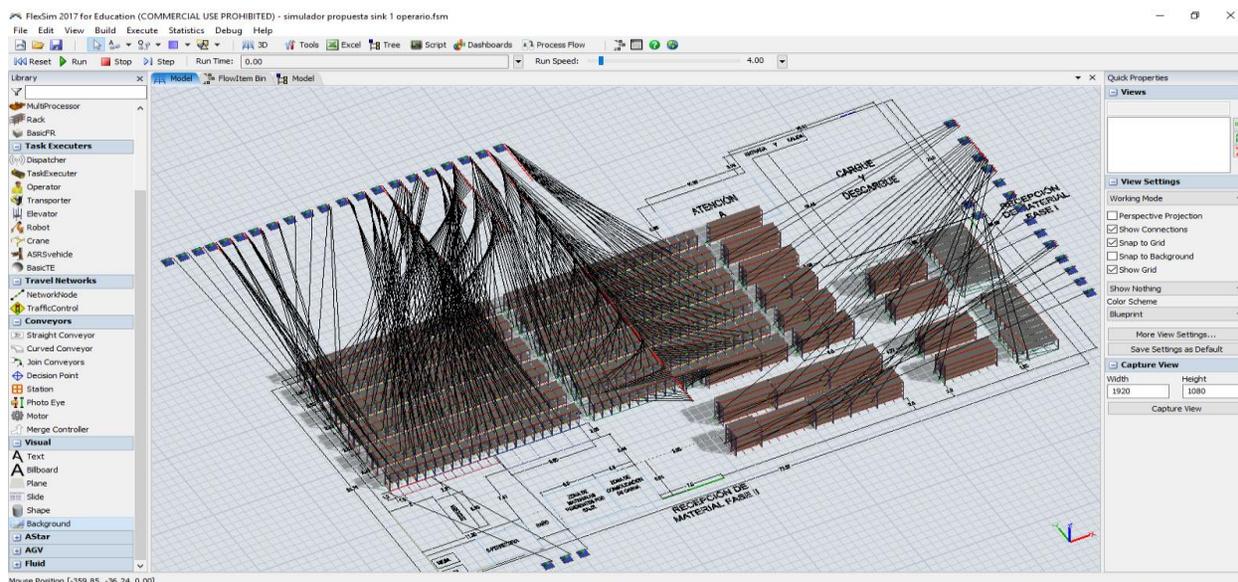


Figura 13. Vínculos de proveedores a racks. Fuente: elaboración propia, 2017.

#### 3.5.4. Zona de despacho.

Se utilizaron queues para consolidar el pedido, interpretándolos como zona de despacho. Esto porque se trabajaron los grupos de materiales de forma separada, por lo tanto se implementó un queue por cada grupo de familias identificadas con el formato ilustrado en la Tabla 2 Se les diseño la capacidad de almacenaje partiendo de las cantidades dadas a los grupos de materiales en el estudio de tiempo, de la manera como se muestra en la Figura 14. Se vincularon con los racks correspondientes por familia de productos.

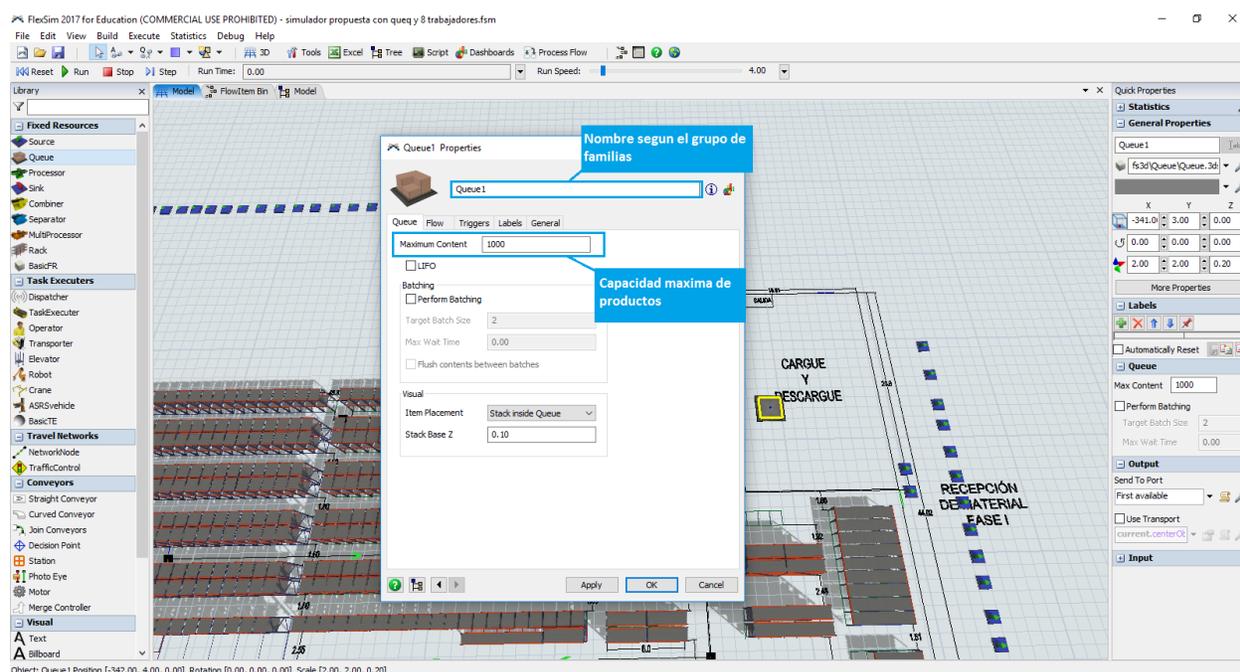


Figura 14. Configuración de los queue para la zona de despacho. Fuente: elaboración propia, 2017.

### 3.5.5. Bodegueros.

Al igual que en la zona de despachos, se usaron 8 operadores, uno por cada grupo de materiales, es decir que se tiene un operario por cada grupo de materiales, estos se vincularon al queue y a los racks correspondientes, ver Figura 15.

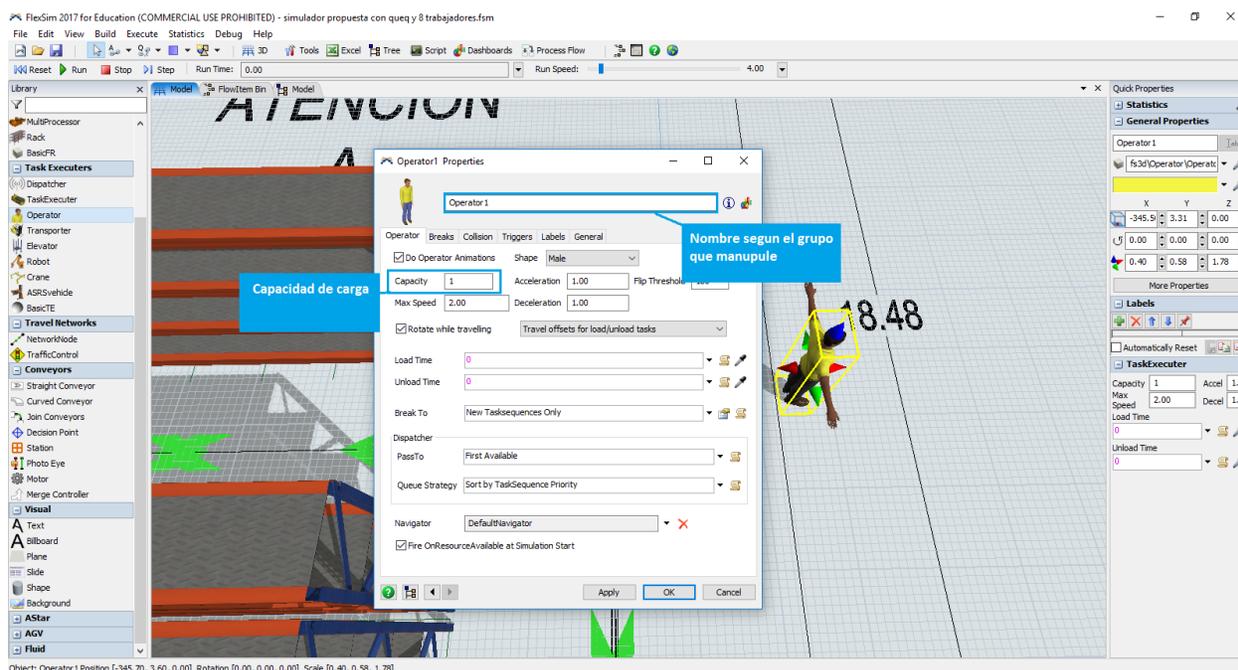


Figura 15. Configuración de bodegueros. Fuente: elaboración propia, 2017.

La capacidad de carga de los operarios corresponde como se trabajó en la toma de tiempo.

### 3.5.6. Rutas.

Para la movilización de los operarios en el modelo se utilizaron NetworkNode, estos al unirse con otros NetworkNode forman rutas que los operadores siguen al realizar un viaje, para este proyecto el NetworkNode casa es el que se encuentra sobre la zona de despacho y que de este es donde los operarios parten en busca del material.

Se calculó una velocidad máxima de ida y de venida por grupo de familias de productos Tabla 11 (ya que no es lo mismo que una persona esté realizando un recorrido sin carga, que realizar la misma acción, sosteniendo productos que requieren diferentes esfuerzos para transportarlos), de acuerdo a los resultados obtenidos se estableció para cada ruta una velocidad máxima tanto de ida como de venida dependiendo del grupo de los materiales que se manipulen en estas.

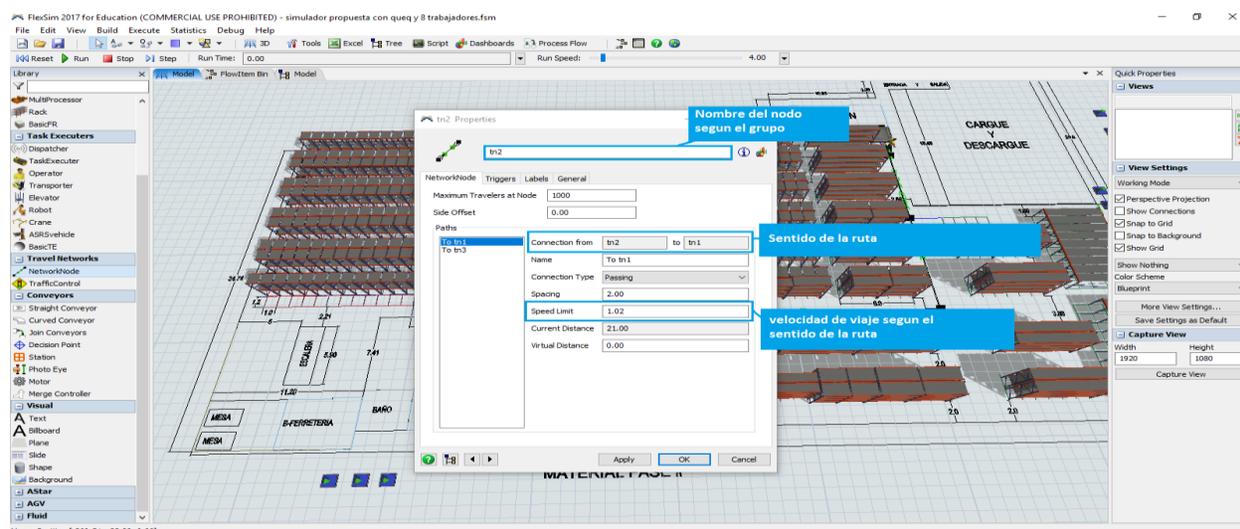
Tabla 11

*Velocidades de movilidad por grupos.*

Grupo	Referencia	Velocidad de ida	Velocidad de vendida
		mt/seg.	mt/seg.
<b>Bultos</b>	Cemento	1.17	0.78
<b>Cajas</b>	Cerámica	1.15	0.93
<b>Material largo</b>	Tubos	1.15	1.08
<b>Rollos</b>	Malla con vena	1.17	1.09
<b>Lamina</b>	Teja	1.17	1.34
<b>Baldes y tarros</b>	Estuco acrílico 30 KG	1.15	1.01
<b>Granel</b>	Accesorios sanitarios	1.17	1.14
<b>Tanques</b>	Tanque elevado	1.17	1.02

Fuente: elaboración propia, 2017.

Se trazaron las rutas y se les asignaron las velocidades correspondientes según el grupo de materiales que se requiera, estas características de introdujeron como se muestra en la **Figura 16**.



**Figura 16.** Configuración de los NetworkNodes. Fuente: elaboración propia, 2017.

Luego se vincularon estas rutas con los queue operario y racks propios del grupo de familia de producto, Figura 17.

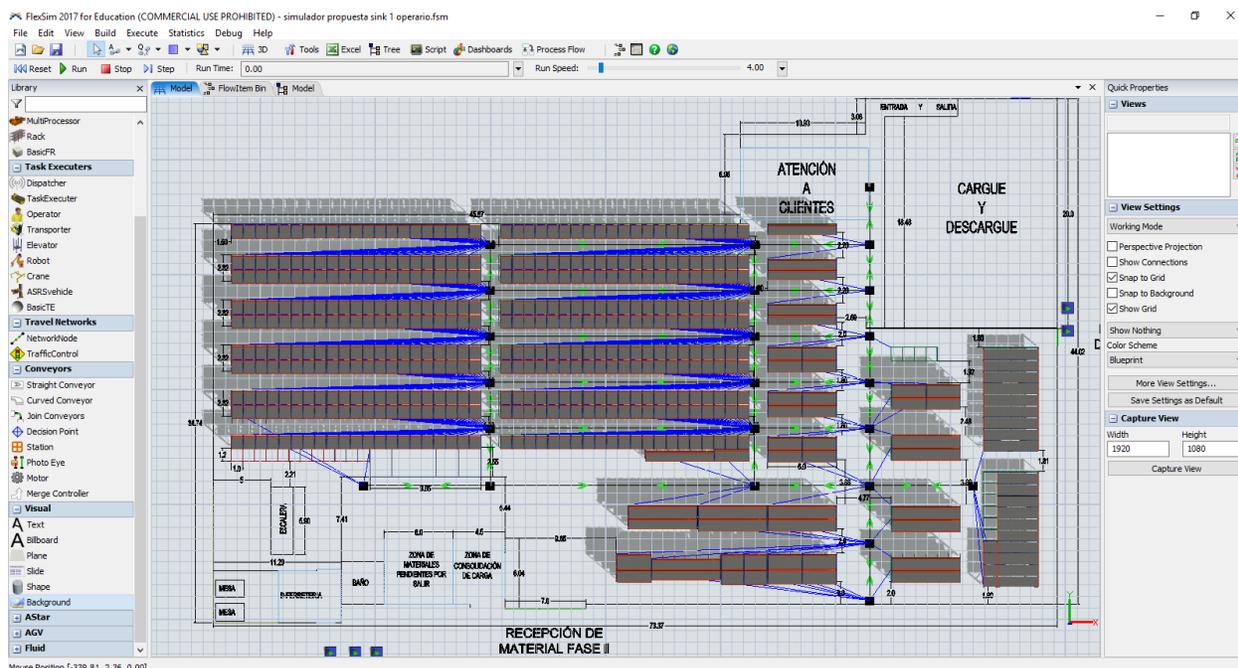


Figura 17. Rutas de movilidad. Fuente: elaboración propia, 2017.

### 3.5.7. Funcionamiento del modelo.

Los proveedores abastecen a los racks de materiales, los cuales están ubicados de forma que sigan los criterios dados en la Clasificación ABC. Al llegar el material a los rack los operarios salen en busca de estos siguiendo una determinada ruta con sus respectivas velocidades de ida (sin carga) y de venida (con carga), estos operarios tienen una capacidad de carga dependiendo el material que buscan, ellos salen de la zona de despacho se dirigen al rack correspondiente, toman el producto del primer nivel de este y lo taren consigo hasta la zona de despacho donde lo depositan en el queue, al completar el pedido por todos los operarios el modelo se para. Todo lo anterior corresponde 1 corrida del modelo, ver Figura 18.

Los criterios que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del modelo de simulación fueron los siguientes:

- ✓ Hay 8 operarios, 1 por cada grupo de materiales

- ✓ Hay 8 queue, 1 por cada grupo de materiales
- ✓ Hay 8 rutas de movilidad, 1 por cada grupo y cada una con sus especificaciones de movilidad

Es importante destacar que el modelo se desarrolló de manera que la recolección de los materiales se hace de forma separada es decir que se crearon un queue y un operador por cada grupo de materiales, al finalizar la corrida al sumar los tiempos que cada operario tardó en buscar del material se asume como si un solo empleado hiciera la recolección de todos los materiales, Así mismo, se supone que una orden de compra está compuesta por las cantidades asignadas por cada grupo estudiado en el estándar de tiempo demostradas en la Tabla 5.

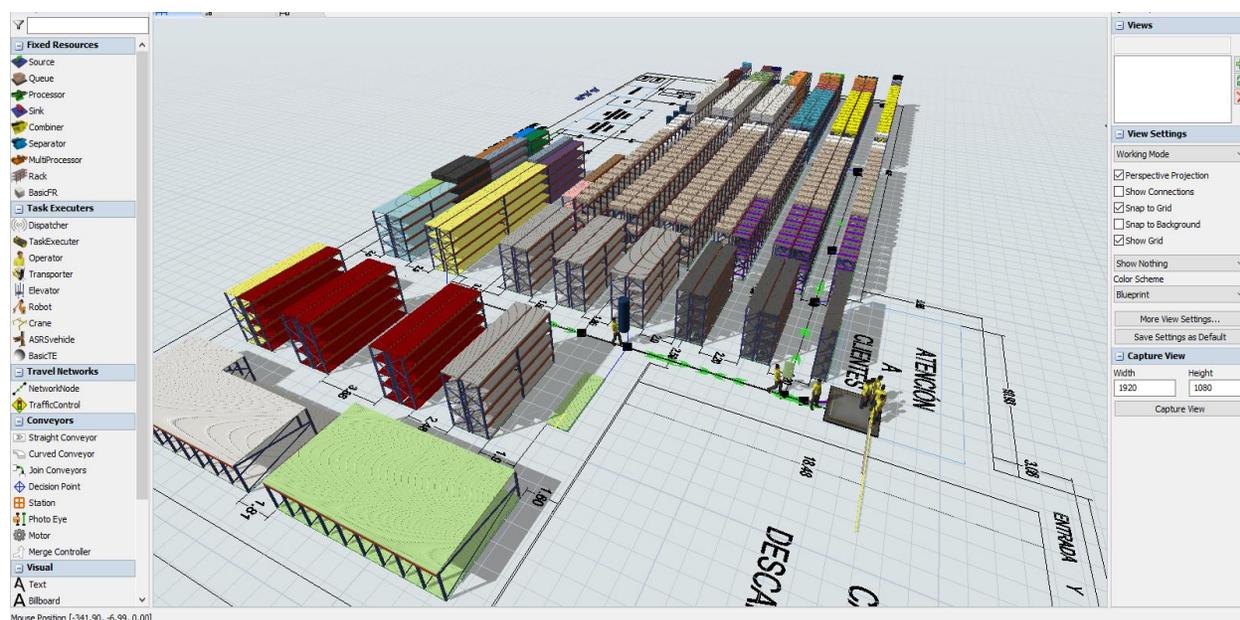


Figura 18. Modelo en ejecución. Fuente: elaboración propia, 2017.

## 4. Resultados

### 4.1. Datos Estructurales De La Bodega

Con los datos estructurales de la bodega más la información reunida utilizando la Tabla 1, Se presentan el siguiente plano Figura 19, mostrando las características físicas dimensionales de la bodega principal de Ace Super Constructor Comaderas al momento del diagnóstico, en el plano se aprecian las diferentes áreas que componen a la bodega dando así un mayor enfoque y comprensión de la situación de la bodega al momento del diagnóstico, permitiendo reconocer los distintos problemas dentro de la zona de almacenamiento.

