

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE  
MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

ESCUELA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN  
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY®**

EL USO DE RFID PARA GESTIONAR EL INVENTARIO COMPARTIDO EN LA  
INDUSTRIA DEL ACERO: UNA ALTERNATIVA AL CÓDIGO DE BARRAS.

**TESIS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO  
ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN SISTEMAS  
DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

POR:

HÉCTOR EDUARDO TALAVERA CISNEROS

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE 2011

EL USO DE RFID PARA GESTIONAR EL INVENTARIO COMPARTIDO EN LA  
INDUSTRIA DEL ACERO: UNA ALTERNATIVA AL CÓDIGO DE BARRAS.

POR:

HÉCTOR EDUARDO TALAVERA CISNEROS

TESIS

PRESENTADA AL PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA

ESTE TRABAJO ES REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO  
ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN  
SISTEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES  
DE MONTERREY

Diciembre, 2011

## **Dedicatoria**

A mis padres Elizabeth y Héctor

A mis hermanos Paulina, Mayra y Ricardo

A mis amigos y compañeros de trabajo

## **Agradecimientos**

A Dios

A mis Padres

A la empresa en donde colaboro

Al Dr. Neale, Dr. Banks y Dr. Jorge

## Resumen

En el presente proyecto de tesis se tratará el problema de inventarios que tiene una empresa especializada en el corte tanto transversal como longitudinal de los rollos de acero y cuyo producto final son cintas y láminas de acero. Estos productos tienen un alto nivel de customización dependiendo de los requerimientos del cliente final, ya que estos pueden tener variaciones de [25mm, 1.32m] en el ancho por parte de las cintas y [0.5m, 5m] de largo por parte de las hojas. Este hecho provoca que el manejo de los inventarios finales se vuelva altamente complejo, debido principalmente a la gran variedad de dimensiones de cintas y láminas que se pueden obtener, por lo que no se puede definir un lugar específico del almacén para colocar algún producto, sino que el producto customizado puede estar localizado en cualquier parte del mismo. Como objetivo del presente trabajo se estableció estudiar como afectaba este tipo de distribución del inventario a la generación de inventarios obsoletos (productos con más de 90 días en almacén), índice que se encontraba en un 7% al mes de febrero del 2011.

A partir de un estudio de toma de tiempos para la localización del inventario se concluyó que los tiempos de búsqueda que en promedio fueron de 15:30 minutos, implicaban un alto consumo del tiempo disponible del operador, por lo que en ciertas situaciones se tuvo que abandonar la búsqueda de los productos a embarcar y estos tuvieron que ser sustituidos por productos de más reciente producción. Con el tiempo, la repetición de este evento generó los altos índices de obsolescencia que se tenían.

Lo que se propuso para solucionar el problema fue la reducción de tiempos de localización mediante la implementación de un sistema de identificación de inventario que utilizara software y tecnología RFID. La implementación de esta tecnología haría más eficiente proceso de localización del inventario, mejoraría la calidad de la información del almacén, y por consiguiente impactaría positivamente en el índice de obsolescencia. Para ello se contactó a diferentes proveedores que ofrecían tecnología capaz de funcionar en ambientes metálicos y se realizaron pruebas para determinar cuáles poseían las distancias y ángulos de lectura requeridos para su correcto funcionamiento en el almacén. Además se analizó la interferencia que pudieran generar los diferentes empaques que se utilizaban para proteger el producto.

A partir de los diversos análisis de estudios de tiempos así como de las mediciones de las distancias de lectura de la tecnología RFID, se concluyó que el uso de la tecnología disminuiría en un 34% los tiempos de localización actuales, lo

que impactaría positivamente en los índices de obsolescencia. Además, esta nueva propuesta de implementación permitirá el diseño de mejores rutas dentro del sistema de almacenamiento a futuro, la disminución de pérdidas de inventario, la disminución de problemas de calidad por maniobras y la mejora de la seguridad.

# ÍNDICE

---

ÍNDICE .....	viii
Índice de Tablas .....	ix
Índice de Figuras .....	x
Índice de Gráficas.....	xi
<b>CAPÍTULO 1 Introducción .....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivos .....	13
1.1.1 <i>Objetivo General</i> .....	13
1.1.2 <i>Objetivo Particular</i> .....	13
1.2 Preguntas de Investigación.....	14
1.3 Justificación .....	14
1.4 Alcances y Limitaciones .....	15
1.5 Hipótesis.....	15
<b>CAPÍTULO 2 Marco Teórico.....</b>	<b>16</b>
2.1 Antecedentes .....	16
2.2 Descripción de la planta acerera en la que se realizará el estudio .....	17
2.2.1 <i>Método de almacenamiento usado por la empresa acerera</i> .....	19
2.3 Descripción de la metodología de estudio a seguir .....	21
<b>CAPÍTULO 3 Definición del problema y medición .....</b>	<b>22</b>
3.1 Definición del problema .....	22
3.2 Medición .....	23
<b>CAPÍTULO 4 Análisis, propuesta de implementación y justificación.....</b>	<b>28</b>
4.1 Análisis .....	28
4.2 Propuesta de implementación .....	32
4.2.1 <i>Comparación de proveedores</i> .....	34
4.2.2 <i>Posicionamiento de las etiquetas en los productos</i> .....	36
4.2.3 <i>Selección de proveedores</i> .....	43
4.2.4 <i>Consideraciones para la operación de la tecnología RFID</i> .....	46
4.2.5 <i>Expectativas de la mejora</i> .....	49
4.3 Justificación de la inversión .....	53
4.4 Recomendaciones a la compañía .....	55
<b>CAPÍTULO 5 Conclusiones.....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO 6 Referencias bibliográficas.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO A. Distribución del inventario y dimensiones del área del almacenamiento .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO B. Medición de tiempos de localización de inventario .....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 2-1 Especificaciones finales y aplicaciones de las cintas de acero. ....	18
Tabla 2-2 Especificaciones finales y aplicaciones de las hojas de acero. ....	18
Tabla 3-1 Tiempos y distancias de búsqueda resultantes. ....	27
Tabla 4-1 Tiempos y distancias de búsqueda resultantes. ....	28
Tabla 4-2 Análisis de posicionamiento de las etiquetas en los paquetes de láminas de acero. ....	42
Tabla 4-3 Análisis de posicionamiento de las etiquetas en los paquetes de cintas de acero. ....	43
Tabla 4-4 Cantidad requerida de cada tipo de etiqueta por año.....	48
Tabla 4-5 Cálculo del porcentaje de distancia ineficiente de búsqueda.....	50
Tabla 4-6 Tiempos y distancias de búsqueda esperados después de implementar RFID. ....	52
Tabla 4-7 Distribución del tiempo esperada de las actividades del operador de montacargas después de implementar RFID. ....	53
Tabla 4-8 Inversión inicial.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2-1 Procesos llevados a cabo en la compañía acerera.....	17
Figura 2-2 Cintas angostas se almacenan y apilan horizontalmente. ....	19
Figura 2-3 Distribución del área de almacenamiento de la compañía acerera.....	20
Figura 2-4 Diagrama de proceso de producto a embarcar. ....	21
Figura 3-1 Formato de toma de tiempos e identificación de movimientos. Se muestran las cuatro diferentes secciones en que fue dividido. ....	25
Figura 4-1 Generación de inventario obsoleto a partir de un ciclo de retro alimentación positiva. ....	29
Figura 4-2 Los productos se apilan y cambian constantemente de posición en el almacén. ....	30
Figura 4-3 Listas con los productos a localizar en el almacén que requieren ser embarcados. ....	31
Figura 4-4 El operario debe buscar el producto en lugares de difícil acceso. ....	31
Figura 4-5 Etiquetas de códigos de barras a veces están dañadas o mal colocadas. ....	31
Figura 4-6 Movimientos realizados por el operador de montacargas mientras busca el producto en el inventario. ....	34
Figura 4-7 Comparación de distancias de lectura de las etiquetas RFID dentro del almacén. ....	35
Figura 4-8 Montacargas posicionándose para cargar cintas (vista lateral). ....	38
Figura 4-9 Montacargas posicionándose para cargar láminas (vista lateral). ....	39
Figura 4-10 Dimensiones de una cinta: H = Altura, $\phi$ = Diámetro, T = Grosor. ....	39
Figura 4-11 Dimensiones de una lámina: H = Altura, D = Profundidad, W = Ancho. ....	40
Figura 4-12 Rangos de lectura en metros. ....	45
Figura 4-13 Detección de las cintas de acero sin la necesidad de entrar a los pasillos secundarios. ....	46
Figura 4-14 Sistema anterior basado solamente en código de barras versus el sistema propuesto basado en código de barras y RFID. ....	48
Figura 4-15 Flujo de efectivo después de la inversión (dólares). ....	55
Figura 4-16 Existen espacios dentro del almacén que pueden ser utilizados como áreas de almacenamiento. ....	56
Figura 4-17 Existen áreas fuera del almacén que pueden ser aprovechadas para la expansión del área de almacenamiento. ....	57

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

---

Gráfica 3-1 Distribución del inventario total. ....	23
Gráfica 4-1 Análisis de regresión del tiempo de búsqueda versus la distancia de búsqueda. ....	33
Gráfica 4-2 Prueba de normalidad de los tiempos de búsqueda esperados. ....	51

## **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

---

En el presente trabajo se atacará un problema que se da en una compañía dedicada a la fabricación de productos de acero que posee un sistema de control de inventario que utiliza códigos de barras para identificar los productos que se reciben y se embarcan.

Debido a que los productos que entregan al cliente final generalmente tienen un alto grado de customización, al momento de almacenarlos es casi imposible definir un área específica para su ubicación dentro del almacén. El método utilizado generalmente en estos casos es método de almacenamiento compartido (Bartholdi, & Hackman, 2011), en el cual no se define un área específica para colocar el producto sino por el contrario, se da oportunidad al operador del montacargas de colocar y apilar el producto en el punto libre más cercano o conveniente dentro del almacén. Este tipo de almacenamiento aun cuando tiene la ventaja de aprovechar al máximo el espacio disponible en el almacén, también provoca el cambio constante de la ubicación del inventario por lo que los tiempos de localización del mismo tienden a ser considerablemente altos e ineficientes, pero además en este caso, el método causa la generación de altos índices de obsolescencia.

De acuerdo con Camdereli, & Swaminathan (2010), el inventario mal ubicado es una ineficiencia operacional que puede ser eliminada en muchas industrias con la implementación de la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID). Sin embargo, el mismo artículo menciona que la tecnología RFID aún no es lo suficientemente barata para convertirse en una tecnología de uso común así como lo es el código de barras.

Por otro lado Chen et al. (2009) indica que la tecnología RFID está disponible en el mercado pero es costosa cuando se busca implementarla en la industria del acero. No obstante a pesar de su alto costo de implementación, el uso de la tecnología RFID en la industria en algunos casos es una alternativa viable como lo indican Kok et al. (2008). Ellos mencionan que (traducido del inglés al español): “El valor del producto, la fracción de la demanda que se pierde y la fracción de los productos que son robados (después de implementar RFID) determinan el potencial de ganancias de la RFID”. Consecuentemente, la RFID podría ser un

candidato serio para remplazar al código de barras en la industria del acero gracias al relativo alto valor que los productos de acero tienen en el mercado y considerando que los sistemas de control de inventarios que utilizan el código de barras no tienen la habilidad para detectar los productos sin estar a una distancia muy corta de ellos (Kumar et al., 2009).

Lo que se propone en el presente trabajo es una implementación de la tecnología RFID que sea capaz de reducir los altos tiempos de localización generados a partir del uso de un método de almacenamiento compartido, para así poder reducir el impacto de las desventajas del uso de esta metodología. Para ello será analizado como los tiempos de búsqueda tienen influencia sobre un problema de inventario obsoleto que tiene una compañía acerera y como la tecnología RFID podría ser utilizada como remplazo al código de barras para reducir este problema.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Establecimiento de un proceso de almacenamiento para las cintas y láminas con base en el uso de RFID que permita la disminución de los problemas de obsolescencia y pérdida de inventario que existen actualmente, así como la reducción de los problemas de calidad que se pudieran generar por el manejo excesivo del mismo, y que además sea económicamente viable de implementar para la compañía acerera que se está estudiando.

### **1.1.2 Objetivo Particular**

Como objetivo particular se busca una mejora sustancial de los siguientes indicadores:

- Disminución en el tiempo de localización de inventario.
- Disminución de material obsoleto o perdido.

- Disminución de maniobras para manejar inventario para reducir la probabilidad de golpear o dañar los productos.
- Eliminar la necesidad de sobre inventariar almacén.
- Eliminar problemas de seguridad por superar estiba máxima o invasión de áreas no designadas para inventario.

## **1.2 Preguntas de Investigación**

Para poder lograr los objetivos antes mencionados es importante poder resolver los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cuáles son las principales causas por las cuales se presentan índices relativamente altos en los indicadores de obsolescencia, pérdidas y productos defectuosos?
- ¿Los problemas están interrelacionados?
- ¿Qué acciones deberán tomarse a cabo para mejorar los indicadores, viendo a los problemas de manera aislada?

## **1.3 Justificación**

La justificación para la búsqueda de solución a este problema radica en que el 7% del inventario obsoleto en este caso representa el 7% del costo total de producción inmovilizado en el almacén. Si se redujera este índice del 7% del costo total, pudiera reinvertirse el ahorro en otros proyectos, por lo que al final se pudieran generar ingresos extras, debido a que la tasa de retorno mínima aceptable (TREMA) para la aprobación de proyectos que maneja la compañía es del 15%, lo que significa que al final de la vida del proyecto debe de haber al menos un 15% de retorno sobre la inversión.

## **1.4 Alcances y Limitaciones**

El presente trabajo se limitara al establecimiento de un plan de mejora de los indicadores mencionados anteriormente que incluya la implementación y el control de un sistema que pueda instaurarse en el área de inventarios de la planta acerera. La responsabilidad de tomar una decisión sobre la inversión, implementación y operación en el plan de mejora propuesto deberá ser llevada a cabo por la compañía.

## **1.5 Hipótesis**

Mediante la utilización de software y tecnología RFID se pudieran disminuir los tiempos para encontrar el inventario dentro del almacén lo cual ayudaría a mejorar la eficiencia del proceso de localización del inventario en tiempo real y mejoraría la calidad de la información, permitiendo así el diseño de mejores rutas dentro del sistema de almacenamiento, mejorándose así los indicadores obsolescencia, pérdidas de inventario, problemas de calidad por maniobras, y la generación de situaciones inseguras.

## **CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO**

---

### **2.1 Antecedentes**

Desde sus inicios, la industria del acero se ha caracterizado por ser una de las ramas más competitivas de la industria manufacturera, por lo que generalmente está ha estado abierta a la implementación de nuevas tecnologías para poder ofrecer un mejor servicio que los distinguan de la competencia.

Una de estas tecnologías es el código de barras, el cual es utilizado por la mayoría de las empresas acereras como medio de identificación de su inventario y por lo general en conjunción con él se tiene un sistema middleware para la organización de la información. Generalmente el código de barras que utilizan las empresas acereras es grande y posee una gran cantidad de información que contiene un código de identificación de pedido, su procedencia, sus características y en algunos casos hasta su destino, y debido a que el acero pasa por múltiples procesos de transformación, la etiqueta que contiene el código de barras debe actualizarse constante mente.

Uno de los casos en los cuáles se utiliza el código de barras es la empresa acerera en la cual se realiza el presente estudio. Esta empresa está especializada en el corte tanto transversal como longitudinal de los rollos de acero para producir cintas y láminas de acero, los cuáles a su vez se empaquetan para su entrega al cliente final o para ser trasladados a otras plantas para continuar procesando el producto.

Una de las principales características que posee esta empresa es que su manejo de los inventarios tanto iniciales como finales son altamente complejos debido principalmente a la gran variedad de dimensiones de cintas y láminas que se pueden obtener a partir de los procesos de corte, por lo que utilizar un tipo de almacenaje dedicado, en el cual se divide al almacén en secciones en las cuáles pueden ser colocados los productos dependiendo de una sola especificación determinada no es viable.

La solución que ha decidido implementarse en esta compañía acerera es la utilización de un modelo de inventario dinámico compartido en el cuál múltiples productos que puedan ser clasificados dentro de un rango de características se almacenan en una misma sección para así tener un máximo aprovechamiento del espacio. Sin embargo, la utilización de esta metodología para manejar el inventario en conjunción con la utilización del código de barras para su identificación puede traer múltiples problemas a la planta ya que la alta rotación de este sistema de almacenamiento trae consigo la necesidad de un mayor tiempo para localizar el inventario así como la necesidad de prestar una mayor atención respecto a su ubicación.

## 2.2 Descripción de la planta acerera en la que se realizará el estudio

La compañía acerera en la que se realizará el estudio se dedica principalmente a llevar a cabo los siguientes procesos:

- Recibir y almacenar la materia prima.
- Procesar el material en líneas de corte liso o slitter.
- Almacenar producto customizado.
- Embarque de producto customizado.



Figura 2-1 Procesos llevados a cabo en la compañía acerera.

La empresa se especializa en el corte tanto transversal como longitudinal de los rollos de acero y cuyo producto final son cintas y láminas de acero. Estos productos tienen un alto nivel de customización dependiendo de los requerimientos del cliente final, ya que estos pueden tener las siguientes variaciones:

- Cintas: Anchos de 25.4mm a 1.32m – Calibres del 12 al 32.
- Láminas: Hojas de 0.5m a 5 m de largo – Calibres del 12 al 32.

**Tabla 2-1 Especificaciones finales y aplicaciones de las cintas de acero.**

Producto	Destino	Dimensiones	Aplicaciones
Cintas de acero lisas y embozadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▀ Cliente final.</li> <li>▀ Procesos internos de Corte Transversal y Conformado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▀ Anchos de 25.4 mm a 1.32 m.</li> <li>▀ Calibres del 12 al 32.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▀ Industrial: Línea blanca y refrigeración comercial, lámparas, estampadores.</li> <li>▀ Automotriz: Equipo de soporte y partes no expuestas.</li> <li>▀ Comercial: Gabinetes, estantería metálica.</li> <li>▀ Construcción: Acanalados tradicionales y perfiles arquitectónicos.</li> </ul>

**Tabla 2-2 Especificaciones finales y aplicaciones de las hojas de acero.**

Producto	Destino	Dimensiones	Aplicaciones
Cintas de acero lisas y embozadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▀ Cliente final.</li> <li>▀ Procesos internos para generar Accesorios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▀ Hojas de 0.5 a 5 metros de largo.</li> <li>▀ Calibres del 12 al 32.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▀ Industrial: Línea blanca y refrigeración comercial, lámparas, estampadores.</li> <li>▀ Automotriz: Equipo de soporte y partes no expuestas.</li> <li>▀ Comercial: Gabinetes, estantería metálica.</li> <li>▀ Construcción: Accesorios.</li> </ul>

En lo que se refiere al método de almacenamiento de los productos, las cintas pueden almacenarse de dos formas distintas dependiendo de su ancho. Las cintas más angostas pueden almacenarse horizontalmente, una arriba de otra hasta alcanzar estibas de máximo 10 productos o alturas de 3 metros. Figura 2-2 Cintas angostas se almacenan y apilan horizontalmente. Sin embargo, las cintas más gruesas, deben almacenarse de manera vertical, esto para distribuir mejor el peso de los productos cuando son apilados y así evitar problemas de calidad. De igual forma las cintas gruesas solamente pueden apilarse hasta alcanzar los tres metros, pero no puede tener una altura de más de tres productos.



**Figura 2-2 Cintas angostas se almacenan y apilan horizontalmente.**

Esta variación en la forma de almacenamiento del producto conlleva a que las maniobras para el manejo de inventario aumentan sustancialmente dentro de los almacenes, ya que es necesaria la utilización de dos diferentes equipos de carga para mover los productos los cuáles son las grúas viajeras y montacargas.

Las láminas de acero al igual que las cintas angostas pueden apilarse hasta un máximo de 3 metros de altura o 10 productos (lo que suceda primero).

### **2.2.1 Método de almacenamiento usado por la empresa acerera**

A partir de entrevistas realizadas a el personal de la empresa se obtuvo que el método de almacenamiento que se utiliza es el de *“inventario compartido”* (Bartholdi, & Hackman, 2011), el cual es aquel en el que no se tiene especificado un espacio para cada producto, sino que el producto puede ubicarse en cualquier lugar del almacén que esté disponible, tratando siempre que el espacio que vaya a ocupar sea el más conveniente desde el punto de vista del operador del montacargas.

Existen principalmente dos razones por las cuáles la compañía utiliza esta metodología. La primera razón se debe a que no es posible utilizar un método de *“inventario dedicado”* (Bartholdi, & Hackman, 2011) en el cual se define un área específica para cada tipo de producto debido a la alta variación que presentan los productos que se deben inventariar. La segunda razón es que el almacén en el cual se guarda el inventario es muy reducido, por lo que se debe utilizar la técnica en la cual se guarda el producto en el espacio más próximo que este vacío para aprovechar al máximo el espacio disponible.

No obstante, cabe recalcar que esta metodología para inventariar el producto terminado no siempre ha sido aplicada en el almacén. En el pasado ya se había intentado definir de una manera más rigurosa en que partes iban ser almacenados los productos que iban dirigidos a ciertos clientes, sin embargo las variaciones en la demanda provocaron que con el tiempo la definición de áreas se deformara, por lo que se decidió adoptar el sistema de inventarios aleatorio actual.

La compañía utiliza en todo momento cinco operadores de montacargas que trabajan en turnos de 8 horas para maniobrar los productos dentro del área de almacenamiento. Por otro lado en cuanto a la distribución del inventario en el almacén, existen áreas definidas para cada uno de los tipos de productos (cintas y láminas), pero dentro de estas áreas, el producto puede ser colocado en cualquier lugar disponible. Figura 2-3 Distribución del área de almacenamiento de la compañía acerera.

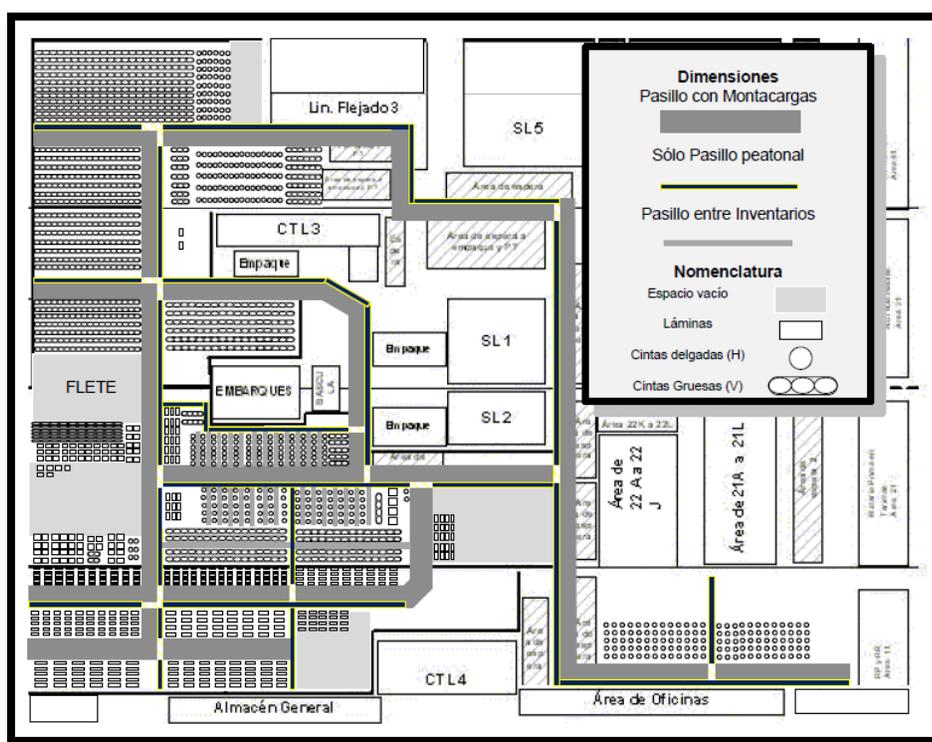


Figura 2-3 Distribución del área de almacenamiento de la compañía acerera.

