

HERRAMIENTA ACADÉMICA PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACÉN CON ESTANTERÍAS DE DOBLE CARA SEGÚN EL PICK DENSITY

Juan G. Arrieta Posada

Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, jarrieta@eafit.edu.co

Guillermo L. Carmona González

Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, gcarmona@eafit.edu.co

Sara C. Botero Escobar

Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, sboter11@eafit.edu.co

RESUMEN

La distribución de los artículos en el almacén tiene un alto impacto en los costos logísticos de las empresas. Existen diferentes estrategias de distribución para un almacén, una de ellas es la ubicación por frecuencia de acceso. Este trabajo presenta una herramienta académica, desarrollada en Excel ® que implementa dicha estrategia en un almacén con estanterías de doble cara y acceso de entrada y salida independientes. Con esta herramienta se busca que el estudiante pueda analizar con mayor facilidad y comprensión el impacto que juega la distribución de los artículos en los tiempos de recorrido en un almacén, en los costos de mano de obra y en la densidad de recolección.

Palabras claves: pick density, frecuencia de acceso, almacenamiento, herramienta académica, recolección de pedidos.

ABSTRACT

The distribution of the articles in the warehouse has a high impact on the logistic costs of the enterprises. There are different distribution strategies for a warehouse; one of them is the configuration by frequency of access. This work presents an academic tool, developed in Excel that implements that strategy in a warehouse with two-faced shelves and independent entrance and exit accesses. The purpose of this tool is that students can analyze and comprehend more easily the impact that the distribution of the articles has on the traveling times on a warehouse, on the labor costs and on the pick density.

Keywords: Pick density, frequency of access, warehousing, academic tool, order picking.

1. INTRODUCCIÓN

El almacenamiento es aquel punto de la cadena de suministros donde los productos son detenidos, así sea por un breve espacio de tiempo (Bartholdi, 2010a). El almacenamiento es un factor fundamental para el eficiente y efectivo funcionamiento de la cadena de suministros, pues impacta el nivel de servicio en las empresas que hacen uso de él, debido a que se afecta el tiempo de respuesta y el número de faltantes (Mauleón, 2003). Es además, una de las actividades de mayor costo dentro de los costos totales de la logística, la cual representa aproximadamente un 20%, según una encuesta realizada en el 2003 en empresas Europeas (ELA and AT, 2004).

La adecuada distribución de los productos en un almacén permite un apropiado flujo de materiales (rutas), minimización de costos, altos niveles de servicio al cliente y condiciones de trabajo óptimas para los empleados (PrinewaterhouseCoopers, 2009).

Existen diversas estrategias que pueden ayudar a disminuir los costos de almacenamiento a la vez que aumentan la eficiencia de dicha actividad, estas estrategias están especialmente relacionadas con el diseño interno del almacén o lay-out, tales como: ubicación alfanumérica, ubicación rápida, ubicación por frecuencia y ubicación por selección del factor de densidad (SFD) (Ballou, 2004).

Teniendo en cuenta la relevancia de estas estrategias para la buena administración de un almacén, se desarrolló una herramienta académica de fácil aplicación y con características cercanas a las de los almacenes de nuestro ámbito que permita a los estudiantes comprender y evaluar conceptos de almacenamiento tales como estrategias y su impacto en tiempos y costos para la empresa, de una manera ágil y clara.

En el año 2010, se desarrolló una herramienta similar bajo la estrategia de distribución del almacén de acuerdo a la frecuencia de accesos, con estanterías simples y un mismo acceso para recibo y despacho. Este trabajo se basa en la misma estrategia, pero agregando mayor complejidad al considerar estanterías doble cara y acceso de entrada y salida independientes.

La herramienta académica para este trabajo se elaboró en EXCEL® con la estrategia de ubicación por frecuencia de acceso, lo cual permite a los estudiantes una mayor interacción con el almacén, de tal manera, que puedan generar sus propias distribuciones de los artículos, conocer una solución aleatoria y finalmente comparar las soluciones obtenidas con la solución óptima generada por la herramienta.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se plantearon los siguientes pasos:

- Revisar del estado del arte en temas de estrategias de almacenamiento.
- Definir objetivos de aprendizaje y características del almacén.
- Diseñar pruebas de recorrido para verificar los resultados arrojados por el algoritmo.
- Desarrollar herramienta en Excel con base en estrategia de distribución definida.
- Realizar pruebas de verificación
- Comparar y analizar los resultados de la solución de distribución aleatoria vs distribución basa en frecuencia de accesos.

