

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial

Diseño e implementación de una nueva distribución de
iluminación natural en las bodegas de Almacенadora del
País, S.A.

Trabajo de investigación presentado por Antonio José Lemus
Garavito para optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería Industrial

Guatemala
2005

Diseño e implementación de una nueva distribución de
iluminación natural en las bodegas de Almacenedora del
País, S.A.

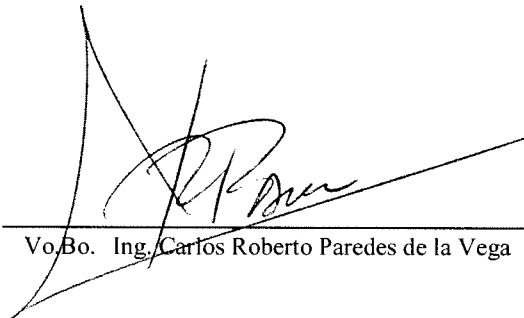
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial

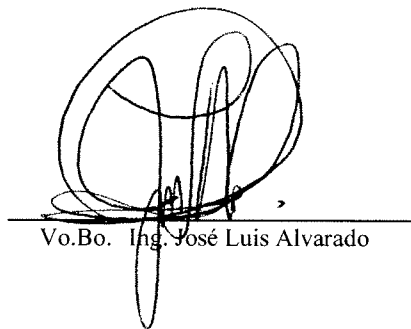
Diseño e implementación de una nueva distribución de
iluminación natural en las bodegas de Almacenadora del
País, S.A.

Trabajo de investigación presentado por Antonio José Lemus
Garavito para optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería Industrial

Guatemala
2005



Vo.Bo. Ing. Carlos Roberto Paredes de la Vega



Vo.Bo. Ing. José Luis Alvarado



Vo.Bo. Ing. Sergio Iván Morales Valle

CONTENIDO

	Página
PREFACIO.....	iv
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	v
LISTA DE CUADROS.....	viii
 Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. RESEÑA HISTÓRICA DE ALMACENADORA DEL PAÍS, S.A.....	3
III. SEGURIDAD INDUSTRIAL: UNA OBLIGACIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL TRABAJO.....	4
IV. DISTRIBUCIÓN DE LAS BODEGAS EN EL COMPLEJO DE ALMACENADORA DEL PAIS, S.A.....	10
V. OBJETIVOS.....	14
VI. EL PROBLEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL : SITUACIÓN ACTUAL EN LAS BODEGAS DE ALMACENAJE.....	15
VII. TIPOS DE TRAGALUCES EN EL MERCADO: ANÁLISIS DE SUS PROPIEDADES.....	27
VIII. ESTUDIO DE ILUMINACIÓN EN NATURAL.....	34
IX. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE ILUMINACIÓN.....	71
X. INVERSIÓN PARA LA NUEVA DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN.....	80
XI. IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN.....	85
XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
XIII. BIBLIOGRAFÍA.....	98

PREFACIO

La idea de realizar esta nueva distribución de iluminación surge de la necesidad manifestada desde hace varios años por el personal operativo el cual reclamaba que sus tiempos productivos se veían disminuidos considerablemente al no tener buena visibilidad en las instalaciones. Esto repercutía gravemente en los costos indirectos de la empresa ya que la calidad de vida del personal se veía perjudicada y por ello aumentaban variables importantes como ausentismo, retrasos y molestias de salud. Además, la imagen de la empresa se ve deteriorada ante sus clientes si la mercadería de los anteriores se daña por una falla en la manipulación a causa de la mala visibilidad y por último la vida del trabajador corre riesgo.

Una empresa que compite en el mercado global debe tener las mejores condiciones laborales para garantizar constantes incrementos en la productividad. A partir de este hecho se empezó a analizar cuáles eran los puntos en cuanto a la seguridad física que más atención requerían para solventarlos en el corto plazo y la que más peso tuvo fue la iluminación.

Hoy en día para obtener certificaciones importantes a nivel mundial y conseguir un comercio internacional seguro, la seguridad industrial cobra un papel muy importante, ya que no se puede tener una cadena de suministros completamente segura si las condiciones laborales no son las adecuadas. Estas acreditaciones van a darle un enorme valor agregado a la empresa y garantía al cliente porque va a saber que su mercadería se encuentra resguardada con personas que se preocupan constantemente por brindarle un mejor servicio y cuida la calidad de vida de su personal.

Este trabajo es producto de un apoyo constante de la alta gerencia quien consciente de la problemática en materia de iluminación, me fue apoyando y asesorando en cada punto del trabajo hasta lograr la implementación de la nueva distribución de iluminación por lo que estoy muy agradecido por el esfuerzo y dedicación durante los meses que duró el proyecto.

Finalmente, quisiera dedicar este trabajo de graduación a mis padres y hermanos quienes fueron mi apoyo incondicional durante estos años de la carrera y me motivaron constantemente en los tiempos buenos y malos. Agradezco todo su esfuerzo y no me queda más que decirles que este triunfo también es suyo por lo que les estoy infinitamente agradecido.

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración		Pág.
1.	Distribución del complejo de bodegas en Almacenadora del País, S.A.....	13
2.	Tragaluces actuales en la bodega 1.....	15
3.	Mapa de la distribución actual de tragaluces en bodega 1.....	16
4.	Distribución de láminas por tramo en la nave principal de la bodega 1.....	17
5.	Distribución de tragaluces en las áreas de estanterías en la bodega 1.....	17
6.	Mapa de la distribución actual de tragaluces en bodega 6.....	18
7.	Pasillo 1 en área de estanterías de la bodega 6.....	19
8.	Pasillo 2 en área de estanterías de la bodega 6.....	19
9.	Pasillo 3 en área de estanterías de la bodega 6.....	20
10.	Pasillo 3 en área de estanterías de la bodega 6.....	20
11.	Pasillo 4 en área de estanterías de la bodega 6.....	21
12.	Área de piso y pasillos 4 y 5 de la bodega 6.....	21
13.	Área de piso bodega 6.....	22
14.	Área de piso bodega 6, lámparas de mercurio y extremo de un agua.....	22
15.	Tragaluces bodega 7.....	23
16.	Mapa bodega 7.....	23
17.	Distribución actual de tragaluces en bodega 7.....	24
18.	Área de piso en la bodega 7. Tragaluces actuales.....	25
19.	Tragaluces en pasillo de bodega 7, área de estanterías.....	26
20.	Comparación mantenimiento tragaluces de policarbonato y fibra de vidrio.....	31
21.	Comparación rendimiento tragaluces de policarbonato y fibra de vidrio.....	32
22.	Dimensiones físicas de la bodega 1.....	35
23.	Altura hasta el punto de interés (plano de trabajo), bodega 1.....	36
24.	Distribución de los niveles de iluminación para la bodega 1.....	38
25.	Cantidad de luxes para una instalación de Almacenaje según Comisión Internacional de Iluminación, bodega 1.....	39

Ilustración	Pág.
26. Dimensiones físicas de la bodega 6.....	49
27. Altura hasta el punto de interés (plano de trabajo), bodega 6.....	50
28. Distribución de los niveles de iluminación para la bodega 6.....	51
29. Cantidad de luxes para una instalación de Almacenaje según Comisión Internacional de Iluminación, bodega 6.....	52
30. Dimensiones físicas de la bodega 7.....	60
31. Altura hasta el punto de interés (plano de trabajo), bodega 7.....	61
32. Distribución de los niveles de iluminación para la bodega 7.....	62
33. Cantidad de luxes para una instalación de Almacenaje según Comisión Internacional de Iluminación, bodega 7.....	63
34. Nueva propuesta de distribución de iluminación natural en bodega 1.....	72
35. Análisis de la nueva distribución de iluminación en la bodega 1.....	73
36. Análisis de la nueva distribución de iluminación en la bodega 6.....	75
37. Nueva propuesta de distribución de iluminación natural en bodega 7.....	78
38. Nueva propuesta de distribución de iluminación natural en Bodega 7, compensación de luz en el pasillo del medio en el área de estanterías al poner tragaluces de 13 pies.....	79
39. Flujos de Efectivo del Proveedor X y Y en Fibra de Vidrio.....	83
40. Flujos de Efectivo del Proveedor X y Y en Policarbonato.....	83
41. Cambio de tragaluces en la nave principal de la bodega 1.....	85
42. Iluminación anterior y actual en pasillos de la bodega 1.....	86
43. Cambio de tragaluces y equipo de seguridad.....	87
44. Distribución de iluminación en bodega 1.....	87
45. Mejora en iluminación en pasillo 1 de bodega 6, área de estanterías.....	88
46. Mejora en iluminación en pasillo 2 de bodega 6, área de estanterías.....	89
47. Mejora en iluminación en pasillo 3 de bodega 6, área de estanterías.....	90
48. Mejora en iluminación en pasillos 4 y 5 de bodega 6, área de estanterías.....	91
49. Mejora en iluminación en área de piso de bodega 6.....	92

Ilustración	Pág.
50. Mejora en iluminación en área de estanterías en bodega 7.....	93
51. Iluminación actual en el pasillo del medio en el área de estanterías de la bodega 7.....	93
52. Mejora en la iluminación en el área de piso en bodega 7.....	94