Es importante hacer notar que existen áreas de espera antes de embarcar el material, pero debido a que el almacén constantemente se ha quedado sin espacio, estas áreas en ciertas situaciones han tenido que ser utilizadas para almacenar más productos. Cuando esto sucede entonces el producto se toma del

inventario y se coloca directamente sobre el flete una vez que se ha localizado en el almacén. Figura 2-4 Diagrama de proceso de producto a embarcar.

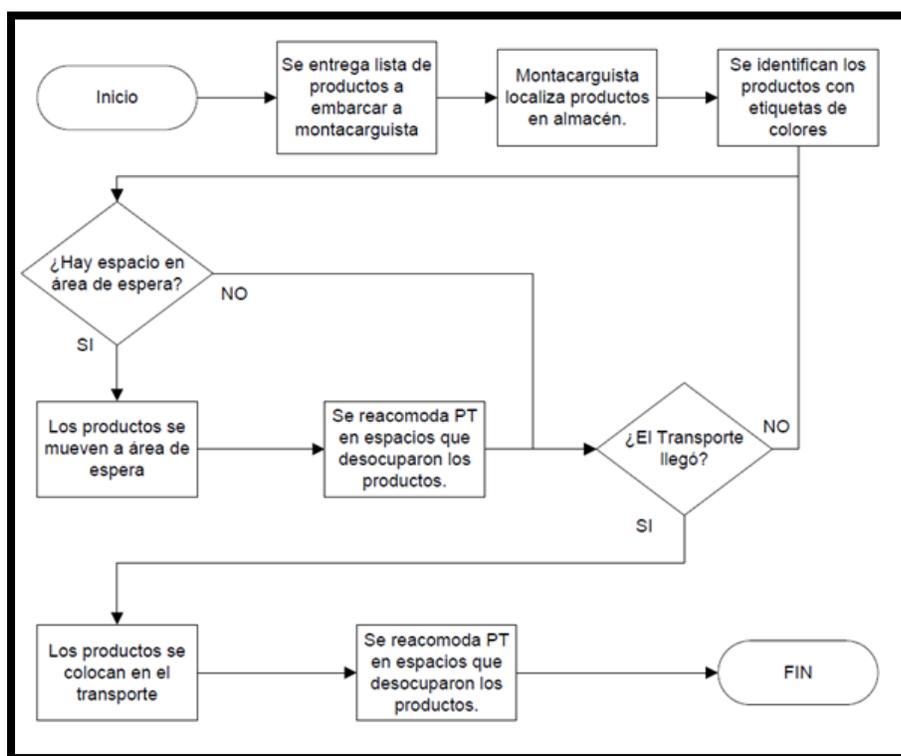


Figura 2-4 Diagrama de proceso de producto a embarcar.

## 2.3 Descripción de la metodología de estudio a seguir

Para la realización del presente proyecto de tesis se ha decidido utilizar la metodología DMAIC generalmente usada para la realización proyectos Seis Sigma ya que la empresa acerera en la cual se ha llevado a cabo el estudio ha capacitado al personal a lo largo de toda su pirámide jerárquica en el uso de esta metodología, lo que en sí le facilitaría la comprensión del proyecto, pero más importante aún alentaría al personal de la empresa a involucrarse en el desarrollo del mismo.

Por otra parte, la aplicación de esta metodología ha demostrado ser una forma sencilla y práctica de identificar problemas en la práctica, así como de establecer soluciones para los mismos. Por consiguiente el marco teórico de este estudio se dividirá en las secciones: Definición del problema, Medición, Análisis y Propuesta de Implementación.

## **CAPÍTULO 3    DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y MEDICIÓN**

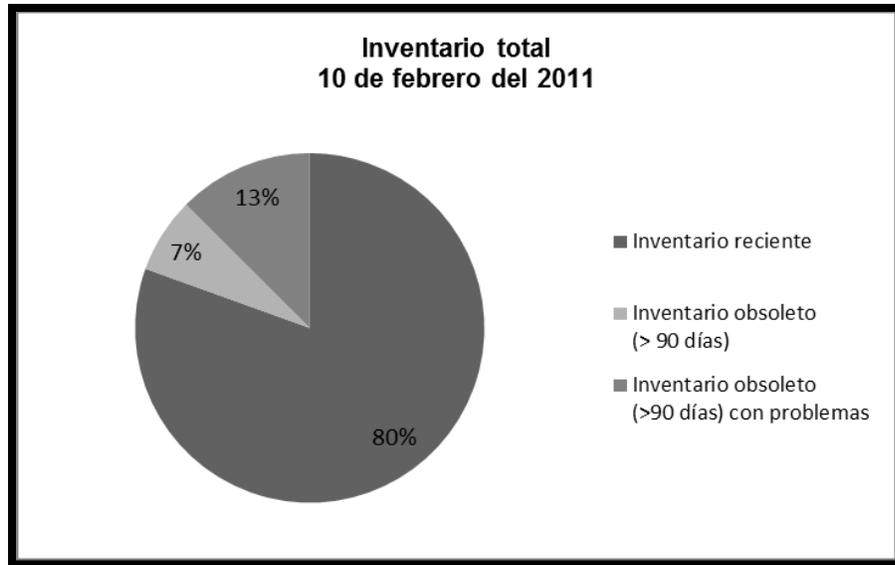
---

### **3.1    Definición del problema**

El problema que se tiene en la compañía acerera es que en febrero del 2011, el porcentaje de inventario obsoleto (productos con más de 90 días en el inventario) que no tenía problemas de calidad o de otra índole, y que por lo tanto podía ser entregado al cliente, era del 7%. Gráfica 3-1 Distribución del inventario total. De acuerdo con la política de inventarios de la compañía, este porcentaje debería ser 0% ya que el nivel de satisfacción al cliente utilizado para la planificación de la producción es del 85%.

Esto significa que el 85% de la demanda mensual pronosticada es esperada que sea cubierta con la planeación de producción mensual y el otro 25% se espera que sea cubierto utilizando la aproximación *hecho por encargo* (una vez se recibe una confirmación de pedido de un producto, se procede a su producción) (Heizer & Render, 2010). Consecuentemente, en teoría todos los productos en el inventario deberían ser entregados al cliente final en menos de un mes.

El argumento para este bajo nivel de satisfacción es que no se puede tener un 100% de satisfacción al cliente debido al alto grado de customización que tienen los productos que manejan, por lo que en ciertas situaciones simplemente se produce cuando el cliente realiza un pedido.



**Gráfica 3-1 Distribución del inventario total.**

### **3.2 Medición**

Existen principalmente dos problemas que se generan a partir del uso de un método de almacenamiento compartido los cuáles son la necesidad de tomar más decisiones para determinar en donde será ubicado un producto en el inventario y los altos tiempos requeridos para encontrar los productos en el área de almacenamiento (Bartholdi, & Hackman, 2011). Sin embargo la problemática de los productos obsoletos no se considera en este modelo ya que en un ambiente ideal en el cual se satisficiera el 100% de la demanda, el inventario debería de estar en constante rotación, a menos que un producto no fuese encontrado cuando este es solicitado.

Se establecieron las siguientes hipótesis:

H0: No existe una relación positiva entre la distancia de búsqueda y el tiempo de búsqueda de los productos en el almacén.

H1: Existe una relación positiva entre la distancia de búsqueda y el tiempo de búsqueda explicada por la siguiente ecuación ( $\alpha=0.99$ ):

**Ecuación 1**       $y = ax + b + \epsilon$

Dónde  $x$  = distancia de búsqueda en metros,  $y$  = tiempo de búsqueda en minutos y  $\varepsilon$  es el error. Es a partir de esto que se tomó la decisión de concentrarse en el análisis de las actividades necesarias que el operador de montacargas debe de realizar para encontrar el inventario dentro del almacén, por lo que se requirió principalmente la medición de las siguientes variables:

- a. Tiempo de localización de inventarios.
- b. Distancias recorridas para la localización de inventarios.

Debido a que la empresa utiliza la tecnología del código de barras para la identificación de sus productos en el inventario, la única forma que el trabajador tiene de localizar el producto cuando este es solicitado es buscándolo visualmente dentro del área de almacenamiento y después usar el lector de código de barras para confirmar y registrar en las bases de datos de la empresa que el producto fue encontrado y está listo para ser embarcado.

Por consiguiente la mejor forma de analizar el proceso de búsqueda era mediante el diseño de una herramienta con la cual se podrían tomar los tiempos y las distancias que los trabajadores requerían para localizar el inventario, y al mismo tiempo documentar los movimientos que el trabajador requería realizar durante su proceso de búsqueda. Figura 3-1 Formato de toma de tiempos e identificación de movimientos. Se muestran las cuatro diferentes secciones en que fue dividido.

**Medición de tiempos de localización de inventario**

Producto: \_\_\_\_\_ Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_

No	Actividad	Tiempo	Distancia
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

**Figura 3-1 Formato de toma de tiempos e identificación de movimientos. Se muestran las cuatro diferentes secciones en que fue dividido.**

La herramienta utilizada para llevar a cabo esta tarea fue dividida en 4 secciones las cuáles tienen diferentes objetivos:

1. En la primera sección se tiene establecido el layout original del almacén, y su principal objetivo es el de ayudar al tomador de tiempos

a trazar las trayectorias del montacarguista vistas desde un punto de vista superior. Con ello, en la etapa de análisis se espera facilitar la comprensión de los movimientos del montacarguista, así como la identificación de movimientos innecesarios o ineficientes.

2. En la segunda sección se busca estudiar el efecto que tiene el hecho de que el producto terminado se apile, en los tiempos requeridos para encontrar el inventario. Por un lado se busca identificar a que altura se encontraba el producto que se buscaba con respecto a otros productos, y por otro lado se busca documentar la profundidad en número de productos con respecto al pasillo principal.
3. En la tercera sección se establecerán los comentarios relevantes que pudieran darse mientras se realiza el estudio.
4. Por último en la cuarta sección se establecerán los tiempos que se requirieron para encontrar los productos terminados que necesitan ser embarcados. Se establecieron diferentes renglones en caso de que el montacarguista busque más de un producto terminado.

En adición a esto, los movimientos que se tracen en la sección uno de la herramienta podrán ser utilizados para obtener la distancia que el trabajador necesito recorrer para encontrar el producto que buscaba. Esto se puede hacer superponiendo los movimientos en un mapa de coordenadas del almacén y sumando las distancias recorridas en los diferentes pasillos. ANEXO A.

Distribución del inventario y dimensiones del área del almacenamiento.

El propósito de utilizar esta herramienta es identificar anomalías en el proceso de búsqueda y el establecimiento de una referencia para comparar con los resultados de una posible mejora en el método de búsqueda.

Para llevar a cabo este estudio, treinta búsquedas fueron medidas en las cuáles fueron documentadas las distancias que el trabajador requirió recorrer y el tiempo que necesitó para encontrar el inventario que debía de ser embarcado. Tabla 3-1 Tiempos y distancias de búsqueda resultantes. Además, los movimientos que los trabajadores realizaron durante su búsqueda fueron trazados en el mapa del almacén para determinar la eficiencia de sus movimientos. ANEXO B.

Medición de tiempos de localización de inventario.

**Tabla 3-1 Tiempos y distancias de búsqueda resultantes.**

<b># de muestra</b>	<b>Tiempo de búsqueda (minutos)</b>	<b>Distancia de búsqueda (metros)</b>
1	12:00	92.50
2	4:18	40.00
3	19:00	359.00
4	26:39	398.00
5	38:09	411.00
6	12:00	183.00
7	7:28	48.00
8	1:26	128.10
9	1:22	121.20
10	2:00	88.60
11	3:09	59.80
12	12:24	139.00
13	7:30	23.30
14	23:00	127.20
15	8:00	102.30
16	24:00	121.20
17	34:00	346.00
18	31:00	193.80
19	21:00	94.70
20	15:20	354.30
21	9:44	141.10
22	22:40	513.00
23	6:25	229.30
24	12:45	141.65
25	6:20	62.65
26	7:00	69.00
27	9:16	250.10
28	26:33	495.02
29	28:00	165.90
30	30:59	240.00
<b>Promedios</b>	<b>15:30</b>	<b>191.29</b>

## **CAPÍTULO 4 ANÁLISIS, PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN**

---

### **4.1 Análisis**

Analizando los resultados de las mediciones de tiempos y distancias recorridas para la localización del inventario, se puede observar que existió un tiempo máximo muy alto de 38:09 minutos y además existieron cuatro búsquedas que requirieron más de 30 minutos, así como era de esperarse debido al uso de un método de almacenamiento compartido. Sin embargo la pregunta obligada que nace es sí el tiempo obtenido promedio de 15:30 minutos era suficiente para que el operador de montacargas pudiera localizar el inventario.

Tomando en cuenta los estándares que tiene la compañía para la realización de las actividades propias del operador del montacargas así como el hecho de que en promedio al día se cargan 5 camiones por trabajador con base en datos históricos de la compañía (lo que significa la realización de 5 búsquedas en el almacén), en un turno de 8 horas se deben realizar las actividades que se mencionan en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1 Tiempos y distancias de búsqueda resultantes.**

<b>Roles y responsabilidades de un operador de montacargas</b>	<b>Repeticiones por día</b>	<b>Tiempo requerido (minutos)</b>	<b>Tiempo requerido por día (horas)</b>
Mover producto a almacén	-	60	1:00
Búsqueda del producto	5	15	1:15
Mover producto a área de espera	5	21	1:45
Carga de felte	5	45	3:45
Otras actividades / necesidades	-	30	0:30
<b>Tiempo total requerido por trabajador por día</b>			<b>8:15</b>

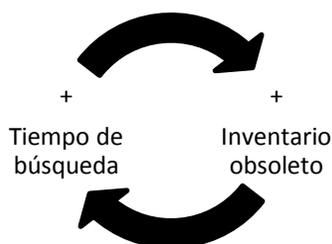
Es importante clarificar que la principal razón por la cual la compañía no tenía datos históricos referentes al tiempo de búsqueda del inventario era porque este tiempo varía de manera importante ya que la compañía utiliza el método de inventario compartido. Los tiempos de las otras actividades generalmente tienen

muy poca variación por lo que en el pasado si fue posible establecer estándares fijos para ellos. Para propósitos de este estudio se decidió enfocarse en el análisis de la búsqueda del producto ya que esta era la única actividad que no estaba estandarizada.

Después de analizar la Tabla 4-1 se deduce que el tiempo total requerido por el operador de montacargas para la realización de sus actividades es mayor del tiempo del que dispone en un turno de 8 horas. Sin embargo debido a que la empresa no tenía datos históricos referentes sus tiempos de localización de inventario, esta carecía de conocimiento sobre el problema y además desconocía las repercusiones que este generó en su manejo de inventarios.

Gracias a entrevistas realizadas al personal de embarques en las cuáles se les preguntó ¿cómo le hacían para cumplir con sus actividades del turno, teniendo muy poco tiempo disponible para realizarlas?, se obtuvo que esto lo lograban disminuyendo el tiempo de la única actividad que podía ser acortada: La búsqueda del producto.

Mediante la sustitución de los productos de los pedidos solicitados por otros de más reciente producción (con autorización del remisionista) los operadores de montacargas lograban acortar los tiempos de búsqueda considerablemente ya que por ser productos que recientemente fueron colocados en el inventario, generalmente eran capaces de recordar su ubicación, lo que reducía considerablemente sus tiempos de búsqueda además de que era más fácil acceder a ellos porque generalmente estaban al frente. Sin embargo, lo que no sabían los trabajadores es que con el tiempo la repetición de este evento aumentaría los índices de obsolescencia generando un ciclo de retroalimentación positiva que a su vez aumentó el tiempo de búsqueda. Figura 4-1 Generación de inventario obsoleto a partir de un ciclo de retro alimentación positiva.



**Figura 4-1 Generación de inventario obsoleto a partir de un ciclo de retro alimentación positiva.**

A partir de las mediciones se pudieron documentar los siguientes eventos los cuáles en diversas situaciones provocaron que los tiempos de búsqueda se alargaran:

1. La alta variación en las demandas conlleva a que los productos cambien constantemente de posición en el almacén, por lo que rápidamente se pierde el conocimiento de su ubicación. Figura 4-2.
2. Debido a que el producto terminado se apila para aprovechar al máximo el uso del espacio, este puede cambiar constantemente su altura con respecto al suelo. El trabajador requiere repetidamente de agacharse o levantar la mirada para poder ver las etiquetas de los productos dependiendo de la altura a la que esté. Figura 4-2.
3. A los montacarguistas se le otorgan listas en hojas de papel con los productos terminados a localizar en el almacén. Generalmente estas listas son muy grandes por lo que el montacarguista no puede memorizarla, lo que provoca que requiera de mucho tiempo para comparar los códigos de los productos en su lista con el código contenido en la etiqueta del producto. Figura 4-3.
4. Etiquetas de códigos de barras a veces están dañadas o mal colocadas, lo que dificulta la identificación del producto. Figura 4-5.
5. El movimiento realizado por los montacarguistas para la localización del producto es altamente ineficiente ya que en múltiples ocasiones el operario repitió la búsqueda en áreas que previamente había analizado.
6. A veces es difícil acceder a las áreas en las está el inventario que se está buscando. Figura 4-4.
7. Generalmente el operario requiere de realizar una auditoria completa del almacén hasta antes de encontrar el producto terminado.



**Figura 4-2** Los productos se apilan y cambian constantemente de posición en el almacén.



**Figura 4-3 Listas con los productos a localizar en el almacén que requieren ser embarcados.**



**Figura 4-4 El operario debe buscar el producto en lugares de difícil acceso.**



**Figura 4-5 Etiquetas de códigos de barras a veces están dañadas o mal colocadas.**

Entonces analizando todas estas causas más las opiniones que se obtuvieron en las entrevistas se puede decir que el método de búsqueda de inventario actual tiene muchas inconsistencias y estaba causando que el índice de obsoletos se incrementara, y por lo tanto se puede concluir que el método no era apropiado.

## 4.2 Propuesta de implementación

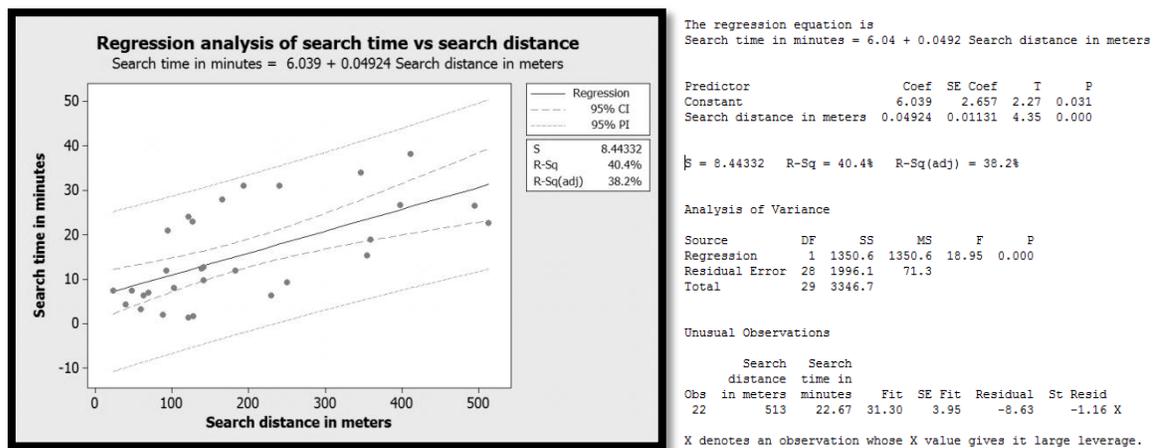
Para poder solucionar el problema de inventario obsoleto se debía reducir el tiempo que los trabajadores invierten en la localización del inventario para que todas sus actividades pudieran ser completadas en un solo turno. Cabe recalcar que la empresa ya intentó solucionar el problema mediante la utilización del personal en tiempos extras (en turnos de 12 horas en lugar de 8 horas), sin embargo aún así existieron situaciones en las que el operador de montacargas no encontró el producto debido principalmente a errores humanos como lo son: la lectura visual errónea de la etiqueta o la falta de búsqueda del producto en el lugar que realmente está ubicado. Además existieron errores relacionados con la administración del inventario que dificultaron la búsqueda como lo son: etiquetas dañadas o mal colocadas y la ubicación del producto en lugares inaccesibles al operador. Gracias a esto se dedujo que pagar por tiempo extra laboral, o la contratación de más personal en muchos casos ayudaría a compensar los altos tiempos requeridos para localizar del inventario, pero no sería suficiente para solucionar el problema de obsolescencia.

Otra forma de lograr la solución del problema era mediante la disminución de los recorridos que los trabajadores debían hacer para localizar el inventario. Esto fue propuesto después de realizar un análisis de regresión de la variable dependiente (tiempo de búsqueda) y la variable independiente (distancia de búsqueda) requeridas para realizar las búsquedas en el área de almacenamiento.

Como conclusión se encontró que existe una relación lineal entre el tiempo de búsqueda y la distancia de búsqueda, considerando que la hipótesis ( $H_0$ ) es rechazada ( $F_{(7,636)} = 18.95, p < 0.001$ ) utilizando un criterio de rechazo de  $\alpha = 0.01$ , y en este caso 40.4% de esta relación es explicada por la Ecuación 1, en la cual las constantes serían definidas como  $a = 0.0492$  y  $b = 6.039$ . La hipótesis fue probada utilizando análisis de varianza (ANOVA) y regresión. Gráfica 4-1 Análisis de regresión del tiempo de búsqueda versus la distancia de búsqueda.

Aunque la variación del tiempo de búsqueda explicada por el modelo de regresión ( $r^2 = 40.4\%$ ) podría no ser considerado como un valor alto, esto puede ser explicado debido a que en algunos pasillos dentro del área de almacenamiento tienen menos productos que otros pasillos (debido a la gran variación en las dimensiones que pueden presentar los productos que se almacenan), lo que en algunos casos afectó de manera el tiempo de búsqueda y la distancia de búsqueda. Sin embargo la cantidad de productos por pasillo no pudo ser establecida como una variable debido a que este era un evento completamente aleatorio debido a que la empresa utiliza el método de inventario compartido.

No obstante, a pesar de esto es posible decir que existe suficiente evidencia para concluir que el tiempo de búsqueda requerido para encontrar los productos en el área de almacenamiento será reducido si la distancia de búsqueda es reducida.



**Gráfica 4-1** Análisis de regresión del tiempo de búsqueda versus la distancia de búsqueda.

Una propuesta para lograr esta disminución en los recorridos es mediante la identificación a distancia del producto que se está buscando, lo cual se podría lograr mediante el uso de la tecnología RFID. Sin embargo una implementación completa de la tecnología que incluya la colocación de antenas en todo el almacén puede ser muy costosa (Chen et al., 2009) e innecesaria al igual que la contratación de un trabajador extra.

Entonces lo que se propone en el presente estudio es la utilización de la tecnología RFID en una forma alternativa: esto es mediante el uso de lectores RFID portátiles en lugar de utilizar antenas fijas, y en complemento con el uso de etiquetas RFID. El método es muy sencillo: Se planea otorgar a cada operador de montacargas una pistola lectora RFID portátil que posea una antena capaz de

detectar etiquetas RFID a una distancia de máximo de 7 metros (la cuál es la profundidad máxima de los pasillos secundarios) y que además esté precargada con los códigos de los productos a localizar; una vez que el lector detecte que el producto se encuentra dentro del rango de lectura, este lanzará la advertencia mencionando que el producto ha sido localizado.

El objetivo de utilizar la tecnología RFID de esta forma es la eliminación de algunos movimientos que a partir de este momento serán llamados “movimientos ineficientes”. Figura 4-6 Movimientos realizados por el operador de montacargas mientras busca el producto en el inventario. Para propósitos de este estudio estos movimientos serán aquellos que el trabajador debe realizar una vez que abandona el pasillo principal, los cuales incluyen los siguientes:

1. Entrar en los pasillos secundarios del almacén para poder leer las etiquetas de cada producto y verificar si el producto se encuentra en la lista de productos a embarcar.
2. Recorrer el mismo pasillo dos veces.