3. ESTRATEGIA UBICACIÓN POR FRECUENCIA DE ACCESOS

Una de las actividades más importantes, intensas y que mayor impacto genera en los costos de almacenamiento es la preparación de pedidos, la cual representa cerca del 55% de los costos totales operacionales del almacenamiento (Koster et al., 2007). Por otro lado, el almacenamiento representa entre un 2% y un 5% del costo de ventas de la compañía (Frazelle and Sojo, 2002). Lo anterior evidencia la importancia de su mejoramiento.

Para conocer el desempeño de un almacén, Bartholdi define una medida informal que denomina densidad de recolección (Pick density). La densidad de recolección es el número de recolecciones de artículos logrados por unidad de área en el almacén, o recolecciones por unidad de distancia recorrida a lo largo de un pasillo por un preparador de pedidos (Bartholdi, 2010b).

Una forma de mejorar esta medida informal es mediante la utilización de la estrategia de ubicación por frecuencia de accesos, la cual consiste en ubicar los productos de mayor rotación o más populares lo más cerca posible a la

zona de preparación de pedidos; esta estrategia no considera el tamaño del artículo que se almacena (Ballou, 2004).

La herramienta académica presentada en este trabajo se basa en la estrategia de ubicación por frecuencia de accesos y la medición informal de desempeño, densidad de recolección (pick density), considerando la distancia de recorrido y la altura del estante.

4. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA HERRAMIENTA ACADÉMICA

La herramienta académica se desarrolló en EXCEL® con una estrategia basada en la distribución por frecuencia de accesos, que busca mejorar el desempeño del almacén, ubicando los artículos de acuerdo a la cantidad de veces que se acceden en un período de tiempo, situándolos en posiciones de fácil acceso cerca al pasillo principal.

Esta herramienta permite cambiar diversos parámetros como: dimensiones de las estanterías y pasillos, velocidad de desplazamiento del operario y tiempo de acceso a las ubicaciones; permite al estudiante evaluar el impacto de las dimensiones y configuración del almacén, y más aún, el impacto de la ubicación de los artículos dentro de éste, a través de mediciones que evidencian dicha situación.

A continuación se detallan las características bajo las cuales se delimitó el funcionamiento de la herramienta.

4.1 DESCRIPCIÓN

4.1.1 RESTRICCIONES DEL ALMACÉN

Se diseñó un almacén con las siguientes especificaciones:

Demanda

Se supone una demanda constante, es decir, el número de visitas a cada referencia es siempre igual en un periodo de tiempo.

Almacén

La entrada y salida se ubican una opuesta a la otra sobre el único pasillo principal del almacén, las estanterías doble cara están dispuestas a ambos lados del pasillo principal. Entre los estantes hay un pasillo de ancho fijo y no hay pasillos laterales.

Recolección de pedidos

Este es efectuado solamente por operarios, es decir no se disponen de montacargas o algún otro tipo de dispositivo de manejo de materiales. Se parte del supuesto que la persona se encuentra siempre en la entrada del almacén y desde allí realiza la recolección hasta depositar el artículo en la puerta de salida (Despacho), la persona demora 1 segundo en recorrer un metro de distancia, pero este parámetro puede ser modificado. La recolección puede ser desarrollada por varios operarios pero cada uno sólo puede recolectar una unidad en cada recorrido.

Estanterías

Las estanterías están ubicadas en ambos lados del pasillo principal, se cuenta con 6 estantes, 3 en el lado izquierdo y 3 en el lado derecho, este número no es modificable. Las dimensiones iniciales de los estantes son 4mt de alto x 12mt de longitud. Cada estantería cuenta con 4 niveles (filas) y 12 divisiones (columnas), estos parámetros son inmodificables; estas características se reproducen en las dos caras del estante. Cada ubicación de la estantería mide 1mt de ancho (ancho división), este valor es modificable, la dificultad (tiempo) de acceso a cada división está asociada a la altura de la ubicación (modificable). Cada ubicación sólo puede contener una referencia con una cantidad indefinida de unidades.