LISTA DE CUADROS

Cuadro.	Pág.
1.	Capacidad instalada de las bodegas..... 10
2.	Análisis Financiero..... 29
3.	Comparación mantenimiento tragaluces de policarbonato y fibra de vidrio..... 31
4.	Comparación rendimiento tragaluces de policarbonato y fibra de vidrio..... 32
5.	Comparación pies-candela entre tragaluz de policarbonato y lámpara de tubo neón de 75 Watts..... 34
6.	Tabla para calcular el CU con reflectancia del techo y pared del 10% bodega 1..... 41
7.	Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 20%, bodega 1..... 42
8.	Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 10%, bodega 1..... 43
9.	Tabla del factor de corrección para calcular el nuevo coeficiente de utilización del piso real con reflectancia del piso y pared del 10%, bodega 1..... 44
10.	Tabla para calcular el CU real con reflectancia del techo y pared del 10%, bodega 1..... 45
11.	Tabla para calcular el CU con reflectancia del techo y pared del 10% bodega 6..... 54
12.	Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 20%, bodega 6..... 55
13.	Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 10%, bodega 6..... 56
14.	Tabla del factor de corrección para calcular el nuevo coeficiente de utilización del piso real con reflectancia del piso y pared del 10%, bodega 6..... 56

Cuadro.	Pág.
15. Tabla para calcular el CU real con reflectancia del techo y pared del 10%, bodega 6.....	57
16. Tabla para calcular el CU con reflectancia del techo y pared del 10% bodega 7.....	65
17. Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 20%, bodega 7.....	66
18. Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 10%, bodega 7.....	67
19. Tabla del factor de corrección para calcular el nuevo coeficiente de utilización del piso real con reflectancia del piso y pared del 10%, bodega 7.....	68
20. Tabla para calcular el CU real con reflectancia del techo y pared del 10%, bodega 7.....	69
21. Inversión en tragaluces para Bodega 1.....	81
22. Inversión en tragaluces para Bodega 6.....	81
23. Inversión en tragaluces para Bodega 7.....	81
24. Resumen de la Inversión Total en Tragaluces.....	82
25. Estudio Financiero de Inversión Total en Tragaluces.....	82
26. Flujo de Caja (Proyectado).....	84

I. INTRODUCCIÓN

Almacenadora del País, S.A es una empresa que ofrece servicios de almacenaje, logística y distribución con altos estándares de calidad preocupándose siempre por servir cada vez mejor a todos sus clientes. Esta empresa está consciente de que el recurso humano juega un papel preponderante para el desarrollo diario de actividades, por ello es necesario proveerle condiciones de trabajo óptimas para que se sienta cómodo, seguro y motivado. En un negocio de almacenaje la seguridad industrial es vital ya que la mercadería es de terceros y por tanto se tiene una responsabilidad y compromiso directo con el cliente en cuanto al resguardo y conservación de sus pertenencias.

La seguridad industrial hoy en día es un aspecto que no puede pasar por alto en ninguna empresa porque permite crear un ambiente de trabajo seguro que a su vez provoca una mejora significativa en la productividad del trabajo. La experiencia ha probado de manera contundente que las plantas con buenas condiciones de trabajo producen mucho más que aquellas con malas condiciones. Además de aumentar la producción, las condiciones de trabajo ideales mejoran la seguridad registrada, reducen el ausentismo, los retrasos, la rotación de personal, eleva el ánimo de los empleados y mejora las relaciones públicas.

Los trabajadores en países subdesarrollados como el nuestro constituyen actualmente el 75% de la población mundial trabajadora. Son estos trabajadores quienes confrontan inadecuadas condiciones de trabajo, empleo inestable, escasos salarios y beneficios, pobre salud y seguridad industrial. Esto trae como consecuencia una clase trabajadora frustrada y deficiente, con bajos rendimientos que se traducen en niveles de calidad inferiores, tanto de producto como de proceso, es decir, que sus actividades son realizadas por debajo de las especificaciones pudiendo provocar clientes no conformes. Aún más, enfermedades y accidentes de trabajo, que se estiman matan a 1.1 millones de personas cada año, y son parte de la realidad a la que los trabajadores están expuestos día a día.

El trabajo es una necesidad básica para el ser humano en el sentido que le brinda significado y contenido a su vida ya que le permite su subsistencia y la de su familia, sin embargo, la realidad es muy desalentadora, no sólo en los países del Tercer Mundo sino también en algunos países desarrollados. Largas jornadas de trabajo, cargas de trabajo excesivas y pobre salud y seguridad industrial son las características más comunes en los lugares de trabajo.

En materia de seguridad industrial uno de los mayores problemas es la mala iluminación siendo esto una de las causas principales de muertes, daños al producto o mercadería y bajas considerables en la productividad.

En esta empresa el problema de iluminación ha estado presente desde hace varios años y ha ido afectando la salud y seguridad del empleado, sin embargo la única forma en que una empresa puede crecer es asegurándose que tiene personas que cuentan con los recursos y las condiciones necesarias para trabajar efectivamente. De este hecho nace el presente trabajo que tiene como objetivo principal realizar un nuevo diseño en cuanto a la distribución de iluminación natural en las bodegas de almacenaje de Almacenadora del País, S.A para luego proceder a su implementación con el fin de lograr mejores rendimientos productivos, tener personal motivado y seguro, brindar cada vez un mejor servicio y lograr un mejor posicionamiento en el mercado global.

II. RESEÑA HISTÓRICA DE ALMACENADORA DEL PAÍS, S.A.

Almacenadora del País, S.A. nació el once de mayo de mil novecientos setenta y nueve; a principios de ese año ya se contaba con una rampa de carga y descarga de mercadería para 20 contenedores y 5 bodegas para mantener la mercadería de los clientes, dos de ellas tenían la labor de Almacén Fiscal y otra de Almacén General, la primera era utilizada como bodega o recinto fiscal autorizado por las autoridades aduaneras de Guatemala, para que el cliente importador depositara sus mercancías importadas que aún no hayan pagado sus derechos arancelarios y demás impuestos de importación. Las mercancías depositadas en el Almacén Fiscal de la almacenadora gozan de toda custodia y seguro contra todo riesgo hasta el momento en que el cliente decide su extracción.

La segunda se puso a disposición de los clientes para el depósito de productos, importados nacionalizados o de producción local. Y por último las otras tres bodegas servían para acomodar las mercancías de los clientes que necesitaban de un espacio extra, ya que por volumen no contaban con espacio para acomodarla.

Al principio se tenía un total de 90 empleados los cuales se dividían entre administrativos y operacionales, adicional a ellos, tenían 40 personas que se encargaban de cargar y descargar los contenedores. Los servicios que se ofrecían eran zona de aduana, almacén general, almacén fiscal, bodegas habilitadas, almacén de depósitos y el anexo Alpasa Escuintla.

Hoy, esta empresa pone a disposición de sus clientes una variedad de servicios que le van a permitir realizar actividades de importación, exportación y almacenaje de una forma más sencilla. Todas estas soluciones vienen acompañadas con un constantes soporte y apoyo para garantizar la máxima satisfacción para el cliente.

Las mejoras que han tenido las instalaciones fueron expansión de bodegas, ahora se cuentan con nueve, así como once montacargas, tres de ellos eléctricos (los cuales sirven para colocar la mercadería a más de seis metros de altura). Cuentan con 46 personas que laboran en la empresa entre administrativos y operativos, y once personas que se encargan de cargar y descargar mercadería.

III. SEGURIDAD INDUSTRIAL: UNA OBLIGACIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL TRABAJO

La Seguridad Industrial es la encargada del estudio de normas y métodos con el fin primordial de garantizar una producción o prestación de un servicio que contemple el mínimo de riesgos para el factor humano elevando el rendimiento del mismo y con ello la empresa cobre un valor agregado aumentando la satisfacción del cliente.

A. Causas por las que se originan accidentes en el trabajo

En este punto lo más importante es tratar de localizar y eliminar las causas básicas de los accidentes, porque si sólo se actúa sobre las causas inmediatas, los accidentes volverán a producirse.

Para evitar accidentes se deben describir los posibles accidentes y cómo prevenirlos. No deben confundirse las causas básicas con las causas inmediatas. Por ejemplo, la causa inmediata de un accidente puede ser la falta de una prenda de protección, pero la causa básica puede ser que la prenda de protección no se utilice porque resulta incómoda.

1. Causas básicas

Las más comunes son:

- a. Falta de conocimiento o de capacidad para desarrollar el trabajo que se tiene encomendado.
- b. Falta de motivación o motivación inadecuado.
- c. Ahorro de tiempo y esfuerzo o evitar incomodidades.
- d. Lograr la atención de los demás que se puede traducir en hostilidades dentro en el trabajo o mala actitud.
- e. Existencia de problemas o defectos físicos o mentales.
- f. Falta de normas de trabajo o normas de trabajo inadecuadas.
- g. Diseño o mantenimiento inadecuado de las máquinas y equipos.

- h. Hábitos de trabajo incorrectos.
- i. Uso o desgaste normal de equipos y herramientas.
- j. Uso anormal e incorrecto de equipos, herramientas e instalaciones.

2. Causas inmediatas

Las causas inmediatas son las siguientes:

- a. Realizar trabajos para los que no se está debidamente autorizado.
- b. No dar aviso de las condiciones de peligro que se observen, o no señalizadas.
- c. No utilizar, o anular, los dispositivos de seguridad con que va equipadas las máquinas o instalaciones.
- d. Utilizar herramientas o equipos defectuosos o en mal estado.
- e. Realizar bromas durante el trabajo que distraigan la concentración de los trabajadores.
- f. Usar ropa de trabajo inadecuada
- g. Sobrepasar la capacidad de carga de los equipos.
- h. Realizar reparaciones para las que no se está autorizado.
- i. Falta de protecciones y resguardos en las máquinas e instalaciones.
- j. Falta de sistemas de aviso, de alarmas contra robo, contra incendio, etc.
- k. Falta de orden y limpieza en los lugares de trabajo
- l. Escasez de espacio para trabajar y almacenar materiales
- m. Almacenamiento incorrecto de materiales, apilamientos desordenados, bultos depositados en los pasillos.