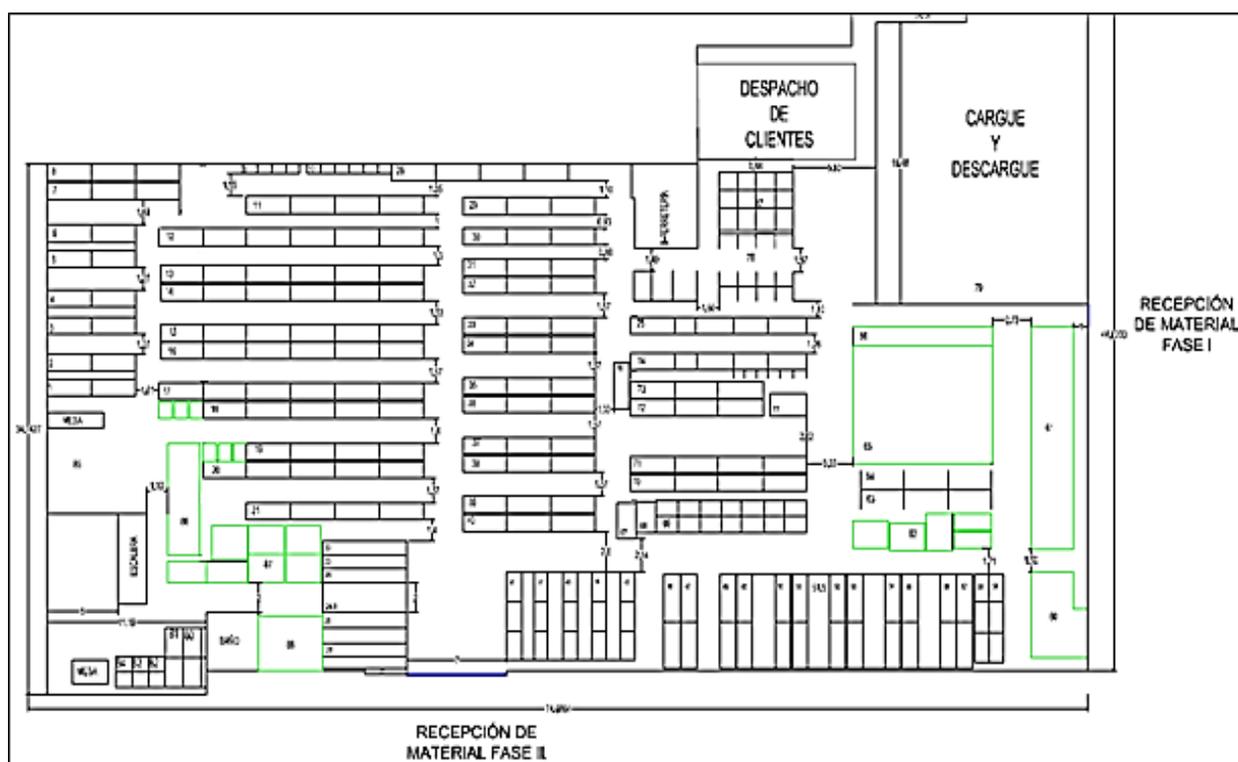


Figura 19. Layout actual de la bodega principal. Fuente: elaboración propia, 2016.

En esta imagen podemos identificar áreas como:

- ✓ **Bodega:** 2436 m<sup>2</sup> área total de la bodega.
- ✓ **Cargue y descargue de materiales:** 277 m<sup>2</sup> donde los camiones esperan la carga.

- ✓ **Despacho de las órdenes de los clientes:** 70 m<sup>2</sup> zona donde se verifica la orden.
- ✓ **Recepción de materiales fase I:** 1.5m entrada de materiales principalmente cemento.
- ✓ **Recepción de materiales fase II:** 7m una segunda entrada de materiales.
- ✓ **Estanterías y zona en arrumes:** 87 estantes y/o estivas que almacenar los productos.
- ✓ **Pasillos principales y secundarios:** áreas de movilidad de los operarios.
- ✓ **Otras zonas más específicas como baño, ferretería, etc.**

#### **4.2. Caracterización De Materiales Almacenados En La Bodega**

Es importante resaltar que los datos que se muestran se encuentran afectados por un factor, esto con el propósito de proteger la integridad informática y confidencial de la empresa. Se resumió la información de todas las referencia utilizando una hoja de Excel (ver Tabla 2), teniendo como resultado la Tabla 12.

Tabla 12

*Referencias almacenadas en la bodega con cantidades vendidas y precios unitarios.*

CODIGO	REFERENCIA	CANTIDAD	\$
13143	CEMENTO GRIS ARGOS X 50KL (I)	2318,582775	145,445864
9904	AMARRES LAMINAS ASBESTOS VACL	1463,9775	0,78717726
4305	VARILLA CORRUGADA 3/8 9MM	821,77125	46,62120273
4308	VARILLA LEG GRAFILADA 1/4 5.5 1211	647,07	17,37961788
4289	VARILLA LEG CORRUGADA 1/2 12.7 (Z)	602,7975	90,02319964
9878	ALAMBRE NEGRO N°18 VA123331 (Z)	476,415	19,9061565
21837	VARILLA LEG CORRUGADA 3/8 9.5MM	428,1375	50,53303566
4287	VARILLA CORRUGADA 3/8 MM 7.5 12143	421,5225	29,99252131
13194	VARILLA CORRUGADA 3/8 MM 8.5 12144	324,165	41,11807945
4382	CODO PRESION 90° 1/2? R-10855 (Z)	295,794	2,134168505
21732	PEGANTE PARA CERAMICA 25 KILO	283,635	78,23018117
8942	CURVA CONDUIT 90° 1/2	265,41	3,662283041
9856	ADAPTADOR TERM CONDUIT 1/2 (A)	257,7225	1,592244679
24628	VARILLA 1/4 LEG 6MM	257,13	20,60945625
4320	VARILLA MILIME 1/4 4.5MM 12121	219,51	12,54200457
12907	TUBO CONDUIT 1/2? (Z ) R12472	202,635	21,63125138
9766	LADRILLO FACHADA (Z) CORAL 24	201,1425	6,056333333
11768	PERFIL OMEGA GAL C26 2,44MT C	157,1775	15,79965312
12785	TELA CERRAMIENTO VERDE 2,10 X	153,5925	10,31100437
4291	VARILLA CORRUGADA 12MM 121122-1 42	140,49	80,32067279
11766	PERFIL ANGULO GALVANIZADO 3/4X	132,6075	8,285388092
11734	PEGACOR INT BLANCO X KILO C901	132,195	8,266984714
7313	TEJA PERFIL 7 # 6 FC (Z)	129,09	140,694548
4348	ADAPTADOR MACHO PRESION 1/2? R-1018	124,5225	1,715025262
25099	VARILLA LEG CORRUGADA 1/4 6.35 MM	117,1125	22,5
22577	PISO SANTA CRUZ BEIGE 50X50 X 1.5 (	113,506875	95,9599158
4306	VARILLA LEG CORRUGADA 5/8 121123	112,9275	135,9795794
11785	PERFIL VIGUETA GAL C26 2,44MT	111,8475	15,7342422
21734	PEGANTE PARA PORCELANATO 25 KILO	107,55	111,1446314
17933	PORCELANATO BEIGE PLANO SELLADO 60X	106,57995	186,6897447
5350	CODO SANITARIO 90° CXC 2?(Z)	104,175	10,07759034
4310	VARILLA LEG LISA 3/16 4MM 121111	102,1125	10,04858023
4412	TEE PRESION 1/2? R-12060 (Z)	97,2	2,81021041

Fuente: elaboración propia, 2016.

Se obtuvo la información de 2606 referencia que maneja la bodega, debido a esta gran cantidad de referencias. Estas se dividieron conformando 40 familias un ejemplo de esta es la familia del cemento, Tabla 13.

Tabla 13

*Referencia que componen la familia de cemento.*

CEMENTO				
CODIGO	REFERENCIA	CANTIDAD	\$ UNITARIO	\$ TOTAL
13143	CEMENTO GRIS ARGOS X 50KL (I)	2318,582775	145,445864	\$ 337.228,27
10279	CEMENTO GRIS ARGOS X 25KIL (I)	55,425	77,44181194	\$ 4.292,21
10278	CEMENTO BLANCO NARE 40KL B/TO(	24,431775	277,8920547	\$ 6.789,40
23807	CEMENTO BLANCO BOLSA 1 KILO (I	23,02125	11,57679226	\$ 266,51
10277	CEMENTO BLANCO NARE * 20 KL (I	12,975	142,551518	\$ 1.849,61
10280	CEMENTO GRIS BOLSA DE 1 KILO (	9,21	6,407790604	\$ 59,02
10239	CAOLIN 25KLS (Z) CC1724	2,015325	88,67771625	\$ 178,71
21152	CEMENTO GRIS ESTRUCTURAL 42,5	1,635	143,2111875	\$ 234,15
25094	CEMENTO BLANCO BOLSA X 5 KL (I	0,1575	51,57433846	\$ 8,12
25095	CEMENTO GRIS BOLSA X 5 KL (I)	0,0675	30,6724125	\$ 2,07
10186	CAL	0	230,7511875	\$ -

Fuente: elaboración propia, 2016.

#### 4.2.1. Clasificación ABC y Diagrama de Pareto de los materiales.

En esta parte del proyecto las familias de productos se sometieron a los estándares del estudio ABC y el resultado del estudio se exponen en la Tabla 14.

Tabla 14

*Clasificación ABC de familias de producto.*

FAMILIA	VALOR VENDIDO	PARTICIPACIÓN	PARTICIPACIÓN ACUMULADO	CLASIFICACIÓN
CEMENTO	\$ 350.908,08	22,180%	22,180%	A
VARILLAS	\$ 210.532,05	13,307%	35,487%	A
REVESTIMIENTOS	\$ 198.294,54	12,534%	48,021%	A
TEJAS	\$ 196.174,87	12,400%	60,421%	A
TUBOS	\$ 83.679,28	5,289%	65,710%	A
PORCELANA SANITARIA	\$ 82.193,32	5,195%	70,905%	A
PERFILES	\$ 67.512,19	4,267%	75,173%	A
PEGANTES	\$ 46.631,06	2,947%	78,120%	A
SIKA	\$ 43.816,38	2,770%	80,889%	B
PORCELANATO	\$ 32.902,90	2,080%	82,969%	B
PLACACENTRO	\$ 32.784,19	2,072%	85,041%	B
TANQUES	\$ 27.780,61	1,756%	86,797%	B
PAVCO	\$ 24.314,62	1,537%	88,334%	B
MALLAS	\$ 21.864,52	1,382%	89,716%	B
PLACAS	\$ 20.586,37	1,301%	91,017%	B
PINTURAS	\$ 16.545,28	1,046%	92,063%	B
DECORADOS	\$ 14.638,47	0,925%	92,989%	B
CABALLETES	\$ 13.431,91	0,849%	93,838%	B
ALAMBRES	\$ 12.981,19	0,821%	94,658%	B
LAVAPLATOS	\$ 11.316,83	0,715%	95,373%	C
TUBERÍA METÁLICA	\$ 8.374,19	0,529%	95,903%	C
TELAS	\$ 7.894,92	0,499%	96,402%	C
PLATINAS METALICAS	\$ 7.621,81	0,482%	96,883%	C
CARRETILLAS	\$ 6.967,31	0,440%	97,324%	C
VIGAS	\$ 6.878,19	0,435%	97,759%	C
LAVAMANOS	\$ 4.985,19	0,315%	98,074%	C
MUEBLES DE BAÑO	\$ 4.707,42	0,298%	98,371%	C
GRANITOS	\$ 4.389,71	0,277%	98,649%	C
H. AGRÍCOLAS	\$ 3.532,22	0,223%	98,872%	C
LAVADERO	\$ 3.062,24	0,194%	99,065%	C
MOLDURAS	\$ 2.596,72	0,164%	99,230%	C
PLÁSTICOS	\$ 2.425,65	0,153%	99,383%	C
MESONES	\$ 2.338,06	0,148%	99,531%	C
LADRILLOS	\$ 1.478,09	0,093%	99,624%	C
ADITIVOS	\$ 1.407,92	0,089%	99,713%	C
LAMINAS METÁLICAS	\$ 1.091,12	0,069%	99,782%	C
PUERTAS	\$ 1.023,29	0,065%	99,847%	C
MANGUERAS	\$ 923,13	0,058%	99,905%	C
ASFALTO	\$ 751,37	0,047%	99,953%	C
BALDES	\$ 749,42	0,047%	100,000%	C

Fuente: elaboración propia, 2016.

Este estudio nos permite reconocer las familias de productos que tienen mayor rotación, se realizó también un análisis de Pareto con los datos brindados por los diferentes departamentos de la empresa, dicho análisis se presenta en el Figura 20.

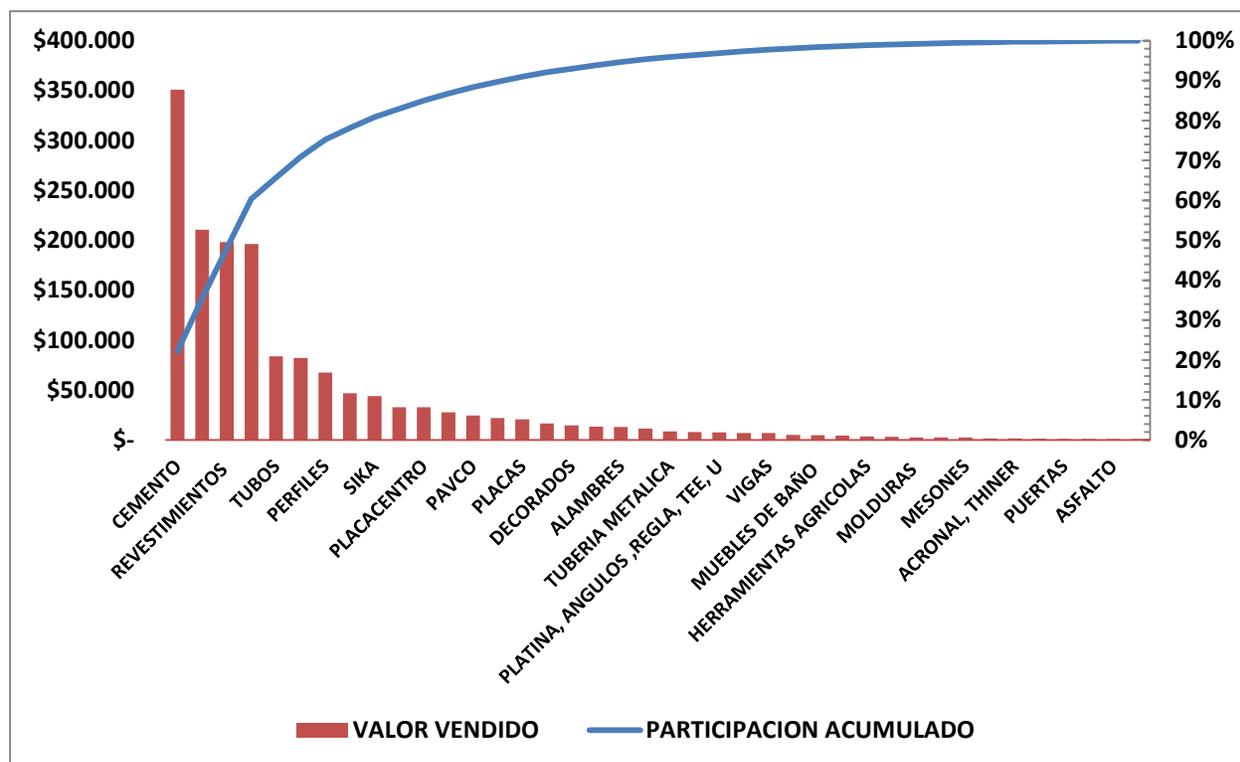


Figura 20. Diagrama de Pareto. Fuente: elaboración propia, 2016.

Se obtuvo la participación porcentual en ventas anual de las familias de productos agrupadas por clase, resumidas en la Tabla 15.

Tabla 15

*Participación porcentual por clase.*

PARTICIPACIÓN ESTIMADA	CLASIFICACIÓN	N	PARTICIPACIÓN N	VENTAS	PARTICIPACIÓN EN VENTAS
0% - 80%	A	8	20%	\$ 1.235.925,38	78%
81% - 95%	B	11	28%	\$ 261.646,44	17%
96% -100%	C	21	53%	\$ 84.514,78	5%

Fuente: elaboración propia, 2016.

El análisis y el diagrama establecen las familias de productos con mayor importancia en la bodega. Las familias de producto clase A son los de mayor movimiento, la categoría A esta

constituida por el 20% del total de familias y estas representan el 78% de participación en ventas. Las familias clase B están constituidas por el 28% de las familias y participan en un 17% en el total de las ventas y por ultimo las familias tipo C representan el 53% de las familias y solo tienen un 5% de participación en ventas.

#### **4.3. Caracterización De Proceso De Picking**

Esta parte describe el proceso en el cual los empleados realizan la labor de recogida del producto, desde que se le entrega la factura hasta el despacho de la orden, mediante la utilización de diagramas se evidencia este proceso ver Figura 21 y Figura 22, buscando así representar gráficamente las operaciones que se siguen durante el picking teniendo en cuenta las condiciones de decisión y acción. De igual manera se identifican vías que toman los operarios para realizar la recogida del material específico asignado de cada grupo estudiado como se muestra en la Figura 23.



Figura 21. Diagrama de flujo del proceso de picking de la bodega principal. Fuente: elaboración propia, 2016.

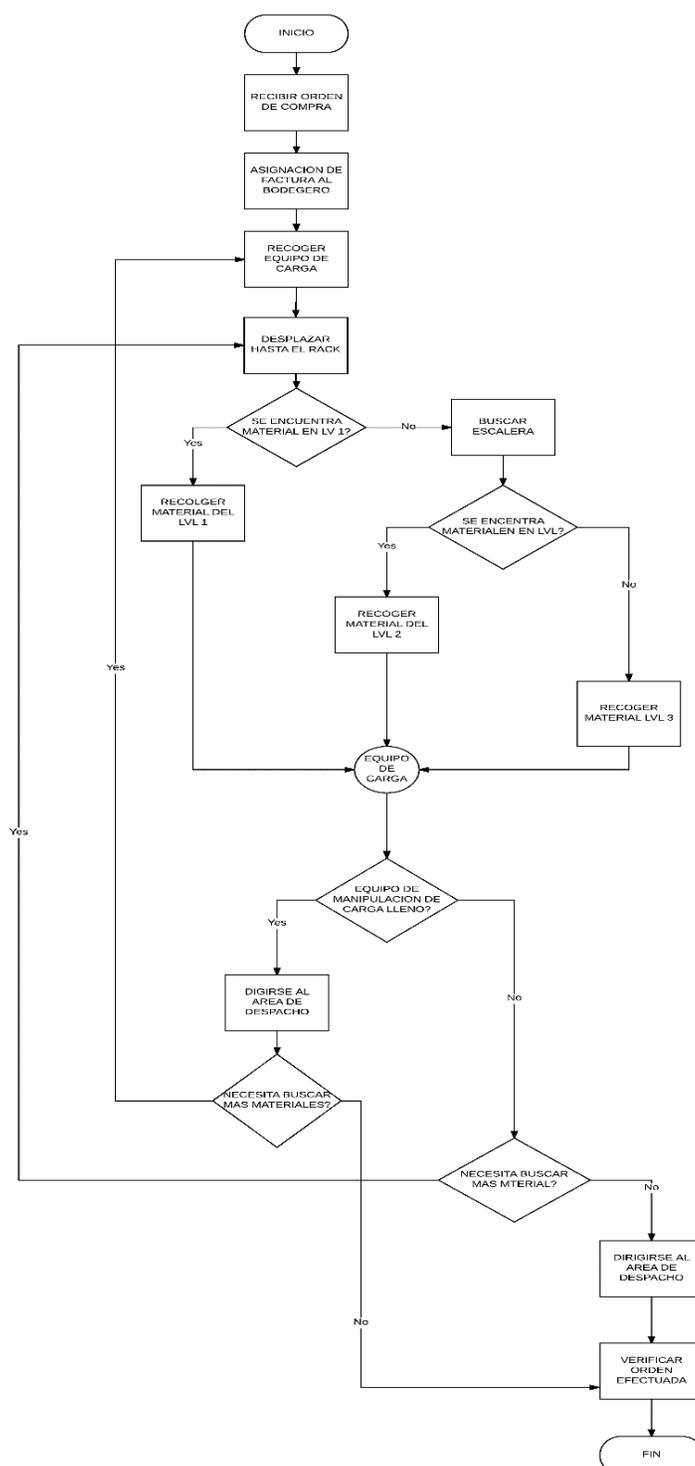


Figura 22. Diagrama de decisión del proceso de picking de la bodega principal. Fuente: elaboración propia, 2017.