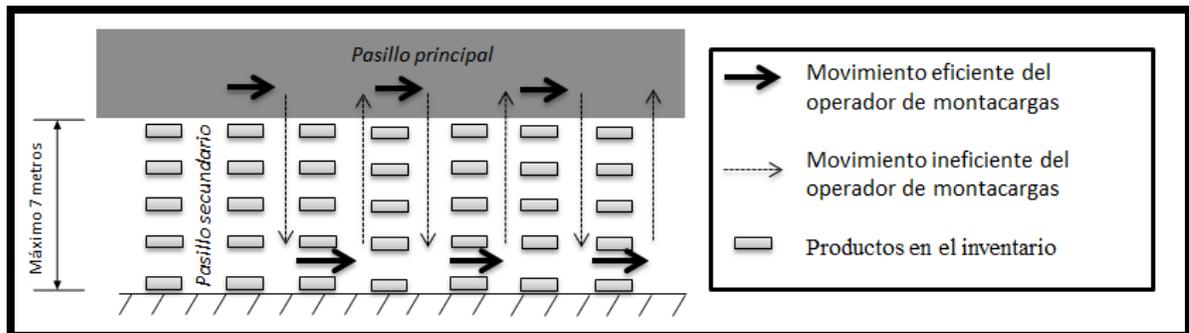


Figura 4-6 Movimientos realizados por el operador de montacargas mientras busca el producto en el inventario.

Utilizando la tecnología RFID como medio para detectar el producto a distancia sería posible eliminar la necesidad del trabajador de entrar a los pasillos secundarios, y además se eliminaría la necesidad de acercarse a los productos para realizar una lectura visual de sus etiquetas.

#### 4.2.1 Comparación de proveedores

Para poder encontrar la tecnología RFID con las características de funcionamiento deseadas fue necesaria la comparación de productos de cuatro

proveedores de etiquetas con un lector RFID que recomendaron. Entre las pruebas que se realizaron estaban la medición de distancias de lectura en ambientes de operación metálicos, la medición del impacto que generaría el empaque de los productos en las distancias de lectura y el análisis de su forma para verificar que estos pudieran ser colocados sobre las cintas y las láminas de acero. Figura 4-7 Comparación de distancias de lectura de las etiquetas RFID dentro del almacén.

Las cuatro etiquetas que fueron probados son los siguientes:

1. Etiquetas tipo 1: *Steelwing tag* del proveedor *Confidex*.
2. Etiquetas tipo 2: *Terminator tag* del proveedor *Orion*.
3. Etiquetas tipo 3: Large rigid tag del proveedor *Intermec*.
4. Etiquetas tipo 4: Small rigid tag del proveedor *Intermec*.

El lector utilizado para probar las etiquetas fue el siguiente: Lector RFID: MC9090-G Handheld mobile computer del proveedor *Motorola*.

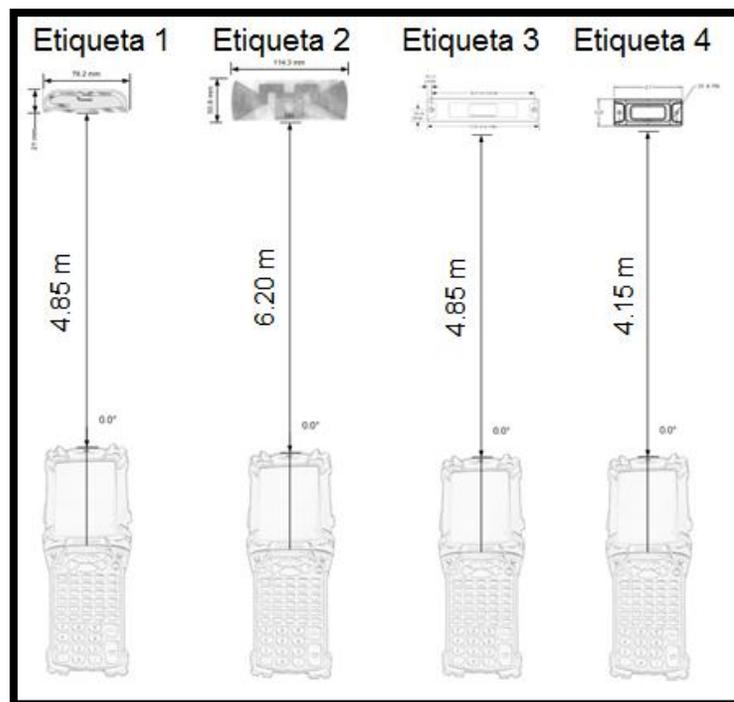


Figura 4-7 Comparación de distancias de lectura de las etiquetas RFID dentro del almacén.

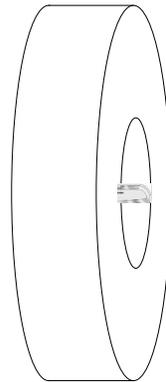
A partir de estas mediciones se obtuvo que la etiqueta que ofrece un mejor rango de lectura es dentro del almacén es el *Terminator tag* (*Orion*). Por otro lado el *Small rigid tag* de *Intermec* es el que ofrecía el menor rango de lectura.

#### 4.2.2 Posicionamiento de las etiquetas en los productos

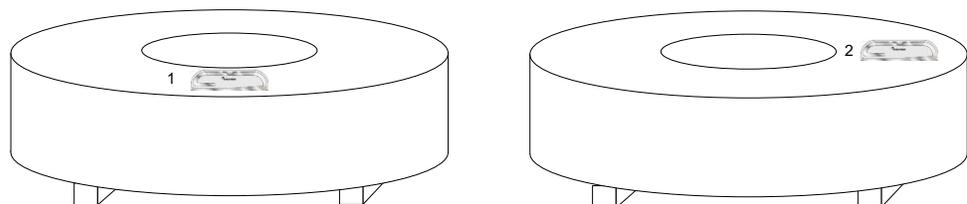
Existen múltiples opciones de etiquetas con diferentes formas que pueden ser utilizados en productos de acero, sin embargo debido a la naturaleza variante de los productos en base a los cuales se está realizando este estudio, no todas las etiquetas pudieran ser utilizadas en todos los escenarios. A continuación se analizará cuáles son las posiciones en las cuales se pueden colocar las etiquetas de RFID y posteriormente se utilizará una tabla para explicar las limitaciones que pudiera presentar el uso de cada una de las marcas de etiquetas a estudiarse. El análisis de las limitaciones se hará tanto para cintas como para láminas de acero.

Posiciones en las que puede colocarse una etiqueta en una cinta de acero:

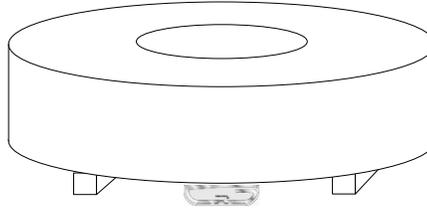
- Posición #1.1: Posicionamiento de la etiqueta en el centro de la cinta:



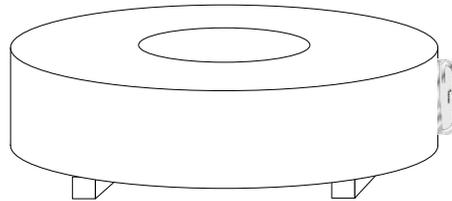
- Posición #1.2: Posicionamiento de la etiqueta en la cara superior de la cinta:



- Posición #1.3: Posicionamiento de la etiqueta en la cara inferior de la cinta:

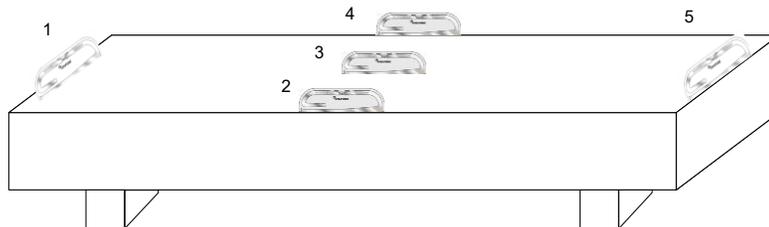


- Posición #1.4: Posicionamiento de la etiqueta en la parte lateral de la cinta:

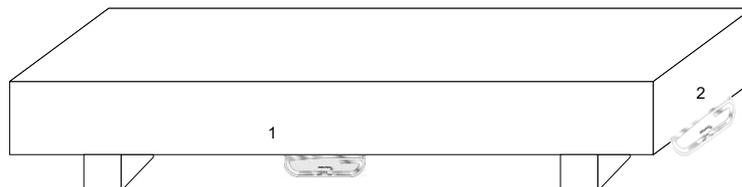


Posiciones en las que puede colocarse una etiqueta en un paquete de láminas de acero:

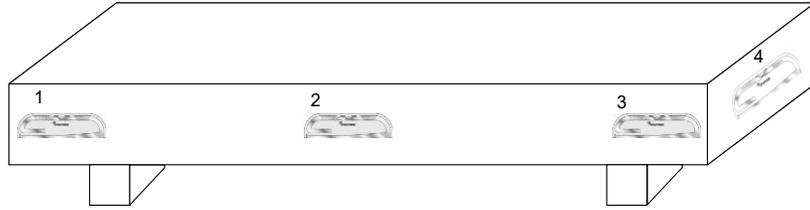
- Posición #2.1: Posicionamiento de la etiqueta en la parte superior del paquete de hojas:



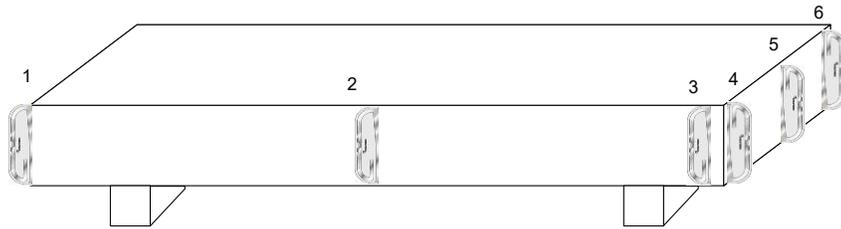
- Posición #2.2: Posicionamiento de la etiqueta en la parte inferior del paquete de hojas:



- Posición #2.3: Posicionamiento de la etiqueta en forma horizontal en la parte lateral del paquete de hojas:



- **Posición #2.4:** Posicionamiento de la etiqueta en forma vertical en la parte lateral del paquete de hojas:



Además de las posiciones mostradas, existen otras que han sido descartadas debido a que pudiera representar un riesgo posicionar las etiqueta en esos lugares por la interacción que se pudiera tener con el montacargas ya que este requiere de espacios para maniobrar u hacer giros que pudieran dañar las etiqueta o removerlas de sus posiciones originales. Figura 4-8. Figura 4-9.



**Figura 4-8 Montacargas posicionándose para cargar cintas (vista lateral).**



Figura 4-9 Montacargas posicionándose para cargar láminas (vista lateral).

Una vez definidas las posiciones, es necesario hacer un análisis de dimensiones ya que dependiendo del tamaño de la etiqueta, esta pudiera no caber en una de las posiciones antes mencionadas. Se presentan las múltiples dimensiones que pudieran variar tanto en las cintas como en las láminas. Figura 4-10. Figura 4-11.

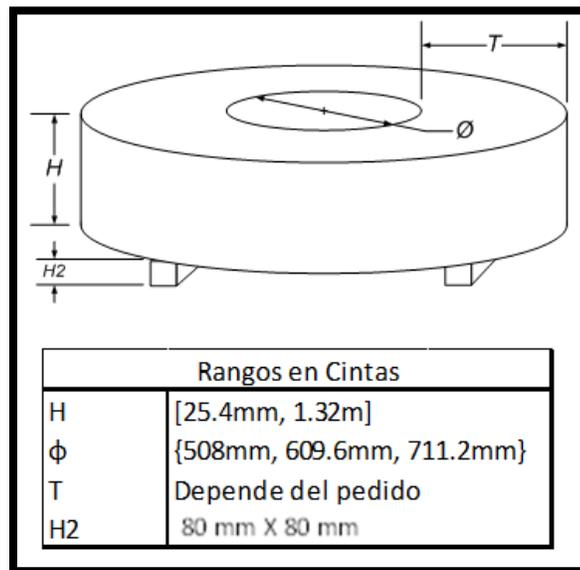


Figura 4-10 Dimensiones de una cinta: H = Altura, φ = Diámetro, T = Grosor.

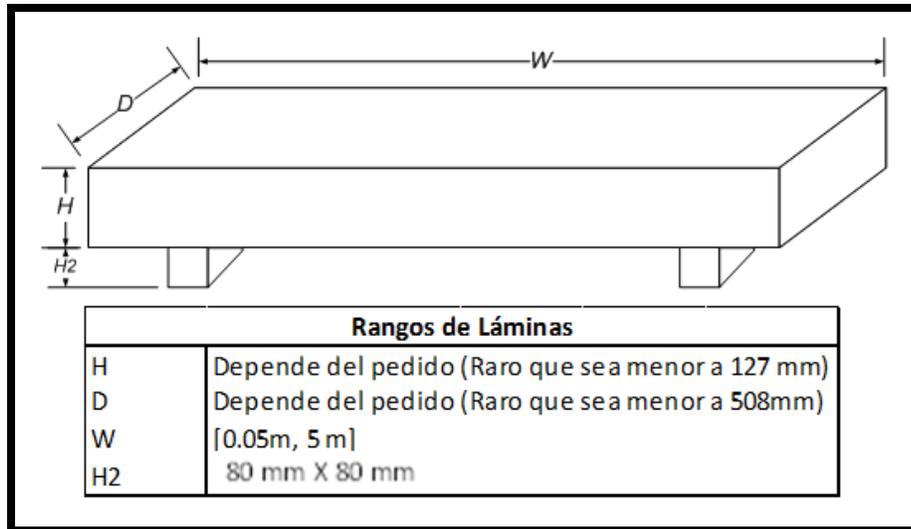


Figura 4-11 Dimensiones de una lámina: H = Altura, D = Profundidad, W = Ancho.

Para hacer un análisis preciso de las limitaciones que pudieran tener cada una de las etiquetas seleccionadas para incorporarse dentro del rango de especificaciones, es necesario analizar las combinaciones entre posiciones y dimensiones que pudieran tener los productos.

Se realizaron unas tablas con todas las posiciones posibles que pudieran ocupar las etiqueta en los productos y mediante la comparación de dimensiones de las etiquetas y de los productos se procedió a hacer una conclusión respecto a la factibilidad de que cada posición sea ocupada por una determinada etiqueta.

Para las láminas se encontró que las etiquetas *Steelwing*, *Terminator* (*Orion*) y *el Small rigid tag* eran factibles para ser colocados en cualquier lugar del producto. Sin embargo el *Large rigid tag* de *Intermec* presentaría problemas si colocaran en la posición 2.4 debido a que la etiqueta es demasiado larga y en ciertas situaciones, los paquetes de las láminas no permitirían colocar la etiqueta. Tabla 4-2 Análisis de posicionamiento de las etiquetas en los paquetes de láminas de acero.

En cuanto a las cintas de acero, se encontró que la etiqueta *Steelwing* de *Confidex* es la única que puede ser colocada en cualquier posición de la cinta. Esto se debe principalmente a su naturaleza no rígida, lo que le permite ser colocada en el centro de la cinta y en la superficie curva de la cinta (posiciones 1.1 y 1.4). Por otro lado las etiquetas *Terminator* (*Orion*), *Small rigid tag*, y *Large Rigid tag*, podrían ser colocados en las otras posiciones sugeridas, pero podrían

interferir con las maniobras del montacargas. Tabla 4-3 Análisis de posicionamiento de las etiquetas en los paquetes de cintas de acero.

Viéndolo desde el punto de vista del posicionamiento, sería conveniente elegir utilizar las etiquetas *Terminator (Orion)*, *Steelwing* y *Small rigid tag* para las láminas. Pero para las cintas, solamente sería conveniente utilizar las etiquetas *Steelwing* del proveedor *Confidex*.



**Tabla 4-3 Análisis de posicionamiento de las etiquetas en los paquetes de cintas de acero.**

Posición	Etiqueta	Especificaciones de etiqueta			Mínima Especificación de producto	Especificaciones mínimas de producto				Factible con relación a	
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)		T Largo (mm)	φ Diámetro (mm)	H Altura (mm)	H2 Altura de base (mm)	H2	Factible
1.1.1	<i>Confidex SteelWING</i>	76.20	18.00	21.00	H	-	508	25.4	80	-	SI
	<i>Orion</i>	98.43	41.28	3.81	H	-	508	25.4	80	-	NO
	<i>Small Rigid Tag</i>	78.99	30.99	7.00	H	-	508	25.4	80	-	NO
	<i>Large Rigid Tag</i>	154.94	32.00	7.00	H	-	508	25.4	80	-	NO
1.2.1	<i>Confidex SteelWING</i>	76.20	18.00	21.00	H2	-	508	25.4	80	SI	SI
	<i>Orion</i>	98.43	41.28	3.81	H2	-	508	25.4	80	SI	SI
	<i>Small Rigid Tag</i>	78.99	30.99	7.00	H2	-	508	25.4	80	SI	SI
	<i>Large Rigid Tag</i>	154.94	32.00	7.00	H2	-	508	25.4	80	SI	SI
1.2.2	<i>Confidex SteelWING</i>	76.20	18.00	21.00	T	-	508	25.4	80	SI	SI
	<i>Orion</i>	98.43	41.28	3.81	T	-	508	25.4	80	SI	SI
	<i>Small Rigid Tag</i>	78.99	30.99	7.00	T	-	508	25.4	80	SI	SI
	<i>Large Rigid Tag</i>	154.94	32.00	7.00	T	-	508	25.4	80	SI	SI
1.3.1	<i>Confidex SteelWING</i>	76.20	18.00	21.00	H2	-	508	25.4	80	SI	SI
	<i>Orion</i>	98.43	41.28	3.81	H2	-	508	25.4	80	SI	SI
	<i>Small Rigid Tag</i>	78.99	30.99	7.00	H2	-	508	25.4	80	SI	SI
	<i>Large Rigid Tag</i>	154.94	32.00	7.00	H2	-	508	25.4	80	SI	SI
1.4.1	<i>Confidex SteelWING</i>	76.20	18.00	21.00	H	-	508	25.4	80	-	SI
	<i>Orion</i>	98.43	41.28	3.81	H	-	508	25.4	80	-	NO
	<i>Small Rigid Tag</i>	78.99	30.99	7.00	H	-	508	25.4	80	-	NO
	<i>Large Rigid Tag</i>	154.94	32.00	7.00	H	-	508	25.4	80	-	NO

### 4.2.3 Selección de proveedores

A partir de los análisis mencionados se seleccionaron los siguientes productos como aptos para funcionar en las circunstancias antes planteadas:

- Pistola lectora portátil de RFID Generación 2 escritor/lector: Cada montacarguista estaría equipado con una pistola lectora portátil de RFID capaz de leer etiquetas a una frecuencia de entre 902MHz y 928MHz y un cono de lectura de 70°. El rango de detección depende de la etiqueta que se está utilizando. El lector portátil también es capaz de leer códigos de barras. Este aparato se sincronizaría constantemente con la información en el departamento de embarques. Con esta información, el lector móvil indicará al operador si los productos que busca están dentro del rango de lectura y le dirá que productos deben de ser embarcados por lo que se eliminaría la necesidad de cargar con listas que contuvieran esta información.

Además debido a que el funcionamiento de la tecnología RFID no es muy diferente a la del código de barras, los montacarguistas no

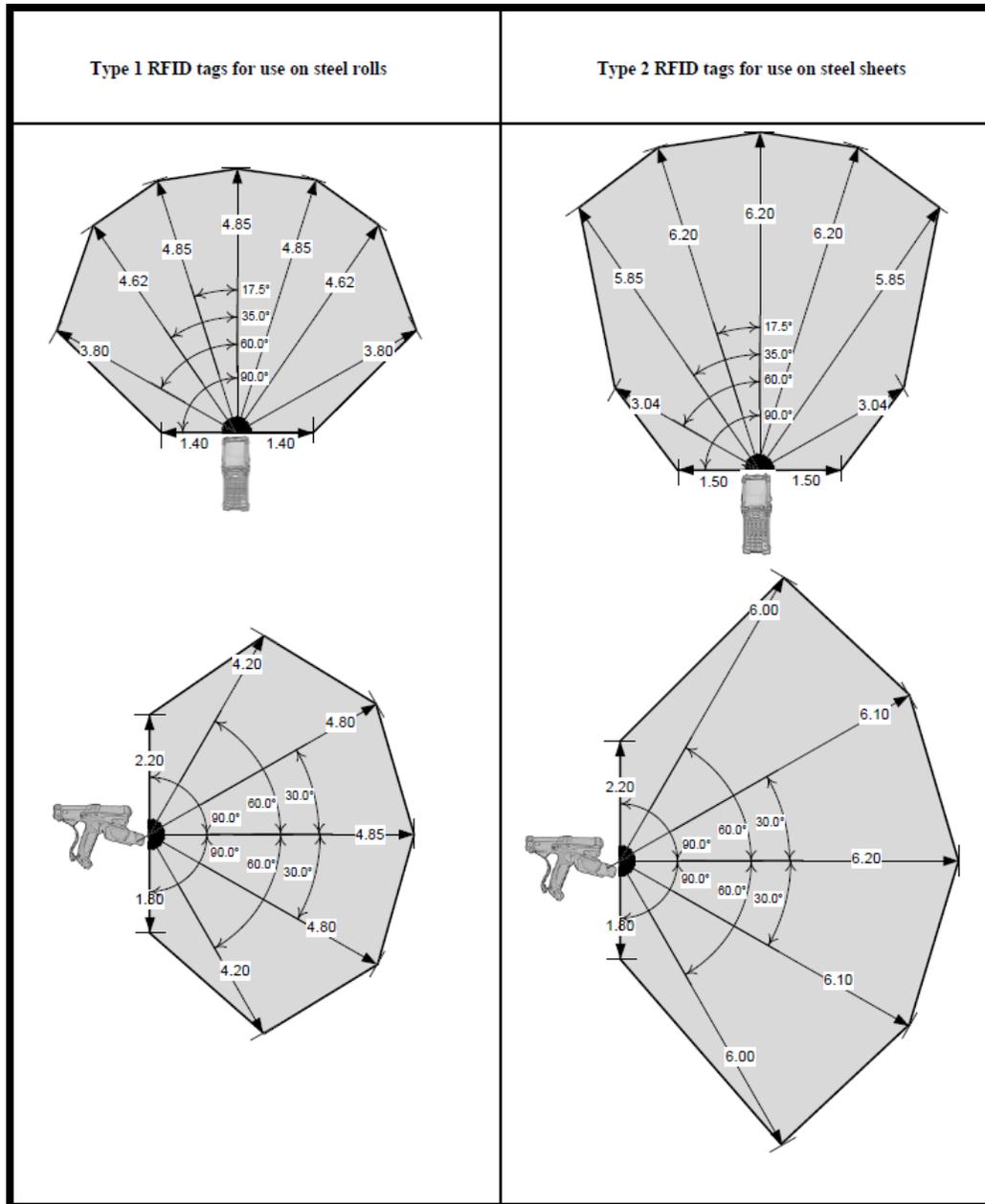
deberían tener dificultad en comprender su funcionamiento por lo que no necesitaría invertirse mucho tiempo en capacitación.

- Etiquetas de RFID Tipo 1 UHF Clase 1 Generación 2: Se planea que estas etiquetas se utilicen en las cintas de acero debido a que poseen una base que no es rígida lo que permitiría colocarlas sobre la superficie curva de las cintas. Aunque en sus especificaciones se menciona que en ambientes metálicos su rango de lectura es de 10 metros, utilizando el lector antes mencionado se obtuvo a través de 10 pruebas dentro del almacén que su rango de detección es de 4.85 metros y este rango cambia dependiendo del ángulo del lector con respecto a la etiqueta RFID. Figura 4-12 Rangos de lectura en metros.

Tomando en cuenta que los pasillos en los que se encuentran almacenadas las cintas tienen una profundidad de 5 metros, se concluyó que estas etiquetas son adecuadas para detectar cintas de acero en el almacén.