- n. Niveles de ruido excesivo
- o. Iluminación pobre
- p. Falta de señalización de equipo y zonas de peligro
- q. Existencia de materiales combustibles o inflamables, cerca de focos de calor

B. El costo de un accidente o enfermedad por condiciones inseguras en el trabajo

Los accidentes o las enfermedades relacionadas con el trabajo son en general muy costosas y lo más importante es que las consecuencias pueden ser graves, tanto directas como indirectas, en las vidas de los trabajadores y de sus familias.

1. Los costos para los trabajadores

Para los trabajadores un accidente o enfermedad suponen los siguientes costos directos:

- a. el dolor y el padecimiento de la lesión o enfermedad
- b. la pérdida de ingresos
- c. la posible pérdida de un empleo
- d. los costos que acarrea el constante tratamiento y chequeo médico.

Se ha calculado que los costos indirectos de un accidente o de una enfermedad pueden ser cuatro a diez veces mayores que sus costos directos. Un accidente o enfermedad en el trabajo puede tener muchísimos costos indirectos para los trabajadores que a menudo es difícil calcularlos. Uno de los costos indirectos más evidentes es el padecimiento humano que se causa en las familias de los trabajadores, que no se puede compensar con dinero.

2. Los costos para los empleadores

En la mayoría de los casos los costos de un accidente o enfermedad en el trabajo tiene para los empleadores costos enormes. Para una empresa pequeña, el costo de tan sólo un accidente puede suponer una catástrofe financiera. Para los empleadores, algunos de los costos directos son:

- a. el tener que pagar un trabajo no realizado
- b. los pagos que hay que efectuar en concepto de tratamiento médico e indemnización.
- c. la reparación o la sustitución de máquinas y equipos dañados
- d. la disminución o interrupción temporal de la producción
- e. el aumento de los gastos en formación y administración
- f. la posible disminución de la calidad del trabajo
- g. las consecuencias negativas en la moral de los otros trabajadores

Ahora, algunos de los costos indirectos que se pueden dar para los empleadores son:

- h. Sustitución del trabajador lesionado o enfermo.
- i. Hay que formar a un nuevo trabajador y darle tiempo para que se acostumbre al puesto de trabajo
- j. Regularmente toma tiempo para que el nuevo trabajador llegue a producir al ritmo del empleado anterior
- k. Se debe dedicar tiempo a las obligadas averiguaciones, a redactar informes y a llenar formularios.
- l. A menudo, los accidentes suscitan preocupación en los colegas del accidentado e influyen negativamente en las relaciones laborales

m. Las malas condiciones de seguridad en el lugar de trabajo pueden influir negativamente en la imagen pública de la empresa

En general, los costos de la mayoría de los accidentes o enfermedades relacionados con el trabajo, tanto para los trabajadores y sus familias como para los empleadores, son muy elevados.

C. El papel de los supervisores y la gerencia

Para concebir un programa de salud y seguridad que de resultados buenos es necesario que la dirección se comprometa firmemente y que los trabajadores participen activamente en el esfuerzo por crear y mantener un lugar de trabajo seguro con las mejores condiciones posibles. Una gerencia efectiva es aquella capaz de contemplar todos los riesgos posibles que se relacionan con el trabajo y no solamente los que se mencionan en los reglamentos oficiales de control de riesgos.

Además, todos los niveles de la gerencia deben tener claro que la salud y la seguridad es una prioridad y que si no se cuentan con condiciones adecuadas la productividad en el trabajo se verá mermada. Para poder tomar decisiones adecuadas siempre es necesario que las autoridades que dirigen a una empresa o institución acudan a los lugares de trabajo a hablar con los trabajadores acerca de sus preocupaciones y observar los procedimientos y equipo que se utilizan. En cada lugar de trabajo, deben estar claras las líneas jerárquicas y los trabajadores deben saber quién es responsable de las distintas cuestiones en materia de seguridad industrial y salud de los trabajadores. Estas personas regularmente son los supervisores de las diferentes áreas quienes son las que más informadas están con respecto a al manera como se ejecutan las tareas o actividades.

Es muy importante aclarar que un supervisor no puede desarrollar eficientemente su trabajo sin el apoyo total de la gerencia porque de esta forma los mandos medios no logran su finalidad. Por este motivo, los supervisores deben contar en todo momento con el respaldo y apoyo formal de la dirección para que se puedan eliminar las condiciones de riesgo o peligro que puedan detectarse en el desempeño del trabajo cotidiano.

En general todo supervisor debe velar porque cada trabajador utilice correctamente los equipos e instrumentarias de protección de accidentes. Al respecto, el supervisor también tiene a su cargo la planificación de diversas inspecciones en cada una de sus áreas de trabajo con el fin de detectar condiciones inseguras o actos inseguros que puedan derivar en daños a las personas, a las instalaciones, o al producto que se elabora o bien se almacena. Otra de las funciones en materia de seguridad industrial que le competen a los supervisores es que pueden ayudar a estudiar y analizar los accidentes en el futuro, constatando el buen funcionamiento y estado de conservación de los equipos. Debe estar bien informado en

muchos puntos de seguridad para ser él quien capacite a su personal y les haga conciencia de lo importante que es mantener condiciones de trabajo seguras.

IV. DISTRIBUCIÓN DE LAS BODEGAS EN EL COMPLEJO DE ALMACENADORA DEL PAÍS, S.A.

Almacenadora del País, S.A cuenta con nueve bodegas distribuidas de forma desordenada; durante el tiempo esta empresa ha ido creciendo y ha colocado las instalaciones según el espacio libre disponible. Las primeras bodegas que se construyeron fueron la 1, 2, 3, 4; poco después se construyó la bodega 5 conformando el complejo inicialmente. Al crecer, la demanda de almacenaje se fue construyendo las otras bodegas hasta llegar a tener el complejo actual.

Para conocer un poco más a fondo la capacidad instalada de cada una de estas bodegas se presenta en el cuadro # 1, la cantidad de metros lineales, metros cuadrados y altura de cada una de dichas bodegas. Además se describen ciertas especificaciones en cuanto a la distribución de planta para las mismas.

Cuadro #1: Capacidad instalada de las bodegas

BODEGA	ANCHO (m)	LARGO (m)	METROS² (m²)	ALTURA (m)
Bodega 1	17.70	112	1982.4	8
Bodega 2	11.70	18.80	219.96	5
Bodega 3	11.70	13.40	156.78	5
Bodega 4	17.80	18.30	325.74	8
Bodega 5	24.70	68.35	1688.24	8
Bodega 6	31.50	112	3528.00	12
Bodega 7 (lado largo)	18.40	53.58	985.87	8
Bodega 7 (lado corto)	18.20	29.80	542.36	8
Bodega 7			1528.232	8
Bodega 8 (parte cuadrada)	13.43	58.10	780.28	12
Bodega 8 (parte triangular)	23.67	58.10	687.61	12
Bodega 8			1467.89	12
Bodega 9	18	45	810	12

A. Bodega 1

Esta bodega cuenta con área de estanterías clásicas industriales como área de piso. En el lado derecho de esta instalación se tiene un área exclusivamente de estanterías, mientras que en el lado izquierdo se tiene compartida área de piso y área de estanterías. Una de las razones primordiales por las que se tiene bastante espacio ocupado por estanterías es que se puede maximizar el espacio disponible, además permite la localización inmediata de los productos almacenados y el acceso directo a todos ellos.

B. Bodega 2

Esta bodega, por ser bastante pequeña, no cuenta con estanterías industriales como en la bodega 1, sino no tipo oficina. Estas ocupan la mitad de la bodega, la otra mitad es exclusivamente área de piso.

C. Bodega 3

Al igual que la bodega 2, ésta es una de las más pequeñas de todo el complejo y por ello toda esta se utiliza exclusivamente como área de piso.

D. Bodega 4

A pesar de que esta bodega es alta y sí se podrían colocar estanterías industriales, esta bodega sólo cuenta con área de piso. Además, no tiene tanto movimiento como otras bodegas por lo que teniendo sólo espacio de piso se ha dado hasta ahora abasto para cubrir la demanda.

E. Bodega 5

Esta bodega es exclusivamente de área de piso ya que aquí se almacena producto que no cabría en los espacios de las estanterías o bien se necesitarían estanterías Cantilever que son ideales para el almacenamiento de cargas largas, pesadas y voluminosas.

F. Bodega 6

Esta bodega es la más grande y es junto con la bodega 1 la que más movimiento tiene, por ello se hace necesario aprovechar al máximo el espacio disponible. En el lado derecho de la bodega se tiene un área exclusivamente de piso y el lado izquierdo está ocupado por estanterías clásicas industriales. Son aproximadamente 60 metros de estanterías que permiten almacenar gran cantidad de productos.

G. Bodega 7

La bodega 7 tal y como se puede ver en la gráfica # 1 tiene un lado más largo que el otro; el lado más largo está reservado exclusivamente para espacio de piso mientras que el lado corto es de estanterías. Después de las bodegas 1 y 6 esta bodega es la que más movimiento mantiene por lo que es necesario tener una buena proporción tanto de estanterías como de piso para maximizar la capacidad de almacenaje.