Costos de mano de obra

Se consideran los costos mensuales por operario, con un turno de 8 horas por día y 48 horas a la semana. El salario del operario puede ser modificado por el estudiante.

4.2 FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA

La herramienta académica permite que el usuario configure algunos de los datos iniciales del almacén nombrados anteriormente y además las frecuencias de acceso de los distintos artículos por ubicación.

Posteriormente, se comparan tiempos, costos y densidad de recolección entre una distribución propuesta por el estudiante (situación actual del almacén) y una distribución organizada según las frecuencias de acceso a los artículos (solución generada por la herramienta).

La herramienta consta de varias hojas de cálculo distribuidas de la siguiente manera:

4.2.1 HOJA 1: DATOS INICIALES

En esta hoja el usuario encontrará los parámetros que definen las características iniciales del almacén. Éstos son:

Parámetros estantes: se definen el número de estantes, el número de divisiones y el número de niveles requeridos. Estos datos no son modificables.

Parámetros dificultad acceso nivel: se asigna el valor (en segundos) a cada nivel del estante, según la dificultad de accederla, ello a criterio del usuario.

Parámetros peso ubicación: se define el ancho del estante, ancho de pasillo lateral, ancho de divisiones y ancho de pasillo principal.

Por último se define la velocidad a la cual se desplazará el operario en el almacén.

En la figura 1 y 2 se puede observar la descripción de la estantería y del almacén de acuerdo a las condiciones expuestas anteriormente.

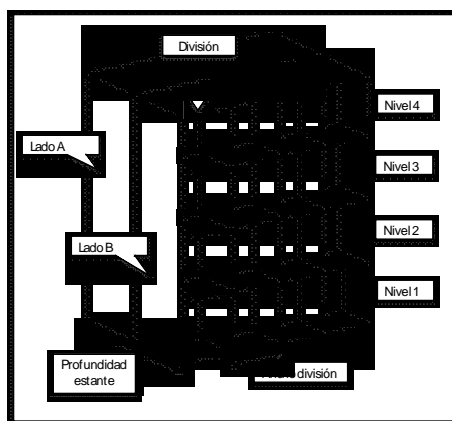
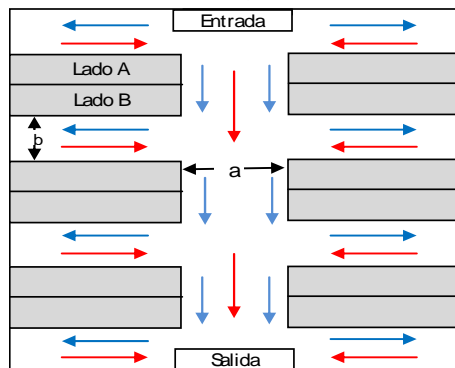


Figura 1: Descripción de la estantería según condiciones iniciales para la herramienta



a: Ancho del pasillo principal ➡ Ruta de recogida del artículo
b: Ancho pasillo ➡ Ruta de despacho del artículo
— Estantes

Figura 2: Descripción del almacén según condiciones iniciales para la herramienta

4.2.2 HOJA 2: FRECUENCIA DE ACCESOS A LAS POSICIONES DE ALMACENAMIENTO

Al número de veces que un operario accede a un artículo de una referencia por unidad de tiempo, se le conoce como frecuencia de acceso a esa posición. En esta hoja se asigna a cada ubicación la frecuencia de accesos según la situación actual del almacén (sin estrategia); ésta puede ser establecida manualmente por el usuario o generada en forma aleatoria por el sistema. Posteriormente se puede calcular el tiempo requerido para visitar la totalidad de las ubicaciones y el desplazamiento total según la frecuencia de accesos asignada manual o aleatoriamente.

En esta hoja las ubicaciones son presentadas en una gama de colores que están en función de la cantidad de visitas a cada una de ellas.