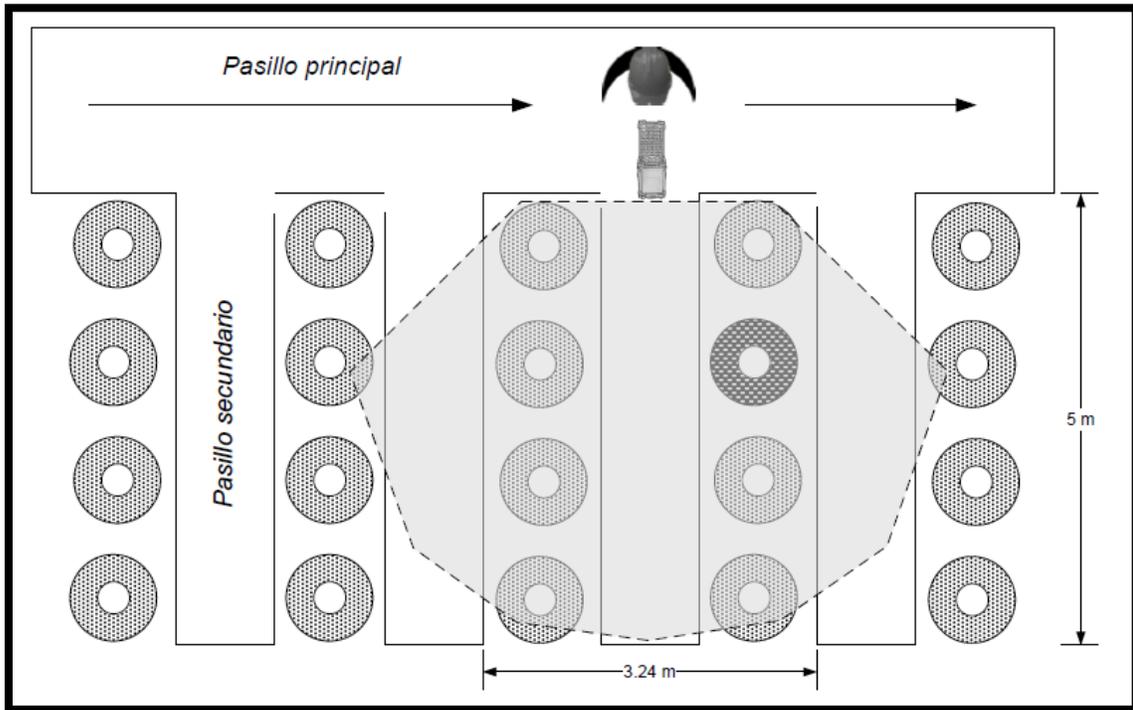
- Etiquetas de RFID Tipo 2 UHF Clase 1 Generación 2: Se planea que estas etiquetas se utilicen en los paquetes que contienen hojas de acero, debido a su base rígida y a su durabilidad. Aunque en sus especificaciones se menciona que en ambientes metálicos su rango de lectura es de 15 metros, utilizando el lector antes mencionado se obtuvo a través de 10 pruebas dentro del almacén que su rango de detección es de 6.20 metros y este rango cambia dependiendo del ángulo del lector con respecto a la etiqueta RFID. Figura 4-12 Rangos de lectura en metros.

Tomando en cuenta que los pasillos en los que se encuentran almacenadas las hojas tienen una profundidad de 7 metros, se concluyó que estas etiquetas son adecuadas para detectar paquetes con hojas de acero en el almacén.



**Figura 4-12 Rangos de lectura en metros.**

A partir de las medidas mostradas en la Figura 4-12, se estableció que la tecnología puede ser utilizada para detectar los productos dentro el cono de lectura en el almacén así como se muestra en la Figura 4-13. Esta figura muestra al operador de montacargas circulando en un pasillo principal con un lector portátil de RFID. En este caso el operador de montacargas fue capaz de detectar el producto con la ayuda del lector RFID y sin la necesidad de entrar en los pasillos secundarios. Esto debido a que la distancia para leer las etiquetas que están en los productos de acero es igual o mayor que la profundidad del pasillo secundario.



**Figura 4-13** Detección de las cintas de acero sin la necesidad de entrar a los pasillos secundarios.

Aun cuando esta forma de utilizar la tecnología no le indica al operador del montacargas el lugar exacto de un producto en el área de almacenamiento, sí le indicaría al operador de montacargas si el producto está en un pasillo cercano, lo que reduciría la distancia de recorrida y simplificaría la búsqueda del inventario ya que el operador de montacargas ya no necesitaría utilizar listas con los códigos de los productos que requieren ser embarcados para encontrar los productos visualmente.

#### **4.2.4 Consideraciones para la operación de la tecnología RFID**

Los proveedores de las dos etiquetas de RFID mencionados anteriormente ofrecen la posibilidad de pre programar las etiquetas con un código deseado y etiquetarlas con el número contenido en cada etiqueta, por lo que la programación de las etiquetas no debería de ser un problema para la compañía. Entonces, lo único que se requeriría para asociar una etiqueta RFID con un producto en el área de almacenamiento sería enlazar el código precargado con los productos en las bases de datos.

Otra consideración requerida para la operación de la tecnología es el software. El programa que la compañía utiliza en sus lectores portátiles para leer los códigos de barras es llamado *APP Center* y su propósito es actualizar la base de datos del middleware cuando un producto es recibido o embarcado. El middleware que la compañía posee para manejar la información de sus bases de datos se llama *Middleware Client*. Este software contiene bases de datos de movimientos que son realizados en el área de almacenamiento, por lo que las entradas y salidas deben ser registradas ahí.

Debido a que anteriormente había un sistema de identificación basado en el código de barras que utiliza computadores móviles portátiles que tienen el mismo sistema operativo que los lectores portátiles de RFID propuestos, entonces sería posible utilizar la misma infraestructura software para suplir de información al lector RFID.

No obstante, será necesario agregar un procedimiento al software de tanto el lector portátil de RFID como al middleware, ya que el flujo de información requerido no será unidireccional como lo era anteriormente. Figura 4-14 Sistema anterior basado solamente en código de barras versus el sistema propuesto basado en código de barras y RFID. Esto se debe a que en este caso el middleware también necesitará de proveer de información del lector portátil RFID para que el operador de montacargas pueda saber que productos requieren de ser embarcados y también pueda usar los lectores RFID para localizarlos.

La programación necesaria que se requiere para que el nuevo sistema pueda operar, puede ser realizada por la compañía ya que su personal fue el que programo el *Middleware Client* y el *APP Center* de sus computadoras portátiles utilizaban con anterioridad.

Por último, con respecto a la cantidad de etiquetas necesarias, todas las etiquetas RFID mencionadas solamente serán utilizadas una vez, por lo que la compañía deberá comprar nuevas etiquetas cada vez que un nuevo producto ingrese al almacén. De acuerdo con el promedio mensual de producción de la compañía, las cantidades de etiquetas RFID mostradas en la Tabla 4-4 se necesitarán adquirir cada año. Por otro lado, será necesario adquirir cinco lectores RFID, porque en cada turno hay cinco trabajadores en el área de almacenamiento haciendo labores relacionadas con el manejo de inventario.

Tabla 4-4 Cantidad requerida de cada tipo de etiqueta por año.

Etiqueta	Cantidad requerida/año
RFID Tipo 1	10,668
RFID Tipo 2	20,916

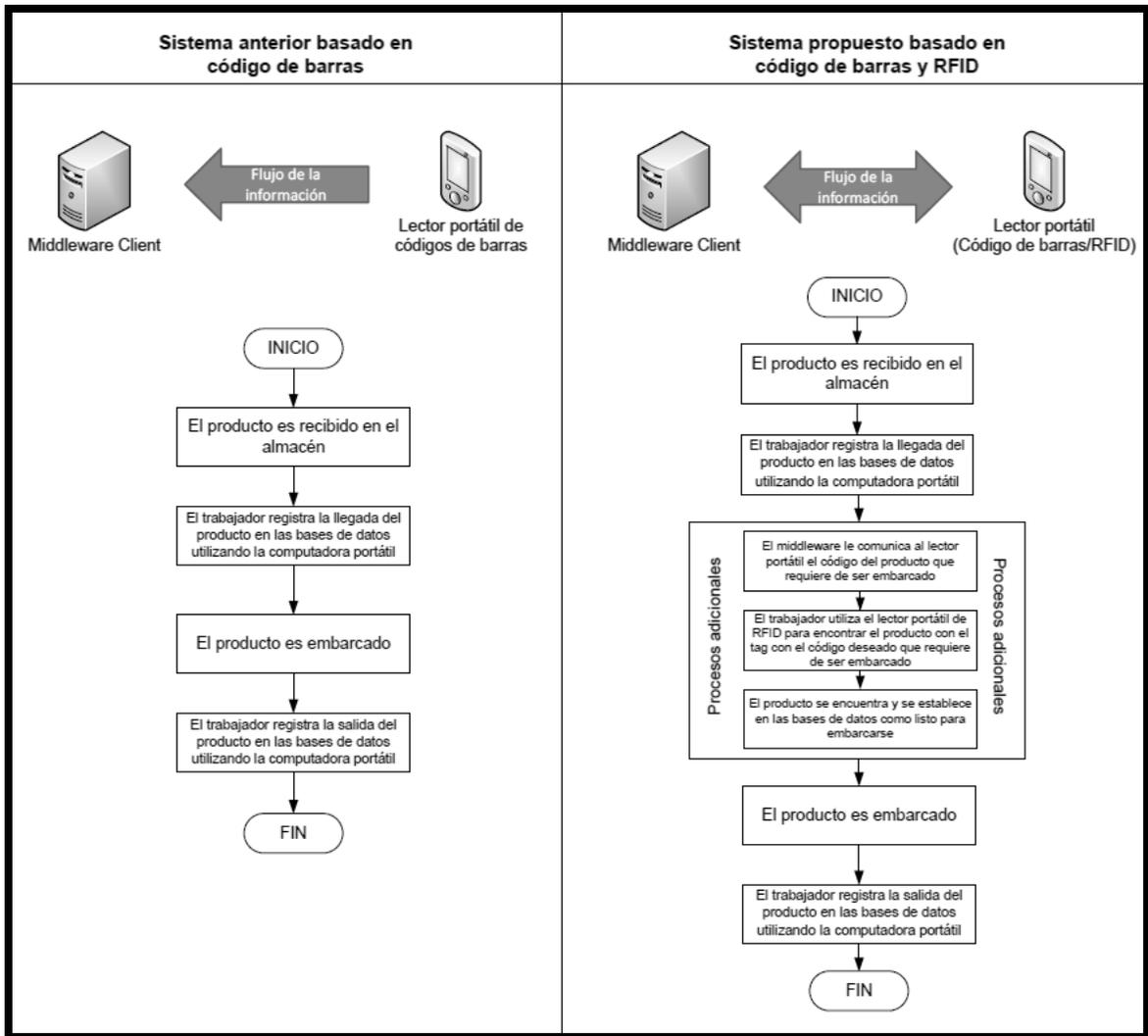


Figura 4-14 Sistema anterior basado solamente en código de barras versus el sistema propuesto basado en código de barras y RFID.

#### **4.2.5 Expectativas de la mejora**

Para analizar el impacto que se tendría si se logrará eliminar los movimientos ineficientes mencionados en la Figura 4-6, es necesario analizar la toma de tiempos y distancias de búsqueda realizados previamente a los operadores de montacargas. Como se mencionó anteriormente uno de los objetivos del estudio fue documentar en un mapa del almacén los movimientos que el trabajador realizaba durante su búsqueda. ANEXO A. Distribución del inventario y dimensiones del área del almacenamiento. ANEXO B. Medición de tiempos de localización de inventario.

Gracias a esta recopilación de información fue posible determinar cuanta distancia y tiempo invertía el trabajador en la realización de estos movimientos en el almacén. Como resultado se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 4-5, en la cual se muestran 30 muestras de los tiempos que al operador de montacargas le tomó buscar los productos en el inventario, la distancia que necesitó recorrer y la parte de esa distancia que fue ineficiente. Fue posible obtener el porcentaje de ineficiencia de los movimientos dividiendo la distancia ineficiente entre el total de distancia recorrida.

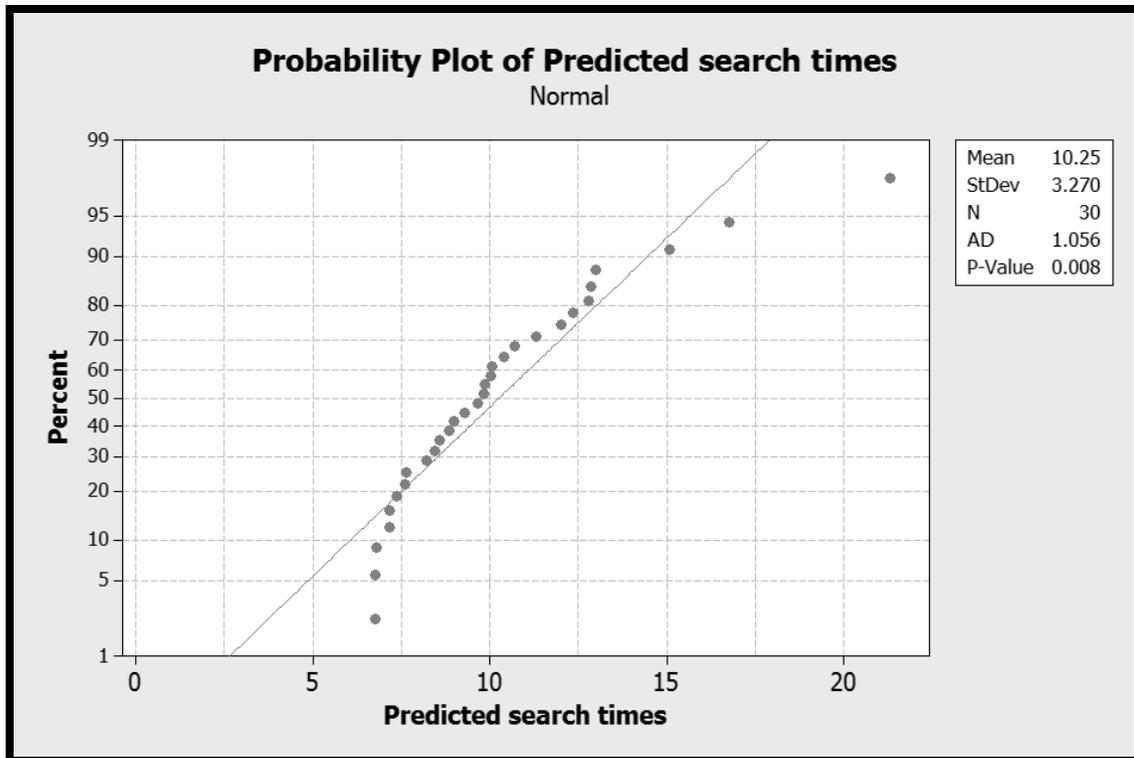
**Tabla 4-5 Cálculo del porcentaje de distancia ineficiente de búsqueda.**

<b># de muestra</b>	<b>Tiempo de búsqueda (minutos)</b>	<b>Distancia de búsqueda (metros)</b>	<b>Distancia ineficiente de búsqueda (metros)</b>	<b>% de ineficiencia</b>
1	12:00	92.50	78.00	84%
2	4:18	40.00	8.50	21%
3	19:00	359.00	222.10	62%
4	26:39	398.00	88.00	22%
5	38:09	411.00	272.40	66%
6	12:00	183.00	106.30	58%
7	7:28	48.00	33.00	69%
8	1:26	128.10	0.00	0%
9	1:22	121.20	0.00	0%
10	2:00	88.60	0.00	0%
11	3:09	59.80	37.10	62%
12	12:24	139.00	112.00	81%
13	7:30	23.30	8.00	34%
14	23:00	127.20	67.20	53%
15	8:00	102.30	20.50	20%
16	24:00	121.20	72.00	59%
17	34:00	346.00	280.00	81%
18	31:00	193.80	120.00	62%
19	21:00	94.70	72.00	76%
20	15:20	354.30	212.80	60%
21	9:44	141.10	63.80	45%
22	22:40	513.00	295.30	58%
23	6:25	229.30	122.50	53%
24	12:45	141.65	47.00	33%
25	6:20	62.65	30.00	48%
26	7:00	69.00	25.00	36%
27	9:16	250.10	169.00	68%
28	26:33	495.02	311.20	63%
29	28:00	165.90	109.00	66%
30	30:59	240.00	188.20	78%
<b>Promedios</b>	<b>15:30</b>	<b>191.29</b>	<b>105.70</b>	<b>51%</b>

Se determinó que en promedio el 51% de los movimientos realizados por el operador de montacargas durante su proceso de búsqueda de inventario era ineficiente y por lo tanto pueden ser reducidos si se implementa la tecnología RFID de la forma en que se propuso anteriormente.

Por otro lado, aplicando el modelo de regresión de las variables tiempo de búsqueda y distancia de búsqueda obtenido anteriormente, es posible decir que el

decremento del 51% en el promedio de la distancia recorrida resultaría en un nuevo promedio de tiempo que estaría localizado dentro del intervalo de 9.08 y 11.42 minutos con un 95% de confianza, lo que significa que el promedio de tiempo de búsqueda sería reducido en un 34% considerando que la normalidad de los tiempos de búsqueda puede inferirse así como lo sugiere la prueba Anderson-Darling con un 99.2% de confianza. Gráfica 4-2 Prueba de normalidad de los tiempos de búsqueda esperados.



Gráfica 4-2 Prueba de normalidad de los tiempos de búsqueda esperados.

En la Tabla 4-6 se muestran las distancias y los tiempos de búsqueda esperados de búsquedas de producto dentro del almacén, los cuáles se lograrían mediante la implementación de RFID como se propuso anteriormente.

**Tabla 4-6 Tiempos y distancias de búsqueda esperados después de implementar RFID.**

# de muestra	Distancia de búsqueda esperada (metros)	Tiempo de búsqueda esperado (minutos)
1	14.50	6:45
2	31.50	7:35
3	136.90	12:47
4	310.00	21:17
5	138.60	12:52
6	76.70	9:49
7	15.00	6:47
8	128.10	12:20
9	121.20	12:00
10	88.60	10:24
11	22.70	7:10
12	27.00	7:22
13	15.30	6:47
14	60.00	8:59
15	81.80	10:04
16	49.20	8:28
17	66.00	9:17
18	73.80	9:40
19	22.70	7:10
20	141.50	13:00
21	77.30	9:50
22	217.70	16:45
23	106.80	11:17
24	94.65	10:42
25	32.65	7:39
26	44.00	8:12
27	81.10	10:02
28	183.82	15:05
29	56.90	8:50
30	51.80	8:35
<b>Promedios</b>	<b>85.59</b>	<b>10:15</b>

Tomando como escenario más probable que el nuevo tiempo promedio de búsqueda será 10:15 minutos después de la implementar la tecnología, entonces el nuevo tiempo requerido por el operador de montacargas para realizar sus actividades en un turno de 8 horas sería reducido a 7:51 horas. Tabla 4-7 Distribución del tiempo esperada de las actividades del operador de montacargas después de implementar RFID. A partir de ello es posible decir que la implementación de RFID traería una mejora substancial en el proceso de manejo

de inventario. Esta reducción del tiempo total requerido por el operador para llevar a cabo sus actividades, eliminaría la necesidad de reemplazar los productos que busque con otros de más reciente producción, causando que el porcentaje de inventario obsoleto se reduzca a cero.

**Tabla 4-7 Distribución del tiempo esperada de las actividades del operador de montacargas después de implementar RFID.**

<b>Roles y responsabilidades de un operador de montacargas</b>	<b>Repeticiones por día</b>	<b>Tiempo requerido (minutos)</b>	<b>Tiempo requerido por día (horas)</b>
Mover producto a almacén	-	60	1:00
Búsqueda del producto	5	10	0:51
Mover producto a área de espera	5	21	1:45
Carga de felte	5	45	3:45
Otras actividades / necesidades	-	30	0:30
<b>Tiempo total requerido por trabajador por día</b>			<b>7:51</b>

### 4.3 Justificación de la inversión

Los costos de la inversión mostrados en la Tabla 4-8 fueron calculados utilizando las cantidades de etiquetas establecidas en la Tabla 4-4. (Nótese que los precios mostrados corresponden al mes de Octubre del 2011). Es importante clarificar que las cantidades de etiquetas RFID mencionadas son la cantidad requerida para un año de operación y los lectores RFID tienen una vida útil de cuatro años sin valor de rescate, por lo que al final de esos periodos la compañía deberá repetir la inversión correspondiente nuevamente.

**Tabla 4-8 Inversión inicial.**

<b>Artículo</b>	<b>Cantidad necesaria</b>	<b>Durabilidad (años)</b>	<b>Inversión (Dólares)</b>
RFID Tag tipo 1	10668	1	\$ 30,742.00
RFID Tag tipo 2	20916	1	\$ 88,893.00
Lector RFID	5	4	\$ 18,430.00
		<b>Total</b>	<b>\$ 138,065.00</b>

Para justificar la inversión en RFID cómo se propuso anteriormente, se define como 12 minutos el tiempo de búsqueda para que el tiempo total requerido por el operador de montacargas para llevar a cabo sus actividades diarias sea de 8 horas. Debido a que en este caso el intervalo de confianza demostró que el límite superior del nuevo promedio de tiempo de búsqueda sería 11:25 minutos si la tecnología es implementada (valor que es menor a 12 minutos), entonces se puede concluir que el operador de montacargas no tendría necesidad de sustituir los productos deseados con otros de más reciente producción para completar sus actividades. Consecuentemente el inventario obsoleto (productos con más de 90 días en el almacén que no tienen problemas de calidad o problemas de otra índole, y por lo tanto pueden ser entregados al cliente final) debería ser 0% después de un año de implementación ya que el producto más antiguo que la compañía tiene en el inventario ha estado en el almacén un año (lo que significa que el tiempo máximo de estancia para el inventario es de un año).

No obstante, debido a que la compañía desea prevenir que el inventario obsoleto vuelva a aparecer, la implementación y operación de la tecnología debe ser permanente. Se propone en este estudio reinvertir las utilidades netas obtenidas en el primer año para poder financiar permanentemente la operación de la tecnología. Esto es una práctica contable aceptable porque el principal objetivo de la firma es reducir el índice de obsolescencia y mejorar la calidad de sus procesos. Debido a que la compañía utiliza una Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA) del 15% (considerando la devaluación del dinero) para invertir en proyectos, entonces finalmente la inversión podría traer un retorno neto sobre la inversión en cuatro años de \$765,195 dólares, considerando que el costo de manejar el 7% del inventario obsoleto es de \$412,057 dólares por año. Figura 4-15 Flujo de efectivo después de la inversión (dólares).

No es de sorprender que mediante la utilización de RFID en la industria del acero, se pueda obtener un valor de retorno en poco tiempo ya que antes otra empresa acerera ya había obtenido un retorno sobre la inversión en sólo 6 meses (Friedlos, 2010). Como punto final, es posible decir que la inversión en la implementación propuesta en este estudio es factible.