Si el bodeguero ha terminado con la recolección o su herramienta de movilización está totalmente llena este se dirige a la zona de despacho donde descarga los productos. Si no ha cumplido totalmente la recolección de los productos este realiza la serie de operaciones anteriores, cuantas veces sea necesario hasta completar toda la orden de compra.

Ya teniendo todos los productos de la orden de compra, el bodeguero ejecuta una inspección del pedido junto con el cliente para verificar que están todos los productos que el cliente solicita y que a su vez estos están en buenas condiciones, al terminar con la inspección los productos son despachados en el transporte del cliente.

#### **4.3.1. Tiempo de las operaciones.**

Para este estudio se tuvo en cuenta que las operaciones fueron variando con respecto al material que se evaluó, ya que estos no se manipularon de forma similar y el nivel en que este se encuentre, los tiempos fueron obtenidos al alistar un pedido y acompañar a los bodegueros a ubicar y recoger la orden.

Los tiempos en que se presentan la Tabla 16, son tiempos estandarizados logrados con el estudio, esto con el objetivo de presentar de modo lo más real posible los escenarios actuales de la bodega.

Tabla 16

*Tiempo estándar de las operaciones por grupo de materiales.*

GRUPO	TIEMPO ESTANDAR (Segundos)					
	Recorrido sin carga ( 5 mts)	Recogida de artículos en el primer nivel	Recorrido con escalera rodante ( 5 mts)	Recogida de artículos en el segundo nivel	Recogida de artículos en el tercer nivel	Recorrido con carga ( 5 mts)
<b>MATERIAL LARGO</b>	4,24512	45,32814	8,0883	48,32388	55,57068	4,59756
<b>GRANEL</b>	4,24512	10,89	8,0883	18,90702	33,16698	4,37382
<b>BULTOS</b>	4,33422	23,64318				6,36966
<b>BALDES Y TARROS</b>	4,33422	9,62478	8,0883	13,47984	28,9377	4,91238
<b>CAJAS</b>	4,33422	3,6484668	8,0883	10,02474	36,14688	5,32026
<b>ROLLOS</b>	4,24512	8,73576	8,0883	22,39182		4,55004
<b>LAMINAS</b>	4,24512	8,38332				3,72636
<b>TANQUES</b>	4,24512	11,62854				4,89852

Fuente: elaboración propia, 2017.

En esta tabla se muestran el tiempo que requiere cada operación de un material determinado para ser despachado. Las casillas vacías, quieren decir que para ese material no se hace la operación que lo describe. Al identificar la duración de las operaciones que dan meta al proceso de recogida de órdenes se adquiere un enfoque más claro de la forma en que estas se realizan.

#### 4.3.2. Tiempo de picking de productos.

Con la caracterización de las rutas frecuentes que realizan los operarios para el despacho de los materiales específicos tomados para cada grupo de productos, como se demuestra en la Figura 1, los tiempos de movilidad de los operarios para buscar cada producto con la cantidad asignada para el estándar de tiempo, ilustrados en la Tabla 17.

Tabla 17

*Tiempos de picking de productos.*

Grupo	Referencia	Distancia recorrida	Tiempo de ida	Tiempo de vendida	Tiempo total (Segundos)
<b>Bultos</b>	Cemento	25,9639	29,858485	20,251842	50,110327
<b>Cajas</b>	Cerámica	36,707	42,21305	34,13751	76,35056
<b>Material largo</b>	Tubos	59,5415	69,663555	64,30482	133,968375
<b>Rollos</b>	Malla con vena	73,6004	86,112468	80,224436	166,336904
<b>Lamina</b>	Teja	15,5204	18,158868	20,797336	38,956204
<b>Baldes y tarros</b>	Estuka acrílico 30 KG	29,4255	33,839325	29,719755	63,55908
<b>Granel</b>	Accesorios sanitarios	15,6591	18,321147	17,851374	36,172521
<b>Tanques</b>	Tanque elevado	87,2956	102,135852	89,041512	191,177364

Fuente: elaboración propia, 2017.

De observa como varían los tiempos de recorrido de ida y vuelta, debido a que en el recorrido de ida ira sin ningún material y en el otro ya tendrá la carga extra del producto pedido. Por otra parte, también se observa como los tiempos para los rollos y tanques, son largos debido a las rutas extensas por las ineficiencias en los espacios de tránsito y por las obstaculizaciones de materiales como se demuestra en la Figura 24.

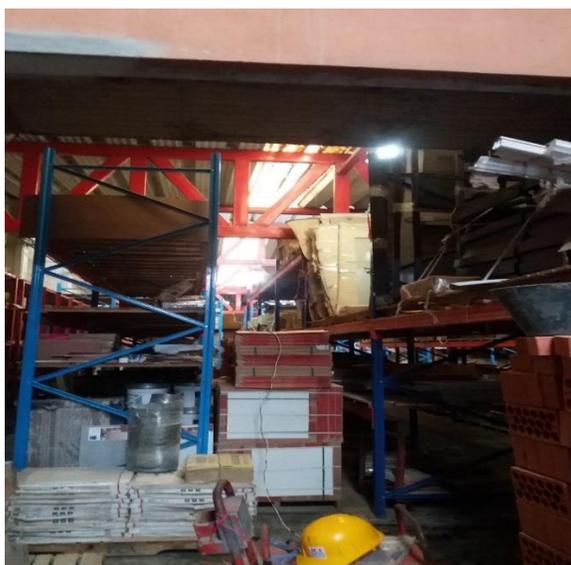


Figura 24. Identificación de materiales obstruyendo pasillos. Fuente: elaboración propia, 2017.

#### **4.4. Parámetros De Costos Requeridos Para La Utilización De Los Modelos Elegidos.**

Se definieron los costos asociados distintos procesos que se realizan en el almacén principal, con el fin de aplicar el modelo matemático de configuración de racks y pasillos propuesto por Bassan. De la misma manera, los costos que intervienen en la ejecución del modelo de cantidad económica (EOQ).

##### **4.4.1. Parámetros de costos y demanda requeridos en el modelo propuesto por Bassan.**

En la aplicación Modelo de Bassan (1980), a escenarios reales de la bodega; se identificaron costos asociados a procesos dentro del almacén para la ejecución de dicho modelo matemático.

###### ***4.4.1.1. Venta total anual en pallet (d).***

Debido a que este modelo de configuración de estantes y pasillos, la variable demanda (d) no trabaja con materiales individuales, sino con posiciones de almacenamiento (pallets). Se identificó una cantidad aproximada en cada pallet para cada familia de productos. Definidos en la Tabla 18.

Tabla 18

*Venta anual en pallets.*

FAMILIA	UNIDADES VENDIDAS EN EL AÑO	UNIDADES POR PALLET	PALETS VENDIDOS EN EL AÑO
<b>REVESTIMIENTOS</b>	224398	48	4675
<b>PORCELANA SANITARIA</b>	7118	12	593
<b>DECORADOS</b>	30995	48	646
<b>SIKA</b>	22295	21	1062
<b>PORCELANATO</b>	22084	48	460
<b>PINTURAS</b>	4397	18	244
<b>PAVCO</b>	8784	26	338
<b>MALLAS</b>	24413	20	1221
<b>ALAMBRES</b>	73418	220	334
<b>TELAS</b>	38860	12	3238
<b>MANGUERAS</b>	12692	61	208
<b>HERRAMIENTAS</b>			
<b>AGRICOLAS</b>	10207	30	340
<b>ADITIVOS</b>	6226	200	31
<b>ASFALTO</b>	6009	540	11
<b>LAVAPLATOS</b>	2466	10	247
<b>BALDE</b>	2439	27	90
<b>CARRETILLAS</b>	1346	20	67
<b>LAVAMANOS</b>	914	25	37
<b>LAVADERO</b>	613	14	44
<b>MUEBLES DE BAÑO</b>	268	12	22
<b>Σ PALLETS VENDIDOS EN EL AÑO</b>			<b>13908</b>

Fuente: elaboración propia, 2017.

En la identificación de materiales en cada pallet por familia de producto almacenado convencionalmente se encontraron características importantes para la toma de decisiones para la estructuración del nuevo layout, descritos de la siguiente manera:

- ✓ La familia alambre viene en presentaciones diferentes las cuales son; 50 kg, 25kg, 10kg y 1 kg, por lo tanto, se establece un peso estándar de 220 kg por pallet sin exceder la altura máxima por posición de almacenamiento de 1,6 m, ni la capacidad del rack de 2000 kg.
- ✓ El asfalto viene en recipientes con un peso aproximado de 60kg a 80 kg, pero esta familia se vende con regularidad por kilogramo (kg). De este modo se establece según las dimensiones del pallet, que en cada uno de estos podrán almacenar 9 recipientes.

- ✓ Las cantidades establecidas anteriormente, no exceden los 1.6 metros de alto y 222.222 kg por pallet. Excepto la familia Porcelanato, que una vez obtenido el nuevo layout se almacenaran únicamente en el primer nivel.
- ✓ Para el establecimiento de unidades por pallet, fue necesario asesorarnos con los auxiliares encargados del control de los materiales, con el fin de obtener datos más seguros en la determinación de los requerimientos de espacios de almacenamiento por familia y no excedernos en los criterios de altura = 1,6 metros y peso = 222,222 kg.

#### ***4.4.1.2. Costo de manejo de materiales ( $C_h$ ).***

Para el cálculo del costo de manejo de materiales, se tomó como base el valor del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (Ministerio de Trabajo, 2017).

$$\text{\$ } 820.857 / 30 \text{ días} = \text{\$ } 27361,9 \text{ día}$$

$$\text{\$ } 27361,9 / 8 \text{ horas} = 3420,24 \text{ hora}$$

$$\text{\$ } 3420,24 \text{ hora} / 60 \text{ minutos} = \text{\$ } 57,00 / \text{minuto}$$

$$\text{\$ } 57,00 / 60 \text{ segundos} = \text{\$ } 0,950065972 / \text{segundos}$$

Con regla de tres, se logra determinar que cada segundo cumplido en la labor, le cuesta a la empresa \$ 57,00. Multiplicado por el tiempo estándar que demora el operario en transportar un pallet.

$$\text{\$ } 0,95 \text{ segundo} * 1,06 \text{ metro/segundo} = \text{\$ } 1,01 / \text{metro}$$

Costo de manejo de materiales ( $C_h$ ): \$ 1,01 / metro

#### 4.4.1.3. Costo anual por área de almacenamiento ( $C_s$ ).

Para el cálculo del costo por área de almacenamiento en metros cuadrados ( $m^2$ ), se procedió a determinar el costo energético anual que generan los elementos necesarios para cumplir con los criterios mencionados anteriormente (Tabla 19).

Tabla 19

*Consumo energético de elementos de bodega.*

Objeto	Cantidad en bodega	Consumo por objeto (W/h)	Tiempo en funcionamiento (horas/día)	consumo (W)		
				Día	Mes	Año
Lámpara 150 W	23	3450	8	27600	82800	9936000
Lámpara 50 W	5	250	8	2000	60000	720000
Lámpara 35 W	6	210	8	1680	50400	604800
cámaras 28 W	14	392	24	9408	282240	3386880
Consumo total anual vatios						14.546.880 W

Fuente: elaboración propia, 2017.

Se procedió a determinar cuánto le cuesta a la empresa mantener en funcionamiento los objetos planteados anteriormente.

$$\text{Convertir de W a KW} \rightarrow 15.546.880 / 1000 = 14.547 \text{ KW}$$

Costo del KW/H = \$ 248,5168 (Cámara Colombiana de la Energía, 2017.)

$$248,5168 * 14.547 = \$ 3'616.152$$

Teniendo en cuenta el tiempo de consumo por cada objeto, se determinó que el costo total anual por mantener en funcionamiento las 35 lámparas y 28 cámaras fue de \$ 3'616.152.

Se determinó que los metros cuadrados ( $m^2$ ) destinados para el almacenaje, son las paletas utilizables para el almacenamiento, con una medida estándar de 1 metro x 1,2 metros, ocupando un área de 1,2  $m^2$ . Con los datos obtenidos del levantamiento de información, se determinó que la bodega cuenta con 1170 posiciones de almacenamiento.

$$1170 * 1,2m^2 = 1404 m^2$$

Entonces, para determinar el costo por área de almacenamiento se divide el costo anual energético entre los metros cuadrados ( $m^2$ ) ocupados por las posiciones de almacenamiento que se encontraron en la bodega, quedando de la siguiente manera:

$$\$ 3'616.152 / 1404 m^2 = \$ 2.576 / m^2$$

Costo anual por área de almacenamiento ( $C_s$ ): \$2.576 /  $m^2$

#### **4.4.1.4. Costo por unidad de longitud de paredes externas ( $C_p$ ).**

En la entrevista realizada a uno de los supervisores de la bodega, se pudo conocer que ellos tienen un gasto aproximado en pintura y reparaciones de orificios, etc. de \$ 585.290,253, lo cual es un costo considerablemente mínimo, debido a que ellos comercializan los productos que se requieren para el mantenimiento y este es realizado por el mismo personal de la empresa.

*Costo por unidad de longitud de paredes externas = Costos en mantenimiento / Perímetro.*

Perímetro = 2 \* (Ancho + Longitud).

$$\text{Perímetro} = 2 * (34,74 + 74,69)$$

$$\text{Perímetro} = 218,86 \text{ metros}$$

$$\text{Costo por unidad de paredes externas} = \$ 585.290,253 / 218,86 \text{ metros} \rightarrow \$ 2674,27 / \text{metro}$$

Costo por unidad de paredes externas ( $C_p$ ): \$ 2674,27 / metro.

#### **4.4.2. Parámetros de costos requeridos para el modelo EOQ.**

Se identificaron los costos para generar o alistar una orden al proveedor de cada familia de producto, teniendo en cuenta que este es el mismo para todos los grupos estudiados, ya que es un valor constante. Así mismo, obtuvo el costo de mantener cada una.

#### 4.4.2.1. Costo para generar una orden.

La metodología de trabajo actual que se mantiene para ordenar se define de la siguiente manera: El auxiliar de área suministra los datos de estado físico de material en el almacén a personal de inventario. Antes de dar la autorización el auxiliar encargado de las facturas, verifica que no se encuentre ninguna irregularidad para proceder a realizar el pedido por el personal de compra, el cual se hace a través de llamada telefónica fija e internet. Con ello, se obtuvo el costo por día de trabajo de los operarios de la bodega y el consumo diario de telefonía e internet ilustrado en la Tabla 20.

$$\text{SMMLV} = \$ 820857 \rightarrow \$ 820857 / 30 \text{ días} = \$ 27.362/\text{día.}$$

$$\text{Costo mensual de telefonía fija e internet} = \$ 114.886 \rightarrow \$ 114.886 / 30 \text{ días} = 3829,5/ \text{ día.}$$

Tabla 20

Costos que incurren en generar ordenar pedidos por día.

PERSONAL O MEDIO QUE INTERVIENE EN ORDEN DE PEDIDO	CANTIDAD	COSTO/DÍA
<b>COMPRA</b>	4	4*\$27,362 = \$109.448
<b>INVENTARIO</b>	1	\$ 27.362
<b>AUXILIAR DE AREA MATERIAL ESPECIFICO</b>	1	\$ 27.362
<b>AUXILIAR ENCARGADO DE FATURAS</b>	1	\$ 27.362
<b>TELEFONIA FIJA-INTERNET</b>	1	\$ 3.830
	<b>COSTO/DÍA</b>	<b>\$ 195.363</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En el área de compra se hacen pedidos aproximadamente cada treinta (30) minutos, tomando la jornada laboral de 480 minutos (8 horas).

$$480 \text{ minutos} / 40 \text{ minutos} = 16 \text{ pedidos al día}$$

Multiplicado por cantidad de personas que se encuentran laborando en el área de compra, son en total:

16 pedidos/día \* 4 = 64 pedidos/día

Luego se dividió el costo total diario en trabajadores y medios necesarios para ordenar un pedido, entre el número de veces que se generan pedidos por día.

$(\$ 195.363/\text{día}) / (64 \text{ pedido}/\text{día}) = \$ 3.052,55/\text{pedido}$

**Costo de generar una orden es: \$ 3.052,55.**

#### ***4.4.2.2. Costo de mantener inventario.***

Para calcular el costo de mantener se tuvieron en cuenta dos variables que fueron el índice de mantener inventario anual y el costo del producto. Por ello, se inició con la asignación de estos índices de mantenimiento que se especificaron de manera subjetiva como muestra la Tabla 21, Analizando que las familias clase A se mantienen en constante movimiento, y por lo tanto no permanecen mucho tiempo en la bodega, se le asigna un índice de mantener menor (1%) que las dos familias faltantes. La clase B tiene una rotación media, por lo que se decidió asignar un 5% y a los artículos de clase C, que debido a su escasa rotación permanecen un largo periodo en el almacén, se les proporciona un índice elevado para el mantenimiento de los mismos.

Tabla 21

*Índice de mantenimiento anual por clase.*

<b>CLASE</b>	<b>INDICE</b>
<b>A</b>	1%
<b>B</b>	5%
<b>C</b>	10%

Fuente: elaboración propia, 2017.

Conociendo el índice de mantener una unidad en el año por clase, se determinó el costo del producto, estableciendo un costo promedio de todas las referencias agrupadas en cada familia de producto y se procedió a multiplicar cada costo promedio por su respectivo índice de mantenimiento anual. Así, se determina el costo de mantenimiento anual de cada uno, descrito en la Tabla 22.

Tabla 22

*Costo de mantener en inventario de las familias en arrume, carga larga y a piso.*

<b>FAMILIA</b>	<b>COSTO PROMEDIO DE PRODUCTO (C)</b>	<b>INDICE DE MANTENIMIENTO (i)</b>	<b>COSTO DE MANTENER (H) = (C)*(i)</b>
<b>VARILLAS</b>	\$ 16.273	1%	\$ 163
<b>TEJAS</b>	\$ 47.263	1%	\$ 473
<b>PERFILES</b>	\$ 80.132	1%	\$ 801
<b>TUBOS</b>	\$ 104.322	1%	\$ 1.043
<b>PLACAS</b>	\$ 37.420	5%	\$ 1.871
<b>CABALLETES</b>	\$ 24.962	5%	\$ 1.248
<b>PLACACENTRO</b>	\$ 121.401	5%	\$ 6.070
<b>PLATINAS</b>	\$ 20.311	10%	\$ 2.031
<b>METALICAS</b>			
<b>MOLDURAS</b>	\$ 80.132	10%	\$ 8.013
<b>TUBERIA METALICA</b>	\$ 50.236	10%	\$ 5.024
<b>VIGA</b>	\$ 354.404	10%	\$ 35.440
<b>MESON</b>	\$ 150.810	10%	\$ 15.081
<b>LAMINAS</b>	\$ 130.610	10%	\$ 13.061
<b>METALICAS</b>			
<b>PUERTA</b>	\$ 330.509	10%	\$ 33.051
<b>PLASTICO</b>	\$ 2.543	10%	\$ 254
<b>CEMENTO</b>	\$ 21.551	1%	\$ 216
<b>PEGANTES</b>	\$ 7.380	1%	\$ 74
<b>GRANITOS</b>	\$ 25.963	10%	\$ 2.596
<b>LADRILLOS</b>	\$ 815	10%	\$ 82
<b>TANQUES</b>	\$ 691.119	5%	\$ 34.556

Fuente: elaboración propia, 2017.

#### **4.5. Espacios Asignados Para Las Familias De Productos Almacenadas Convencionalmente**

Conociendo la configuración óptima para un adecuado almacenaje, se procedió a distribuir cada familia de producto en las posiciones de almacenamiento, mediante la clasificación ABC. La asignación de las cantidades de posiciones que se deben ocupar, se estableció mediante la rotación de cada familia, es decir entre más movimientos efectuó la familia de producto más espacio ocupará, como se demuestra en la

Tabla 23, donde se procedió a calcular la cantidad específica de posiciones de almacenamiento para cada familia de producto multiplicando la participación porcentual de

cada una por las 420 unidades disponibles en el primer nivel, con el fin de tener más facilidad en el manejo de estos materiales al momento de hacer la recolección de los pedidos.