La gama de colores es asignada por la herramienta de la siguiente manera:

El tono rojo oscuro es asignado al mayor valor de visitas mensuales, que se degrada progresivamente en tonos naranja-amarillo a medida que la frecuencia de visitas disminuye hasta llegar al verde oscuro, que representa las menores frecuencias de acceso. En la Figura 3 se aprecia un caso específico donde las frecuencias de acceso oscilan entre 100 y 2000.

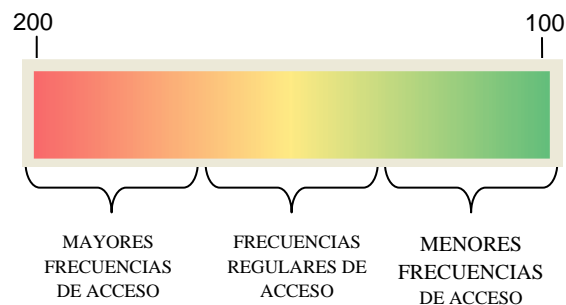


Figura 3: Gama de colores para los rangos de frecuencias de accesos de las celdas.

4.2.3 HOJA 3: PESO DE UBICACIONES

Esta sección permite asignar a cada ubicación (celda) un valor de acuerdo a la facilidad de acceso, puede ser establecida manualmente por el usuario o generada por el sistema. Este valor corresponde al tiempo desde que el artículo es recogido hasta que es dejado en la salida (despacho), incluyendo el tiempo para acceder a la ubicación según su dificultad, valor asignado previamente por el usuario. En esta sección también se utiliza una gama de colores dispuestos de la siguiente forma: el color rojo oscuro es asignado a aquellas celdas con mayor facilidad de acceso, es decir, a las que se encuentran más cerca al pasillo principal y el tiempo para accederlas es menor; el amarillo es designado a aquellas celdas con frecuencias regulares de acceso y el color verde oscuro para aquellas celdas que son poco visitadas. En la figura 4 se presenta un caso específico, donde los tiempos de acceso a una ubicación varían entre 15 y 40 segundos.

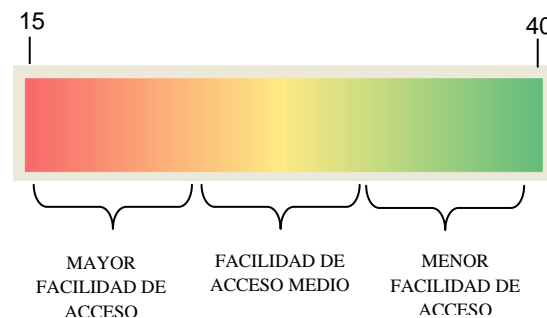


Figura 4: Gama de colores para los rangos de pesos de ubicaciones.

4.2.4 HOJA 4: SOLUCIÓN DISTRIBUCIÓN

En esta hoja se observa la solución generada por el sistema que corresponde a la nueva distribución de los artículos en función de la facilidad de acceso. De esta forma los artículos con mayores accesos se asignan a las ubicaciones con menor peso (mayor facilidad de acceso), y los productos con menores accesos serán asignados a las ubicaciones con mayor peso. Se hace uso de la misma gama de colores utilizada en la hoja de “Frecuencia de accesos” (Ver figura 3).

En esta misma hoja se puede calcular el tiempo total de recorrido de acuerdo a la nueva distribución de los artículos según el pick density. Además, se presentan tablas comparativas entre la distribución sin estrategia (el antes) y la distribución solución generada por la herramienta (el después). En estas tablas se presentan medidas de: tiempo total requerido de recolección, distancia recorrida, costo de la mano de obra anual, tiempo promedio de recolección, recolecciones totales y densidad de recolección. Con base a estas tablas el estudiante puede observar el impacto de utilizar el pick density como estrategia de distribución de los artículos en un almacén.

5. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA A UN CASO PARTICULAR

Se tiene un almacén cuyos artículos son ubicados aleatoriamente, es decir, sin ninguna estrategia, se desea comparar las medidas de desempeño de esta situación vs. La solución utilizando la estrategia de frecuencia de accesos que genera la herramienta.