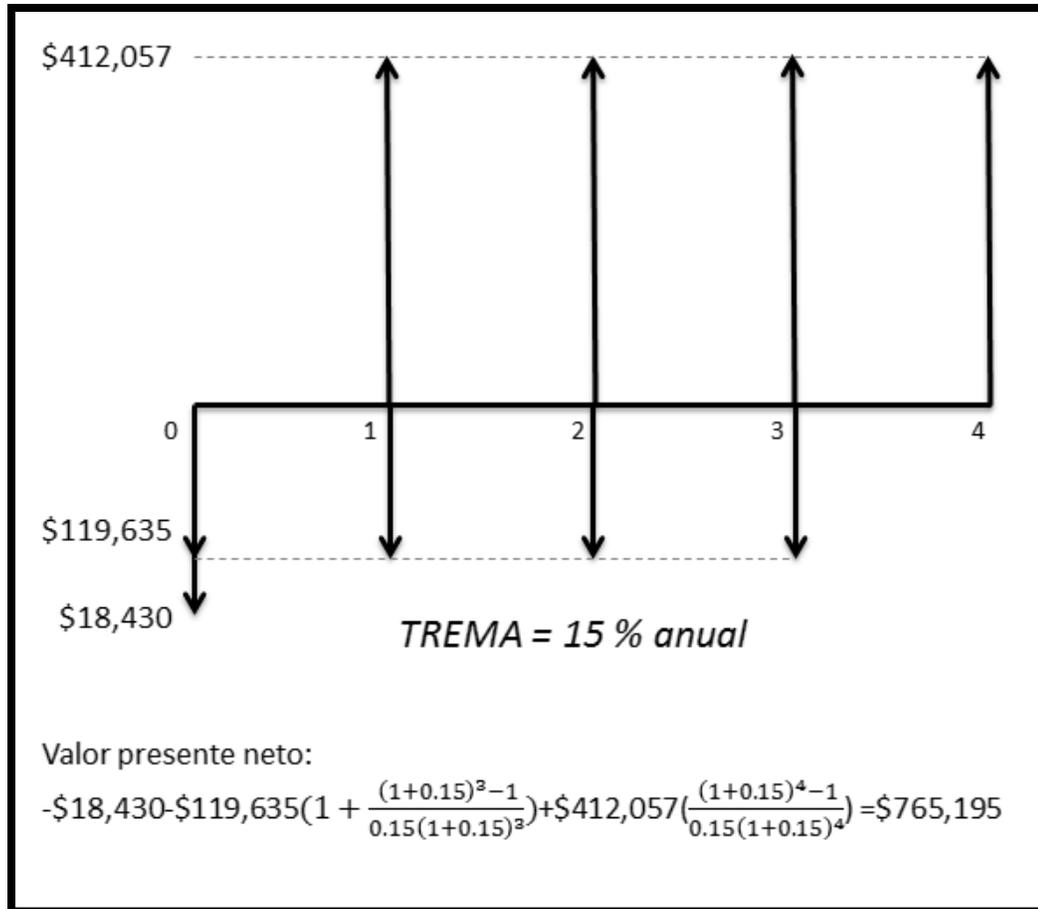


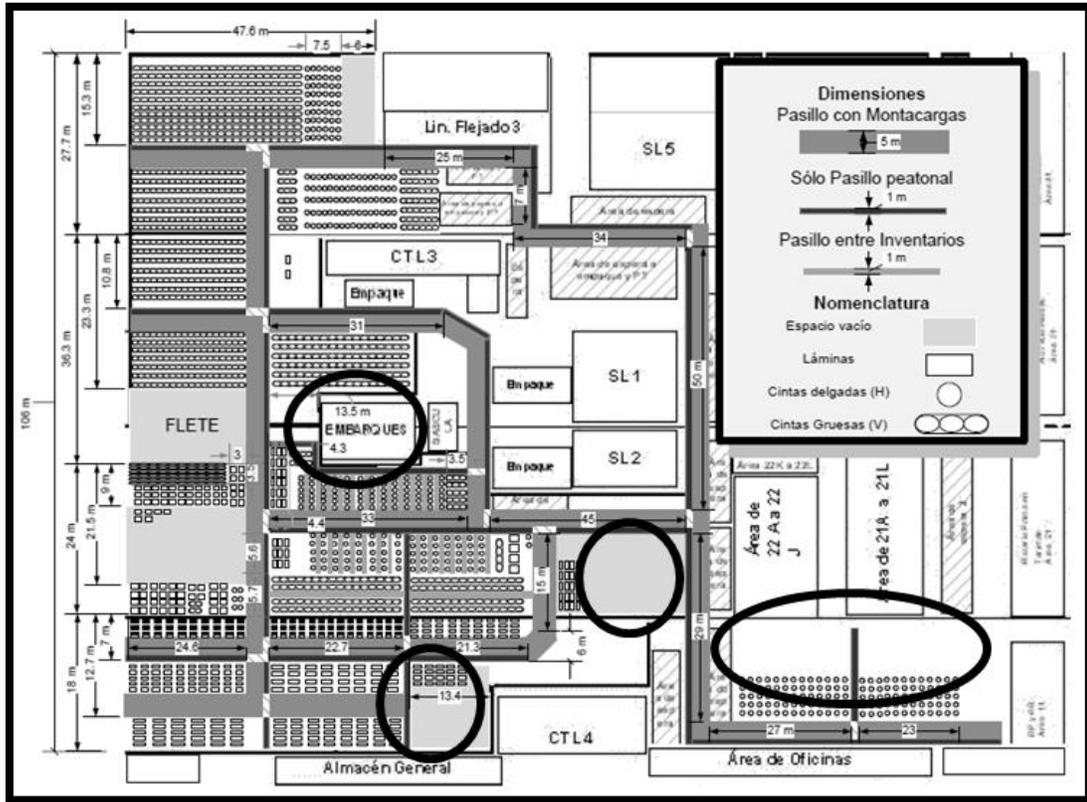
Figura 4-15 Flujo de efectivo después de la inversión (dólares).

#### 4.4 Recomendaciones a la compañía

A partir de los diferentes estudios de distancias y tiempos fue posible documentar diversas situaciones que pudieran afectar el proceso de manejo de inventarios. A continuación se mencionarán algunas posibles mejoras que la compañía debería tener en consideración para obtener un manejo más eficiente del inventario.

Cómo primera propuesta se recomienda a la compañía no utilizar pasillos con una profundidad de más de 5 metros ya que esto disminuiría los movimientos necesarios por parte del operador de montacargas para acceder a los productos que están al fondo de los pasillos secundarios. Otra propuesta es la colocación de

los materiales que tienen mayor rotación cerca de las puertas, ya que esto podría disminuir el tráfico dentro del almacén (Bartholdi, & Hackman, 2011).



**Figura 4-16** Existen espacios dentro del almacén que pueden ser utilizados como áreas de almacenamiento.

Existen diferentes áreas dentro del almacén que no son propias del sistema de manejo de inventario y por lo tanto pueden ser movidas a una locación diferente para aprovechar los espacios. Estas áreas son el taller mecánico, las oficinas que se encuentran en el centro del almacén, área de almacenamiento de tarimas y otras áreas que pueden cambiarse de ubicación fácilmente al exterior y que podrían ser utilizadas para almacenar producto. Figura 4-16

Por último, se recomienda a la compañía considerar la ampliación del almacén ya que se detectó que en determinadas situaciones la falta de espacio llevo a que el personal invadiera los pasillos con productos lo que dificultó el paso del personal y de los montacargas. Además se detectó que los pasillos del almacén son muy angostos, lo que pudiera representar un peligro para el personal. A través de una inspección visual del área que rodeaba al almacén se encontró que existe suficiente espacio para considerar una posible expansión y remodelación del almacén en el futuro. Figura 4-17 Existen áreas fuera del

almacén que pueden ser aprovechadas para la expansión del área de almacenamiento.



**Figura 4-17 Existen áreas fuera del almacén que pueden ser aprovechadas para la expansión del área de almacenamiento.**

## **CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES**

---

El método de inventario compartido en el cuál se puede colocar el producto terminado en cualquier lugar dentro de un almacén tiene la principal ventaja de maximizar el espacio de almacenamiento, sin embargo entre las grandes desventajas que tiene están los altos tiempos de localización del inventario que se generan, así como la necesidad de realizar auditorías constantes para localizar el material perdido, los cuáles, como se ha demostrado, en ciertas circunstancias pueden impactar los índices de inventario obsoleto.

Mediante la realización de análisis de tiempos y distancias de búsqueda de inventario se obtuvo que se pueden reducir sustancialmente estas variables si en combinación con el uso del método de inventario compartido se utiliza software y hardware de rastreo, lo que reduciría gradualmente los índices de inventario obsoleto hasta desaparecerlos.

En este trabajo se propone la utilización de lectores RFID portátiles para poder obtener una reducción sustancial en los tiempos de búsqueda. Esta implantación sentaría la base para que en un futuro la compañía sea capaz de implementar antenas RFID en el almacén completo, lo que permitiría que se pudiera conocer la ubicación del inventario en todo momento lo cual ayudaría a mejorar la eficiencia del proceso de localización del inventario en tiempo real y mejoraría la calidad de la información, permitiendo así el diseño de mejores rutas dentro del sistema de almacenamiento, mejorándose así los indicadores obsolescencia, pérdidas de inventario, problemas de calidad por maniobras, y la generación de situaciones inseguras.

## CAPÍTULO 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Camdereli, A. Z., & Swaminathan, J. M. (2010). Misplaced inventory and radio-frequency identification (RFID) technology: Information and coordination. *Production and Operations Management*, 19(1), 1-1-18. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/228683689?accountid=11643>
- Chen, S. L., Kuo, S. K., & Lin, C. T. (2009). A metallic RFID tag design for steel-bar and wire-rod management application in the steel industry. *Progress in Electromagnetics Research*, 91(1), 195-212. Retrieved from <http://www.jpier.org/PIER/pier91/12.09021304.pdf>
- Kok, A. G., Donselaar, K. H., & Woensel, T. (2008). A break-even analysis of RFID technology for inventory sensitive to shrinkage. *International Journal of Production Economics*, 112(2), 521. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/199004324?accountid=11643>
- Kumar, S., Anselmo, M., & Berndt, K. (2009). Transforming the retail industry: Potential and challenges with RFID technology. *Transportation Journal*, 48(4), 61-71. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/204599600?accountid=11643>
- Friedlos, D. (2010). Steel products maker sees roi in six months. *RFID Journal*, Retrieved from <http://www.rfidjournal.com/article/view/7448> doi: 7448
- Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2011). Warehouse & distribution science. *Atlanta, GA: Georgia Institute of Technology.*
- Heizer, J., & Render, B. (2010). Operations management. *Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall.*



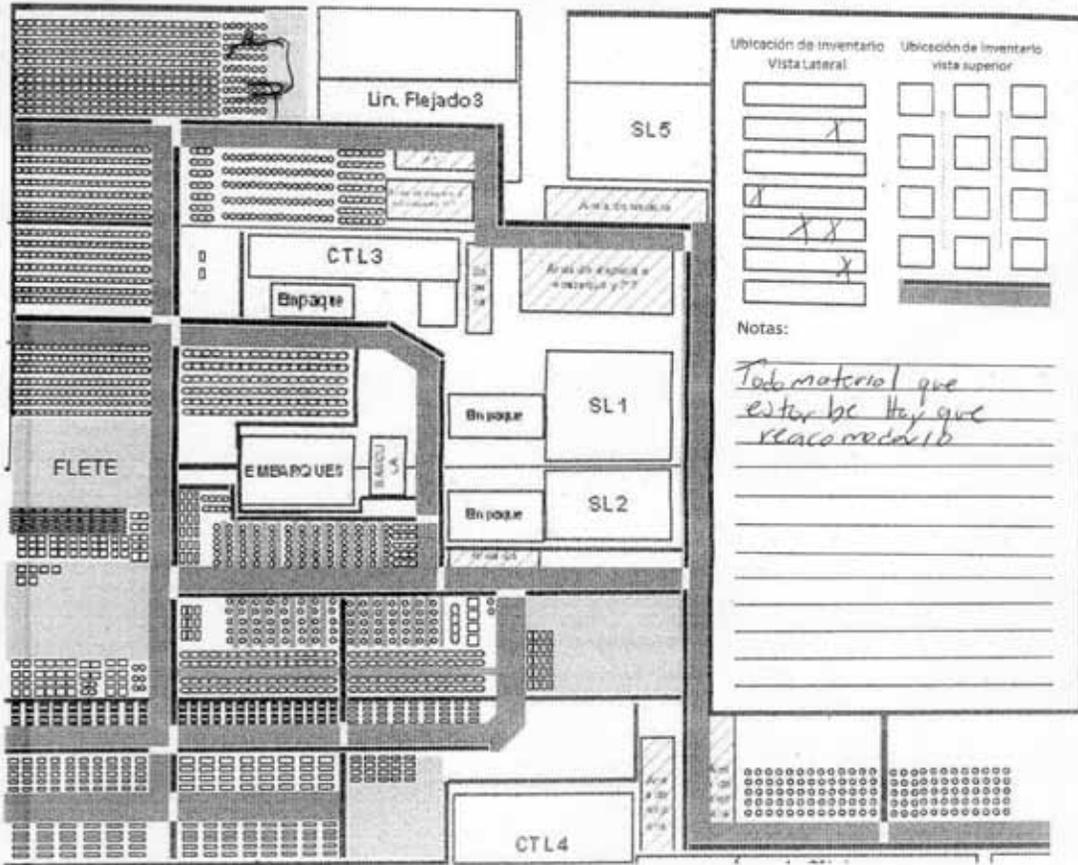


Medición de tiempos de localización de inventario

No Obsoleto

#2

Producto: CH Cliente: PSL Montacarguista: MARCELO LUNA FECHA: 26-Mayo-11 Hora: 12:30

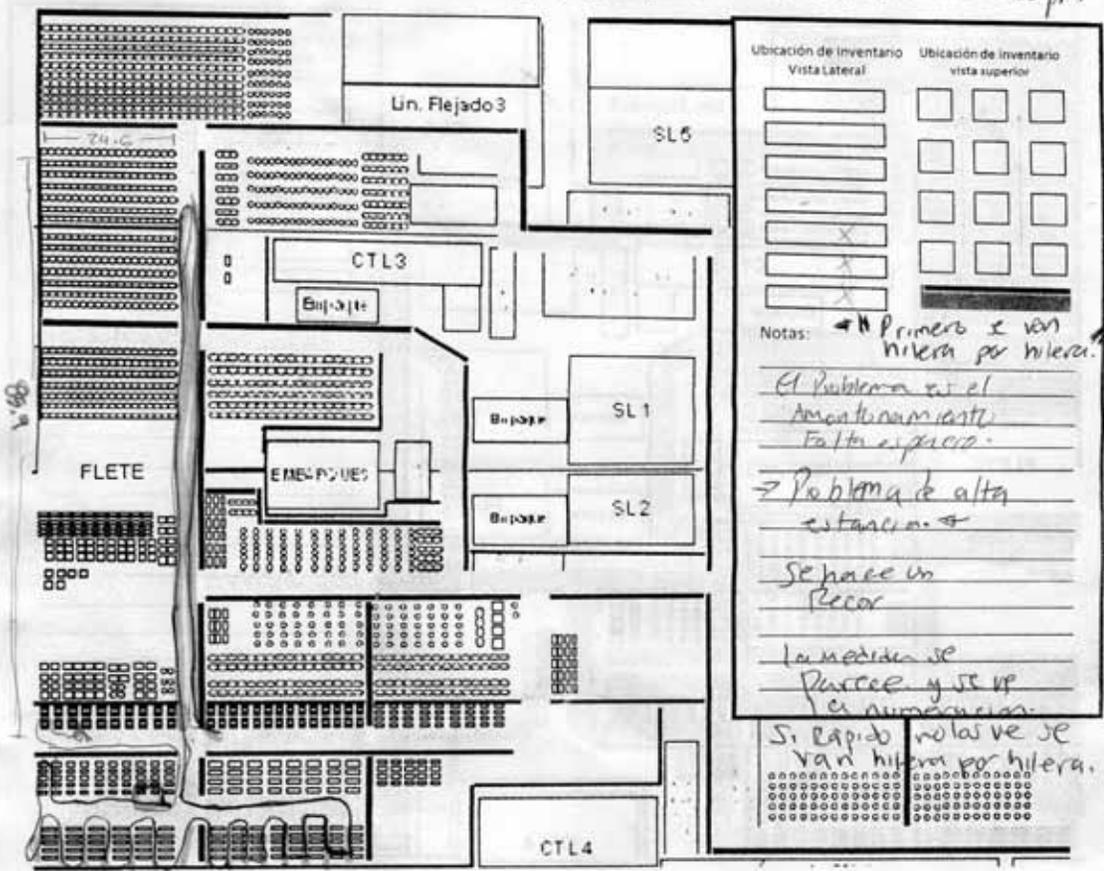


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Producto terminado	4:18 min	40m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

### Medición de tiempos de localización de Inventario

#3

Producto: L Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: Mendoza FECHA: 2 Junio Hora: 4:30 pm

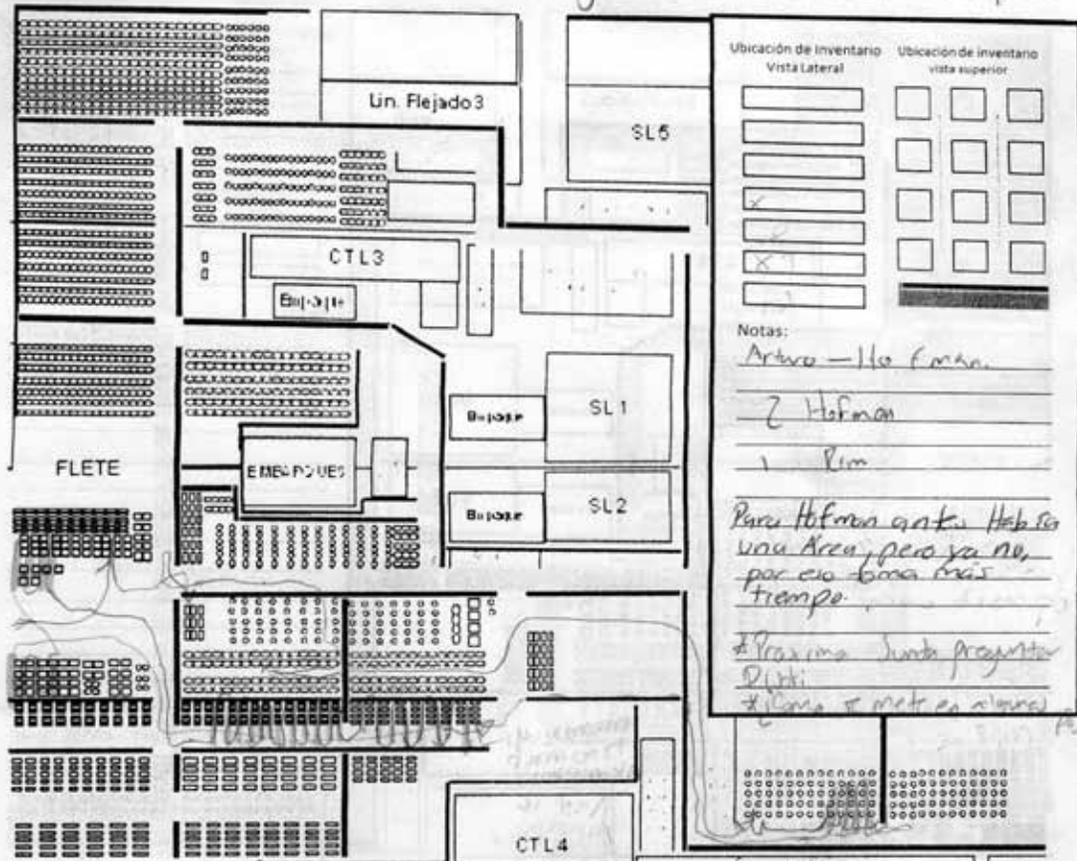


HACER UNA AUDITO DIA COMPLETA CASI

No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Se está buscando Material Liminas como no se	19 minutos	359m
2	encontró en recorrido largo, se va hilera por		
3	hilera.		
4			
5	→ Muchas veces los pasillos no están bien por lo que no		
6	se detecta el material apropiadamente.		
7			
8	Se marca con una X el producto y luego		
9	se mueve con Montacargas.		
10			

Medición de tiempos de localización de inventario

Producto: L Cliente: Hofman Montacarguista: Rodriguez FECHA: 6 Jun-11 Hora: 2 pm

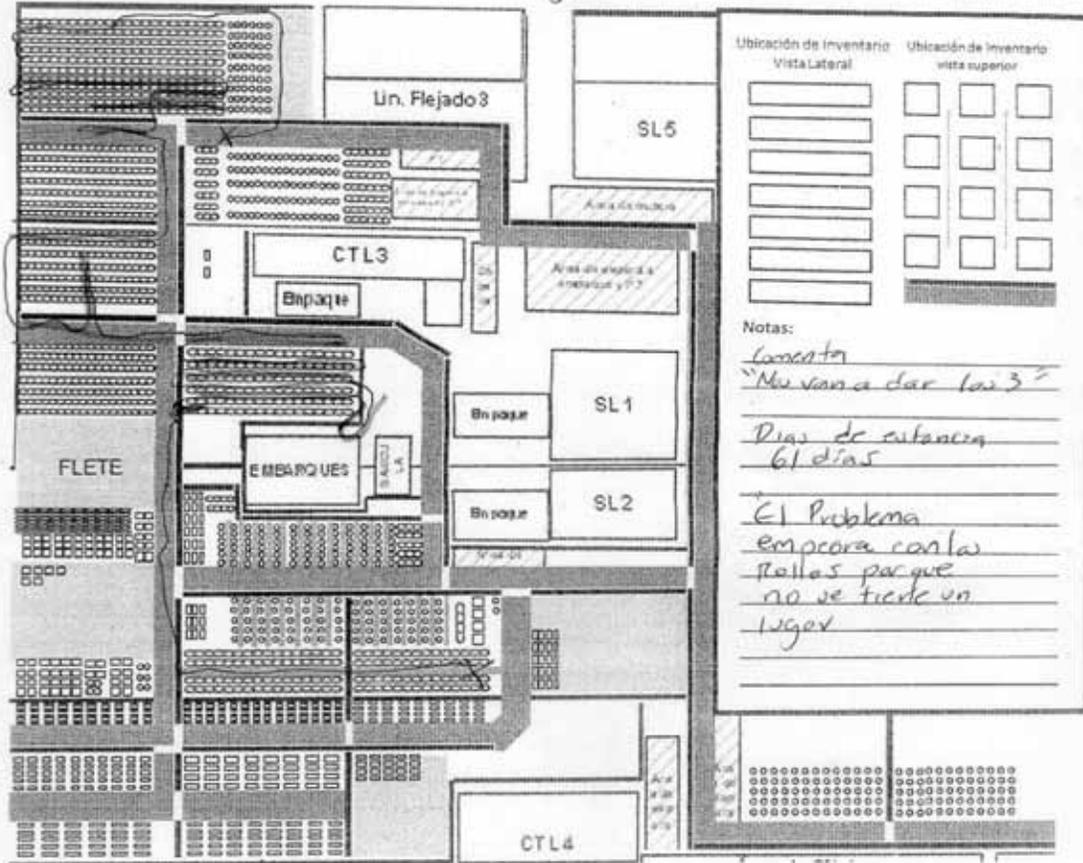


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Material en el Almacén	26:39 mn	398m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

#5

Producto: Rolls Cliente: Reehm Montacarguista: Angel FECHA: 8-Jun-11 Hora: 1PM

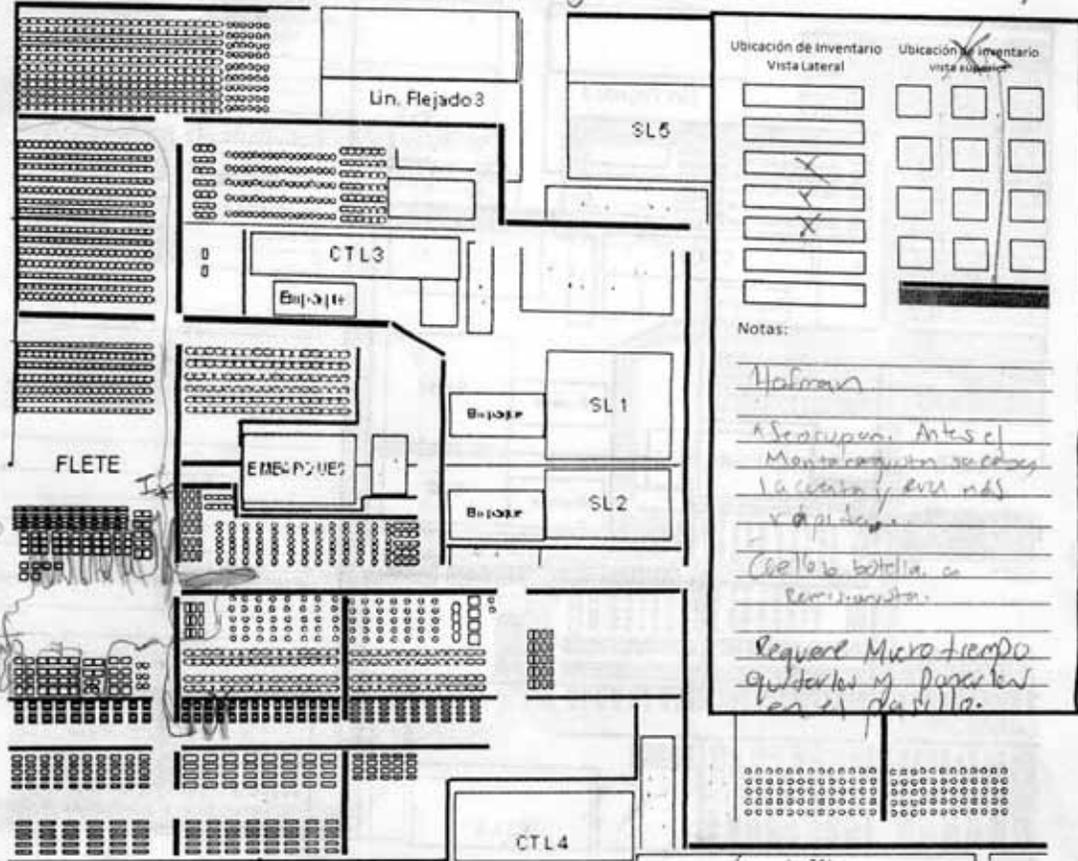


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de producto en Almacén	38:09 min	411 m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