Tabla 23

*Asignación de pallets por familia de productos con almacenamiento convencional.*

FAMILIA	CANTIDAD TOTAL DE PALLETS (1)	MOVIMIENTOS DIARIOS (2) = (1)/365 días	PARTICIPACION % POR FAMILIA (3) =(2)/Σ(2)	PARTICIPACION EN PALLETS (4) =(2)*420
<b>REVESTIMIENTOS</b>	4674,9625	12,81	44,52%	187,0
<b>PORCELANA   SANITARIA</b>	593,1666667	1,63	5,65%	23,7
<b>DECORADOS</b>	645,73875	1,77	6,15%	25,8
<b>SIKA</b>	1061,67381	3,05	10,62%	44,6
<b>PORCELANATO</b>	460,0854167	1,26	4,38%	18,4
<b>PINTURAS</b>	244,2777778	0,67	2,33%	9,8
<b>PAVCO</b>	337,8692835	0,67	2,32%	9,8
<b>MALLAS</b>	1220,67	3,34	11,62%	48,8
<b>ALAMBRES</b>	330,7145045	0,91	3,15%	13,2
<b>TELAS</b>	359,8162037	0,22	0,77%	3,2
<b>MANGUERAS</b>	208,2048885	0,57	1,98%	8,3
<b>HERRAMIENTAS</b>				
<b>AGRICOLAS</b>	340,2585	0,93	3,24%	13,6
<b>ADITIVOS</b>	31,13185	0,09	0,30%	1,2
<b>ASFALTO</b>	11,12777778	0,03	0,11%	0,4
<b>LAVAPLATOS</b>	246,6	0,27	0,94%	3,9
<b>BALDE</b>	90,33333333	0,25	0,86%	3,6
<b>CARRETILLAS</b>	67,3	0,15	0,53%	2,2
<b>LAVAMANOS</b>	36,56	0,08	0,27%	1,1
<b>LAVADERO</b>	43,78571429	0,05	0,18%	0,8
<b>MUEBLES DE BAÑO</b>	22,33333333	0,02	0,08%	0,3
		Σ(2)= 28,77	Σ(3)= 100,00%	Σ(4)= 420,0

Fuente: elaboración Propia, 2017.

Para tener más precisión con respecto a los datos para el requerimiento de espacio de almacenamiento ocupado por estos materiales, se identificó cuantas posiciones y rack ocupan las familias de productos por clase como se puede ilustrar en la Tabla 24.

Tabla 24

*Posiciones de almacenamiento y racks totales.*

CLASE	POSICIONES POR NIVEL (1)	POSICIONES TOTALES (2) = (1) * 3 Niveles	RACK TOTALES (3) =(1)/ 3 posiciones
<b>A</b>	211	632	70
<b>B</b>	170	511	57
<b>C</b>	39	117	13
<b>TOTAL</b>	<u>420</u>	<u>1260</u>	<u>140</u>

Fuente: elaboración propia, 2017.

#### **4.6. Espacios Asignados Para Las Familias De Materiales De Carga Larga**

La página comercial de Homecenter ofrece las especificaciones de la mayoría de referencias que se distribuyen en la empresa Ace Super Constructor Comaderas. Resultó más factible determinar el peso promedio que pueden tener las familias de productos a las cuales les está aplicando el estudio, y así no excedernos con el criterio de peso mínimo por brazo de 700 kilogramos. Datos de suma importancia para determinar la cantidad de rack necesarias el almacenamiento de los materiales de carga larga indicados en la

Tabla 25.

Los racks donde se almacenan estos materiales, se pueden modificar de acuerdo a las necesidades del comprador. En el caso de los productos almacenados en el almacén principal, las características apropiadas de los racks deben ser:

- ✓ Cada estante debe cumplir con tres tipos de dimensiones a lo largo del estante que son 2 metros, 3 metros y 6 metros.
- ✓ Las distancias de los brazos varían entre 80 cm, 1 metro y 1,20 metros.
- ✓ El peso promedio que deben soportar cada brazo debe ser mínimo 700 kilogramos.
- ✓ Se tendrán en cuenta estanterías simples con un solo acceso y estanterías dobles con acceso en dos lados.
- ✓ Cada rack se compondrá de 5 niveles, con una distancia entre cada brazo que varía de 0.50 cm a 60cm en sentido vertical del rack.
- ✓ Cada rack no debe superar los 3 metros de altura.

- ✓ La distancia entre cada brazo a lo largo del estante no supera los 0.80 metros.

Tabla 25

*Racks necesarios para el almacenaje de materiales de carga larga.*

<b>FAMILIA</b>	<b>CANTIDAD DE PEDIDO ECONOMICA (Q*) (1)</b>	<b>DIMENSION A LO LARGO DEL RACK</b>	<b>LARGO DEL BRAZO</b>	<b>UNIDADES/ BRAZO (2)</b>	<b>NIVELES/RACK DOBLES (3)</b>	<b>RACK DOBLES NECESARIOS =((1)/(2))/(3)</b>
<b>VARILLA</b>	4669	6 Metros	0.80 Metros	189	10	2,5
<b>PERFILES</b>	767	6 Metros	0.80 Metro	31	10	2,5
<b>TUBOS</b>	665	6 Metros	0.80 Metro	30	10	2,2
<b>TEJAS</b>	1998	3 Metros	1 Metro	25	10	7,9
<b>PLACAS</b>	306	3 Metros	1 Metro	25	10	1,2
<b>CABALLETES</b>	253	2 Metros	1 Metro	15	10	1,7
<b>PLACACENTRO</b>	73	3 Metros	1.2 Metro	15	10	0,5
<b>PLASTICO</b>	672	3 Metros	1 Metro	176	10	0,4
<b>PLATINAS METALICAS</b>	174	6 Metros	0.80 Metros	30	10	0,6
<b>MOLDURAS</b>	79	6 Metros	0.80 Metros	30	10	0,3
<b>TUBERIA METALICA</b>	68	6 Metros	0.80 Metro	30	10	0,2
<b>MESONES</b>	11	3 Metros	1 Metro	3	10	0,4
<b>VIGAS</b>	8	6 Metros	0.80 Metros	4	10	0,2
<b>LAMINAS METALICAS</b>	10	3 Metros	1.2 Metros	10	10	0,1

Fuente: elaboración propia, 2017.

Con los datos suministrados en la tabla anterior, se determinó:

- ✓ Familias clase A: requerirán 7 estantes dobles y 1 simple, de 6 metros de longitud, y 8 estantes dobles, con 3 metros de longitud.
- ✓ Familias clase B: requerirán 2 estantes dobles de 3 metros de longitud, y 2 estantes dobles de 2 metros de longitud.
- ✓ Familias clase C: requerirán 2 estantes dobles y 1 simple de 6 metros de longitud, y 1 estante doble y 1 simple de 3 metros de longitud.

#### 4.7. Espacios Asignados Para Las Familias De Productos Almacenadas En Arrume

En el reconocimiento de la bodega se obtuvo la cantidad de materiales almacenados por pallet y la dimensión estándar de 1 metros x 12 metros. Por ello, con la cantidad económica y los datos anteriores se logró determinar las cantidades de estivas por cada familia de producto con almacenaje en arrume, demostradas en la Tabla 26.

Tabla 26

*Pallets necesarios para el almacenaje de materiales en arrume.*

FAMILIA	CANTIDAD DE PEDIDO ECONOMICA (Q*) (1)	DIMENSIONES DEL PALET		UNIDADES/ PALET (2)	NIVELES/ PALET (3)	ESPACIO REQUERIDO EN PALET =(1)/((2)(3))
		LARGO	ANCHO			
<b>CEMENTO</b>	3040	1 Metros	1.2 Metros	40	2	38
<b>PEGANTES</b>	2985	1 Metros	1.2 Metros	40	2	37
<b>GRANITOS</b>	120	1 Metros	1.2 Metros	40	1	3
<b>LADRILLOS</b>	1558	1 Metros	1.2 Metros	225	1	7

Fuente: elaboración propia, 2017.

De los datos obtenidos de cada familia de producto almacenada en arrume se determinó que:

- ✓ **Familia clase A.** Requerirá un espacio para ocupar 75 pallets. En cada espacio se almacenan 80 unidades, ya que son dos niveles de 40 unidades cada una.
- ✓ **Familias clase C.** Requerirán un espacio para ocupar 10 pallets. 3 pallets de 40 unidades y 7 pallets de 225 unidades. Solo se asignarán un nivel, porque cada familia cuanta, con pocas posiciones de almacenaje, pero con varias referencias de productos, por lo tanto, se decidió esto con el fin de facilitar la recolecta de estos materiales.

#### 4.8. Espacio Asignado Para Las Familias Almacenadas A Piso

Se decidió asignar un espacio de 9.6 de largo x 2.5 metro de ancho, debido a que la empresa comercializa tanques de hasta 10.000 litros, pero las ventas de estos tanques elevados

de gran dimensionamiento se dan esporádicamente. La mayoría de los tanques son apilables y se debe dejar un espacio para los complementos de cada uno.

#### 4.9. Layout Con Distribución ABC De Los Productos En La Bodega

Aplicando los modelos matemáticos de configuración interna de centros de distribución, modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) y la clasificación ABC; se obtuvo la siguiente distribución de racks y materiales en la bodega, ilustrados en la Figura 25.

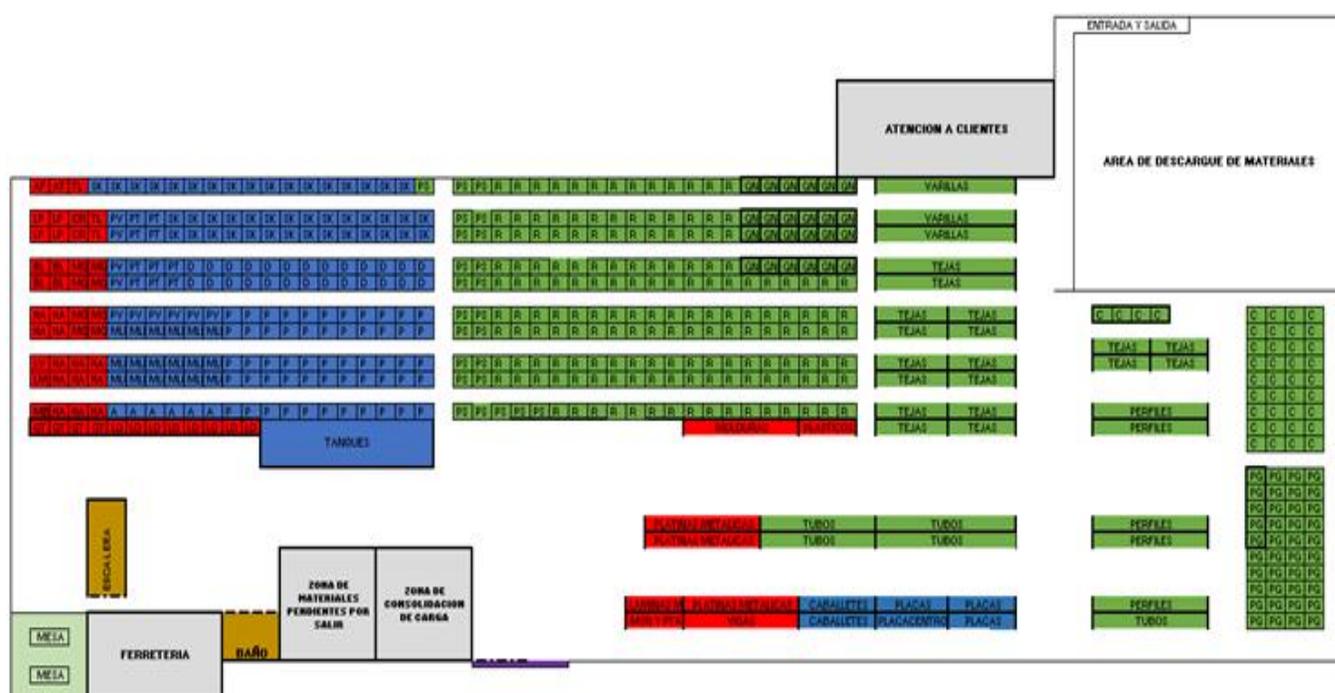


Figura 25. Layout con distribución ABC de los productos en la bodega. Fuente: elaboración propia, 2017.

Se pudo observar que el layout propuesto, presenta una distribución por zonas que se dividen en cuatro partes, como se trabajó metodológicamente: materiales almacenados en rack estructurales, rack especial, arrume y a piso. Con el fin de mantener más organizada la bodega y tener mejor control de las cantidades y lugares donde se encuentren ubicados los productos. Por lo tanto, se identifican las siguientes características en cada zona trabajada, que son:

#### 4.9.1. Materiales almacenados en rack estructural.

El área ocupada por los materiales almacenados en rack estructural fue de 938.9356 m<sup>2</sup>, cubriendo en su totalidad 18 familias de productos y organizados dependiendo su popularidad, con 5 vías de acceso libre para poder realizar la recogida del material ordenado. Debido a que, en la asignación de las posiciones de almacenamiento para la familia de los revestimientos, fue bastante significativa y se necesitaba acondicionar un espacio para esos materiales que vienen en presentaciones grandes, pero la mayoría de veces se despachan en cantidades pequeñas y con mucha regularidad (Alambres, accesorios sanitarios, Sika, herramientas agrícolas, aditivos). Se decidió asignar dos racks para almacenarlos. Si bien, se hace la aclaración de que en estos dos racks se mantendrán pequeñas cantidades, teniendo en cuenta la rotación diaria y se volverán surtir de material en el periodo de finalización de la jornada laboral, debido a que en esta se encuentra menos movimiento de la demanda.

Se identifican en la Tabla 27 las abreviaturas características en cada posición de almacenamiento. Dichas abreviaturas están asignadas subjetivamente con el fin de facilitar la ilustración en el layout propuesto.

Tabla 27

*Significado de siglas de familias de productos almacenadas en rack estructural.*

---

<b>GN</b> = Granel ( accesorios sanitarios, kilogramos de alambre, litros de Aditivos y Sika )	<b>A</b> = <b>Alambre</b>
<b>R</b> = Revestimientos	<b>TL</b> = Telas
<b>PS</b> = Porcelana sanitaria	<b>CR</b> = Carretillas
<b>SK</b> = Sika	<b>AT</b> = Aditivos
<b>D</b> = Decorados	<b>AF</b> = Asfalto
<b>PT</b> = Pinturas	<b>LP</b> = Lavaplatos
<b>PV</b> = Pavco	<b>BL</b> = Balde
<b>P</b> = Porcelanato	<b>HA</b> = Herramientas agrícolas
<b>MLL</b> = Mallas	<b>LV</b> = Lávanos

---

Fuente: elaboración propia, 2017.

#### **4.9.2. Materiales almacenados en rack de carga larga.**

Con respecto a los materiales almacenados en rack especial, el área ocupada en la bodega fue de 508.6209 m<sup>2</sup>, cubriendo en su totalidad 15 familias de producto y aplicando la misma metodología de la clasificación ABC. Se decide ubicar los racks más cercanos a la zona de despacho debido a que los productos almacenados en estos racks representan la mayoría de los movimientos diarios realizados en el almacén. Se hace la salvedad que solo se almacenaran dos familias de productos en un rack simple las cuales son mesones (MSN) y puertas (PTA), debido que estos representan una rotación esporádica.

#### **4.9.3. Materiales almacenados en arrume.**

Para los materiales almacenados en arrume, el área ocupada fue de 119,148 m<sup>2</sup>, cubriendo 4 familias de productos, dejando una parte ubicada cerca de la zona de despacho y la otra en la parte final de la bodega, como se interpretó en la clasificación ABC.

Como las familias de cemento y pegantes se almacenaron en arrume de dos niveles, se decidió asignar otras posiciones de almacenamiento en un solo nivel, ya que estos materiales también se ordenan en cantidades pequeñas, por tal razón para la familia cemento se dejaron 4 posiciones y la familia pegante 5, las dos con un solo nivel.

Significado de siglas del grupo de materiales almacenados en arrume:

- ✓ C = Cemento.
- ✓ PG = Pegantes.
- ✓ LD = Ladrillos.
- ✓ GT = Granitos

#### **4.9.4. Materiales almacenados a piso.**

Por último, para la familia de tanques almacenada en arrume negro, subjetivamente se decidió asignar un área de 24,1250 m<sup>2</sup>. Ubicándolos en la parte media del almacén, ya que en la metodología aplicada anteriormente, nos dio como resultado esta familia como clase B.

#### 4.10. Layout De La Bodega Principal Con Dimensionamiento De Espacios Y Pasillos

Se diseñó el layout, respetando los criterios dimensionales de la bodega actual, con los resultados obtenidos de la metodología trabajada anteriormente. El diseño propuesto como se muestra en la Figura 26, se presenta mejoras en las vías de transito de personal, para mejorar la circulación de material al momento de ejecutar una orden de compra.

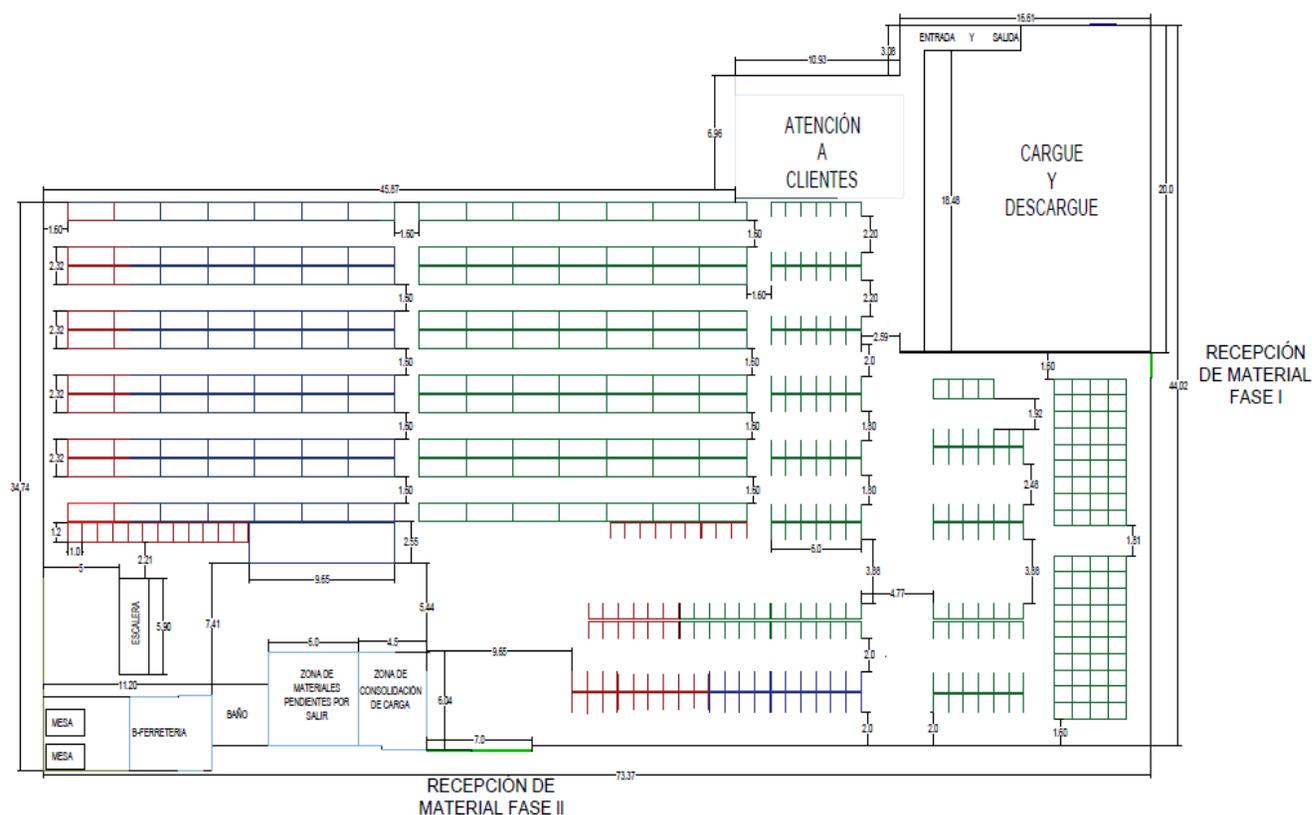


Figura 26. Layout propuesto de la bodega principal. Fuente: elaboración propia, 2017.