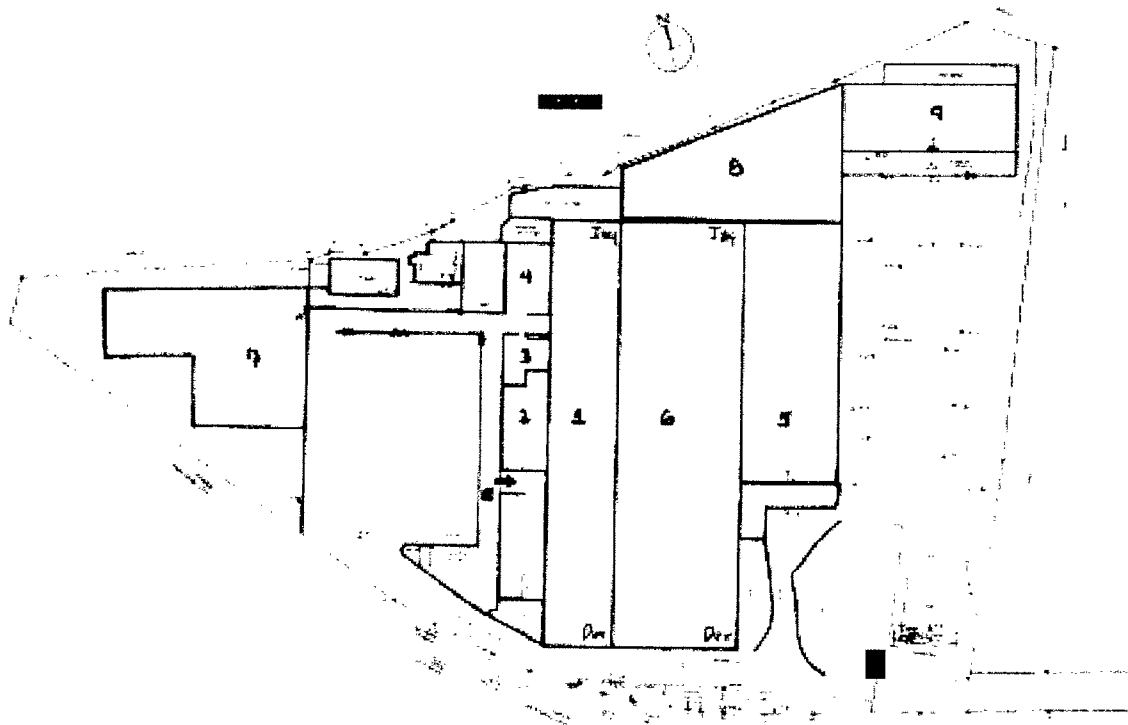
H. Bodega 8

Esta bodega tiene tanto área de piso como área de estanterías, a pesar de no ser una de las bodegas más grandes permite almacenar todo tipo de productos gracias a su distribución.

I. Bodega 9

Esta bodega cuenta exclusivamente con estanterías ya que no se guarda material grande, largo, ni muy pesado sino productos que se pueden apilar perfectamente en tarimas para luego ser colocadas ordenadamente en los diferentes niveles de estantería.

Figura # 1: Distribución del complejo de bodegas en Almacenadora del País, S.A.



V. OBJETIVOS

A. Objetivos Generales

1. Determinar la cantidad de tragaluces necesarios en las bodegas 1, 6 y 7 para obtener una iluminación adecuada.
2. Establecer la mejor distribución de iluminación para garantizar una visibilidad óptima en estas instalaciones.

B. Objetivos Específicos

1. Determinar financieramente, a través de un análisis de valor anual, la opción de tragaluces más viable.
2. Establecer los ahorros en costos de energía mensual con la nueva distribución de iluminación en las bodegas.
3. Determinar beneficios adicionales a los financieros que se consiguen con una mejor distribución de iluminación.

VI. EL PROBLEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL: SITUACIÓN ACTUAL EN LAS BODEGAS DE ALMACENAJE

La mejora en la distribución de Iluminación se concentró en las bodegas 1, 6 y 7; debido a que son las instalaciones con mayor movimiento y donde se concentra la mayor parte del personal operativo por ello, las condiciones de trabajo en estas bodegas deben ser las mejores posibles y con ello prestar servicios que garanticen la satisfacción del cliente. Además como las inversiones son bastante elevadas no es posible realizar una mejora en la iluminación para todo el complejo de una sola vez, sino, es necesario avanzar por fases atendiendo los problemas según prioridades.

A. Bodega 1

La iluminación natural en esta bodega es muy pobre afectando directamente en la productividad del trabajo. Los tragaluces que se tienen son de color verde, de fibra de vidrio, los cuales están muy deteriorados y se quiebran con facilidad. La fibra ya está totalmente expuesta y por esta razón toda la suciedad y hongos se impregnan en la lámina reduciendo aún más la transmisión de luz. Generalmente un tragaluz de color verde cuando está nuevo logra entre un 66% y 80% de paso de luz, sin embargo, los que se tienen en esta bodega sólo transmiten aproximadamente el 45%. Como consecuencia el operador de bodega tiene grandes dificultades para cargar y descarga mercadería ya que la visibilidad es muy poca.

Figura # 2: Tragaluces actuales en la bodega 1

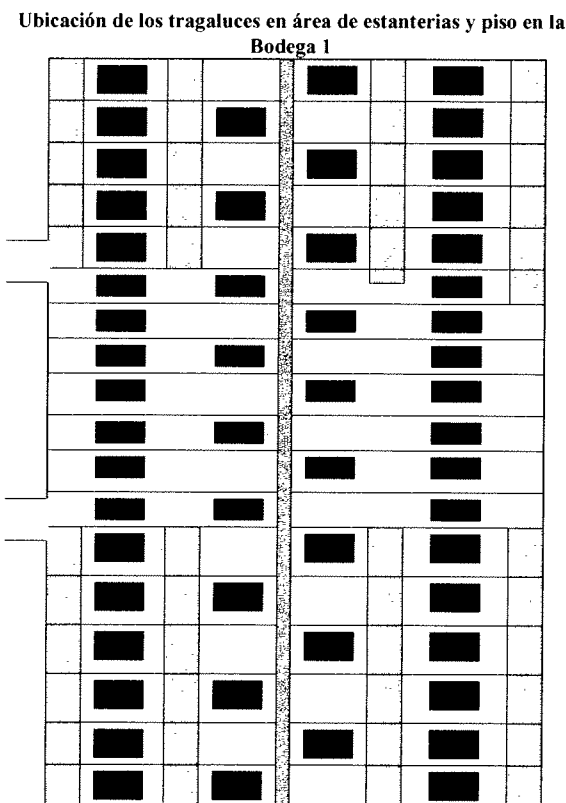


Debido a la poca visibilidad, se ve en la necesidad de mantener las luces encendidas. Esto provoca que la empresa tenga que incurrir en gastos adicionales de energía eléctrica porque si los tragaluces cumplieran su función no sería necesario activar las lámparas a menos que el día estuviese demasiado nublado que impidiera ver adecuadamente.

En esta bodega actualmente se tienen 54 láminas de fibra de vidrio color verde que cubre las dos aguas y se tiene 1 lámina en el pasillo de entrada de color transparente ya muy deteriorada. Todas las láminas son de 10 pies de largo por 3.28 pies de ancho y el perfil es 7 de cinco ondas y media. Estas están distribuidas de la siguiente manera:

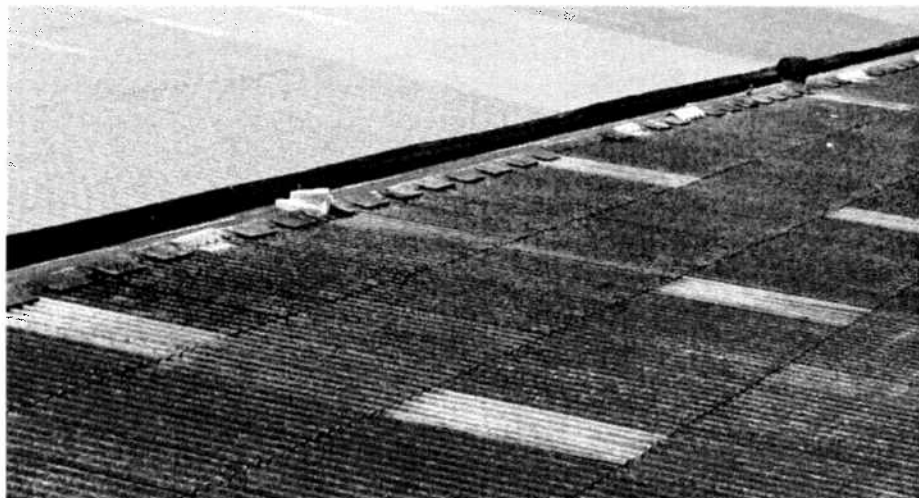
1. Mapa actual de la distribución de tragaluces en la bodega 1

Figura # 3: Mapa de la distribución actual de tragaluces en bodega 1



a. En cada tramo (es decir en medio de dos costaneras) una agua tiene una lámina mientras que la otra tiene dos láminas; en el siguiente tramo el agua que tiene una lámina ahora presenta dos y la que tiene dos láminas tiene únicamente una. De esta forma se va distribuyendo adecuadamente la cantidad de luz emitida en toda la nave principal ya que la luz está compensada en cada tramo.

Figura # 4: Distribución de láminas por tramo en la nave principal de la bodega 1



b. Tal y como se puede apreciar en la figura # 5 los lugares donde están colocadas las láminas en la bodega parecen ser los adecuados, ya que en las áreas de estanterías los tragaluces están situados en medio de los pasillos por lo que la luz se proyecta donde se encuentra la mercadería.