#6

Producto: L Cliente: Hofman Montacarguista: Rodriguez FECHA: 6-Jun-11 Hora: 2:30 pm



Ubicación de inventario Vista Lateral	Ubicación de inventario Vista Superior
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

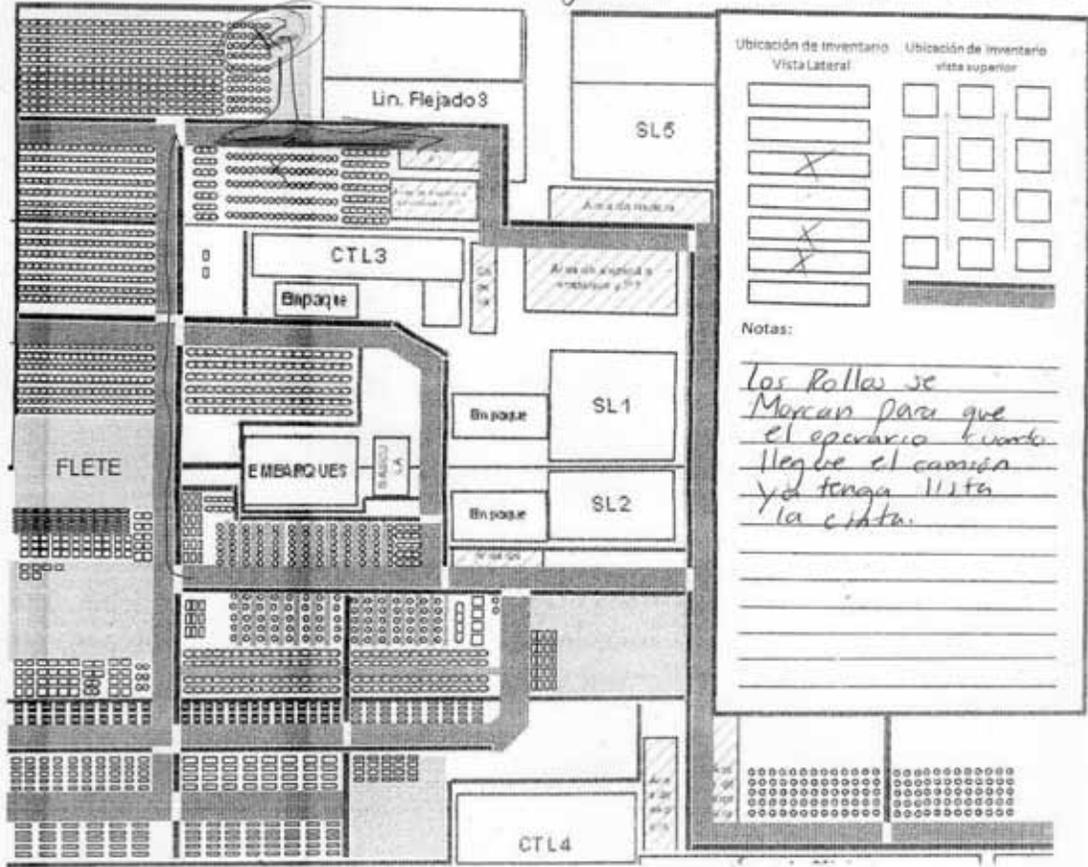
Notas:  
 Hofman  
 Adecuacion. Antes el Montacarguista se colocaba la cámara y era más rápido.  
 Cuello de botella en Perimetral.  
 Requiere Micro tiempo quitarlos y ponerlos en el pasillo.

No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Busqueda de Producto en Inventario	12 min	183m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

#7

Producto: 1 Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: Rangel FECHA: 24-May-11 Hora \_\_\_\_\_



No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Producto en Almacén	7:28 min	48m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

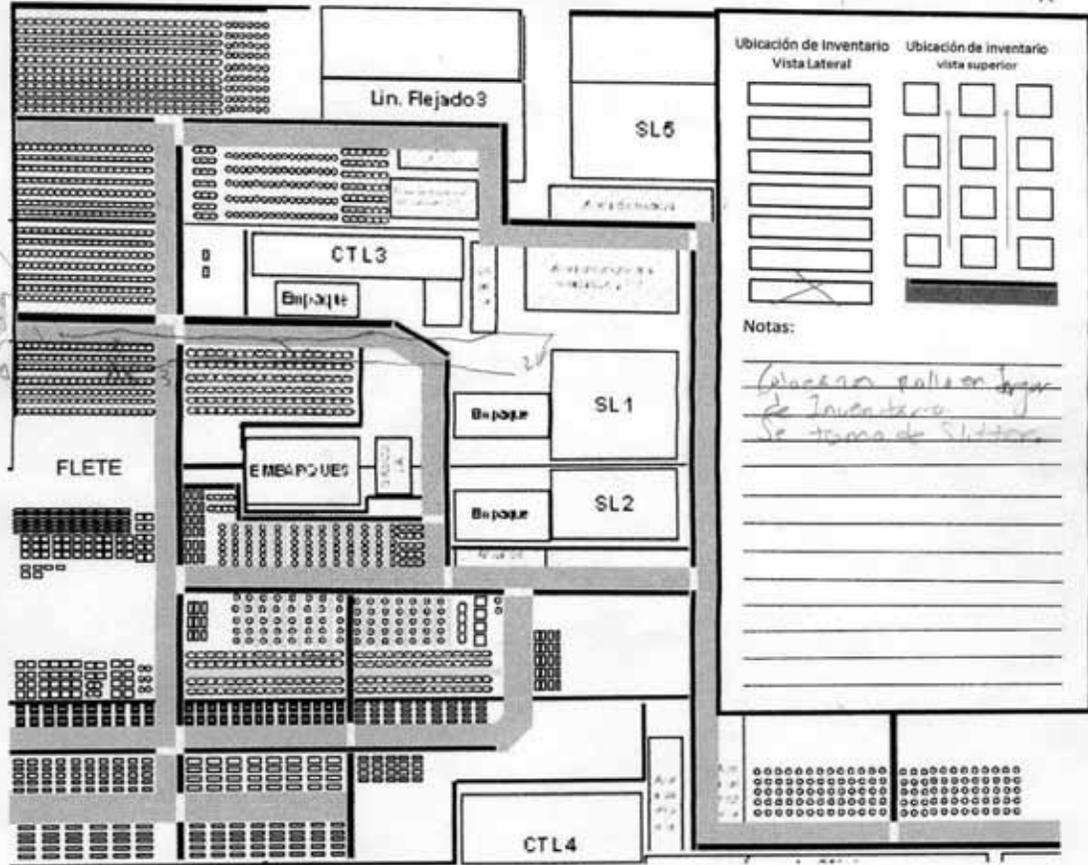


Medición de tiempos de localización de Inventario

No. objeto                     

#9

Producto: R Cliente:                      Montacarguista: Juan FECHA: 24-Mayo-11 Hora: 11:50 am

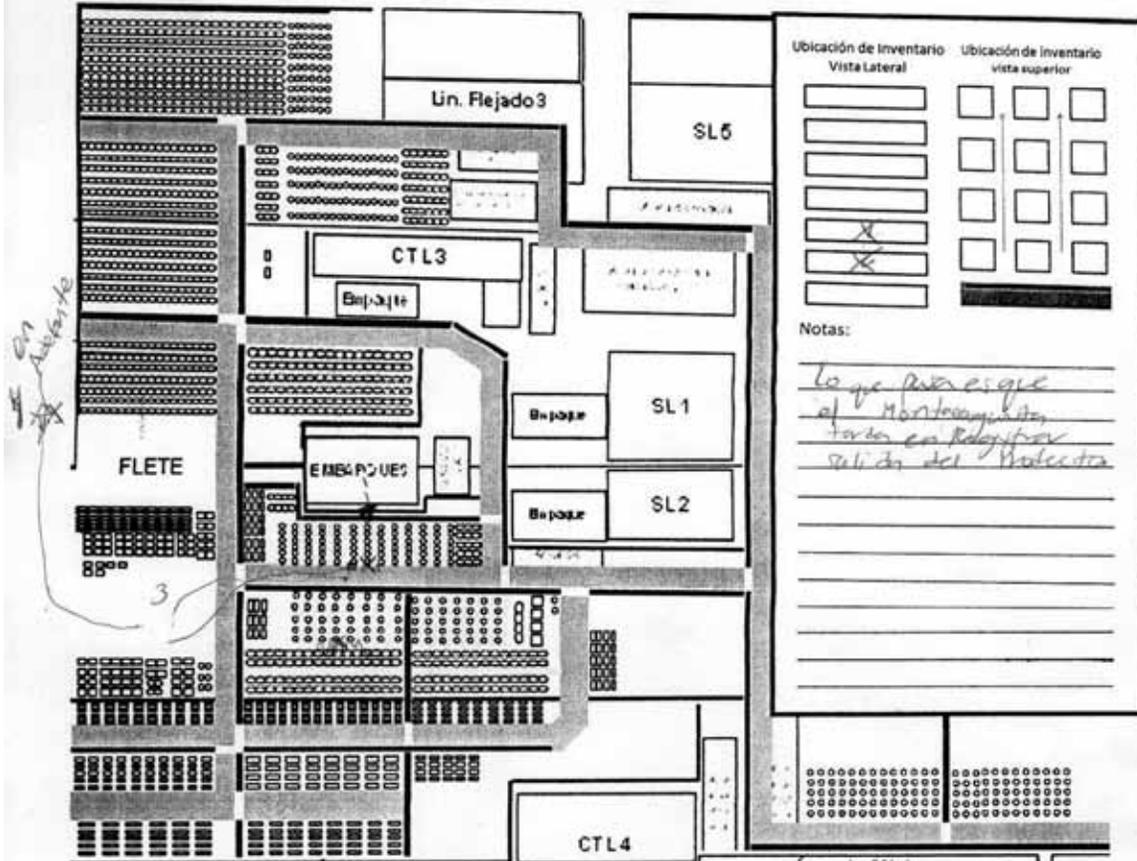


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Rollo	1:27-21 min	121-2m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

### Medición de tiempos de localización de Inventario

#10

Producto: CH Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: RANGEL FECHA: 24-May-11 Hora \_\_\_\_\_

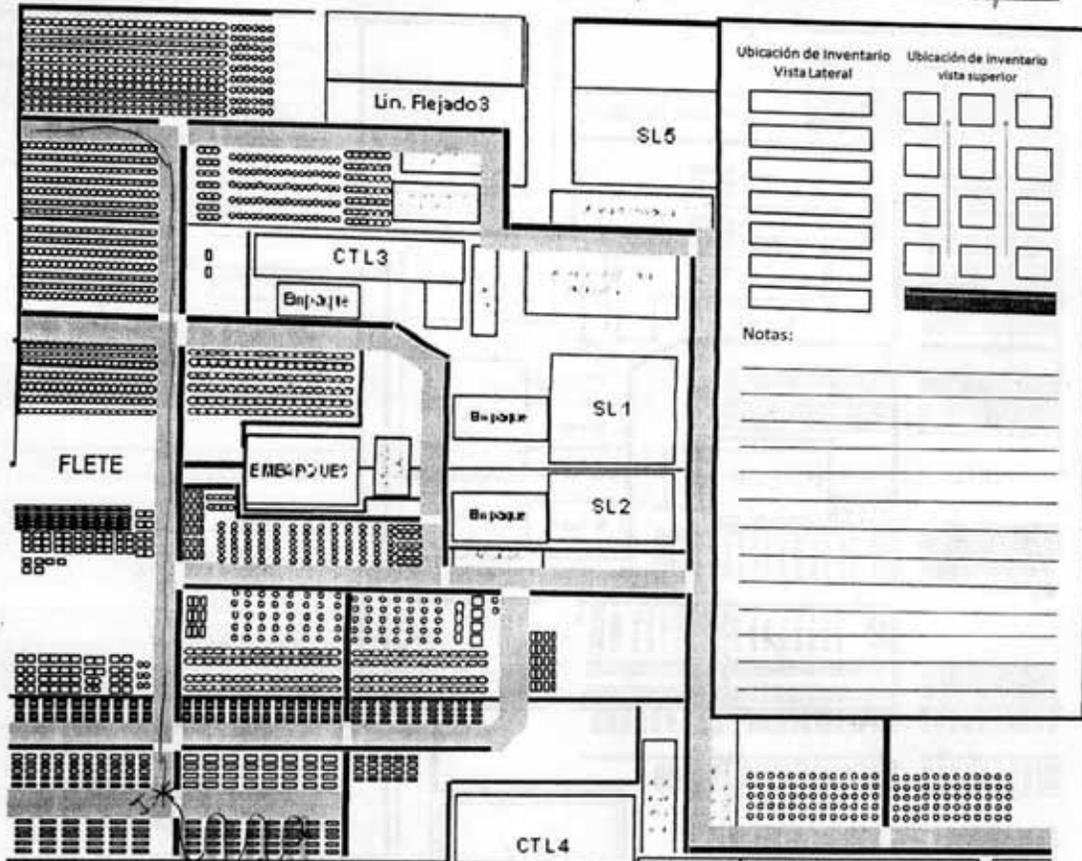


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	localización de Inventario	8 seg.	88.6 m
2	<del>se toma el inventario</del>	2:00	
3	se deja Inventario	2:50 -	
4	se va a cargar a ver orden	3:51 -	
5	Se le ordena y se pide al Trailer se reacomoda	6:46 -	
6	Trailer acomodado	10:19 -	
7	se rota en Material en Trailer rotas	11:38 -	
8	Tiempo que tarda en Registrar Matl para Salida	14:54 -	
9			
10			

### Medición de tiempos de localización de Inventario

# 11

Producto: L Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: Mendoza FECHA: 1-Jun-11 Hora 5pm

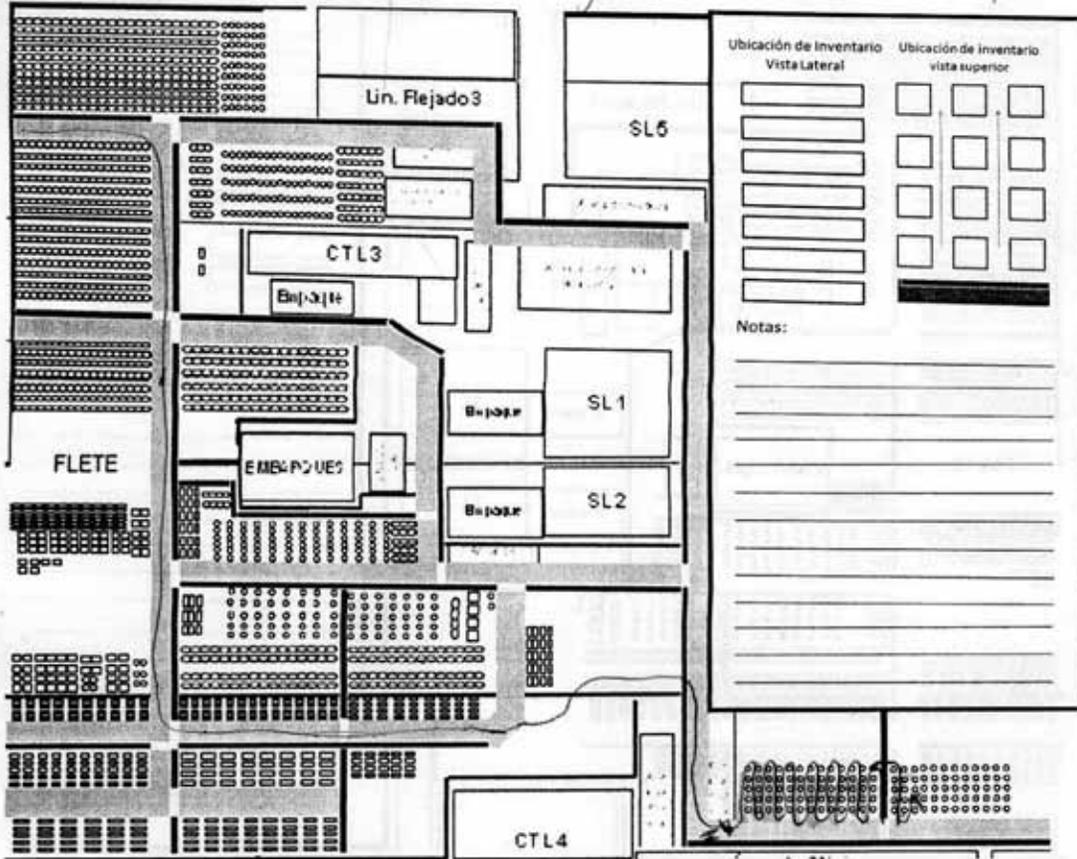


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Busqueda de Producto Terminado	<del>3:09 min</del>	
2	Localización de Producto Terminado	3:09 min	57.8m
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

#12 [Redacted]

Producto: C Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: Rodriguez FECHA: 6-Jun-11 Hora: 3pm

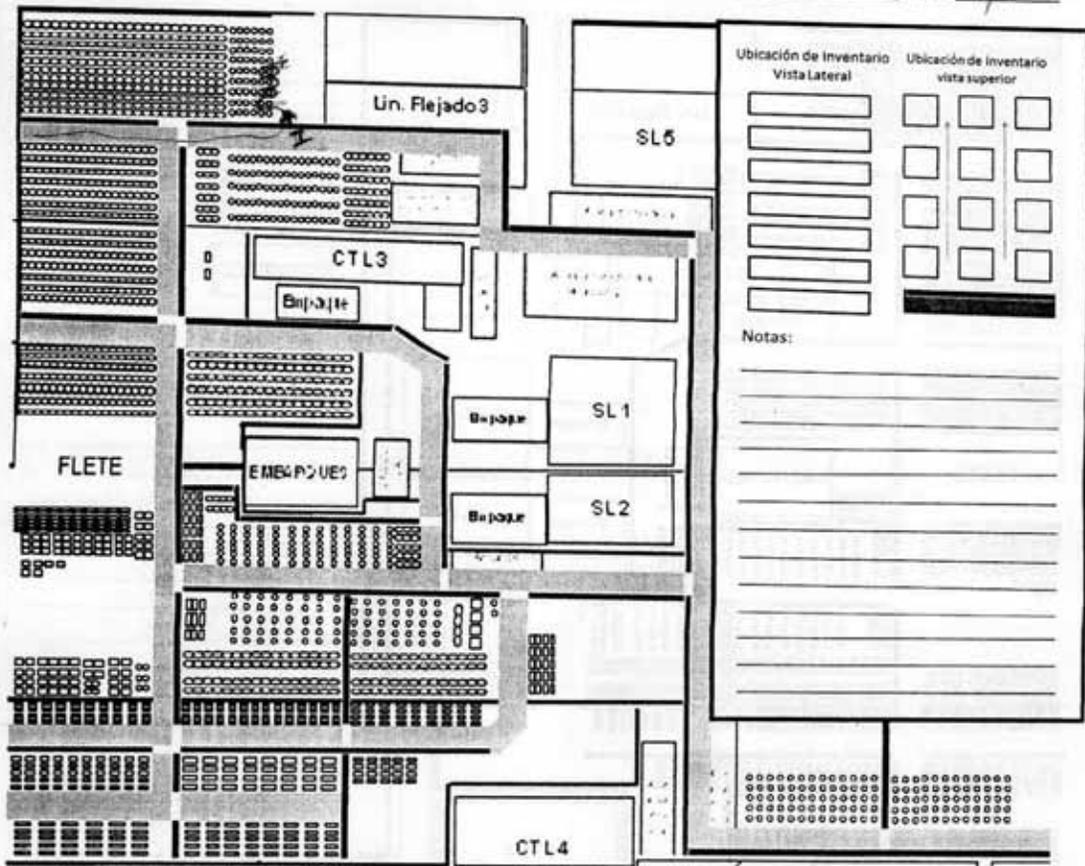


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Producto en Inventario	12:24 min	139m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

#13

Producto: C Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: Mardo FECHA: 1-Jun-11 Hora: 1pm

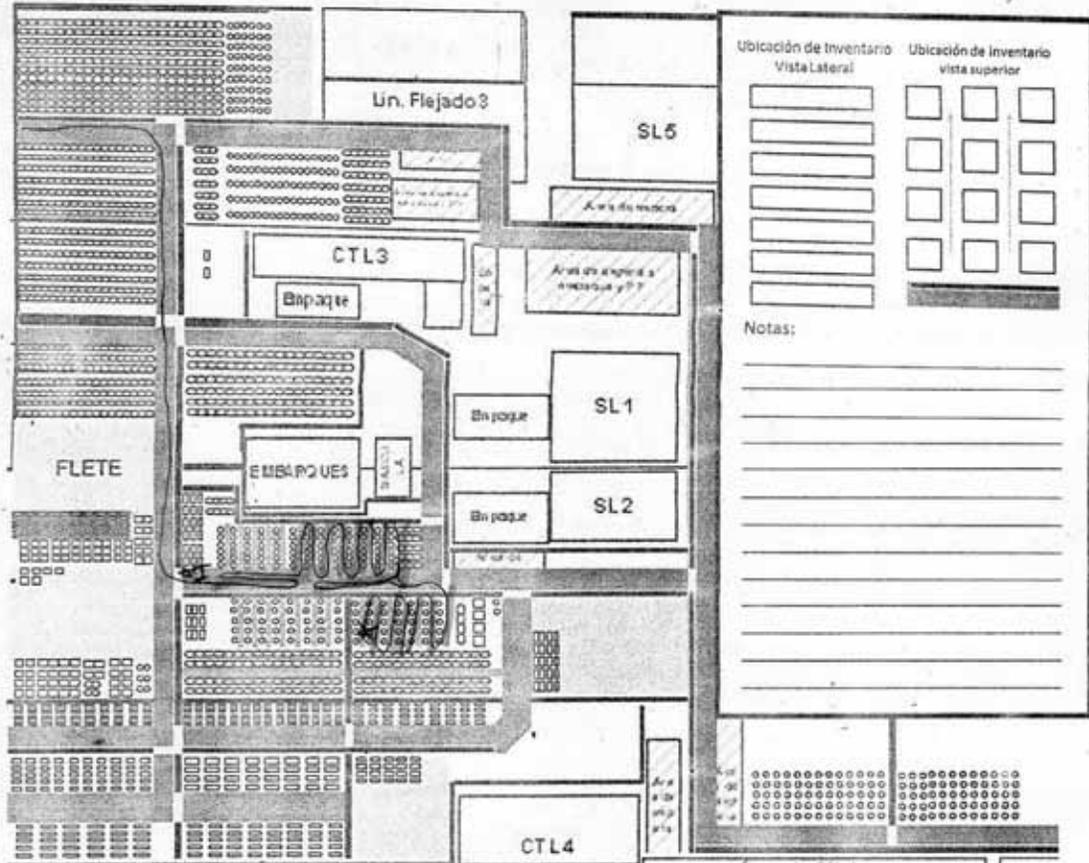


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsquedas de Cintas en el Inventario	7:30 min	23.5m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

#14

Producto: C Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: Marcelo FECHA: 26-May-11 Hora: 12pm