El anterior diseño, presenta las siguientes características:

- ✓ Las dimensiones de espacios de pasillos para los racks estructurales son estándar (1,60 metros).
- ✓ La dimensión de largo de los racks estructurales se les sumo a cada viga que componen estos racks 0,09 metros y se encuentran 16 vigas sosteniendo los racks. Sumando a los 46,8 metros de largo, obtenidos del modelo 1,44 metros. Se hizo esto porque el modelo

de configuración de rack y pasillos, solo tiene en cuenta las dimensiones del ancho del palet y ancho del estante.

- ✓ Los anchos de los pasillos principales para los racks especiales varían entre 3,88 metros y 4,77 metros. Los pasillos secundarios entre 1,8 metros y 2,48 metros, dependiendo el material que se manipula en las respectivas áreas.
- ✓ El ancho de los pasillos principales para el arrume varían entre 1,81 metros y 2,21 metros. Los pasillos secundarios son de 1,60 metros.
- ✓ Si bien se supo, los tanques tienen un espacio signado subjetivamente de 2,55 metros de ancho x 9,55 metros de largo.
- ✓ La bodega pequeña que almacena algunos productos de ferretería se ubicó en la parte final de la bodega.
- ✓ Los espacios ahorrados, se utilizaron para asignar áreas de consolidación de carga, áreas para materiales de gran volumen pendientes por salir.
- ✓ Se acondiciono un espacio con las dos mesas de trabajo para los operarios

#### **4.10.1. Análisis comparativo de áreas para el almacenaje del layout actual vs layout propuesto.**

Se identificó con respecto a las áreas ocupadas por los materiales del almacén principal, que en el grupo de productos almacenados convencionalmente se obtiene un ahorro de 113,2407 m<sup>2</sup>. De la misma manera, para los productos arrumados hubo una reducción de 133,088 m<sup>2</sup>. En cuanto a los materiales de carga larga se presenta un ahorro de 45,0751 m<sup>2</sup>. Con la optimización de las áreas de los grupos anteriores y la organización en la distribución de los materiales dentro de los racks, se designó más espacios para los pasillos donde transitarían los operarios con los materiales largos, con el fin de mejorar el flujo del proceso de picking de estos.

#### **4.11. Validación Del Layout Propuesto**

Para esta fase es transcendental precisar que para validar la distribución propuesta para la bodega primero: se realizó el condicional que los resultados de la estandarización de tiempos del proceso de picking se tomaron como datos determinísticos para el modelo en FlexSim, Segundo: se realizaron 30 corridas del modelo de simulación para despachar órdenes de pedidos

básicas semejantes a las del estudio de tiempos. Para posteriormente comparar los tiempos arrojados por el simulador con los tiempos estandarizados en el estudio de tiempos de la bodega al momento del diagnóstico.

Para correr en el modelo se recurrió a la opción “Estadistics” luego en “Experimenter” al ingresar allí se introdujeron los elementos a estudiar del modelo de simulación en la opción “perfomance measures”, para esta investigación fueron operarios. Ver Figura 27.

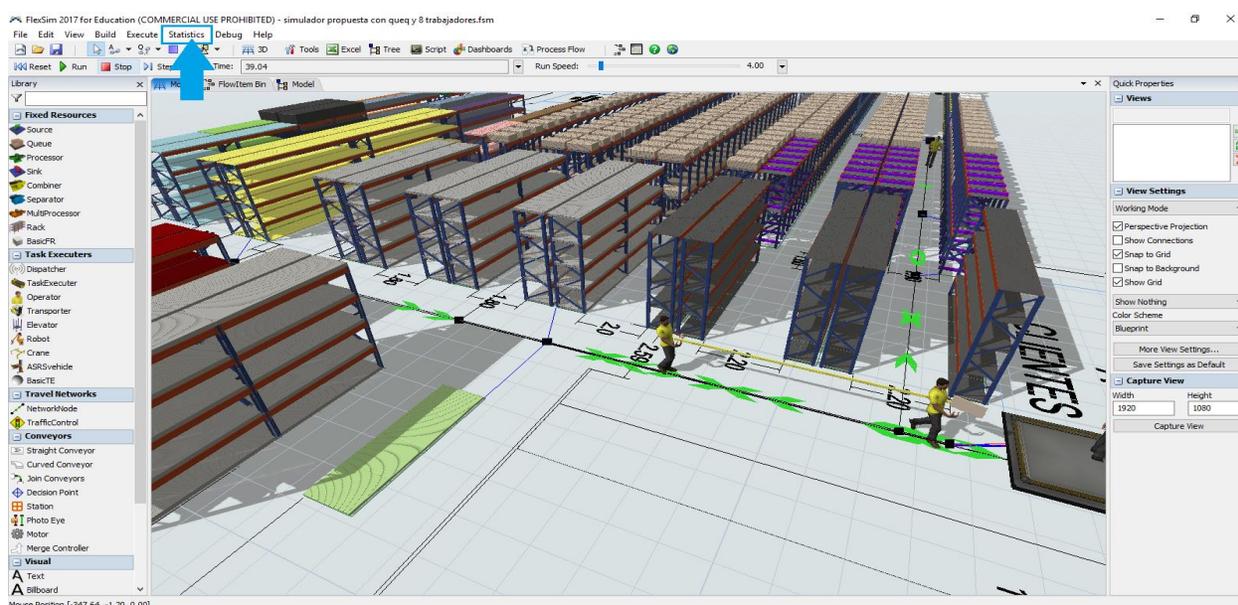


Figura 27. Corrida del modelo. Fuente: elaboración propia, 2017.

Luego que se ingresaron los operarios y se definió la variable a analizar la cual fue el tiempo de movilidad de estos, y se corrió el modelo, esto genero un documento el cual con tenia los resultados de la simulación, estos resultados se muestran concisos en la Tabla 28.

Tabla 28

*Resultados de la simulación.*

<b>Operario</b>	<b>Referencia</b>	<b>Tiempo de movilización (seg)</b>
<b>Bultos</b>	Cemento	17,02
<b>Cajas</b>	Cerámica	22,45
<b>Material largo</b>	Tubos	23,58
<b>Rollos</b>	Malla con vena	56,68
<b>Lamina</b>	Teja	11,04
<b>Baldes y tarros</b>	Estuco acrílico 30 KG	36,84
<b>Granel</b>	Accesorios sanitarios	14,53
<b>Tanques</b>	Tanque elevado	57,79
<b>TOTAL =</b>		<b>239,93</b>

Fuente: elaboración propia, 2017.

La metodología empleada en el simulador manejó el supuesto de que el tiempo de movilización para la ejecución del proceso de despacho de las órdenes de compra es igual a la sumatoria del tiempo de movilización resultante de cada grupo, es decir que el tiempo = 239,93 segundos. Es el tiempo promedio de movilidad que se gasta un empleado para despachar una orden de compra. Esto comparado con los tiempos de movilidad para despachar un pedido, con la distribución de la bodega al momento del diagnóstico Tabla 29.

Tabla 29

*Comparación tiempos y costos de las distribuciones.*

<b>DISTRIBUCION ACTUAL</b>		<b>DISTRIBUCION PROPUESTA</b>	
<b>Tiempo de despacho de un pedido (Segundos)</b>	756,6	<b>Tiempo de despacho de un pedido (Segundos)</b>	239,9
<b>Tiempo de despacho de un pedido (Minutos)</b>	12,6	<b>Tiempo de despacho de un pedido (Minutos)</b>	4,0
<b>Tiempo de respuesta ante 120 pedidos (Minutos)</b>	1513,3	<b>Tiempo de respuesta ante 120 pedidos (Minutos)</b>	479,9
<b>Tiempo de respuesta ante 120 pedidos (Horas)</b>	25,2	<b>Tiempo de respuesta ante 120 pedidos (Horas)</b>	8,0
<b>Costo por despachar un pedido</b>	\$ 86.262,0	<b>Costo por despachar un pedido</b>	\$ 27.354,0

Fuente: elaboración propia, 2017.

#### **4.11.1. Análisis comparativo de layout actual vs layout propuesto con respecto a tiempos y costos.**

Comparando y analizando los tiempos de las dos distribuciones, se pudo observar que las configuraciones cuentan con una diferencia significativa en los tiempos, favoreciendo a la distribución propuesta con una disminución de un 66% con respecto al transporte del operario realizando la acción de ida y vuelta. Además, se ahorra el tiempo de operación de buscar equipos para acceder a niveles superiores, ya que los productos de mayor rotación estarán ubicados en el primer nivel. Teniendo en cuenta el tiempo de respuesta ante una orden de compra, se demostró un ahorro entre la distribución propuesta de 8,6 minutos. Basándonos en un panorama real de la bodega donde se procesan alrededor de 120 ordenes al día, cumpliendo una jornada laboral de 8 horas diarias, con el diseño propuesto se reducen 17,2 horas en la ejecución de este proceso. También se demuestra que, mientras tres operarios están realizando el proceso de despacho en la distribución actual, un operario realiza la misma acción en la distribución propuesta, ahorrándose así 2 operarios para la ejecución de estas actividades. Con base a los costos generados entre cada distribución se demuestra un ahorro en el despacho de los 120 pedidos en el diseño propuesto de \$58.908 diarios.

## 5. Conclusión

La implementación de los métodos considerados para el proyecto, determinaron resultados puntuales para cada fase trabajada. Así, se establece que la clasificación ABC permite aumentar la eficiencia de respuesta en una orden de compra, ya que los productos se organizan según su popularidad y ello, contribuye a disminuir la interferencia de recorridos entre productos de alta y baja rotación. Asimismo, la caracterización de procesos permitió identificar las falencias presentes en las actividades que influyen en el despacho de una orden de compra, principalmente debido a la ineficiencia de espacios para el tránsito del personal y la obstaculización de materiales en pasillos.

De manera consecuente, el uso del modelo de configuración de estantes y pasillos permitió evidenciar una disminución en el área empleada para la ubicación de los estantes a partir de una disposición más organizada en el layout propuesto. Respecto al modelo de inventario EOQ, se evidenció una estandarización en el espacio requerido para almacenar productos de forma no convencional y en los que no aplica la implementación del modelo de configuración de estantes y pasillos. En el caso particular de esta investigación, permitió minimizar el espacio utilizado por productos de carga larga, en arrume y a piso.

Por su parte, el software de simulación FlexSim constituye una herramienta ingenieril que permitió presentar el comportamiento de las configuraciones propuestas para la bodega, en un escenario real; considerando cuatro grupos de familias de productos con distintos tipos de almacenaje. A partir de ello, resulta posible demostrar un mejor rendimiento en cuanto al tiempo de ejecución de los pedidos generados, destacando la disminución presentada por la distribución propuesta frente a la distribución actual en ocho coma seis (8,6) minutos en el despacho de una orden de compra, correspondiente a las cantidades establecidas para cada grupo de familia de producto.

Con base a los costos generados en las distribuciones en cuestión, se demuestra un ahorro en las operaciones de despacho de aproximadamente cuarenta y tres mil ochocientas

(43.800) órdenes de compra anuales. Con el funcionamiento anual de la bodega, haciendo énfasis en la respuesta ante los pedidos efectuados, se demostró una reducción en los costos alrededor de veintiún millones doscientos seis mil ochocientos ochenta pesos (\$21'206.880). De esta manera, se pueden destinar mayores recursos para el mejoramiento continuo del almacén.

Finalmente, se afirma que el diseño del layout propuesto ofrece condiciones de almacenamiento que responden de manera más eficiente a los procesos de despacho en los pedidos de la bodega, así como en áreas adecuadamente dispuestas respecto al tránsito de personal y materiales, a la vez que mitiga la cantidad de recursos necesarios para desempeñar las operaciones asociadas al almacén. Este modo, se favorece a la reducción del nivel de costos incurridos para el manejo de recursos humanos y físicos en la empresa; así como a un mayor grado de competitividad en el mercado.

## 6. Recomendaciones

- ✓ Adquirir equipos para el manejo de materiales, de este modo optimizar los procesos de picking, packing y transportes de materiales internamente en la bodega.
- ✓ Estandarizar y documentar los procesos que se lleven a cabo dentro de la bodega con sus respectivos responsables, para evitar falencias en los procesos.
- ✓ Someter los materiales a un estudio de inventarios siguiendo un modelo EOQ y crear políticas de inventario partiendo de este estudio, con el fin de contar siempre con cantidades adecuadas de productos.
- ✓ Realizar un estudio fotométrico y lumínico para la bodega con el objetivo de que las instalaciones cuenten con el nivel de iluminación adecuado para las distintas funciones operacionales.
- ✓ Aplicar un sistema de manejo de información completo en toda la empresa, con el objetivo de mejorar el flujo de información desde las cajas al departamento de bodega, optimizando la comunicación entre estos nodos.
- ✓ Capacitación continua al personal que labore dentro de la bodega con la finalidad de mantenerlos al día con los distintos factores de riesgos que se encuentran en industrias como esta.
- ✓ Realizar continuamente estudios de mercados, para analizar el comportamiento de la demanda, de este modo poseer los materiales que exige el mercado evitando conservar productos obsoletos o por el contrario no contar con los productos que exige el mercado.

---

✓ Es muy importante que la empresa implemente este proyecto lo antes posible ya que es considerado factible para esta.

## 7. Referencias Bibliográficas

- Adarme, W., Otero, M., Rodríguez, T. (2011). *Optimization of a warehouse layout used for the storage of materials used in the construction and reparation of ships*.
- Arango, M., Zapata, J., Pemberthy, J. (2010). *Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial*. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes, Bogotá.
- Ashayeri, J., Gelders, L. (1985). *Warehouse Design Optimization*. European Journal of Operational Reserach. (Vol 21. No. 3).
- Ballou, R. (2004) *Logística. Administración de la Cadena de Suministro*. (5ta. ed.). Pearson Prentice Hall. pp 472 – 478, México.
- Barrionuevo, C. V. C. (2010). *Análisis de la Gestión de Almacenamiento de la Bodega Principal de Productos Terminados: Caso de Productos de Consumo de Masivos*.
- Bartholdi III, J., Hackman, S. (2010). *Warehouse and Distribution Science. Release 0.90*. The Supply Chain and Logistics Institut, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- Bassan, Y., Roll, Y., & Rosenblatt, M. J. (1980). *Internal layout design of a warehouse*. *AIIE Transactions*, 12(4), 317-322.
- Bernardo, A., & Rincon, R. (2013). *Propuesta de Mejoramiento para la operación de picking en la empresa cintas & botones*.
- Canedo, A., & Leal, M. (2014). *Diseño De Un Plan De Mejoramiento Para La Gestión Y Control De Inventarios De La Empresa Distribuidora Ferretera Internacional*. *Igarss 2014*, (1), 1–5. Tomado de <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Caviedes, F., González, J. (2016). *Mejoramiento de la capacidad de almacenamiento en la empresa "Arrocera La Esmeralda S.A.S"*. Universidad Pontificia Javeriana, Santiago de Cali, Colombia.

- Consejo Colombiano de Seguridad (2008). *Seguridad en bodegas de almacenamiento*.
- De Koster, R., Neuteboom, A. (2001). *The logistics of Supermarket Chains*. Doetinchem, The Netherlands, Elsevier.
- De Koster, R., Le-Duc, T., Roodbergen, K. (2007). *Design and control of warehouse order picking: A literature review*. RSM Erasmus University. European Journal of Operational Research, Rotterdam, The Netherlands.
- Devore, J. L. (2006). *Probabilidad y estadística para ingenierías y ciencias*. (6ta. ed.). California, EE.UU.
- Frazelle, E. (2002). *World-class warehousing and material handling*. McGraw Hill, New York.
- Gonzales, L. (2015). *Diseño de un modelo de almacenamiento y distribución de equipos y materiales en la bodega de Seaxploration – sucursal Colombia*. Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015, 1. Tomado de <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hillier, F., Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. (9a ed.). Mc Graw Hill, México D.F. pp 777 – 780.
- Heizer J., Render, B. *Dirección de la Producción y de Operaciones. Decisiones Estratégicas*. (8a. ed.). Pearson Prentice Hall. pp 439 – 442.
- Izar, J., Ynzunza, C. (2012). *Determinación del Costo de Inventario con el Método Híbrido*. Revista Conciencia Tecnológica. México.
- Karakis, I., & Baskak, M. (2015). *Analytical Model For Optimum Warehouse Dimensions*. Research in Logistics and Production, 5(3), 255–269.
- Mac-Donald, P. (2013). *Lineal Entera Mixta Para La Cadena De Abastecimiento*.
- Mancilla, M. (2013). *Propuesta para el mejoramiento de la bodega general y bodegas móviles de la gerencia Barrancabermeja (GRB)- Ecopetrol S.A*. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699. Tomado de <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Moreno, P., Abad, J., & Galindo, C. G. (2009). *Diseño de la Bodega de Materia Prima del Área de Calzado en una Industria Resumen*, (1).
- Montenegro, M. (2002). *Automatización de centros de distribución*. Universidad Francisco Marroquín, Facultad de Ingeniería de Sistemas de Informática y Ciencias de la Computación, Guatemala.
- Önüt, S., Tuzkaya, U., y Doğaç, B. (2007). *A particle swarm optimization algorithm for the multiple-level warehouse layout design problem*. Department of Industrial Engineering, Mechanical Faculty, Turkey.
- Palacio, O. (2012). *Propuesta metodológica para el diseño y operación de instalaciones de almacenamiento modulares ecoeficientes para productos no perecederos*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
- Plúa, R. J., & Ortega, G. (2013). *Optimización en el diseño de una bodega para una empresa que elabora fundas plásticas*.
- Salazar, B. (2017). Sistema de almacenamiento convencional. Tomado de <https://logisticayabastecimiento.jimdo.com/almacenamiento/sistema-de-almacenamiento-convencional/>
- Sharafali, M., Shahul Hameed, M.A. y Yadavalli, V. S. S., (2009). "A note on evaluating the risk in continuous review inventory systems", en *International Journal of Production Research*, (Vol. 47, No. 19).
- Silva, A. (2006). *Logística de almacenamiento*. Tecana American University, Caracas.
- Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., Frazelle, E., Tanchoco, J., Trevino, J. (2003). *Facilities Planning*. (2da ed.). John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., Frazelle, E., Tanchoco, J. (2006). *Planeación de instalaciones*. (3ra ed.). John Wiley & Sons, Inc., New York.

---

Universidad Manuela Beltrán (s.f). *Almacenamiento de materiales. Módulo 1. Ubicación de los objetos.*

Vidal, C. (2009). *Planeación, optimización y administración de cadenas de abastecimiento.* Universidad del Valle. Cali, Colombia.

**Anexos**

Anexo 1. Formato de caracterización de rack 1 y 2.

<b>Estante</b>	<b>Nivel</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	<b>Posiciones de Almacenamiento</b>
<b>1 y 2</b>	1	Lavaderos.	Ancho: 2.79 Largo: 6 Alto: 1.70	<b>16</b> (1.39x0.695)
	2	Bebederos.	Ancho: 2.79 Largo: 6 Alto: 2.02	<b>12</b> (1.10x0.98)

Fuente: elaboración propia, 2016.

Anexo 2. Formato de caracterización de rack 3 y 4.

<b>Estante</b>	<b>Nivel</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Posiciones de Almacenamiento</b>
<b>3 y 4</b>	1	Malla pollo, Manto real adhesivo, plástico negro, malla zaranda. Angeo plástico, balde Acronal,	Ancho: 2.965 Largo: 6 Alto: 0.85	<b>12</b> (1.14x0.95) ; <b>4</b> (0.70x1.58)
	2	malla pollo, polisombra, Malla multiuso, balde, concertinas.	Ancho: 2.965 Largo: 3; 6 Alto: 0.65	<b>3</b> (1.10x0.98) ; <b>12</b> (1.10x0.98)
	3	Tapas de tanque elevado, polisombra.	Ancho: 2.965 Largo: 6 Alto: 2.02	<b>3</b> (1.10x0.98)

Fuente: elaboración propia, 2016.