Figura # 5: Distribución de tragaluces en las áreas de estanterías en la bodega 1



B. Bodega 6

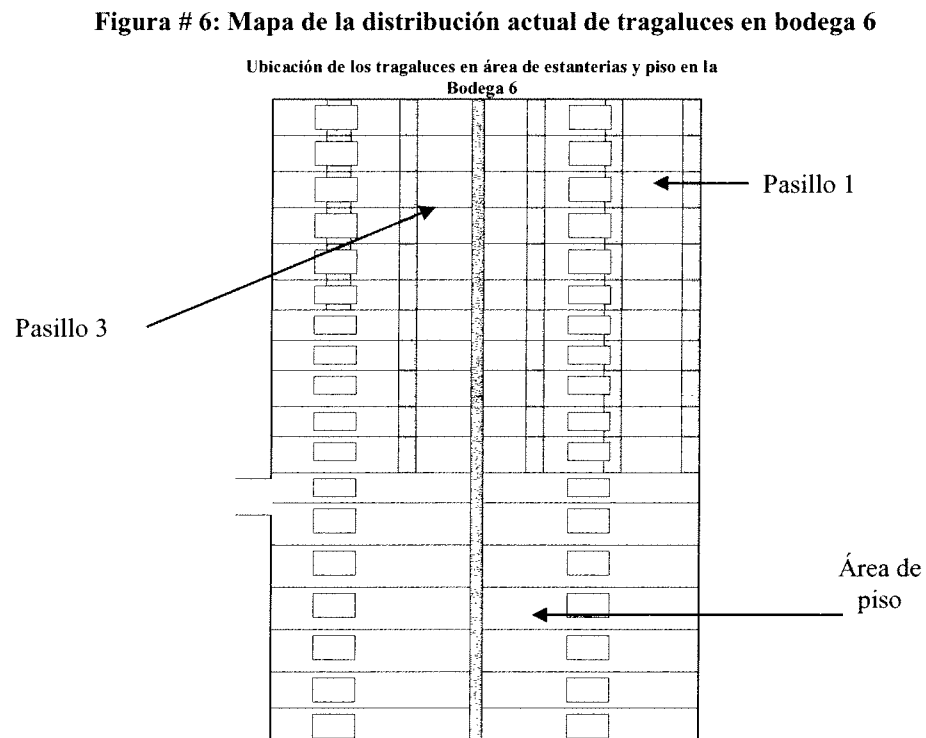
La bodega 6 es la que presenta el mayor problema en materia de iluminación, específicamente en el área de estanterías ya que varios pasillos se encuentran totalmente oscuros.

Esto se debe a que los tragaluces se colocaron antes de que hubieran estanterías y al haberlos instalado, debido a su altura, el radio de iluminación disminuyó significativamente impidiendo la buena visibilidad en varias áreas.

Actualmente para mover la mercadería en estos pasillos, los montacargas prenden sus luces; esto no disminuye el riesgo ya que las luces permanecen en un lugar estático mientras que la mercadería puede estar almacenada en varios niveles por lo que se tiene que calcular la colocación de la mercadería.

Ahora, en el área de piso la iluminación es bastante buena con la distribución de tragaluces actual. Sin embargo en las orillas (donde terminan las aguas) es donde hace falta luz ya que los tragaluces están concentrados cerca de la cumbre, por ello el radio de iluminación no es suficiente para llegar a estos puntos.

1. Mapa actual de la distribución de tragaluces en bodega 6



2. Área de estanterías

Tal y como se puede observar en la Figura # 7 el pasillo 1 no tiene luz, está totalmente oscuro representando un grave riesgo a la hora de estar cargando o descargando la mercadería. En algunas ocasiones, se deja el producto en el pasillo ya que se necesita mucho tiempo para colocar la mercadería debido a la falta de luz. Por esta razón, la productividad del operador disminuye significativamente.

Figura # 7: Pasillo 1 en área de estanterías de la bodega 6



El pasillo 2 es uno de los más iluminados porque los tragaluces transmiten la luz en medio del mismo, permitiendo realizar las tareas asignadas (vid. figura # 8). Casualmente, cuando se instalaron las estanterías los tragaluces quedaron en medio de este pasillo y por eso no existe problema de visibilidad.

Figura # 8: Pasillo 2 en área de estanterías de la bodega 6



El pasillo 3 es el más oscuro después del pasillo 1 y actualmente no existe ningún tragaluz en esta área. Tal y como se puede observar en la Figura # 9 el producto en ocasiones también se deja en medio del pasillo ya que por la falta de visibilidad se necesita de tiempo considerable para colocar la mercadería en su lugar por lo que se prefiere realizar la tarea cuando el personal no esté muy ocupado.

Además se cuenta con dos lámparas de mercurio de 75 watts que iluminan muy poco y al momento de encenderlas tardan treinta minutos en calentarse por lo que se pierde tiempo productivo.

Figura # 9: Pasillo 3 en área de estanterías de la Bodega 6



Figura # 10: Pasillo 3 en área de estanterías de la Bodega 6



Por último, los pasillos 4 y 5 tienen iluminación deficiente debido a que los tragaluzes están instalados encima de las estanterías y no logran emitir la luz suficiente a estas áreas.

El pasillo 4 (vid. figura # 11) sirve de conexión para ingresar a otra bodega que se encuentra en la parte trasera, por lo que es necesario tener una buena iluminación en esta área.

El otro punto importante es que también se tiene un área de piso en donde los tragaluzes actuales iluminan bastante bien, sin embargo en las orillas (vid fig. # 12) está oscuro por lo que se hace necesario reforzar esta área con un poco más de iluminación natural.

Figura # 11: Pasillo 4 en área de estanterías de la bodega 6



Figura # 12: Área de piso y pasillos 4 y 5 de la bodega 6



3. Área de piso

El área de piso en la bodega 6 está bastante iluminada tal y como se muestra en la Figura # 13. La altura de apilación en esta área va desde los 4 hasta los 7 metros de altura. Si se observa la figura # 14 los únicos sectores en donde está oscuro son en las terminaciones de las aguas.

Figura # 13: Área de piso bodega 6



Figura # 14: Área de piso bodega 6, lámpara de mercurio y extremo de un agua



Los tragaluces que se tienen actualmente son de fibra de vidrio en color blanco lechoso de 12 pies de largo por 3.28 pies de ancho y todos todavía se conservan en buen estado no habiendo terminado su vida útil. El número total de láminas que hay en la bodega es de 36 repartidas simétricamente en 18 por cada agua. A pesar de que las láminas son de 12 pies sólo se utilizan 10 pies ya que los otros 2 pies sirven como traslape con la lámina galvanizada.

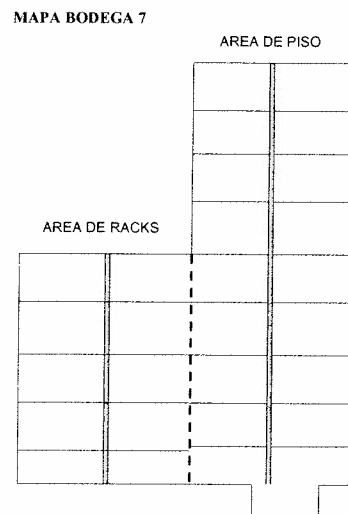
C. Bodega 7

El problema de iluminación en esta bodega radica principalmente en que los tragaluces son muy pequeños para el tamaño de la nave, además, al igual que en las dos bodegas analizadas anteriormente, éstos ya están bastante deteriorados lo que impide el paso adecuado de luz hacia esta instalación. Esta bodega tiene una parte larga que es utilizada específicamente para almacenaje de piso y una parte corta que es el área de estanterías.

Figura # 15: Tragaluces bodega 7



Figura # 16: Mapa bodega 7

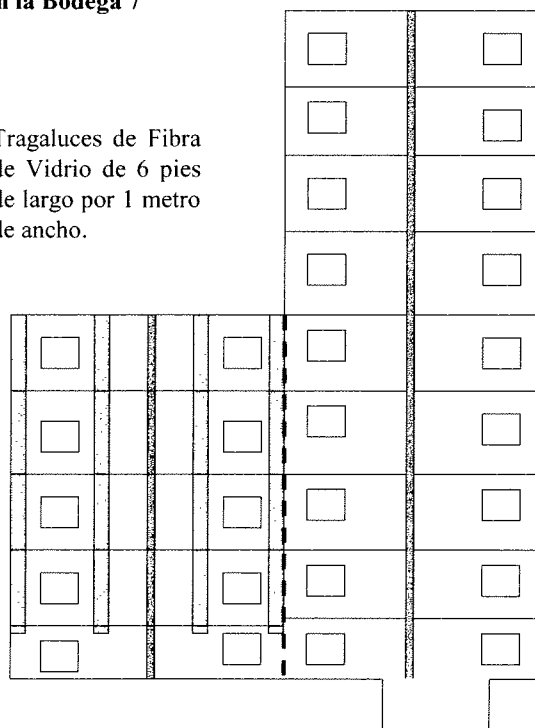


1. Mapa actual de la distribución de tragaluces en la bodega 7

Figura # 17: Distribución actual de tragaluces en bodega 7

**Ubicación Actual
de los Tragaluces
en la Bodega 7**

Tragaluces de Fibra
de Vidrio de 6 pies
de largo por 1 metro
de ancho.



2. Área de piso

El área de piso tiene 18 tragaluces de 6 pies de fibra de vidrio color blanco lechoso deteriorados con hongo en su superficie y con un paso de luz deficiente. Si observa en la Figura # 18 el tamaño del techo es muy grande en comparación con los tragaluces por lo que la visibilidad y la manipulación de la mercadería se hace complicada.

En las terminaciones de los techos es donde la luz es muy limitada haciendo difícil localizar un determinado producto de forma rápida; se hace necesario que el montacargas prenda las luces para facilitar la búsqueda.

Figura # 18: Área de piso en la bodega 7. Tragaluces actuales



3. Área de estanterías

Tal y como se puede observar en el mapa de distribución de tragaluces de esta bodega (Figura # 17), el pasillo del medio es que el más oscuro se encuentra por la carencia de tragaluces en esta área.