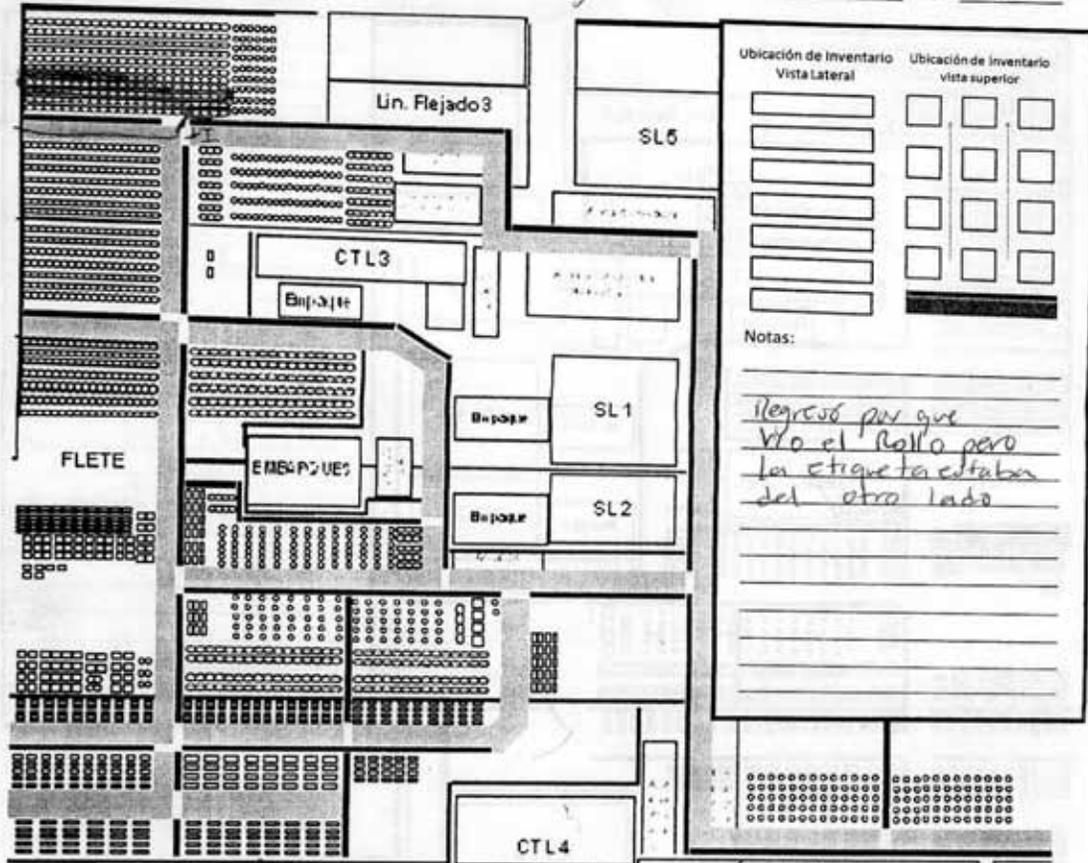


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Cajas en el inventario.	23 min	127.2m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

#15 5

Producto: R Cliente: ARM Montacarguista: Jorge FECHA: 30 AGO 11 Hora 8:30

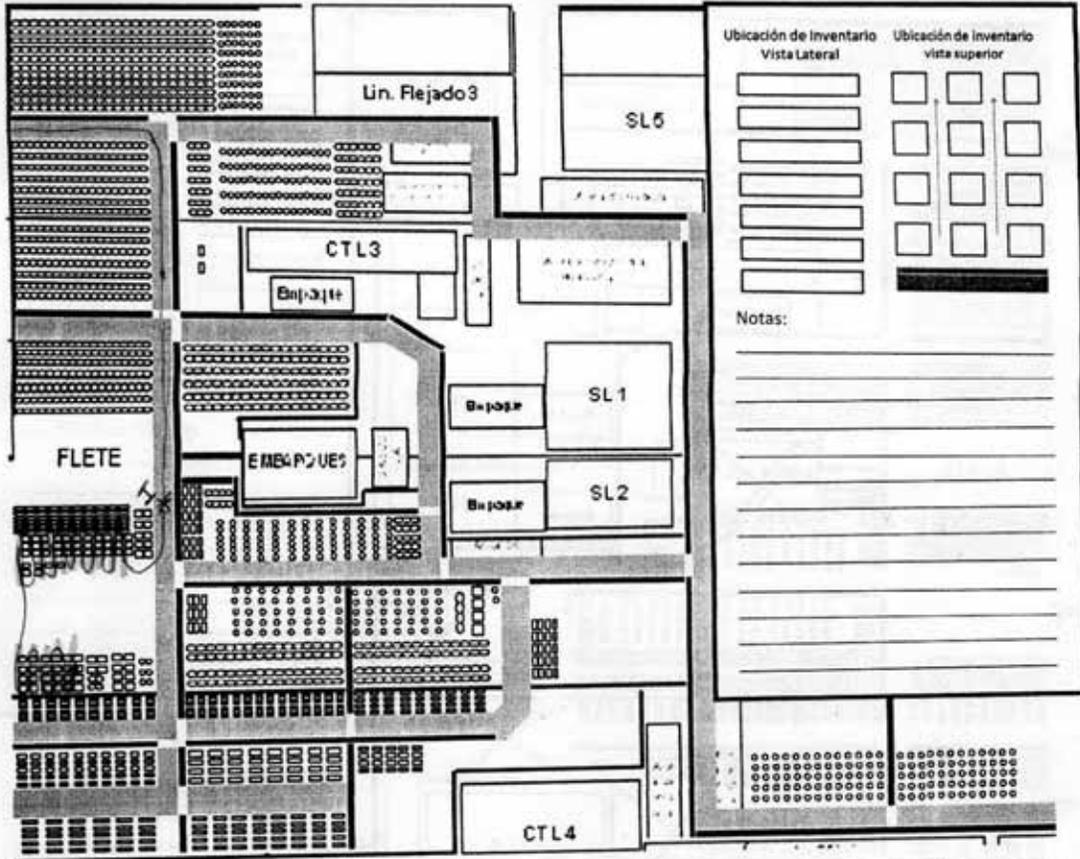


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Rollos en el Inventario	8 min	107.3 m
2			
3		INCF →	70.5
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

### Medición de tiempos de localización de Inventario

#16

Producto: L Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: Marcelo FECHA: 30 AGo Hora: 2 pm



Ubicación de inventario Vista Lateral


Ubicación de inventario vista superior


Notas:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

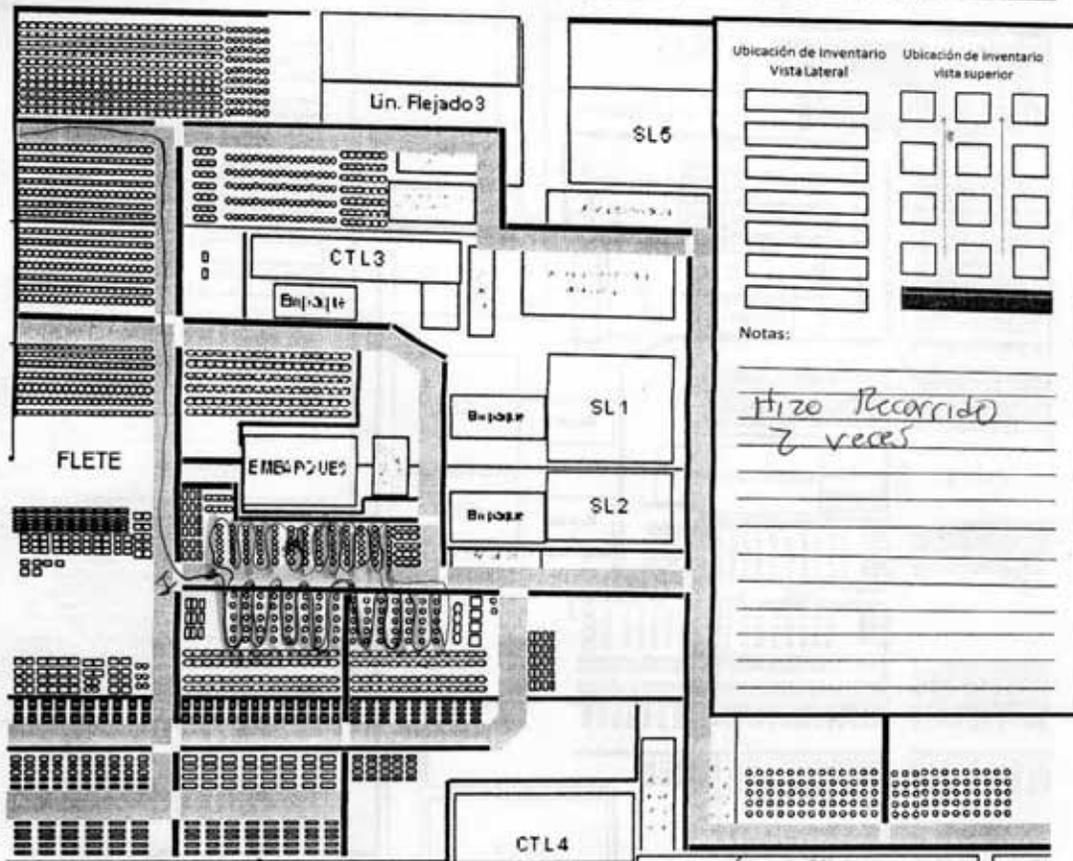
\_\_\_\_\_

No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de láminas en el Inventario	24 min	16m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

#17

Producto: C Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: ANGEL FECHA: 30 AGO Hora 9 am

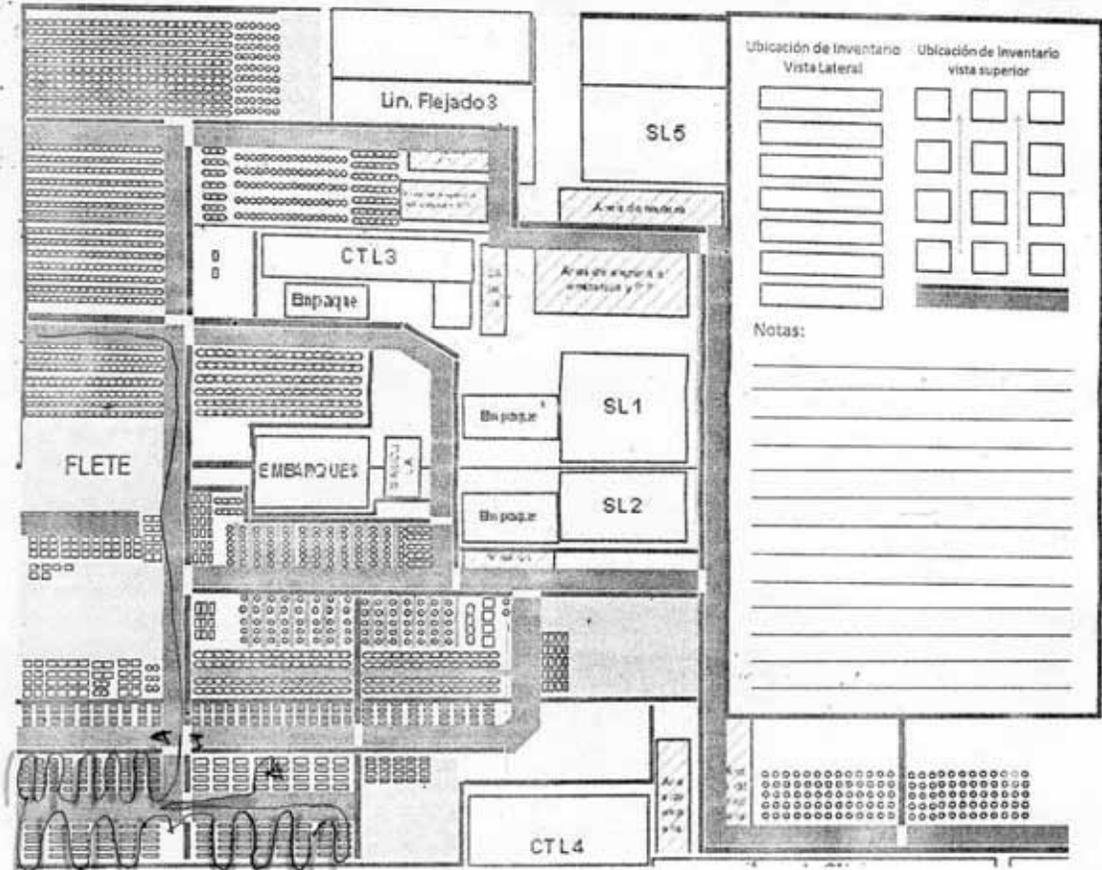


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda y loc. de cintas en inventario	39 min	346 m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

**[REDACTED]** #18

Producto: L Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: ANGEL FECHA: 30 Ago 11 Hora 11:20 am

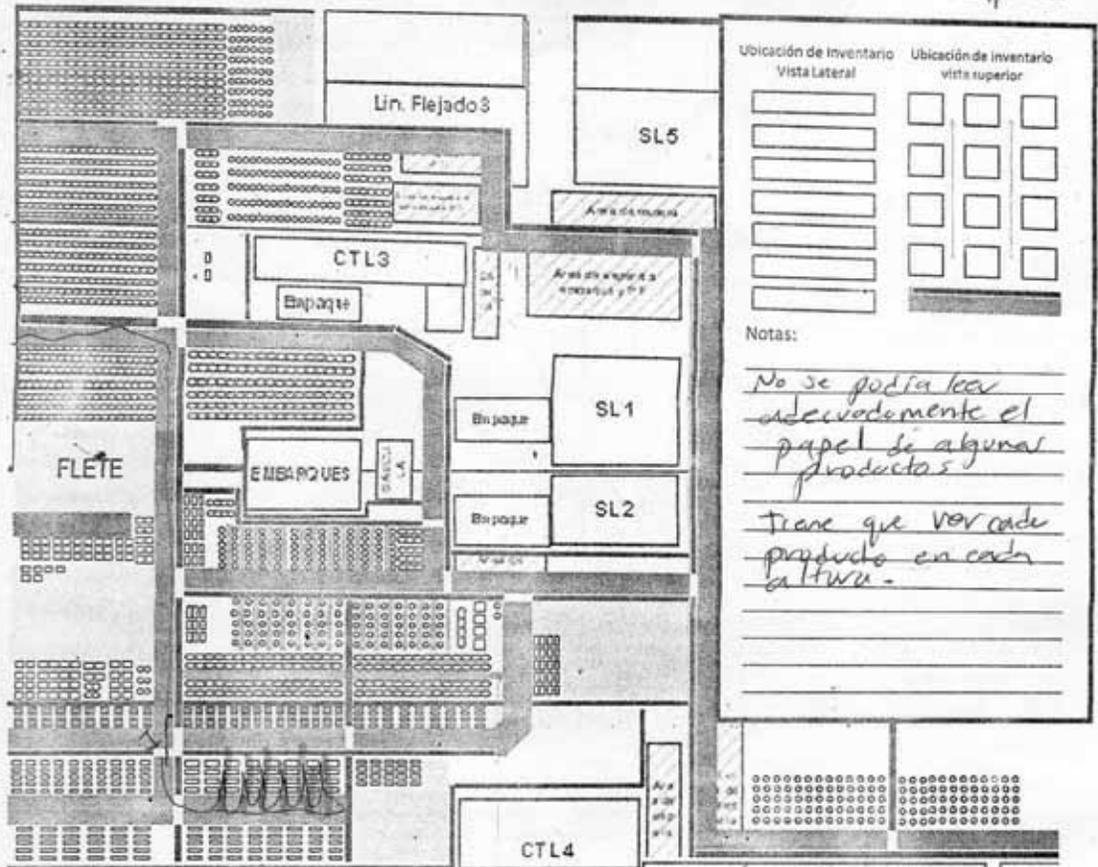


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Láminas	31 min	193.8
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de inventario

#19

Producto: L Cliente: DAT Montacarguista: ANGEL FECHA: 30 AGO. Hora 1pm

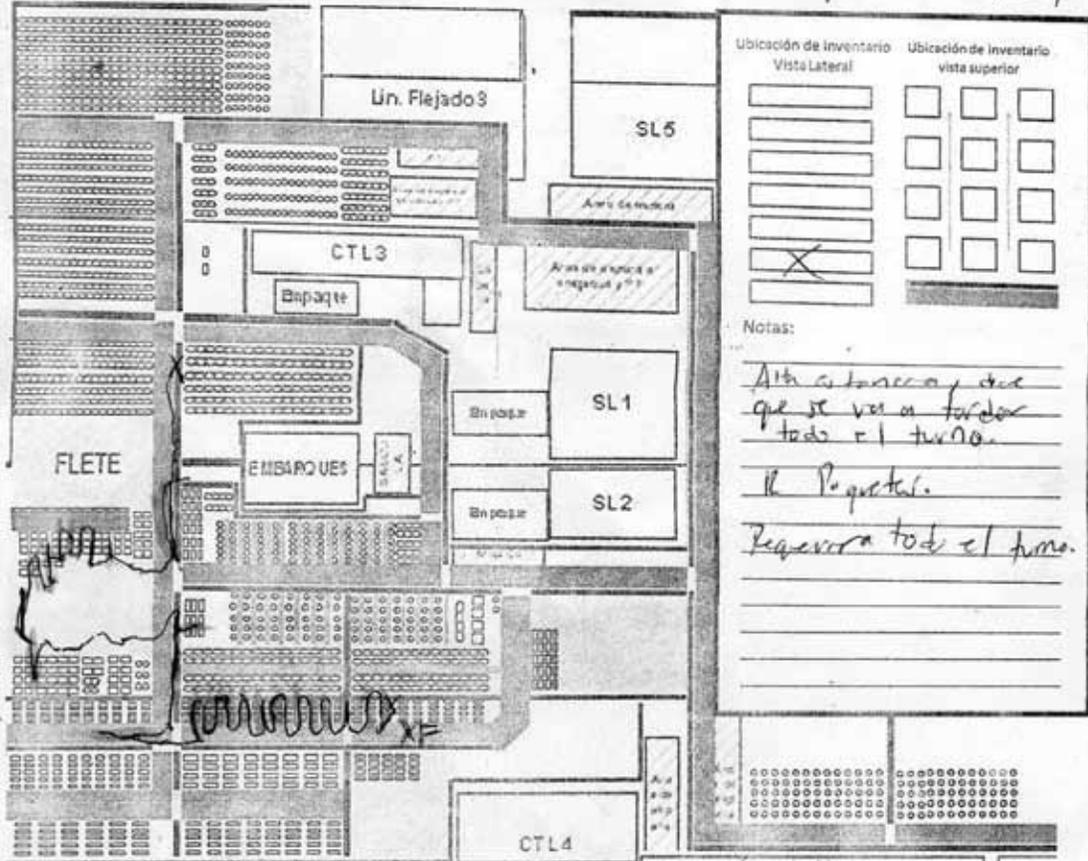


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de láminas	21min	94.7m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

#26

Producto: Paquetes Cliente: Rheem Montacarguista: Mendez FECHA: 27 Sep - 11 Hora: 04:10 pm



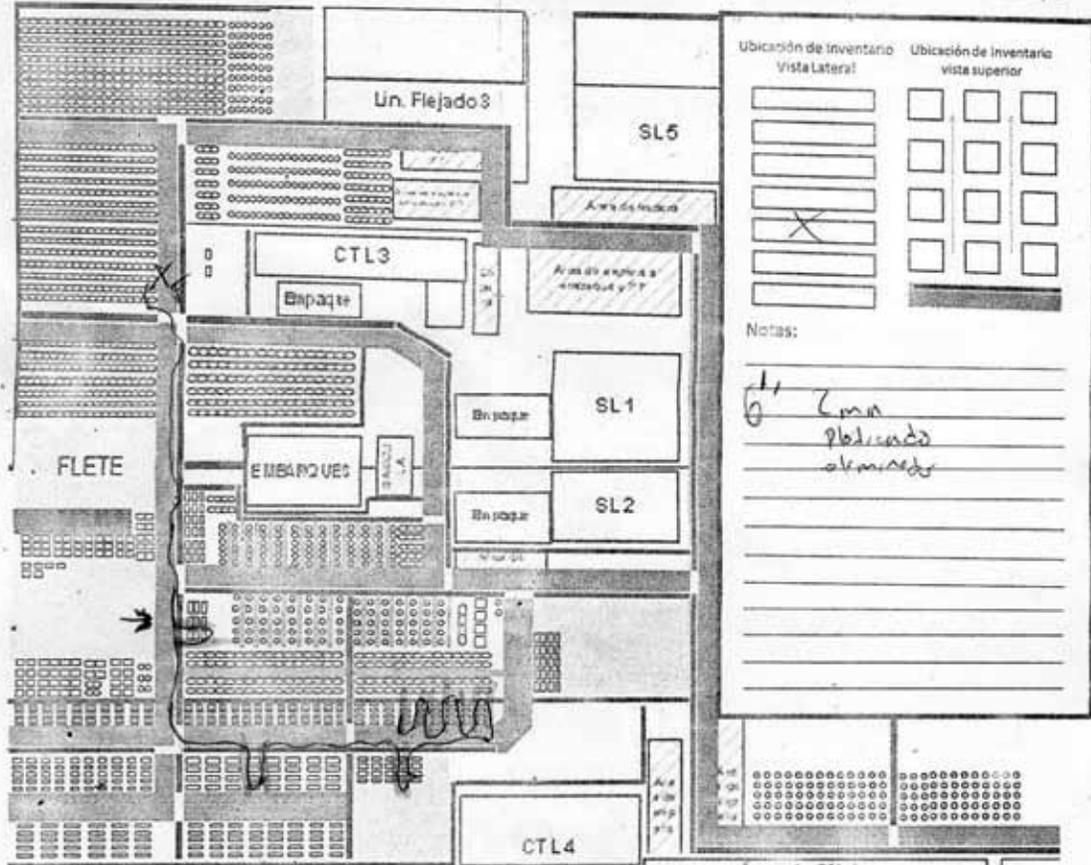
Ubicación de inventario Vista Lateral	Ubicación de inventario vista superior
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Notas:  
 Alta en las áreas de  
 que se ven a tardar  
 todo el turno.  
 El Paquete.  
 Requiere todo el turno.