## Anexo 3. Formato de caracterización de rack 5 y 6.

<b>Estante</b>	<b>Nivel</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Posiciones de Almacenamiento</b>
<b>5 y 6.</b>	1	malla pollo	Ancho: 2.725 Largo: 6 Alto: 2.	<b>12</b> (1.14x0.95) ; <b>2</b> (0.70x1.58)
	2	Angeo plástico, tanque, Acronal, malla pollo, polisombra.	Ancho: 2.725 Largo: 6 Alto: 2.02	<b>12</b> (1.10x0.98)
	3	Tapas de tanque elevado, polisombra.	Ancho: 2.725 Largo: 3 Alto: 1.50	<b>3</b> (1.10x0.98)

Fuente: elaboración propia, 2016.

## Anexo 4. Formato de caracterización de rack 7 y 8.

<b>Estante</b>	<b>Nivel</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Posiciones de Almacenamiento</b>
<b>7 y 8.</b>	1	Malla para gavión, brea, asfalto, malla eslabonada.	Ancho: 2.32 Largo: 9 Alto: 1.66	<b>18</b> (1.14x0.95)
	2	Cielo raso lamina, archivo (papelerías viejas), mangueras.	Ancho: 2.32 Largo: 9 Alto: 2.02	<b>18</b> (1.10x0.98)

Fuente: elaboración propia, 2016.

Anexo 5. Formato de caracterización de rack 9.

<b>Estante</b>	<b>Nivel</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Posiciones de Almacenamiento</b>
<b>9.</b>	1	Lísterlos, mesones, decorados.	Ancho: 0.60 Largo: 1.0m x (4) Alto: 0.48	<b>18</b> (1.10x0.98)
	2	Lísterlos.	Ancho: 0.60 Largo: 1.0m x (4) Alto: 0.44	<b>18</b> (1.10x0.98)
	3	Lísterlos.	Ancho: 0.60 Largo: 1.0m x (4) Alto: 0.065	<b>18</b> (1.10x0.98)
	4	Lísterlos.	Ancho: 0.60 Largo: 1.0m x (4) Alto: 0.595	<b>18</b> (1.10x0.98)

Fuente: elaboración propia, 2016.

Anexo 6. Formato de caracterización de rack 10.

<b>Estante</b>	<b>Nivel</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Posiciones de Almacenamiento</b>
<b>10.</b>	1	Lísterlos, mesones, decorados.	Ancho: 0.60 Largo: 1.0m x (6) Alto: 0.48	
	2	Lísterlos.	Ancho: 0.60 Largo: 1.0m x (6) Alto: 0.44	
	3	Lísterlos.	Ancho: 0.60 Largo: 1.0m x (6) Alto: 0.065	
	4	Lísterlos.	Ancho: 0.60 Largo: 1.0m x (6) Alto: 0.595	

Fuente: elaboración propia, 2016.

## Anexo 7. Formato de caracterización de rack 11.

<b>Estante</b>	<b>Nivel</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Posiciones de Almacenamiento</b>
<b>11.</b>	1	koraza, intervinil, viniltex, pintura vinilico, vareta, estuco profesional, sellador	Ancho: 1.10 Largo: 12 Alto: 1.37	<b>8</b> (1.10x1.47)
	2	Lístellos.	Ancho: 1.10 Largo: 12 Alto: 0.42	<b>4</b> (1.10x1.47) <b>6</b> (1.10x0.98)
	3	bases corona	Ancho: 1.10 Largo: 12 Alto: 0.53	<b>4</b> (1.10x1.47) <b>6</b> (1.10x0.98)
	4	bases corona	Ancho: 1.10 Largo: 12 Alto: 1.13	<b>6</b> (1.10x0.96) <b>6</b> (1.10x0.98)

Fuente: elaboración propia, 2016.

## Anexo 8. Formato de caracterización de rack 12.

<b>Estante</b>	<b>Nivel</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Posiciones de Almacenamiento</b>
<b>12.</b>	1	Ladrillo, porcelanato, fachaleta, malla decoradas, bases para decorar.	Ancho: 1.10 Largo: 18 Alto: 0.85	<b>15</b> (0.97x0.95) ;
	2	Piso, fachaleta, lístellos.	Ancho: 1.10 Largo: 18 Alto: 0.79	12 (1.10x0.98)
	3	Cielo raso lamina, puertas de seguridad, combos corona.	Ancho: 1.10 Largo: 18 Alto: 1.32; 1.50	18 (1.10x0.98)
	4	Combos.	Ancho: 1.10 Largo: 18 Alto: 1.50	9 (1.10x0.98)

Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 9. Formato de caracterización de rack 13 y 14.

<b>Estante</b>	<b>Nivel</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Posiciones de Almacenamiento</b>
<b>13 y 14.</b>	1	Piso, porcelanato, pegante (pegacor), boquilla latex, yeso escayola, fachaleta.	Ancho: 2.32 Largo: 18 Alto: 1.68	36 ( 0.95x0.95)
	2	Malla con vena, combos euro.	Ancho: 2.32 Largo: 18 Alto: 1.10	36 (1.10x0.97)
	3	Sanitarios corona.	Ancho: 2.32 Largo: 9 Alto: 1.50	27 (1.10x0.97)

Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 10. Formato de caracterización de rack 15 y 16.

<b>Estante</b>	<b>Nivel</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Posiciones de Almacenamiento</b>
<b>15 y 16.</b>	1	Manguera negra, pared, pegante para cerámica pared, yeso escayola, fachaleta.	Ancho: 2.32 Largo: 18 Alto: 1.68	36 ( 0.95x0.95)
	2	Recipientes para embasar thinner, Tapas de tanque elevado 1000l, 500l combos.	Ancho: 2.32 Largo: 18 Alto: 1.10	36 (1.10x0.97)
	3	Combos.	Ancho: 2.32 Largo: Alto:1.50	24 ( 1.10x0.97)

Fuente: elaboración propia, 2016.

## Anexo 11. Formato de caracterización de rack 17 y 18.

Estante	Nivel	Material	Dimensiones	Posiciones de Almacenamiento
<b>17 y 18.</b>	1	Granito mármol, estivas, pared.	Ancho: 2.32 Largo: 18 Alto: 1.68	36 (0.95x0.95)
	2	Bebedero, tapas de tanque elevado 1000l, combos.	Ancho: 2.32 Largo: 18 Alto: 1.10	33 (1.10x0.97)
	3	Combos.	Ancho: 2.32 Largo: 18 Alto: 1.50	24 (1.10x0.97)

Fuente: elaboración propia, 2016.

## Anexo 12. Formato de agrupación de referencias pertenecientes a familia cemento.

CEMENTO				
CODIGO	REFERENCIA	CANTIDAD	\$ UNITARIO	\$ TOTAL
<b>13143</b>	CEMENTO GRIS ARGOS X 50KL (I)	2318,582775	145,445864	\$ 337.228,27
<b>10279</b>	CEMENTO GRIS ARGOS X 25KIL (I)	55,425	77,44181194	\$ 4.292,21
<b>10278</b>	CEMENTO BLANCO NARE 40KL B	24,431775	277,8920547	\$ 6.789,40
<b>23807</b>	CEMENTO BLANCO BOLSA 1 KILO	23,02125	11,57679226	\$ 266,51
<b>10277</b>	CEMENTO BLANCO NARE * 20 KL (I)	12,975	142,551518	\$ 1.849,61
<b>10280</b>	CEMENTO GRIS BOLSA DE 1 KILO (	9,21	6,407790604	\$ 59,02
<b>10239</b>	CAOLIN 25KLS (Z) CC1724	2,015325	88,67771625	\$ 178,71
<b>21152</b>	CEMENTO GRIS ESTRUCTURAL 42,5	1,635	143,2111875	\$ 234,15
<b>25094</b>	CEMENTO BLANCO BOLSA X 5 KL	0,1575	51,57433846	\$ 8,12
<b>25095</b>	CEMENTO GRIS BOLSA X 5 KL (I)	0,0675	30,6724125	\$ 2,07
<b>10186</b>	CAL	0	230,7511875	\$ -

Fuente: elaboración propia, 2016.

Anexo 13. Formato de agrupación de referencias pertenecientes a familia varillas.

VARILLAS				
CODIGO	REFERENCIA	CANTIDAD	\$ UNITARIO	\$ TOTAL
4320	VARILLA MILIME 1/4 4.5MM 12121	219,51	12,54	\$ 2.753,10
4312	VARILLA LEG LISA 7/8 121119	3,41	315,97	\$ 1.078,24
4316	VARILLA LEG LISA 5/8 12111	5,01	151,54	\$ 759,23
4318	VARILLA LEG LISA 3/8 9MM 121132	1,25	53,99	\$ 67,22
4311	VARILLA LEG LISA 3/4 12115	3,62	223,15	\$ 808,37
4310	VARILLA LEG LISA 3/16 4MM 121111	102,11	10,05	\$ 1.026,09
4319	VARILLA LEG LISA 1/2 12.7MM 12124	7,13	99,07	\$ 706,64
24750	VARILLA LEG LISA 1 PULG	2,30	414,90	\$ 955,30
4308	VARILLA LEG GRAFILADA 1/4 5.5 1211	647,07	17,38	\$ 11.245,83
4307	VARILLA LEG CORRUGADA 7/8 121125	7,22	267,49	\$ 1.931,96
4306	VARILLA LEG CORRUGADA 5/8 121123	112,93	135,98	\$ 15.355,83
21837	VARILLA LEG CORRUGADA 3/8 9.5MM	428,14	50,53	\$ 21.635,09
4304	VARILLA LEG CORRUGADA 3/4 121124 (Z)	35,67	192,73	\$ 6.874,62
4303	VARILLA LEG CORRUGADA 1? 121126	0,71	345,82	\$ 246,40
25099	VARILLA LEG CORRUGADA 1/4 6.35 MM	117,11	22,50	\$ 2.635,03
4289	VARILLA LEG CORRUGADA 1/2 12.7 (Z)	602,80	90,02	\$ 54.265,76
4301	VARILLA ENTORCHADA 5/8 * 6MT AFC40	0,58	216,98	\$ 125,31
4299	VARILLA ENTORCHADA 1/2 * 6MT AFC40	3,78	142,14	\$ 537,28
4297	VARILLA CUADRADA 5/8 6MT 12142	0,47	204,65	\$ 95,16
4296	VARILLA CUADRADA 1/2 12.7MM 121411	3,36	130,39	\$ 438,11
4295	VARILLA CUADRADA 1/2 10MM 12141	5,48	76,14	\$ 417,42
13194	VARILLA CORRUGADA 3/8 MM 8.5 12144	324,17	41,12	\$ 13.329,04
4287	VARILLA CORRUGADA 3/8 MM 7.5 12143	421,52	29,99	\$ 12.642,52
4305	VARILLA CORRUGADA 3/8 9MM	821,77	46,62	\$ 38.311,96
4291	VARILLA CORRUGADA 12MM 121122-1 42	140,49	80,32	\$ 11.284,25
4290	VARILLA CORRUGADA 11MM 121122 (Z)	84,00	67,94	\$ 5.706,98
24722	VARILLA CORRU 1/2 X 60000 PSI	0,00	146,33	\$ -
23928	VARILLA 3/8 CORRUGADA	0,00	39,10	\$ -
23930	VARILLA 1/4 CORRUGADA	0,00	15,48	\$ -

Fuente: elaboración propia, 2016.

## Anexo 14. Formato de agrupación de referencias pertenecientes a familia porcelanato.

PORCELANATO				
CODIGO	REFERENCIA	CANTIDAD	\$ UNITARIO	\$ TOTAL
23629	PORCELANATO MADERA LONG LPT 2002 FI	0,08	509,16	\$ 41,24
22748	PORCELANATO STRATUS BEIGE GP0130 60	0,11	423,00	\$ 45,37
22746	PORCELANATO XTREME PLATA 30X60 1.0	0,22	386,49	\$ 84,52
22745	PORCELANATO XTREME GRAFITO 30X60 1.	0,01	374,67	\$ 3,03
22744	PORCELANATO XTREME NOCE 30X60 1.08	0,19	370,97	\$ 72,12
22743	PORCELANATO XTREME CREMA X 1.08 30X	0,03	374,67	\$ 12,14
20213	PORCELANATO NEGRO SELLADO 60X60 X 1	19,80	231,77	\$ 4.588,16
19936	PORCELANATO IRON BLACK 60X60 PRIMI	0,32	336,79	\$ 109,12
19187	PORCELANATO BEIGE BETA SELLADO 60X60 X 1.44(Z)	35,11	197,58	\$ 6.937,72
18129	PORCELANATO LINEX REC LA C566072601	0,15	393,94	\$ 58,50
17933	PORCELANATO BEIGE PLANO SELLADO 60X	106,58	186,69	\$ 19.897,38
17589	PORCELANATO URBAN GRIS 1.60 C561022551 56.6X56.	0,61	243,57	\$ 149,07
23699	PORCELANATO LONG MDE 40 20X120 FIRE	0,00	496,88	\$ 0,89
7955	PORCELANATO MADERA DECK LONG EXT53 1.20X20	0,14	482,22	\$ 69,44
24380	PORCELANATO LONG EXT 52 20X120 FIRE	0,04	471,98	\$ 16,99
20393	PORCELANATO CRETA BLACK 60X60 ATTM 631	0,62	289,84	\$ 178,43
20394	PORCELANATO CRETA GREY60X60 ATTM 6309	0,04	285,86	\$ 12,35
24437	PORCELANATO FUSION WENGUE 60X60 1.1	0,19	387,93	\$ 73,61
25159	PORCELANATO WENGUE 60 X 60 1.44 M	0,24	387,93	\$ 92,17
25227	PORCELANATO ATRUIS NEGRO 80 X 80	0,60	433,19	\$ 261,99
19730	PORCELANATO SANSTONE BEIGE 60 * 60	0,17	362,16	\$ 61,60
22659	PORCELANATO METALICA(Z) BRANCO 60X6	0,12	412,50	\$ 51,05
22938	PORCELANATO BRUJAS CREMA 1.30M 30.3	0,14	363,43	\$ 49,61
22939	PORCELANATO PRISS BRUJAS NEGRO 30.3	0,10	336,21	\$ 32,78
18314	PORCELANATO ALBA SAL SOLUBLE B	0,01	251,25	\$ 3,62

Fuente: elaboración propia, 2016.

## Anexo 15. Formato de agrupación de referencias pertenecientes a familia tanques.

TANQUES				
CODIGO	REFERENCIA	CANTIDAD	\$ UNITARIO	\$ TOTAL
10084	BEBEDERO 1000LT NEGRO ROTOPLA	0,0825	2619,115823	\$ 216,08
17164	BEBEDERO 250 LTS NEGRO ROTOPLA	0,045	1034,482725	\$ 46,55
17942	BEBEDERO 500 LT ROTOPLAST	0,1275	1534,275659	\$ 195,62
22749	BEBEDERO COLEMPAQUES BAJITO 1000 L	0,0075	2609,4828	\$ 19,57
10708	FLANCHE 1? TANQUE ELEVADO PLASTICO	0,42	19,8152625	\$ 8,32
18590	SISTEMA SEPTICO 1000 LT ROTOPLAST C	0,1425	5430,618793	\$ 773,86
16971	SISTEMA SEPTICO 2000 LT ROTOPLAST C	0,0075	9342,672375	\$ 70,07
23886	SISTEMA SEPTICO 500 LT ROTOPLAS COM	0,51	3524,515163	\$ 1.797,50
13159	TANQUE AJOVER WAVE (Z) 250LT AJCV0	0,0075	678,8793	\$ 5,09
12629	TANQUE AJOVER WAVE (Z) 500LT	0,0075	771,33615	\$ 5,79
12628	TANQUE AJOVER WAVE 1000LTS AZU	0,0225	1848,32625	\$ 41,59
21052	TANQUE PERDURIT AZUL 2000LT(Z)	0,1275	2982,217875	\$ 380,23
12641	TANQUE PLASTICO (Z) 1000LT ACUAVIV	2,6625	1508,123555	\$ 4.015,38
12643	TANQUE PLASTICO (Z) 2000LT ACUAVIVA	1,2225	2680,284602	\$ 3.276,65
12646	TANQUE PLASTICO (Z) 5000LT AJO	0,315	11110,33721	\$ 3.499,76
12648	TANQUE PLASTICO (Z) 500LT ACUAVIVA	1,86	832,9933884	\$ 1.549,37
24804	TANQUE PLASTICO 150 LT ROTOPLAST	0,06	400,0539	\$ 24,00
12644	TANQUE PLASTICO 1500 AJOVER	0,015	2896,551675	\$ 43,45
14341	TANQUE PLASTICO ACUAV (Z) 6000LT C	0,0075	13577,586	\$ 101,83
25166	TANQUE PLASTICO ECOPLAST 500 LT ETE	0,1125	884,4827438	\$ 99,50
12645	TANQUE PLASTICO ETERNIT 500LT NEGRO	0,2775	725,2028426	\$ 201,24
22544	TANQUE PONYPLAST (Z) 500 LTS ROTOPL	0,0225	1368,53445	\$ 30,79
14766	TANQUE PONYPLAST (Z) 1000LT RO	0,03	2064,224125	\$ 61,93
17166	TANQUE ROTOPLAS (Z) 10.000 L.NEGRO	0,1425	30532,47964	\$ 4.350,88
17639	TANQUE ROTOPLAS (Z) 5000LT	0,015	11342,77934	\$ 170,14
15890	TANQUE ROTOPLAS ACUAPLAS (Z) 250LT	0,9	395,5368306	\$ 355,98
14126	TANQUE ROTOPLAS ACUAPLAS (Z) 5	3,0075	791,0332913	\$ 2.379,03
23890	TANQUE SEPTICO 1000 LT ROTOPLAST SO	0,03	1490,67675	\$ 44,72
23889	TANQUE SEPTICO 500 LT ROTOPLAST SOL	2,085	880,1861734	\$ 1.835,19
23728	TAPA TANQUE 1000 ROTOPLAST	0,0075	437,06895	\$ 3,28
12708	TAPA TANQUE PLASTICO 1000LT CB1002	0,06	583,3325917	\$ 35,00

Fuente: elaboración propia, 2017.

## Anexo 16. Formato de agrupación de referencias pertenecientes a familia caballetes.

CABALLETES				
CODIGO	REFERENCIA	CANTIDAD	\$ UNITARIO	\$ TOTAL
7293	CABALLETE ARTICU INF NUEVO FC P7(I)	0,08	100,22	\$ 8,27
7294	CABALLETE ARTICU INF NUEVO FCC P5(I)	0,03	96,98	\$ 2,91
18725	CABALLETE ARTICU INF PINT P7 (Z)	0,02	84,05	\$ 1,26
7296	CABALLETE ARTICU SUP NUEVO FC P7(I)	0,23	100,22	\$ 22,55
18727	CABALLETE ARTICU SUP PINT P7 (I)	0,06	87,93	\$ 5,28
24574	CABALLETE FIJO 15	0,00	144,51	\$ -
23109	CABALLETE FIJO 15G P7 ETERNIT(I)	9,73	135,48	\$ 1.317,86
24667	CABALLETE FIJO PERFIL 7 PINTADO VER	0,05	174,57	\$ 9,16
22615	CABALLETE FIJO VENTILA 15G TIP	0,10	113,15	\$ 11,03
24688	CABALLETE PLANO TIPO C 15 COLOMBIT(	11,39	119,79	\$ 1.363,79
10165	CABALLETE PLANO TIPO C 15G RURALIT	23,39	114,68	\$ 2.681,76
10164	CABALLETE PLANO TIPO G 15 ETERNIT(I)	26,03	122,64	\$ 3.192,52
16983	CABALLETE TECHOLINE ROJO 2X0,5	3,78	197,41	\$ 746,20
17029	CABALLETE TECHOLINE VERDE 2X0,	0,88	198,76	\$ 174,41
22508	CABALLETE TERMO MAX MARINO AZUL X 2	1,80	445,44	\$ 801,80
15522	CABALLETE TERMO MAX MARINO TERRRACO	0,33	462,28	\$ 152,55
23095	CABALLETE TERMO MAX MARINO VER	1,03	445,01	\$ 457,24
10168	CABALLETE TERMOACUS, 2,00MT V	0,17	435,13	\$ 75,06
10167	CABALLETE TERMOACUS, 2,0MT MAR	0,02	362,06	\$ 8,15
10169	CABALLETE UNIVERSAL COLOMBIT CB105	8,55	126,65	\$ 1.082,84
10170	CABALLETE UNIVERSAL RURALIT CB1059	2,81	121,00	\$ 339,42
24787	GRAN UNION CAB UNIV LM COLONIAL PIN	0,02	232,76	\$ 3,49
24674	TERMINAL LIMATESA P-1000	0,03	103,45	\$ 3,10
22917	TZL CABALLETE PINTADO 2X60	0,16	177,09	\$ 27,89
12990	TZL GALV CABALL 2,00-26 600(Z)	6,80	132,42	\$ 899,81
13000	UNION CABALL UNIVER.LIMAT CB105791(	0,20	133,40	\$ 27,01
18726	UNION CABALLETE FIJO LIMAT 15G P7 C	0,09	165,63	\$ 14,91
24670	UNION CABALLETE FIJO LIMATESA VERDE	0,02	109,27	\$ 1,64

Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 17. Tiempos de actividades de picking de materiales largos.