A continuación se presentan los parámetros y resultados del escenario propuesto:

5.1 DATOS INICIALES

Se ingresan los valores deseados para cada uno de los parámetros (ver tabla1):

Tabla 1: Parámetros propuestos

Parámetros estantes (No modificables)	Valor
Número de estantes:	6
Número de divisiones (columnas):	12
Número de niveles (filas):	4

Parámetros dificultad acceso nivel (segundos)	Valor
Nivel 1:	1
Nivel 2:	2
Nivel 3:	3
Nivel 4:	4

Parámetros Peso Ubicación (metros)	Valor
Profundidad Estante:	2
Ancho Pasillo:	1
Ancho Divisiones:	1
Ancho Pasillo Principal:	3

Velocidad desplazamiento operario (metros/segundo)	1
--	---

5.2 FRECUENCIA DE ACCESOS

En esta hoja se puede apreciar la distribución inicial de los artículos y el número de veces que cada referencia es visitada por mes (ver figura 5)

Entrada																			
1150	212	1390	1178	527	937	1050	1743	1726	1629	604	1411								
200	1999	1960	1973	558	596	1534	112	1581	1488	1550	1067								
206	1353	498	1822	1660	1246	107	1900	747	90	28	1159								
1598	31	1068	453	1650	1296	1185	728	1924	828	1522	579								
111	926	860	1670	196	1839	522	1167	652	1293	803	764								
539	1027	1833	1828	857	579	1812	372	1426	325	1960	591								
810	1005	1087	1389	1255	758	916	415	825	321	1898	91								
707	1356	45	1122	1264	1571	161	1266	820	556	602	569								
1587	405	1228	956	446	605	980	855	846	990	1345	1077								
759	1914	1565	381	1169	586	1362	1018	1086	826	1444	813								
927	131	323	1368	727	300	1774	455	1630	1391	1994	1695								
239	123	1616	1495	1752	1060	741	1238	1082	358	679	1653								
1931	563	1946	865	696	867	835	550	1426	1807	936	1430								
1035	792	989	155	1292	713	1392	804	1269	798	433	96								
277	758	1084	370	243	554	1605	862	177	1505	1122	347								
1007	435	1919	208	1890	1469	1871	31	1492	1493	1066	231								
290	1960	20	1783	8	1009	1240	391	984	463	1791	540								
515	1745	303	1644	852	366	198	852	1539	1900	222	1162								
56	1163	755	353	577	1883	410	826	1670	1693	1305	419								
1656	1459	376	217	1505	943	1385	305	765	882	1801	157								
1901	819	619	1118	220	1389	1611	1867	100	688	407	902								
813	1683	1616	798	1385	349	819	1926	1146	1147	1128	665								
1318	802	591	581	678	517	1680	413	851	729	1607	1583								
1449	752	622	219	33	1979	1986	1095	1056	415	1110	1567								
Salida																			
487	730	514	1878	214	1192	147	0	1655	908	1858	804								
1959	980	1258	1309	1568	1668	211	1074	163	714	1060	924								
121	311	1084	1012	919	37	663	1314	384	300	179	984								
780	949	312	781	1508	420	256	1088	1358	1409	1516	415								
339	546	1347	645	961	965	1510	161	229	298	260	1846								
1180	888	546	61	470	89	1177	1086	1921	695	1988	1095								
190	195	1502	179	594	681	1729	662	820	1241	439	691								
659	1856	1745	513	1581	509	412	1856	1269	1847	960	57								
1115	1386	994	1569	1602	1350	246	903	1019	1286	1794	436								
1819	129	311	100	650	1811	1909	32	812	1639	746	894								
1315	1512	447	1036	1946	1752	1595	335	212	996	647	472								
882	1401	652	1514	1609	833	1393	328	552	375	1542	1757								
1722	660	357	1682	1623	821	1598	496	1266	490	1520	1053								
779	1034	519	1485	810	156	624	1913	1969	1150	878	794								
749	1864	518	5	1406	875	1421	1186	228	1806	149	757								
1221	1172	1737	694	557	1484	679	303	1880	1198	1721	491								
1291	1497	1335	28	1162	1587	831	999	1183	369	840	86								
1032	913	1781	589	1211	1715	146	814	1064	567	1097	811								
446	1809	563	1969	536	186	903	1891	1230	37	1117	118								
1166	566	736	1523	1016	1084	1398	1970	178	305	1562	623								
659	863	486	1369	967	1891	1930	586	109	1020	148	1161								
1193	1152	119	691	1589	1818	1324	147	80	825	645	1527								
1035	1540	326	1903	70	1204	29	1908	1616	629	902	1146								
1206	1819	1465	1517	1583	413	1307	18	1165	1129	1467	817								

Figura 5: Distribución aleatoria inicial del almacén.