No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de líneas	15:20 min	354 mts
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

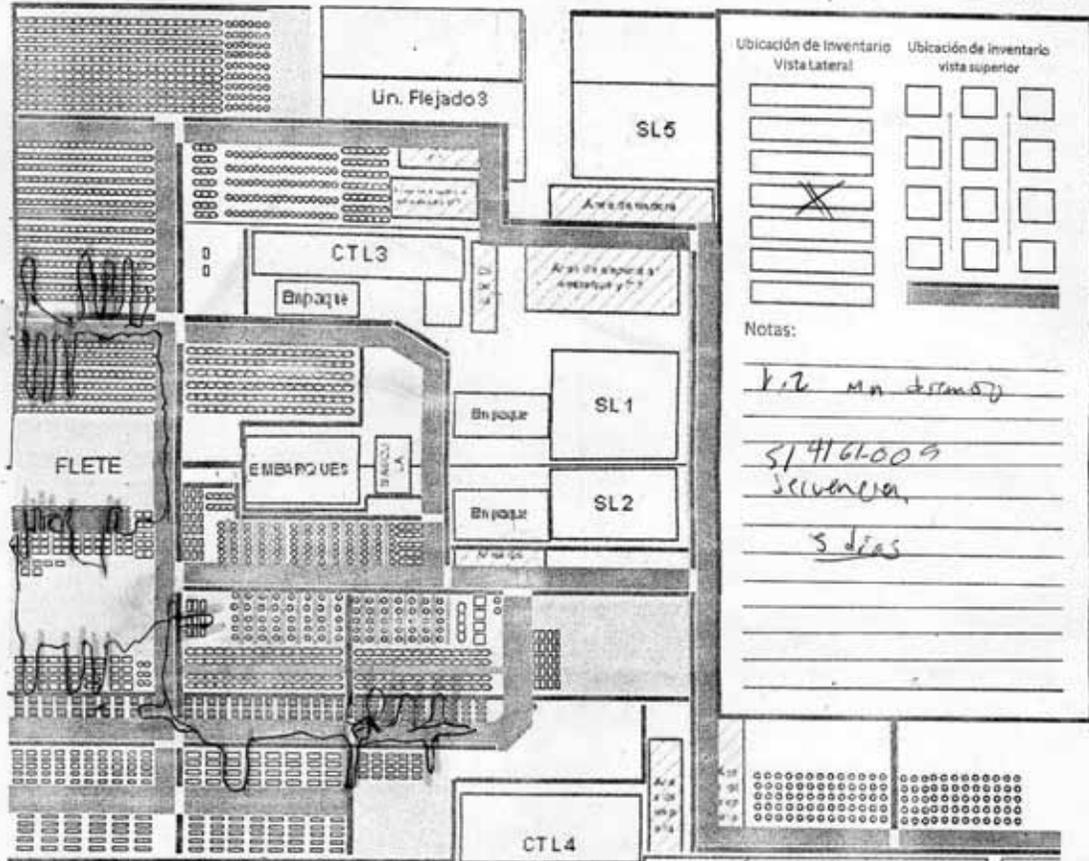
Producto: Paquetes Cliente: Rheem Montacarguista: Mendoza FECHA: 27-Sept-11 Hora: 4:35 pm #01



No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Láminas y Embarcar	18m 9.44s	141.1m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de inventario

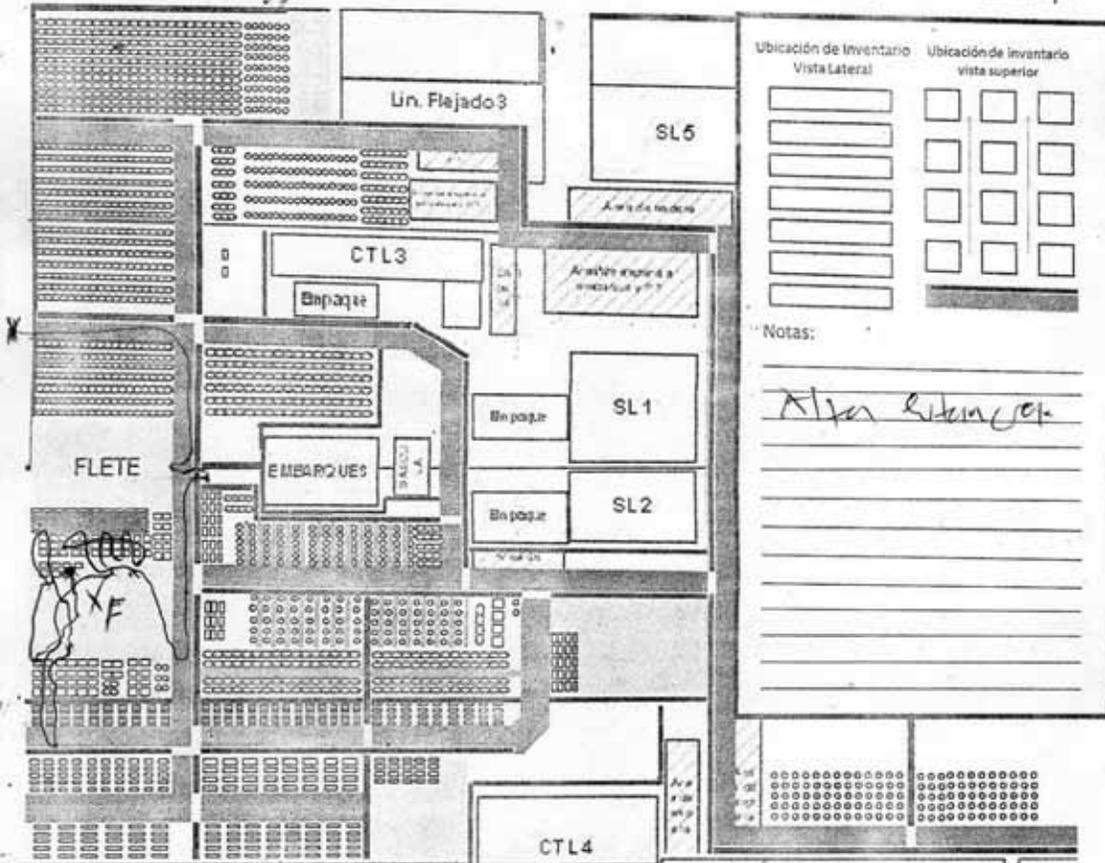
Producto: Paquete Cliente: AKEM Montacarguista: #22 Mendonza FECHA: 17-10-11 Hora: 4:50pm



No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Láminas a ser Embarcadas	22:40 mn	513m
2	(Paquete)		
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de inventario

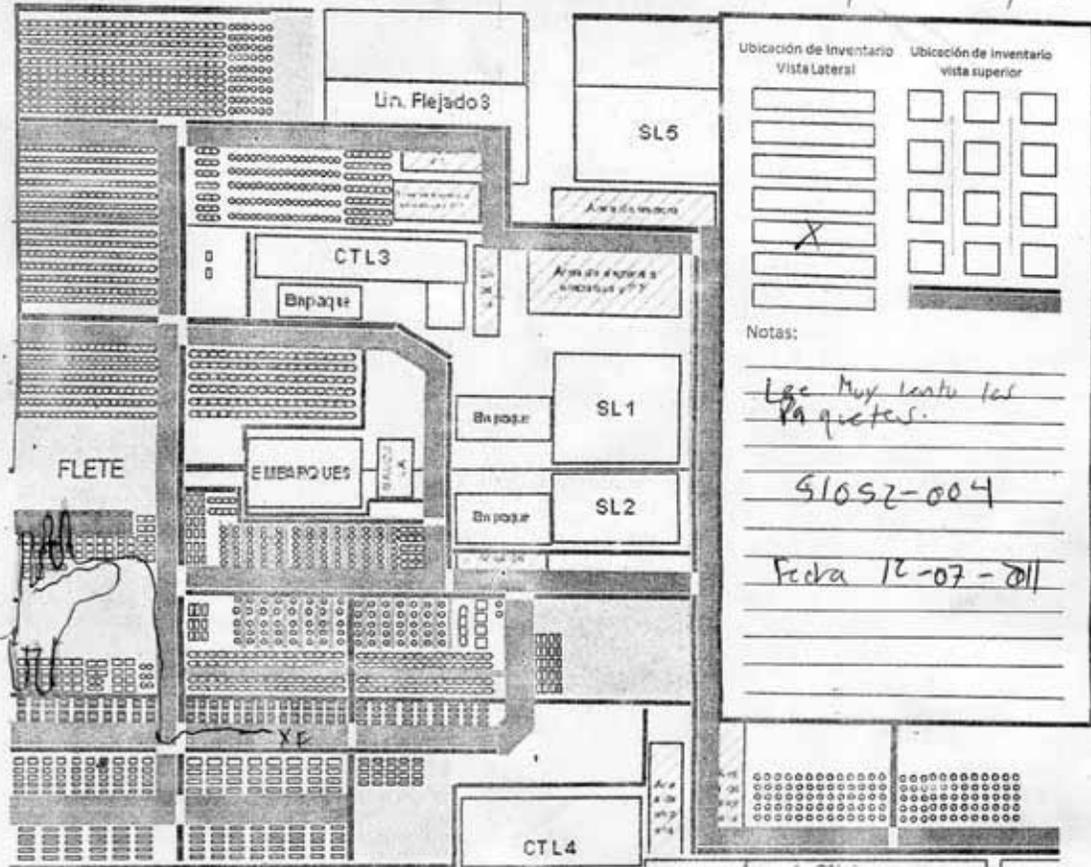
Producto: Paquete Cliente: Heem Montacarguista: Mendoza #23 [REDACTED] FECHA: 17-Sep-11 Hora 3:45pm



No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Por Búsqueda de Láminas a Embarcar	6:25 m.p	229.3 m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de inventario

Producto: Paquetes Cliente: \_\_\_\_\_ Montacarguista: Carla Cruz #24 [Redacted] FECHA: 29-Sep-11 Hora: 5 pm

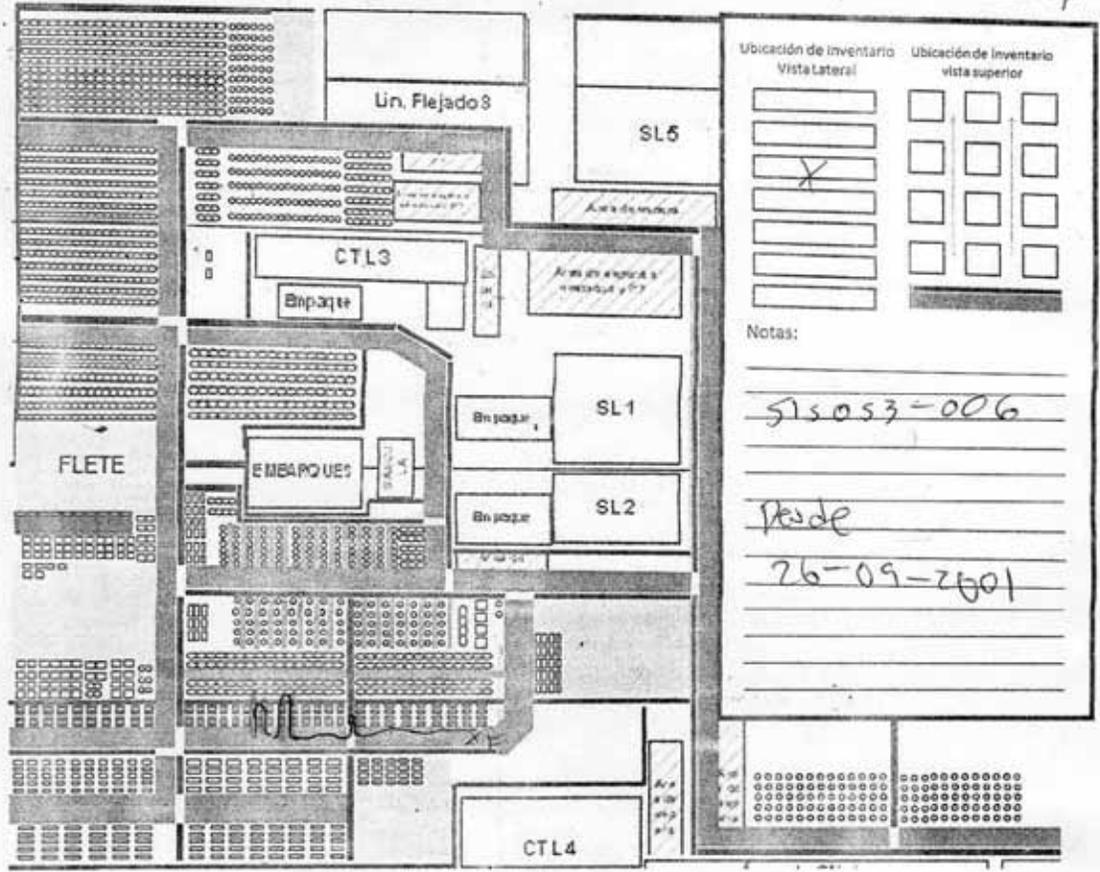


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Buscando Paquetes	12:45	141.65m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de inventario

#25

Producto: Paquete Cliente: PHCM Montacarguista: Carlos Cruz FECHA: 29-07-11 Hora: 5:20 pm

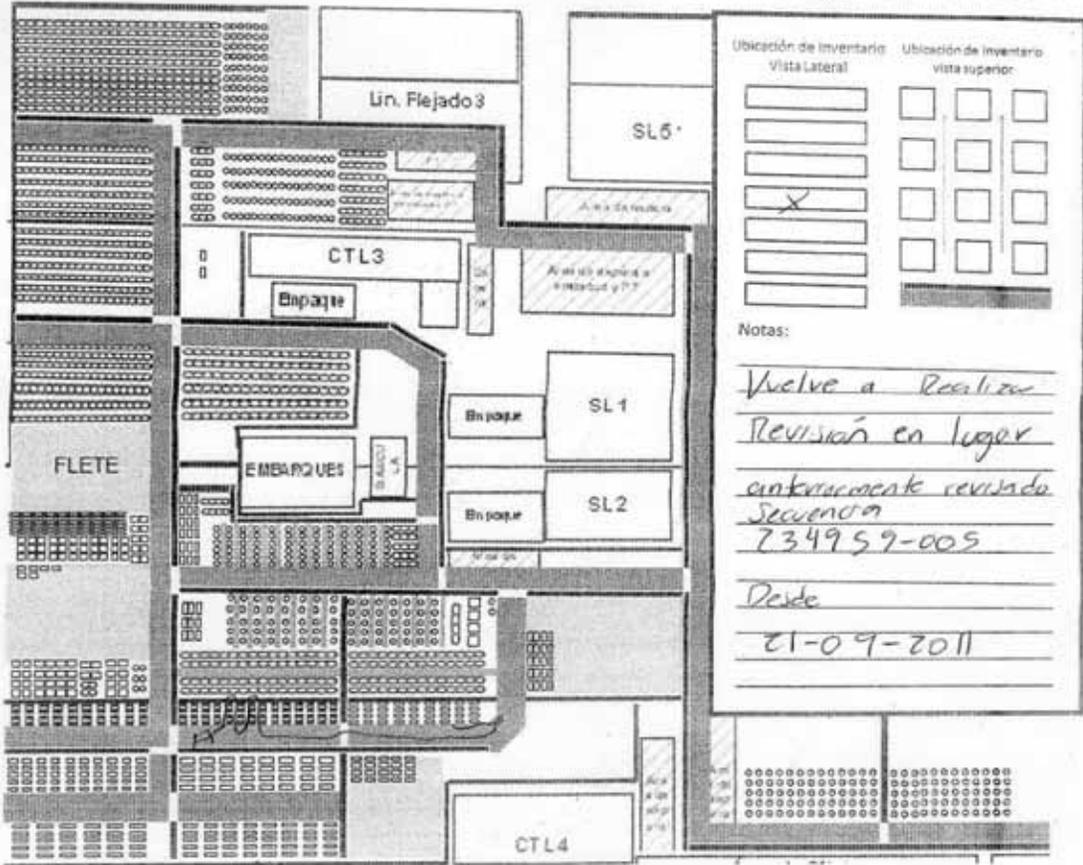


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Lámpera a embarcar	6:20 min	62.65m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de inventario

#20

Producto: PMA Cliente: RHEM Montacarguista: Carlos Cruz FECHA: 27-Sep-11 Hora: 5:30

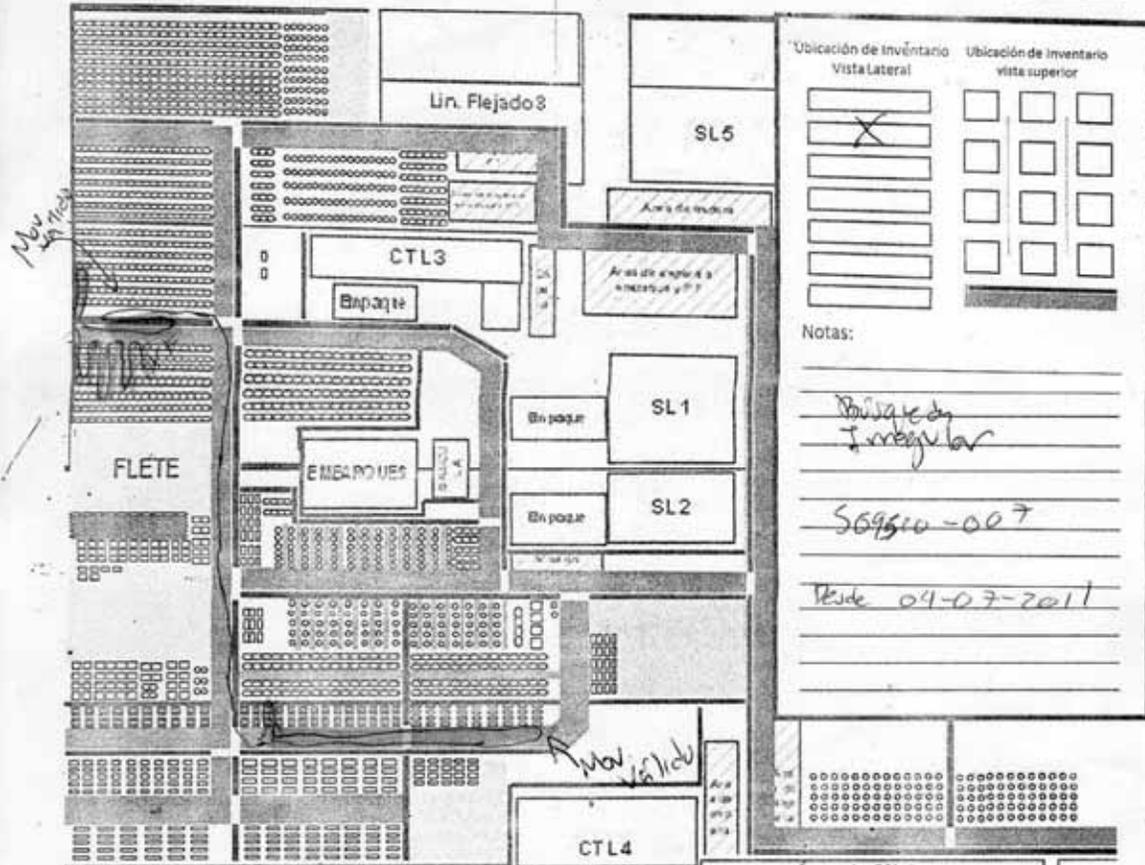


No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Paquete a Embarcar.	7 min	69 m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de Inventario

#27

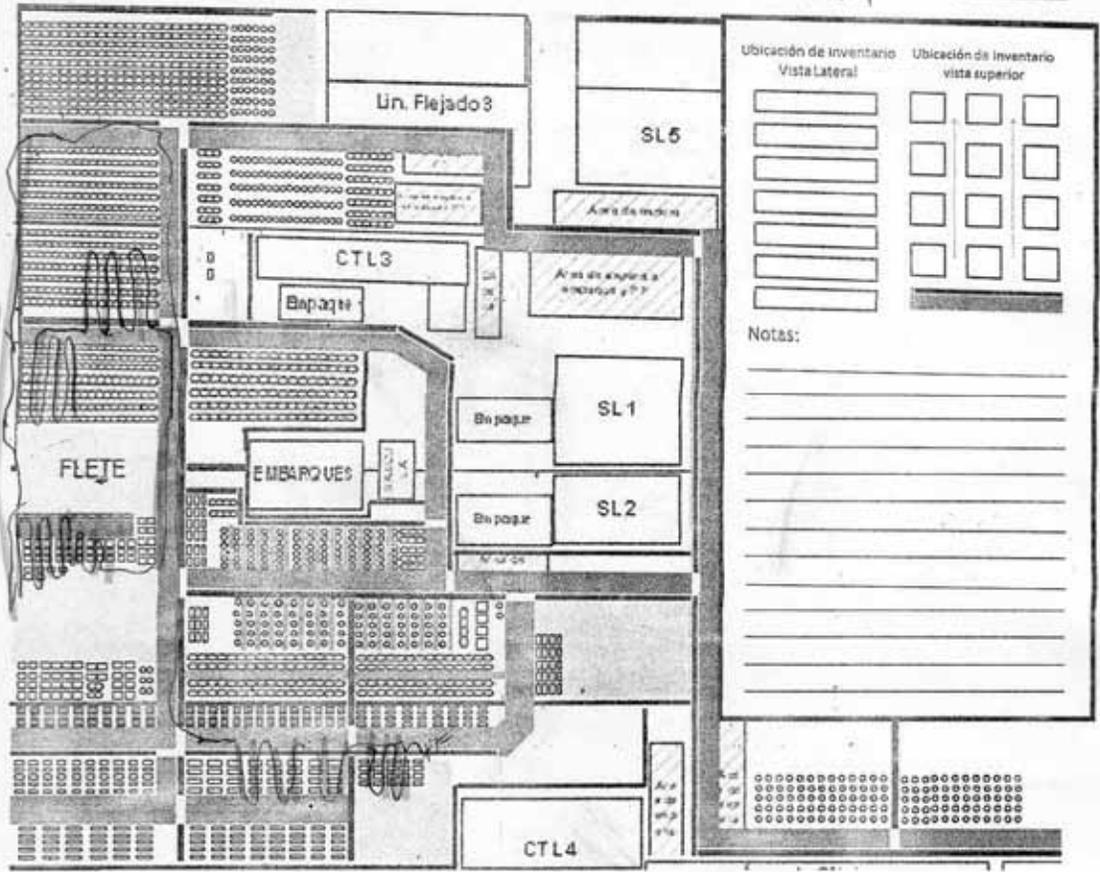
Producto: Box Cliente: PHEM Montacarguista: Cachero Cruz FECHA: 29-Sep-11 Hora: \_\_\_\_\_



No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Búsqueda de Láminas en Inv.	9:16 min	150 m
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medición de tiempos de localización de inventario

Producto: Pasta Cliente: ALMA Montacarguista: Cecilia Cruz # 28 FECHA: 29-Sep-11 Hora: \_\_\_\_\_



Ubicación de inventario Vista Lateral


Ubicación de inventario vista superior


Notas:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

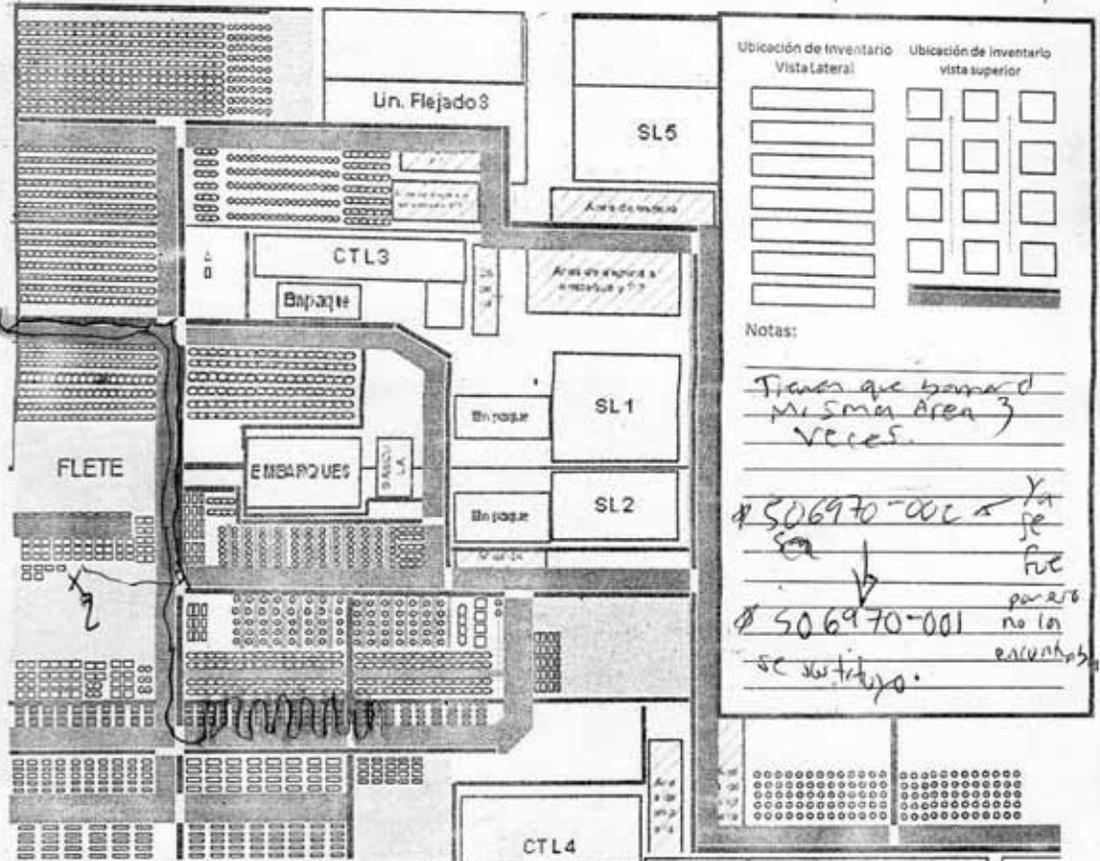
\_\_\_\_\_

No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	Preguntas Remesas Ordenes	<del> </del>	<del> </del>
2			
3	Búsqueda de líneas en Inventario	26:31 mn	495.02m
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



### Medición de tiempos de localización de Inventario

Producto: Coaxax Cliente: Allegan Montacarguista: Mandra #30 [REDACTED]  
 FECHA: 17-sep-11 Hora: 5:15 pm



No	Actividad	Tiempo	Distancia
1	↓ Mover encontre y se fue con Remisionista.	11:45 min.	<span style="background-color: black; color: black;">[REDACTED]</span>
2	2 Sale de Remisionista →	27:45 min	240m
3	3 Se vuelve al barco	30:59 min	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			