<b>MATERIAL LARGO</b>										
<b>IDENTIFICACION DE LA OPERACIÓN</b>		<b>OPERARIO</b>					<b>FECHA</b>			
<b>TIEMPO INICIAL</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>VISTO BUENO</b>					<b>OBSERVADOR</b>			
<b>TIEMPO FINAL</b>	<b>CICLOS</b>						<b>RESUMEN</b>			
<b>DESCRIPCION DE ELEMENTOS Y PUNTO DE QUIEBRE</b>	1	2	3	4	5	$\sum T$	T prom	ID	TN (Seg)	TIEMPO ESTANDAR (Seg)
<b>1</b> Recorrido sin carga ( 5 mts)	4,4	4,5	4,3	4,3	4,0	21,4	4,3	0,9	3,9	4,2
<b>2</b> Recogida de articulos en el primer nivel	46,0	44,0	46,0	49,6	43,3	228,9	45,8	0,9	41,2	45,3
<b>3</b> Recorrido con escalera rodante ( 5 mts)	9,1	7,8	9,9	7,0	7,1	40,9	8,2	0,9	7,4	8,1
<b>4</b> Recogida de articulos en el segundo nivel	56,0	50,2	41,2	52,4	44,4	244,1	48,8	0,9	43,9	48,3
<b>5</b> Recogida de articulos en el tercer nivel	51,6	60,0	53,3	60,1	55,7	280,7	56,1	0,9	50,5	55,6
<b>6</b> Recorrido con carga ( 5 mts)	4,7	4,8	4,6	4,5	4,7	23,2	4,6	0,9	4,2	4,6
<b>TOLERANCIA</b>	0,1									

Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 18. Tiempos de actividades de picking de bultos.

<b>BULTOS</b>										
<b>IDENTIFICACION DE LA OPERACIÓN</b>						<b>FECHA</b>				
<b>TIEMPO INICIAL</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>VISTO BUENO</b>				<b>OBSERVADOR</b>				
<b>TIEMPO FINAL</b>	<b>CICLOS</b>					<b>RESUMEN</b>				
<b>DESCRIPCION DE ELEMENTOS Y PUNTO DE QUIEBRE</b>	1	2	3	4	5	$\Sigma T$	T prom	ID	TN (Seg)	TIEMPO ESTANDAR (Seg)
<b>1</b> Recorrido sin carga ( 5 mts)	3,88	4,88	4,71	4,4	4,0	21,89	4,378	0,9	3,94	4,33422
<b>2</b> Recogida de articulos en el primer nivel	22,3	24	22,5	24,7	26	119,41	23,88	0,9	21,49	23,64318
<b>3</b> Recorrido con carga ( 5 mts)	6,33	6,71	6,24	6,87	6,02	32,17	6,434	0,9	5,791	6,36966
<b>TOLERANCIA</b>	0,1									

Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 19. Tiempos de actividades de picking de cajas.

<b>CAJAS</b>										
<b>IDENTIFICACION DE LA OPERACIÓN</b>						<b>FECHA</b>				
<b>TIEMPO INICIAL</b>	<b>OPERARIO</b>		<b>VISTO BUENO</b>			<b>OBSERVADOR</b>				
<b>TIEMPO FINAL</b>	<b>CICLOS</b>					<b>RESUMEN</b>				
<b>DESCRIPCION DE ELEMENTOS Y PUNTO DE QUIEBRE</b>	1	2	3	4	5	$\sum T$	T prom	ID	TN (Seg)	TIEMPO ESTANDAR (Seg)
<b>1</b> Recorrido sin carga ( 5 mts)	3,88	4,88	4,71	4,4	4,02	21,89	4,378	0,9	3,94	4,33422
<b>2</b> Recogida de articulos en el primer nivel	4	4,28	2,95	3,55	3,65	18,43	3,685	0,9	3,317	3,6484668
<b>3</b> Recorrido con escalera rodante ( 5 mts)	9,1	7,83	9,86	7	7,06	40,85	8,17	0,9	7,353	8,0883
<b>4</b> Recogida de articulos en el segundo nivel	11,9	9,13	9,13	11	9,45	50,63	10,13	0,9	9,113	10,02474
<b>5</b> Recogida de articulos en el tercer nivel	35,5	37,5	39,1	34,5	36	182,56	36,51	0,9	32,86	36,14688
<b>6</b> Recorrido con carga ( 5 mts)	5,64	5,46	5,29	5,39	5,09	26,87	5,374	0,9	4,837	5,32026
<b>TOLERANCIA</b>	0,1									

Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 20. Tiempos de actividades de picking de láminas.

<b>LAMINAS</b>										
<b>IDENTIFICACION DE LA OPERACIÓN</b>						<b>FECHA</b>				
<b>TIEMPO INICIAL</b>	<b>OPERARIO</b>		<b>VISTO BUENO</b>			<b>OBSERVADOR</b>				
<b>TIEMPO FINAL</b>	<b>CICLOS</b>					<b>RESUMEN</b>				
<b>DESCRIPCION DE ELEMENTOS Y PUNTO DE QUIEBRE</b>	1	2	3	4	5	$\sum T$	T prom	ID	TN (Seg)	TIEMPO ESTANDAR (Seg)
<b>1</b> Recorrido sin carga ( 5 mts)	4,4	4,48	4,26	4,26	4,04	21,44	4,288	0,9	3,859	4,24512
<b>2</b> Recogida de articulos en el primer nivel	9,41	8,27	8,01	8,02	8,63	42,34	8,468	0,9	7,621	8,38332
<b>6</b> Recorrido con carga ( 5 mts)	3,68	3,67	3,88	3,58	4,01	18,82	3,764	0,9	3,388	3,72636
<b>TOLERANCIA</b>	0,1									

Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 21. Tiempos de actividades de picking de baldes y tarros.

<b>BALDES Y TARROS</b>										
<b>IDENTIFICACION DE LA OPERACIÓN</b>						<b>FECHA</b>				
<b>TIEMPO INICIAL</b>	<b>OPERARIO</b>		<b>VISTO BUENO</b>			<b>OBSERVADOR</b>				
<b>TIEMPO FINAL</b>	<b>CICLOS</b>					<b>RESUMEN</b>				
<b>DESCRIPCION DE ELEMENTOS Y PUNTO DE QUIEBRE</b>	1	2	3	4	5	$\sum T$	T prom	ID	TN (Seg)	TIEMPO ESTANDAR (Seg)
<b>1</b> Recorrido sin carga ( 5 mts)	3,88	4,88	4,71	4,4	4,02	21,89	4,378	0,9	3,94	4,33422
<b>2</b> Recogida de articulos en el primer nivel	8,73	11,7	11	8,56	8,64	48,61	9,722	0,9	8,75	9,62478
<b>3</b> Recogida de articulos en el segundo nivel	16,4	15	11,1	13,3	12,2	68,08	13,62	0,9	12,25	13,47984
<b>4</b> Recorrido con escalera rodante ( 5 mts)	9,1	7,83	9,86	7	7,06	40,85	8,17	0,9	7,353	8,0883
<b>5</b> Recogida de articulos en el tercer nivel	30	26	26,4	32,6	31,1	146,15	29,23	0,9	26,31	28,9377
<b>6</b> Recorrido con carga ( 5 mts)	5,07	4,91	5	4,81	5,02	24,81	4,962	0,9	4,466	4,91238
<b>TOLERANCIA</b>	0,1									

Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 22. Tiempos de actividades de picking de rollos.

<b>ROLLOS</b>										
<b>IDENTIFICACION DE LA OPERACIÓN</b>						<b>FECHA</b>				
<b>TIEMPO INICIAL</b>	<b>OPERARIO</b>		<b>VISTO BUENO</b>			<b>OBSERVADOR</b>				
<b>TIEMPO FINAL</b>	<b>CICLOS</b>					<b>RESUMEN</b>				
<b>DESCRIPCION DE ELEMENTOS Y PUNTO DE QUIEBRE</b>	1	2	3	4	5	$\sum T$	T prom	ID	TN (Seg)	TIEMPO ESTANDAR (Seg)
<b>1</b> Recorrido sin carga ( 5 mts)	4,4	4,48	4,26	4,26	4,04	21,44	4,288	0,9	3,859	4,24512
<b>2</b> Recogida de articulos en el primer nivel	7,71	9,38	9,83	8,77	8,43	44,12	8,824	0,9	7,942	8,73576
<b>3</b> Recorrido con escalera rodante ( 5 mts)	9,1	7,83	9,86	7	7,06	40,85	8,17	0,9	7,353	8,0883
<b>4</b> Recogida de articulos en el segundo nivel	22,2	21,1	24,2	24,2	21,5	113,09	22,62	0,9	20,36	22,39182
<b>6</b> Recorrido con carga ( 5 mts)	4,52	4,63	4,7	4,26	4,87	22,98	4,596	0,9	4,136	4,55004
<b>TOLERANCIA</b>	0,1									

Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 23. Tiempos de actividades de picking de granel.

<b>GRANEL</b>										
<b>IDENTIFICACION DE LA OPERACIÓN</b>						<b>FECHA</b>				
<b>TIEMPO INICIAL</b>	<b>OPERARIO</b>		<b>VISTO BUENO</b>			<b>OBSERVADOR</b>				
<b>TIEMPO FINAL</b>	<b>CICLOS</b>					<b>RESUMEN</b>				
<b>DESCRIPCION DE ELEMENTOS Y PUNTO DE QUIEBRE</b>	1	2	3	4	5	$\sum T$	T prom	ID	TN (Seg)	TIEMPO ESTANDAR (Seg)
<b>1</b> Recorrido sin carga ( 5 mts)	4,4	4,48	4,26	4,26	4,04	21,44	4,288	0,9	3,859	4,24512
<b>2</b> Recogida de articulos en el primer nivel	12	10,5	12,2	10,8	9,48	55,00	11	0,9	9,9	10,89
<b>3</b> Recorrido con escalera rodante ( 5 mts)	9,1	7,83	9,86	7	7,06	40,85	8,17	0,9	7,353	8,0883
<b>4</b> Recogida de articulos en el segundo nivel	20,3	18,2	17,2	18,4	21,4	95,49	19,1	0,9	17,19	18,90702
<b>5</b> Recogida de articulos en el tercer nivel	33,3	33,6	33,4	33,9	33,3	167,51	33,5	0,9	30,15	33,16698
<b>6</b> Recorrido con carga ( 5 mts)	4,35	4,43	4,44	4,11	4,76	22,09	4,41	0,9	3,976	4,37382
<b>TOLERANCIA</b>	0,1									

Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 24. Tiempos de actividades de picking de tanques.

<b>TANQUES</b>										
<b>IDENTIFICACION DE LA OPERACIÓN</b>						<b>FECHA</b>				
<b>TIEMPO INICIAL</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>VISTO BUENO</b>				<b>OBSERVADOR</b>				
<b>TIEMPO FINAL</b>	<b>CICLOS</b>					<b>RESUMEN</b>				
<b>DESCRIPCION DE ELEMENTOS Y PUNTO DE QUIEBRE</b>	1	2	3	4	5	$\sum T$	T prom	ID	TN (Seg)	TIEMPO ESTANDAR (Seg)
<b>1</b> Recorrido sin carga ( 5 mts)	4,4	4,48	4,26	4,26	4,04	21,44	4,288	0,9	3,859	4,24512
<b>2</b> Recogida de articulos en el primer nivel	12,7	9,54	13,2	11	12,2	58,73	11,75	0,9	10,57	11,62854
<b>6</b> Recorrido con carga ( 5 mts)	4,6	5,69	4,64	5,04	4,77	24,74	4,948	0,9	4,453	4,89852
<b>TOLERANCIA</b>	0,1									

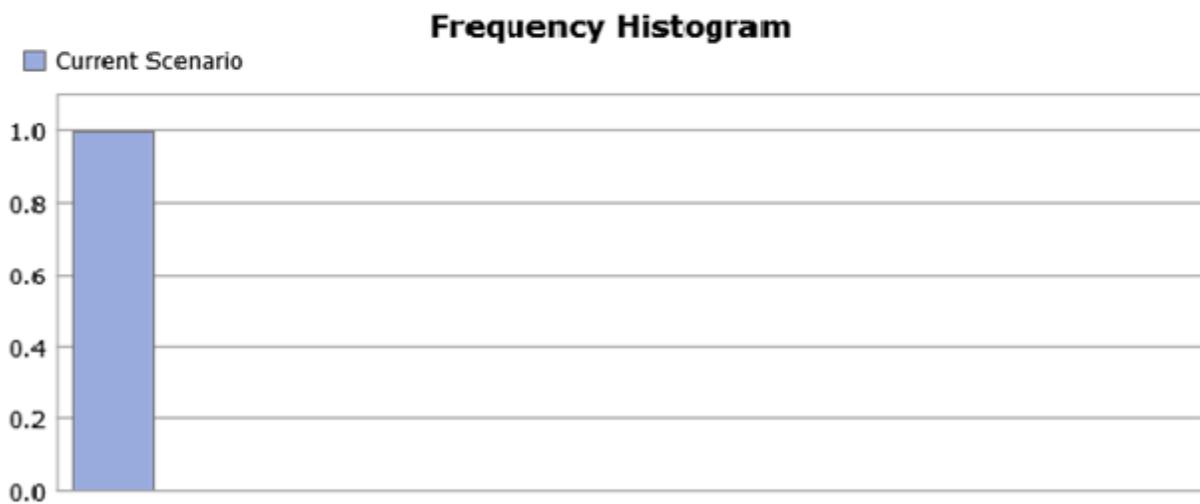
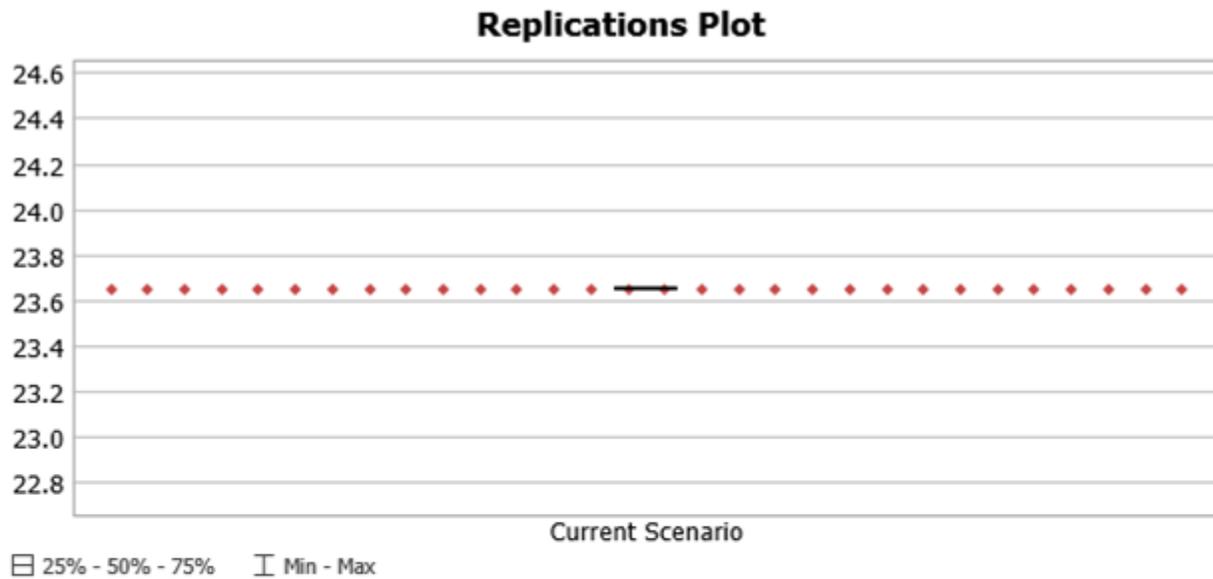
Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 25. Datos de cantidades por lote provenientes del proveedor.

<b>UNIDADES ALMACENADAS POR ESPACIOS DE ALMACENAMIENTO</b>		
<b>FAMILIA</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>CANTIDAD POR ESTIVA</b>
<b>BALDES Y TARROS</b>	PINTURA CUÑETE	36
<b>BALDES Y TARROS</b>	PAQUETE DE 4 GALONES	27
<b>BULTOS</b>	CEMENTO GRIS ARGOS X 50KL	40
<b>CAJAS</b>	PISO SANTA CRUZ BEIGE 50X50 X 1.5	72
<b>CAJAS</b>	SANITARIO BLANCO	18
<b>CAJAS</b>	LAVAMANO	48
<b>GRANEL</b>	CODO PRESION 90	50
<b>MATERIALES LARGOS (</b> <b>50 piezas por paquete)</b>	PERFIL GALV 120*60 C16 (EN C) X 6 M	1
<b>MATERIALES LARGOS</b> <b>(Mazos de 24 unidades)</b>	TUBO CONDUIT 1/2	6
<b>MATERIALES LARGOS</b> <b>(Mazos de 333 unidades)</b>	VARILLA CORRUGADA 3/8 9MM	1
<b>ROLLOS</b>	MALLA CON VENA 0.6*2.0 LAMINA	25
<b>ROLLOS</b>	MALLA POLLO 1.80*1*36	25
<b>TANQUES</b>	TANQUE ROTOPLAS ACUAPLAS (Z) 250LT	15
<b>TEJAS</b>	TEJA PERFIL 7 # 6 FC	130
	PAVCO	36

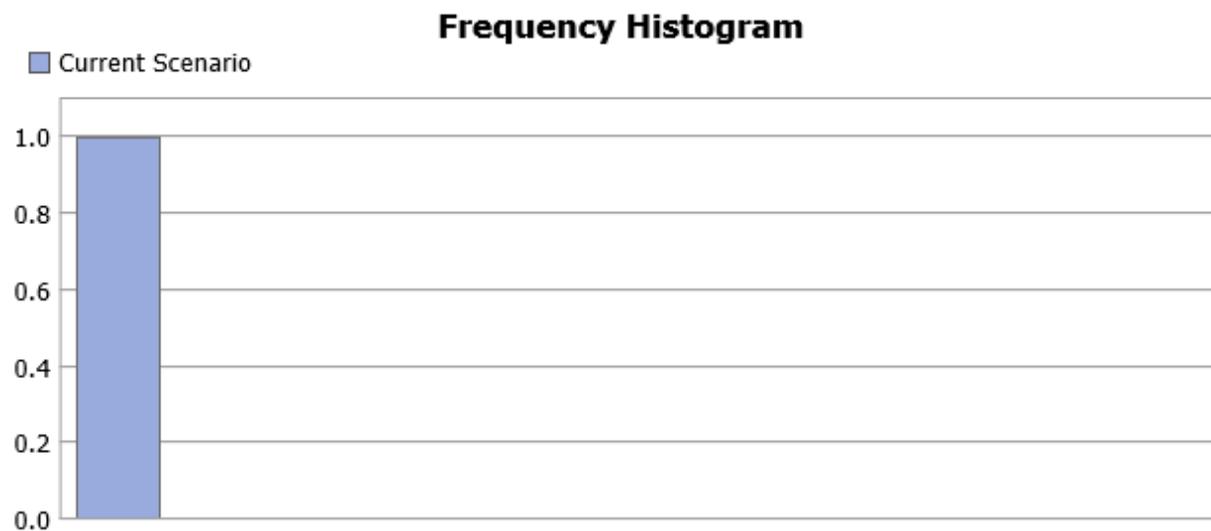
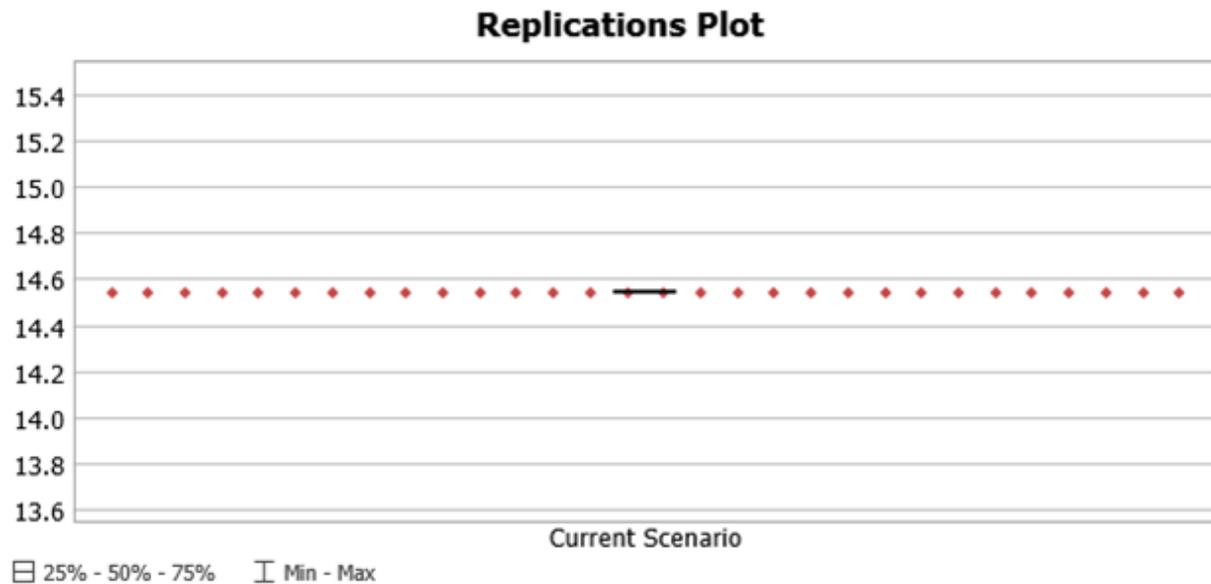
Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 26. Reporte estadístico de los tiempos de respuesta en el proceso de picking de los materiales largos.