Los tragaluces que se encuentran en los otros pasillos sí están bien ubicados ya que están directamente arriba del lugar de trabajo, sin embargo, por el deterioro de estos la cantidad de luz que emana no es la suficiente, dando como resultado riesgos de accidente tanto del personal como de la mercadería.

En esta área se tienen 10 tragaluces de fibra de vidrio de 6 pies de largo por 3.28 pies de ancho.

Figura # 19: Tragaluces en pasillo de bodega 7, área de estanterías



VII. TIPOS DE TRAGALUCES EN EL MERCADO: ANÁLISIS DE SUS PROPIEDADES.

Industrialmente los tragaluces que más se utilizan son los de Fibra de Vidrio y actualmente los de Policarbonato, este tipo de tragaluces se ha empezado a utilizar cada vez más en fábricas y bodegas guatemaltecas debido a sus propiedades que se analizarán a continuación. Incluso la oferta de láminas transparentes en Guatemala se centra en estos dos tipos.

A. Láminas de fibra de vidrio

Sus características principales son:

1. Su transmisión de luz es de aproximadamente el 80%.
2. Evita el amarilleo: es un producto que por su composición química no adquiere tonalidades amarillentas con el paso del tiempo.
3. La fibra de vidrio al mezclarse con el plástico logra unir dos propiedades: la estabilidad química del vidrio y la capacidad de absorción de golpes por parte del plástico.
4. Es buen aislante eléctrico.
5. Buena capacidad para soportar fuerzas climáticas.
6. Ligereza.
7. Buena resistencia al fuego y al agua y a otros químicos como ácidos concentrados al 15% (ácido acético, clorhídrico, sulfúrico, etc.)
8. La vida útil de este tipo de láminas es de cinco a siete años.

B. Láminas de policarbonato

Sus características principales son:

1. Transmisión de luz visible en un noventa y uno por ciento, siendo igual al vidrio óptico en grado de cristal.
2. Alta resistencia al envejecimiento y rotura.
3. Es un material muy ligero (más ligero que el vidrio) y capaz de soportar cambios térmicos desde los 23 grados centígrados a 120 grados centígrados.
4. Es auto extingible, es decir, que no propaga el fuego.
5. Buen aislante eléctrico.
6. Absorbe los rayos UV, manteniendo sus características inalteradas durante muchos años.
7. Este tipo de láminas es 200 veces más resistente que una lámina de fibra de vidrio.
8. Su resistencia al impacto es mayor que la fibra de vidrio y la limpieza es más sencilla por la homogeneidad del plástico.
9. La vida útil de este tipo de láminas es de diez a doce años.

C. Tipo de tragaluz para realizar el estudio de iluminación

Tomando en cuenta las propiedades expuestas anteriormente, los tragaluces de policarbonato parecen tener un mayor atractivo ya que transmiten mayor cantidad de luz (noventa y uno por ciento en comparación con el ochenta por ciento de los tragaluces de fibra de vidrio), su resistencia es muy superior a la fibra de vidrio y por último la vida útil oscila entre los 10 y 12 años en comparación con los 5 a 7 años que tiene la fibra de vidrio.

Se tienen tres posibles proveedores para tragaluces, uno de ellos solamente ofrece láminas de fibra de vidrio (Proveedor X), el otro ofrece sólo de policarbonato (Proveedor Z) y el último ofrece de los dos tipos (Proveedor Y).

A continuación se presenta un análisis financiero utilizando la herramienta del valor anual para establecer unitariamente cual puede ser la opción más viable y en base a esto realizar el estudio de iluminación. Este estudio se hace con tragaluces de diez (10) pies de largo por 3.28 pies de ancho en todos los casos:

Cuadro #2: Análisis Financiero

EMPRESA	TIPO DE LÁMINAS	NÚMERO DE LÁMINAS	COSTO DE LÁMINA	MANO DE OBRA POR LÁMINA	TOTAL
Proveedor X	Fibra de vidrio calibre 200	1	Q220.00	Q75.00	Q295.00
Proveedor Y	Fibra de vidrio calibre 200	1	Q294.00	Q50.00	Q344.00
Proveedor Z	Policarbonato color blanco	1	Q342.00	Q154.74	Q496.74
Proveedor Y	Policarbonato color blanco lechoso	1	Q356.10	Q50.00	Q406.10

	Proveedor X	Proveedor Y (Fibra de Vidrio)	Proveedor Z	Proveedor Y (Policarbonato)
Vida útil	Q 7.00	Q 7.00	Q 12.00	Q12.00
Costo anual de mantenimiento	(Q 50.00)	(Q 50.00)	(Q 50.00)	(Q 50.00)
Inversión inicial	(Q 295.00)	(Q 344.00)	(Q 496.74)	(Q 406.10)
Valor de salvamento	Q 25.00	Q 25.00	Q 25.00	Q 25.00
Tasa (ritmo inflacionario)	Q 0.10	Q 0.10	Q 0.10	Q 0.10

Anualidad de Inversión Inicial	(Q 60.59)	(Q 70.66)	(Q 72.90)	(Q 59.60)
Anualidad por Costo Mantenimiento	(Q 50.00)	(Q 50.00)	(Q 50.00)	(Q 50.00)
Valor Salv. en el Presente	Q 12.83	Q 12.83	Q 7.97	Q 7.97
Anualidad por Valor de Salvamento	Q 2.64	Q 2.64	Q 1.17	Q 1.17
ANUALIDAD TOTAL	(Q 107.96)	(Q 118.02)	(Q 121.73)	(Q 108.43)

Tal y como se puede observar la opción más económica es con el Proveedor X que vende Láminas de fibra de vidrio, sin embargo, la diferencia con el Proveedor Y en policarbonato es de Q 0.47. Si se considera que la vida útil es mayor y tiene mejores propiedades va a resultar más económico obtener tragaluces de policarbonato.

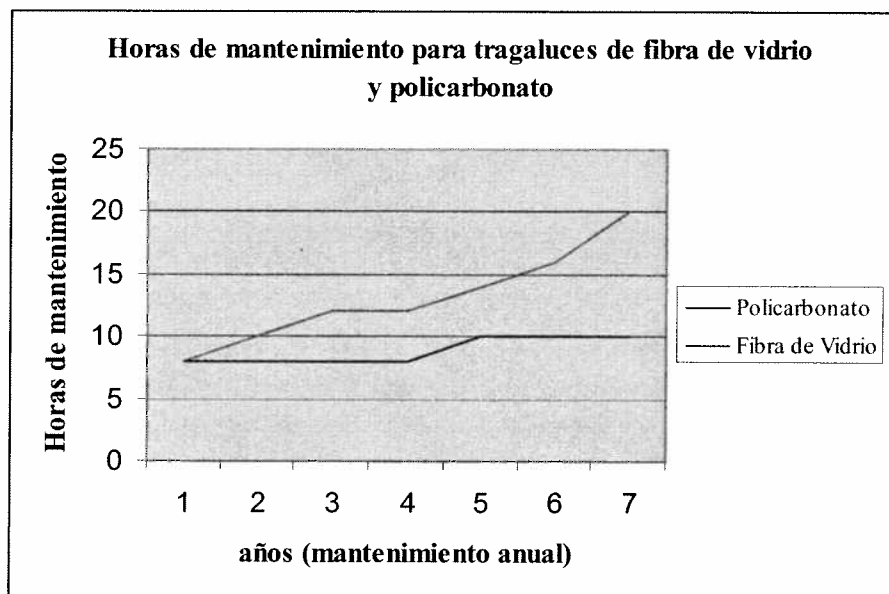
Con el paso del tiempo la película que recubre la fibra de vidrio se levanta absorbiendo una gran cantidad de polvo y suciedad por lo que el valor anual por mantenimiento tenderá a subir significativamente ya que será necesario eliminar la suciedad y luego aplicar una pintura para cubrir la fibra y extender su vida útil.

El mantenimiento del policarbonato es mucho más simple ya que sólo se aplica agua a presión para eliminar la suciedad hasta el momento en que vaya expirando la vida útil en donde el material se deteriora en su composición y el mantenimiento ya no es efectivo.

Según especificaciones técnicas de los proveedores una nave con aproximadamente 25 tragaluces se puede limpiar en estas horas tanto en fibra de vidrio como policarbonato:

Cuadro #3: Comparación mantenimiento tragaluces de policarbonato y fibra de vidrio

	Policarbonato	Fibra de vidrio
Años	Horas de mantenimiento	Horas de mantenimiento
1	8	8
2	8	10
3	8	12
4	8	12
5	10	14
6	10	16
7	10	20

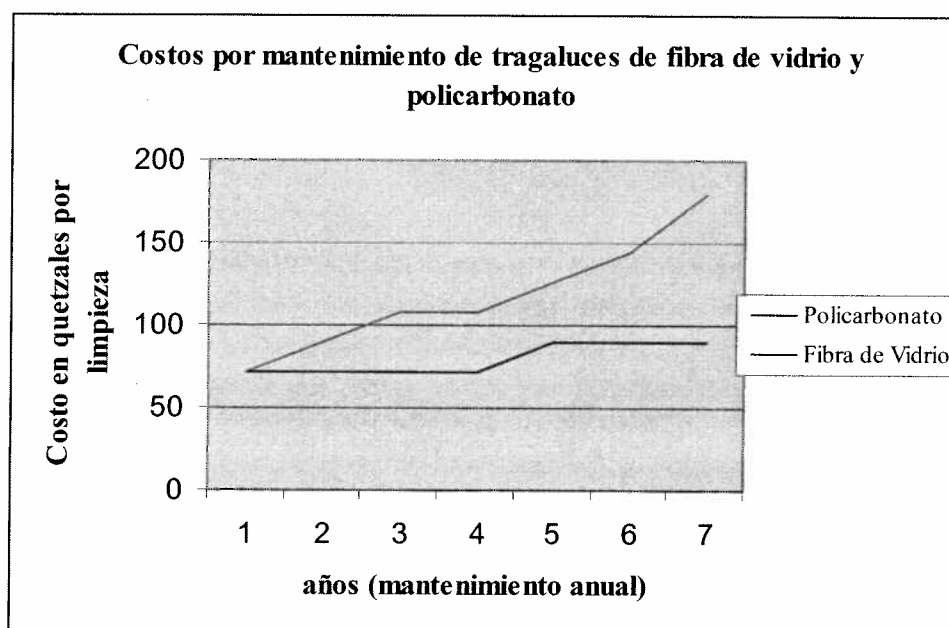
Figura #20: Comparación mantenimiento tragaluces de policarbonato y fibra de vidrio