De acuerdo a estas frecuencias, el tiempo requerido para recolectar los artículos y el desplazamiento total involucrado en ellos se observa en la figura 6

Tiempo(Hrs)	Desplazamiento (mts)
4258,03	13932,20

Figura 6: Tiempo y desplazamiento total del recorrido.

El cálculo del desplazamiento total se realizó de la siguiente manera:

En primer lugar se calcula el desplazamiento a una ubicación, para ello se contabilizan los metros recorridos desde la entrada hasta la celda que contiene el producto solicitado (desplazamiento recolección), a este desplazamiento se le agrega la distancia recorrida desde la celda visitada hasta la salida (desplazamiento despacho), obteniéndose el desplazamiento total a dicha ubicación, posteriormente ese valor es multiplicado por la cantidad de veces que se accede la celda durante un mes.

Para obtener el desplazamiento total en el almacén durante un mes, se realiza la sumatoria de los desplazamientos a cada celda multiplicados por sus respectivas frecuencias.

$$d_i = dr_i + dd_i \quad dT_i = d_i * f_i \quad DT = \sum_{i=1}^n dT_i$$

d_i : Desplazamiento a la celda i

dr_i : Desplazamiento recolección a la celda i

dd_i : Desplazamiento despacho a la celda i

dT_i : Desplazamiento total a la celda i

f_i : Frecuencia de accesos a la celda i

DT : Desplazamiento total en el almacén

Para calcular el tiempo total del recorrido, se calculó primero el tiempo para una ubicación, tomando el desplazamiento a esta celda (d_i) calculado como se vio anteriormente y dividiéndolo entre la velocidad del operario, parámetro determinado por el usuario, luego se adiciona el tiempo de dificultad de acceso a la celda, determinado inicialmente por el usuario, obteniéndose el tiempo total de recorrido a la ubicación. Este valor se multiplica por la cantidad de veces que se accede la celda durante un mes.

Para obtener el tiempo total de recorrido en el almacén durante un mes, se realiza la sumatoria de los tiempos a cada celda multiplicados por sus respectivas frecuencias.

$$t_i = ((d_i/v_o) + td_i) * f_i \quad tT = \sum_{i=1}^n t_i$$

t_i : Tiempo de recorrido a la celda i

d_i : Desplazamiento a la celda i

v_o : Velocidad del operario

td_i : Tiempo de dificultad de acceso a la celda i

f_i : Frecuencia de accesos a la celda i

tT : Tiempo total de recorrido en el almacén

5.3 PESO DE UBICACIONES

En esta hoja la herramienta le asigna a cada ubicación un peso (en segundos) de acuerdo a la facilidad de acceso, donde las ubicaciones de más fácil alcance tienen un menor peso, el cual aumenta progresivamente según la dificultad (ver figura 7).

Entrada																	
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23	25
38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	16	18	20	22	24	26
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	24	26	28
39	37	35	33	31	29	27	25	23	21	19	17	17	19	21	23	25	27
38	36																

Tabla 2: Tabla comparativa de mediciones.

MEDICIONES		DISTRIBUCIÓN INICIAL	DISTRIBUCIÓN POR FRECUENCIA DE ACCESOS	% MEJORAMIENTO
MEDICIÓN				
Tiempo Total recorrido	Horas	4.258,03	3.775,91	11,32%
Distancia recorrida	Kilometros	13.932,20	12.206,81	12,38%
Costo operarios por año	Millones/mes	11,42	10,13	11,32%
Tiempo promedio de recolección	Horas/Recoleccion	0,0076	0,0067	11,32%
Densidad de recolección	Recolecciones/mts	0,04	0,05	14,13%
Recolecciones totales	Recolecciones/mes	561611		

En la tabla anterior se observan los resultados de las mediciones para cada distribución (sin estrategia y según la frecuencia de accesos) y el % de mejoramiento entre ellas.