Fuente: elaboración propia, 2017.

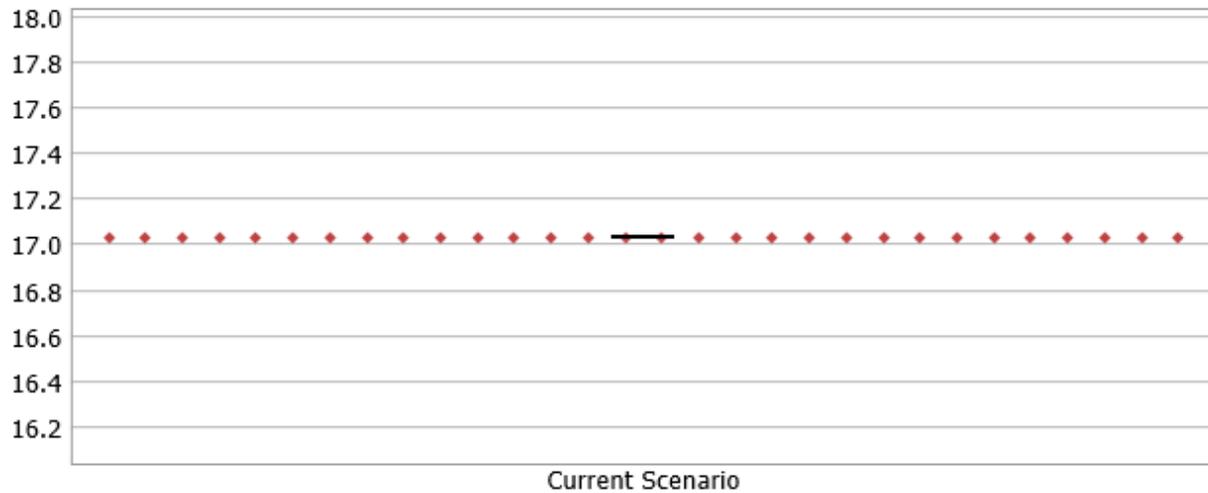
Anexo 27. Reporte estadístico de los tiempos de respuesta en el proceso de picking de los materiales a granel.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 28. Reporte estadístico de los tiempos de respuesta en el proceso de picking de bultos.

### Replications Plot



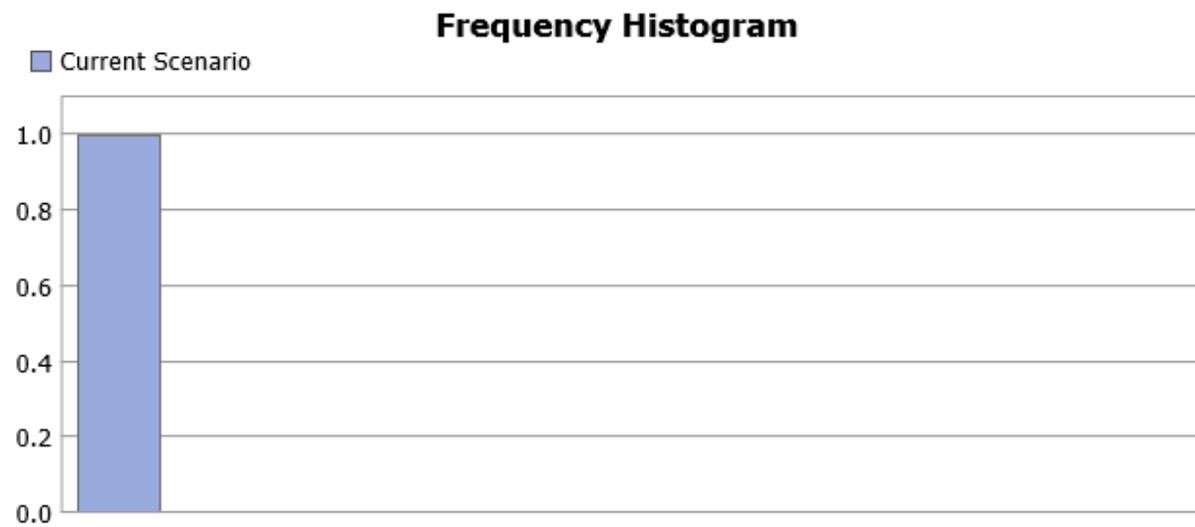
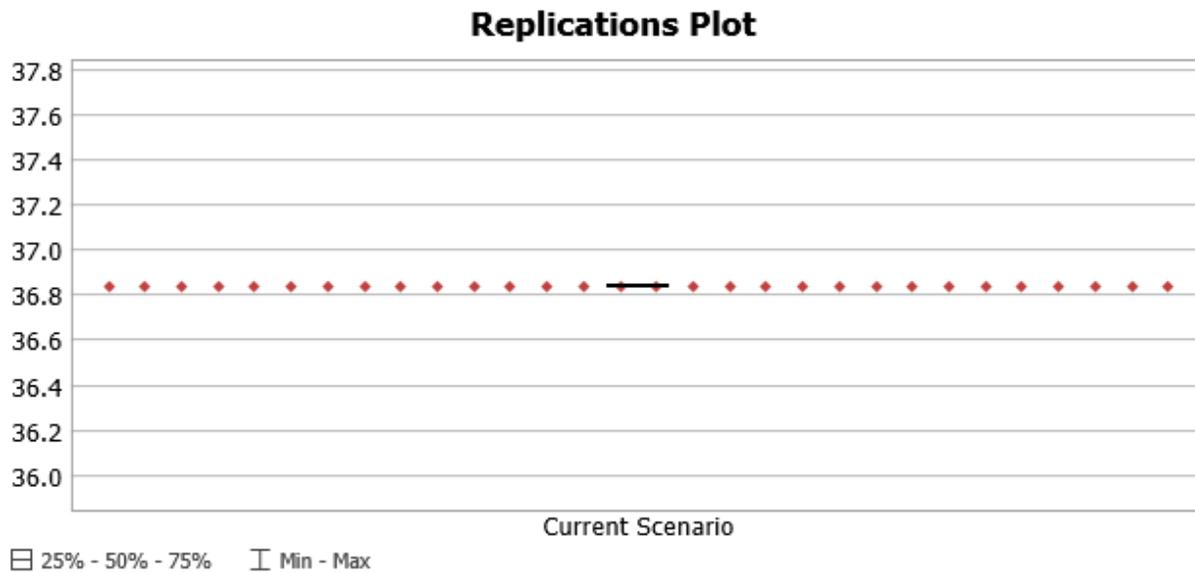
☐ 25% - 50% - 75%    I Min - Max

### Frequency Histogram



Fuente: elaboración propia, 2017.

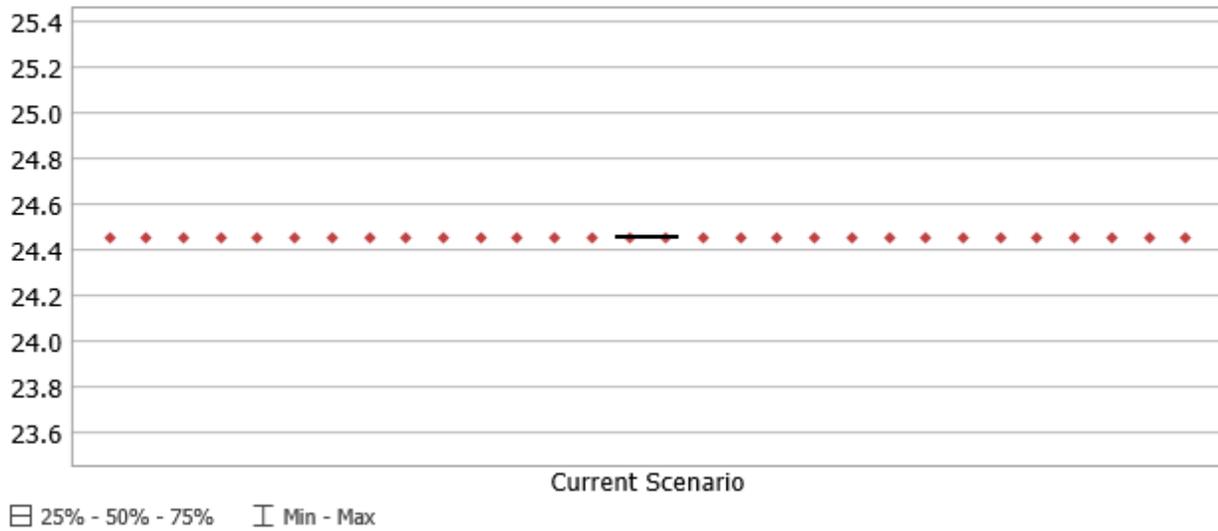
Anexo 29. Reporte estadístico de los tiempos de respuesta en el proceso de picking de baldes y tarros



Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 30. Reporte estadístico de los tiempos de respuesta en el proceso de picking de las cajas.

### Replications Plot



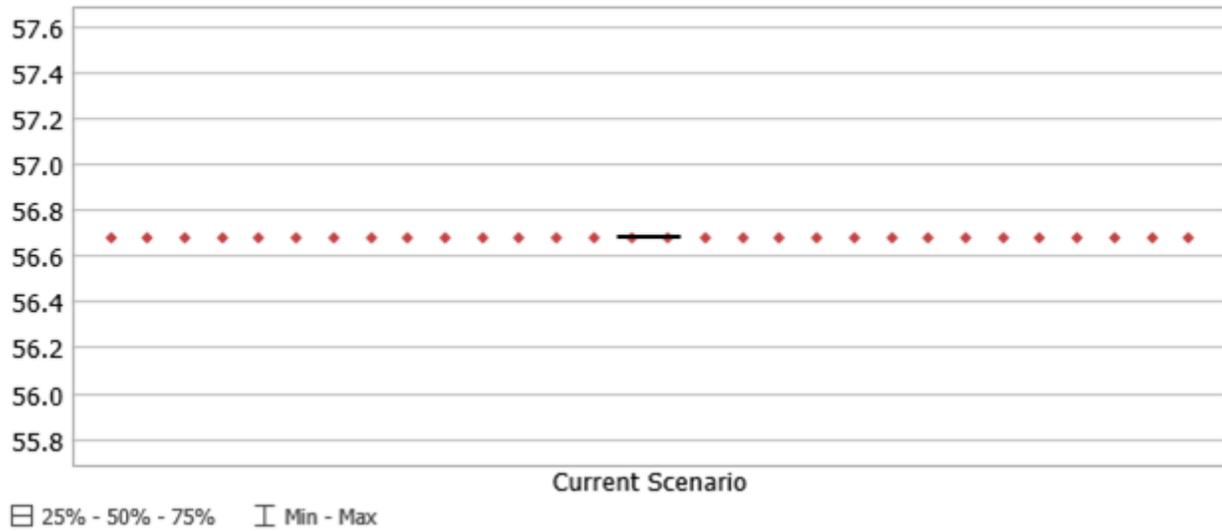
### Frequency Histogram



Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 31. Reporte estadístico de los tiempos de respuesta en el proceso de picking de los rollos.

### Replications Plot

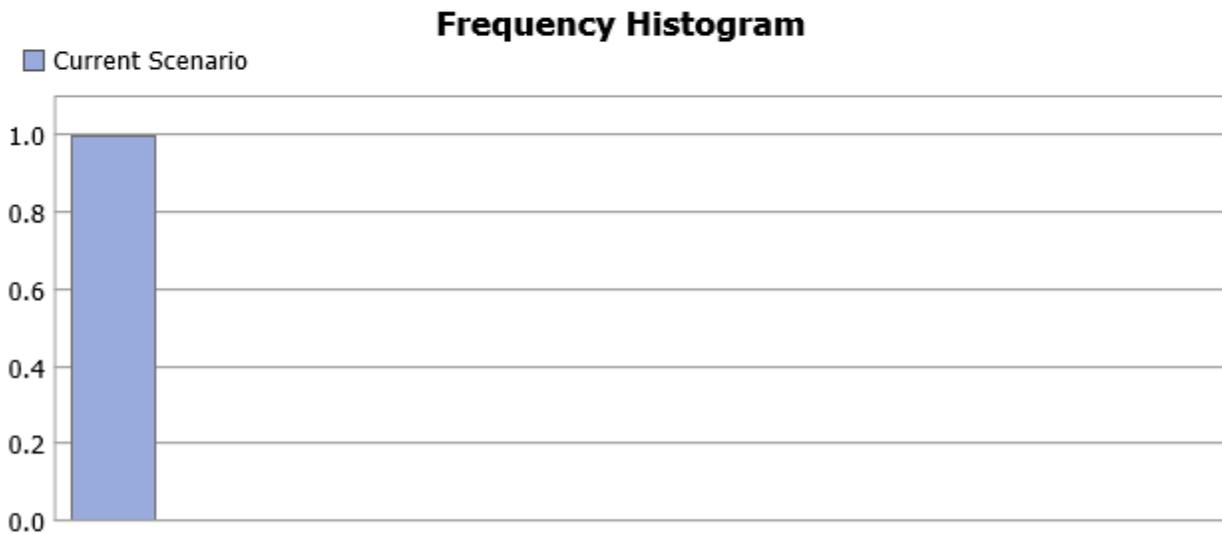
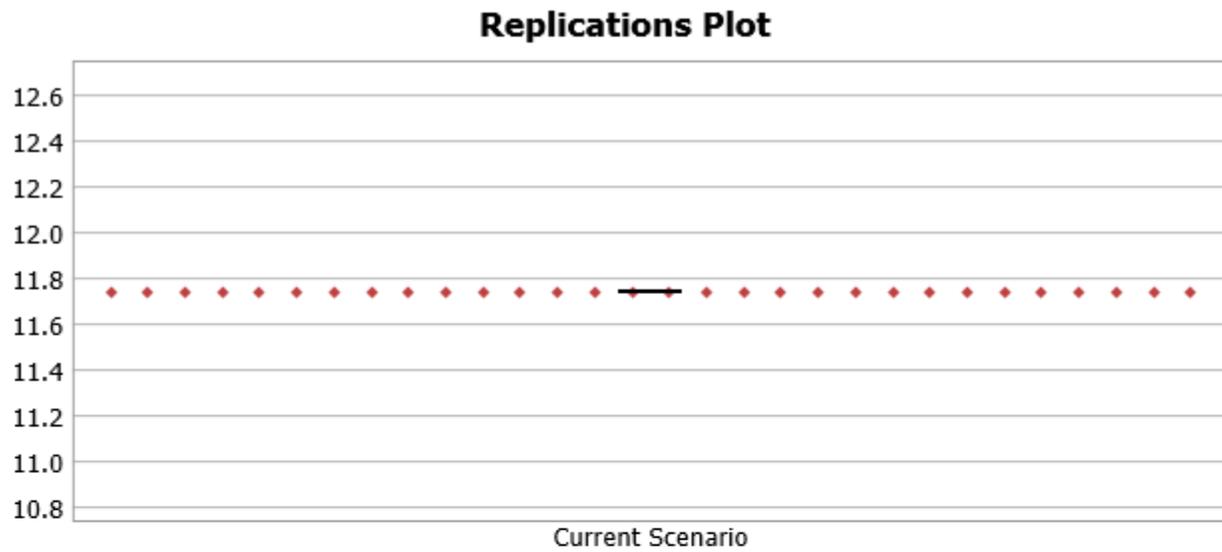


### Frequency Histogram



Fuente: elaboración propia, 2017.

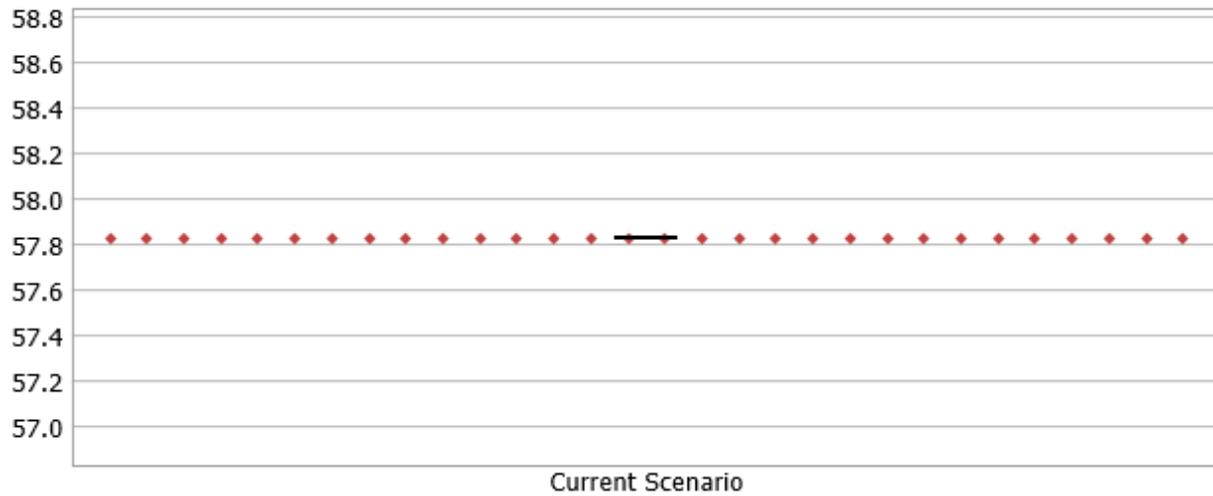
Anexo 32. Reporte estadístico de los tiempos de respuesta en el proceso de picking de las láminas.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Anexo 33. Reporte estadístico de los tiempos de respuesta en el proceso de picking de los tanques.

### Replications Plot



### Frequency Histogram



Fuente: elaboración propia, 2017.