Los costos serían los siguientes suponiendo que una sola persona limpia los 25 tragaluces y gana Q 9.00 por hora:

Cuadro #4: Comparación rendimiento tragaluces de policarbonato y fibra de vidrio

	Policarbonato	Fibra de vidrio
Años	Horas de mantenimiento	Horas de mantenimiento
1	72	72
2	72	90
3	72	108
4	72	108
5	90	126
6	90	144
7	90	180

Figura #21: Comparación rendimiento tragaluces de policarbonato y fibra de vidrio



En la gráfica se puede observar que resulta más económico en el tiempo obtener los tragaluces de policarbonato porque los costos del mantenimiento son mucho más estables debido a las características del material.

Este es solamente un análisis unitario y conforme el volumen de tragaluzes aumente se piensa que va a resultar más económico la opción de policarbonato. Si se analiza de forma lógica, en veintiún (21) años se va a tener que cambiar tres veces la fibra de vidrio mientras que el policarbonato solamente dos justificando así el aumento en la inversión inicial.

Por ello, resulta más funcional y con el tiempo más económico optar por los tragaluzes de policarbonato blanco lechoso, además de que su transmisión de luz es significativamente mayor que los tragaluzes de fibra de vidrio dándole aún más atractivo.

VIII. ESTUDIO DE ILUMINACIÓN NATURAL

Con el estudio de iluminación se pretende calcular y especificar la cantidad de luz necesaria en una determinada instalación. Este análisis va a permitir establecer si la iluminación actual en un lugar es deficiente o no.

A. Suposiciones iniciales

Para realizar un buen estudio de Iluminación y poder obtener un dato lo más real posible se tuvo que plantear las siguientes suposiciones:

1. La altura de las bodegas es constante, es decir que no se toma la reducción de altura en las orillas de cada agua.

2. Para poder comparar datos de tragaluzes con datos de luminarias se realizó una medición con un medidor de pies-candela para saber la cantidad de luz que emitía la lámpara de 4 tubos neón de 75 Watts y también el tragaluz de policarbonato (con el tipo de tragaluz con el que se va a realizar el estudio).

Para garantizar que los datos obtenidos eran lo más reales posibles, la altura de la medición fue un aspecto vital ya que como se sabe los tragaluzes están colocados en el techo mientras que las lámparas están a 1.60 metros del techo por lo que en el caso del las lámparas, la medición se hizo en el piso mientras que para la lámina de policarbonato se hizo a 1.60 metros del piso.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cuadro # 5: Comparación pies-candela entre tragaluz de policarbonato y lámpara de tubo neón de 75 Watts.

Objeto	Pies-candela
Lámpara de 4 tubos neón de 75 Watts	22
Lámina de policarbonato (soleado)	23
Lámina de policarbonato (nublado)	20

3. Todos los nuevos tragaluces serán de 10 pies de largo ya que con este tamaño la cantidad de pies-candela emitidos es la del inciso 2.

B. Bodega 1

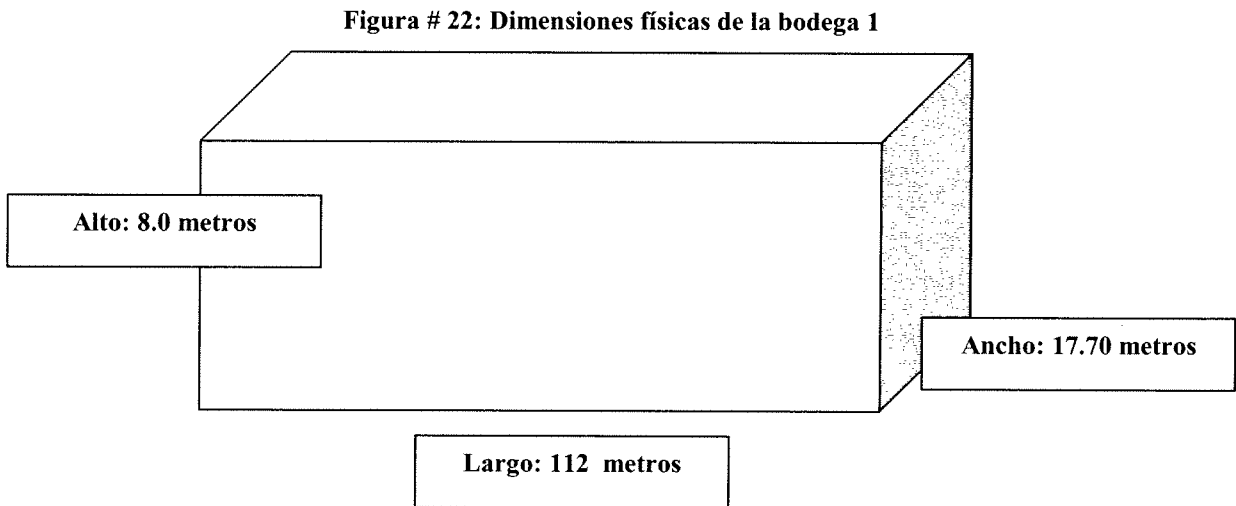
1. Especificaciones físicas de la bodega

a. Dimensiones físicas

Largo: 112.0 metros

Ancho: 17.70 metros

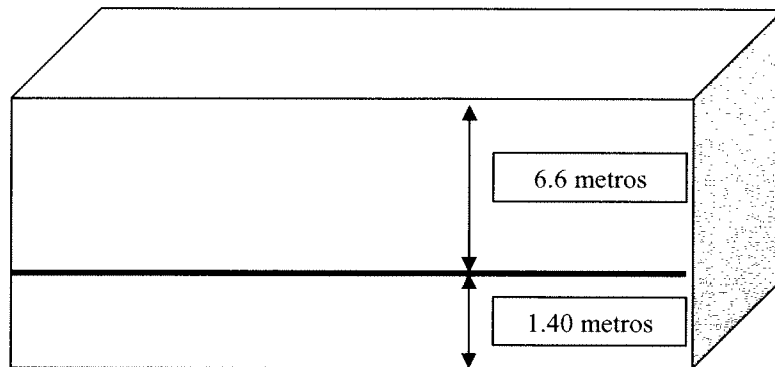
Altura: 8.00 metros



b. Altura hasta el punto de interés (altura de la cavidad del local)

Como se está hablando de una bodega de almacenaje es necesario tener una buena visibilidad a cualquier altura, desde la tarima que está colocada en el nivel más alto de una estantería hasta la que está colocada en el piso. Una tarima apilada tiene una altura aproximada de 1.40 metros por lo que ese va a ser nuestro punto de referencia.

Figura # 23: Altura hasta el punto de interés (plano de trabajo) bodega 1



Se necesita tener una buena visibilidad desde el techo donde van a estar colocadas los tragaluces hasta el punto donde está colocada la tarima en la parte más baja de la bodega que es aproximadamente a 1.40 metros de altura con referencia del suelo.

$$H_{\text{local}} = \text{desde el techo hasta el punto de referencia} = 6.60 \text{ metros}$$

c. Área o superficie de la bodega

$$\text{Superficie} = (\text{Largo}) * (\text{Ancho})$$

$$\text{Superficie} = (112 \text{ metros}) * (17.70 \text{ metros})$$

$$\text{Superficie} = 1982.40 \text{ metros}^2.$$

d. Emisión luminosa de los tragaluces

Como se explicó anteriormente los tragaluces de policarbonato blanco lechoso tienen un comportamiento similar a las luminarias de tubos fluorescentes de 75 Watts de 4 lámparas por lo que su emisión luminosa unitaria será de:

$$\Phi = 4,500 \text{ lúmenes}$$

2. Especificaciones en el alumbrado

Uno de los puntos más importantes a la hora de realizar un análisis de iluminación es establecer los tipos de alumbrado. El alumbrado local es el área que nos interesa iluminar adecuadamente y el alumbrado general son todas las demás áreas tales como el piso y el techo. Siempre es necesario recordar que si se tiene un nivel general en donde cada área puede tener diferente nivel de iluminación, esto representa un ahorro económico.

Esto va a permitir obtener relaciones que permitan eliminar cualquier tipo de deslumbramiento o bien sombras indeseadas.