Es importante dar claridad sobre los cálculos que encierran estas mediciones:

El tiempo total recorrido y la distancia recorrida ya fueron explicados con anterioridad. Costo operarios por año, se calcula en base al salario del operario, teniendo en cuenta que la jornada laboral es de 8 horas, y se trabaja 48 horas en la semana, por lo tanto en el mes se labora 192 horas, si se toma el salario como \$515.000 al dividirse por el número de horas mensuales, se obtiene el costo por hora (\$2.682,29) y éste se multiplica por el tiempo total de recorrido de cada una de las distribuciones.

Recolecciones totales es la sumatoria de las frecuencias de acceso de todas las celdas. El tiempo promedio de recolección, se obtiene al dividir el tiempo total de recorrido entre las recolecciones totales. La densidad de recolección se calcula dividiendo las recolecciones totales entre la distancia recorrida en metros.

6. CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

Se construyó una herramienta en EXCEL® que obtiene soluciones de distribución de los artículos de acuerdo a sus frecuencias de acceso y a la facilidad de acceso a cada ubicación, esta herramienta se basa en un algoritmo que considera los datos iniciales ingresadas por el usuario y asigna los artículos de mayor frecuencia de accesos a las ubicaciones de menor peso, es decir, a las de más fácil acceso, con el fin de disminuir tiempos de recorrido. El sistema desarrollado presenta una tabla comparativa de costos, tiempos y % de mejoramiento entre una distribución inicial que no utiliza estrategia y la distribución por frecuencia de accesos. Esto permitirá al estudiante analizar y observar las diferencias entre estas medidas, y de esta forma evaluar el impacto de la distribución de artículos en un almacén.

La ubicación de los artículos más visitados o más populares cerca al pasillo principal y en niveles de fácil acceso, permite que los preparadores de pedidos se desplacen menos en el almacén aumentando así la densidad de recolecciones.

Al aplicar la estrategia de ubicación de productos según las frecuencias de accesos en el caso específico presentado anteriormente se obtuvo: una reducción en el tiempo y distancia de recorrido, así mismo como en los costos de mano de obra y un aumento en la densidad de recolección. En cualquier caso, se apreciará mejoría, al partir de una distribución sin estrategia y realizar la distribución de productos según su frecuencia de accesos; esta mejoría puede ser de menor o mayor proporción de acuerdo a las dimensiones del almacén y el volumen de pedidos.

El diseño de la interface del almacén utilizando gama de colores de acuerdo a las frecuencias de acceso, permite al usuario visualizar más claramente el impacto de las estrategias de distribución.

REFERENCIAS

- Arrieta, J.G., Carmona, G.L., Rodríguez D.C. and Ruíz S. (2010). “Herramienta académica para distribución del almacén según el pick density”. Congreso ICPR Universidad de los Andes, julio 2010.
- Ballou, R. (2004). “Decisiones sobre almacenamiento y manejo”. Logística administración de la cadena de suministros. México: Pearson, pp 533.
- Bartholdi, J. J. and Hackman, S. T. (2011). Warehouse and distribution science, pp 3-26.
- De Koster R., Le duc T., and Roodbergen K.J. (2007). Design and control of warehouse order picking: a literature review, pp 2-4.
- ELA and AT Kearney. (2004). Differentiation for Performance Excellence in Logistics, <http://www.elalog.org/>, 11/11/10.
- Frazelle, E. and Sojo, R. (2002). Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial, pp 8.
- Mauleón Torres, M.(2003). “Preparación de pedidos (Picking)”. Teoría en Sistemas de almacenaje y picking, pp 217-255
- PrincewaterhouseCoopers. (2009). Manual de almacenes pilot, [http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/e88d210e51f9371ac125705b002c66c9/\\$FILE/alma cen1y2.pdf](http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/e88d210e51f9371ac125705b002c66c9/$FILE/alma cen1y2.pdf), 15/11/10.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.