Para la Bodega 1 se han definido claramente estos niveles de iluminación y a continuación aparece claramente como se ha dividido dicha instalación con el fin de calcular de manera óptima el número de tragaluzes necesarios:

Local:

$H_{\text{local}} = 6.60$ metros (del techo hasta la primera tarima colocada en el suelo)

General:

$H_{\text{suelo}} =$ distancia desde el suelo hasta la primera tarima = **1.40 metros**

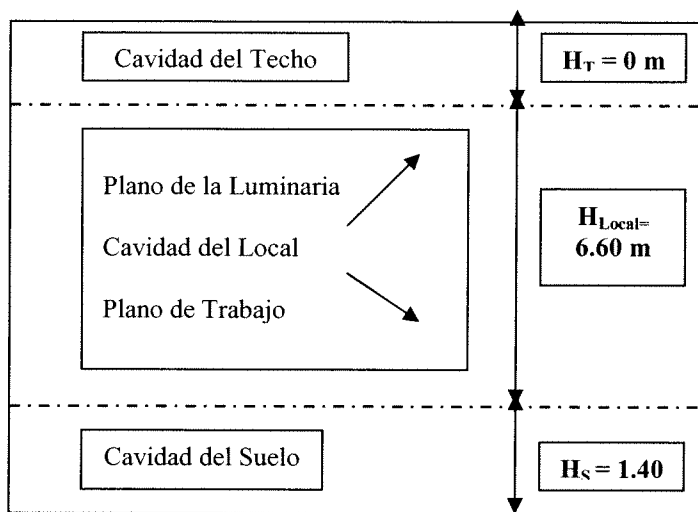
$H_{\text{techo}} =$ distancia desde el tragaluz hasta el techo = **0 metros**

$H_{\text{local}} =$ Altura de la cavidad del local.

$H_{\text{T}} =$ Altura de la cavidad del techo.

$H_{\text{S}} =$ Altura de la cavidad del suelo.

Figura # 24: Distribución de los niveles de iluminación para la bodega 1



3. Número de tragaluces a instalarse

Este es el punto más importante ya que se puede establecer si una instalación cuenta o no con la iluminación adecuada. El número de luminarias, número de unidades de alumbrado, se puede calcular mediante la siguiente relación:

$$N = \frac{E * S}{\Phi * l * CU * FPT}$$

donde:

N = Número de luminarias o unidades de alumbrado

E = Iluminación Requerida (Luxes)

S = Superficie (Área de análisis)

Φ = Flujo luminoso de la lámpara (en este caso fluorescente)

l = Número de lámparas por luminaria

CU = Coeficiente de Utilización

FPT = Factor de Pérdidas Totales

4. Iluminación requerida

Este constituye el primer paso en el cálculo del número de luminarias. Los luxes constituyen la relación entre la emisión luminosa inicial de la lámpara o bien del tragaluz y el área de análisis considerada.

Por tanto:

$$1 \text{ Lux} = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{Área}(m^2)}$$

La cantidad de luxes requeridos para una bodega de Almacenaje se extrajo de una lista de niveles de iluminación recomendados para diversos interiores y tareas por la “International Commission on Illumination (Comisión Internacional de Iluminación)”:

Figura # 25: Cantidad de luxes para una instalación de Almacenaje según Comisión Internacional de Iluminación

	Nivel de iluminación (luxes)
Zonas generales de edificios.	
Zonas de circulación (pasillos)	100
Escaleras fijas y eléctricas	150
Reperos y lavabos	150
Almacenes y archivos	150
Talleres de montaje.	
Trabajos pesados: ensamble de maquinaria pesada	300
Trabajos semi-pesados: ensamble de motores y de carrocerías	500
Trabajos finos: ensamble de maquinaria electrónica y de oficinas	750

Por tanto, la cantidad de luxes que se utilizan para propósitos de Almacenaje es de: **150 luxes**

5. Cálculo del coeficiente de utilización

Como primer punto se puede decir que el coeficiente de utilización es la relación matemática entre los lúmenes que llegan al área de interés y los totales que puede generar la lámpara y en este caso el tragaluz. Este factor es muy importante y es la clave para conseguir una buena o mala iluminación puesto que toma en cuenta aspectos como la eficiencia y distribución de la luminaria, las dimensiones del local y las reflectancias de la pared, suelo y techo.

Para el cálculo del Coeficiente de Utilización es necesario seguir una serie de pasos que a continuación se especifican y explican:

a. Reflectancias del techo, pared y suelo

Para empezar a calcular el coeficiente de utilización es necesario definir las reflectancias en el techo, pared y suelo. Esto es muy importante ya que contribuye significativamente a considerar más o menos iluminación. Si se está trabajando con paredes y techos de color claro las reflectancias tienden a ser mayores que si se trabaja en lugares con paredes y techos de color oscuro ya que obviamente no se refleja con tanta intensidad la luz.

En el caso de esta bodega de almacenaje las paredes son de block, de color grisáceo; los pisos también son de color gris y por tanto reflejan poco la luz y por último en el techo la reflectancia también es pobre ya que como los tragaluces están instalados al mismo nivel que la lámina de fibrocemento la difusión de la luz es directamente hacia abajo y no refleja los rayos solares en el techo (refleja más al piso). Por lo que las reflectancias recomendadas para el presente proyecto son las siguientes:

10 % en el techo

10 % en la pared

20 % en el piso (esto es una suposición inicial)

b. Relación de la cavidad del local (RCL)

Considera el efecto de que muchas veces las múltiples reflexiones que tienen lugar dentro de una habitación, propician de que ciertos haces de luz pasen a través del área de interés o plano de trabajo varias veces por lo que el CU puede ser muy alto; y también considera el efecto que entre más alto y angosto sea una habitación mayor es la cantidad absorbida de luz por las paredes y el piso y propicia un CU muy bajo.

Por tanto el RCL se puede calcular de la siguiente manera:

$$RCL = \frac{5 * H_{local} (largo + ancho)}{largo * ancho}$$

$$RCL = \frac{5 * 6.60 * (112 + 70.70)}{(112 * 17.70)} = 2.15905 = 2.16$$

$$RCL = 2.15905 \sim 2.16$$

Con este dato se puede obtener el coeficiente de utilización considerando las reflectancias del piso y la pared:

Cuadro # 6: Tabla para calcular el CU con reflectancia del techo y pared del 10 %

Tornado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Techo	80%			50%			10%			0%
Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
RCL*										
1	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.73	0.69	0.67	0.56	0.64
2	0.75	0.70	0.66	0.69	0.65	0.61	0.61	0.59	0.56	0.54
3	0.67	0.60	0.55	0.61	0.56	0.52	0.54	0.51	0.48	0.46
4	0.39	0.52	0.47	0.54	0.49	0.44	0.48	0.45	0.41	0.39
5	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.38	0.43	0.39	0.35	0.33
6	0.46	0.39	0.34	0.43	0.37	0.32	0.38	0.34	0.30	0.28
7	0.41	0.34	0.29	0.38	0.32	0.28	0.34	0.30	0.26	0.25
8	0.37	0.30	0.25	0.34	0.28	0.24	0.31	0.26	0.23	0.21
9	0.33	0.26	0.22	0.31	0.25	0.21	0.28	0.23	0.20	0.18
10	0.30	0.23	0.19	0.28	0.22	0.18	0.25	0.21	0.17	0.16

Con 10 % de Reflectancia de techo y 10% de reflectancia en la pared:

Interpolación del coeficiente de utilización:

RCL	10% de techo y 10 % pared
2	0,56
2,16	CU
3	0,48

$$CU = 0.5388$$

c. Relación de la cavidad del piso (RCP)

Aquí se establece cual es la contribución que hacen las reflectancias tanto en el piso como en las paredes a la hora de estar calculando el número de luminarias a instalarse en determinado lugar.

$$RCP = \frac{RCL * (H_s)}{H_{local}}$$

$$RCP = \frac{(2.16 * 1.40)}{6.60} = 0.4581 = 0.46$$

$$RCP = 0.4581 \sim 0.46$$

Con 10 % de Reflectancia en la pared y 20% de reflectancia en el piso:

Cuadro # 7: Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 20%

		Reflectancia base de piso o techo de 20%																			
Ref. pared %	Relacion de cavidad																				
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0						
90	21	22	23	24	25	26	28	29	30	32	33	35	36	37	37						
80	20	21	21	22	23	24	25	26	27	27	28	29	30	30	29						
70	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	24	24	23	22						
60	20	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	15	13						
50	19	19	18	18	17	16	15	14	13	12	11	10	10	08	07						
40	19	18	17	16	15	13	11	10	09	08	07	06	05	03	03						
30	17	16	15	14	13	11	09	08	07	06	07	04	02	01	01						

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Interpolación del coeficiente de utilización del piso:

RCP	20% de piso y 10 % pared
0,4	18
0,46	CU(piso)
0,6	17

$$CU_{piso} = 17.7$$

d. Corrección en el cálculo de la relación de la cavidad del piso

Los datos y cálculos anteriores se aplican si el piso fuera lo suficientemente claro como para tener una reflectancia del 20%. Sin embargo como este piso es oscuro no refleja tanto como un 20% por lo que es necesario hacer una corrección ya que la reflectancia real para el piso puede ser o bien un 10% o un 5%:

Entonces tomando como reflectancia 10% para el piso y 10% para la pared y con un RCP = 0.46 se calculará el nuevo CU real del piso:

Cuadro # 8: Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 10%

Reflectancia base de piso o techo de 10%																
Ref	Relación de cavidad															
wall																
%	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100
90	11	12	13	15	16	18	20	22	24	26	27	30	31	33	34	
80	11	11	13	14	14	16	18	20	21	22	23	25	26	27	28	
70	11	11	12	13	13	15	16	17	18	19	20	20	21	21	21	
60	11	11	11	11	11	12	13	13	14	14	14	14	14	14	14	
50	11	11	11	11	11	11	12	12	13	13	13	13	13	13	13	
40	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
30	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
20	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
0	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	

Interpolación del coeficiente de utilización efectivo del piso:

RCP	10% de piso y 10 % pared
0,4	9
0,46	CU(piso)
0,6	8

$$CU_{\text{piso efectivo}} = 8.7$$

e. Factor de corrección para reflectancia del suelo

Si la reflectancia real del suelo difiere de 20% como en este caso es necesario hacer una corrección para calcular la altura de la cavidad del local efectiva así como la nueva relación de la cavidad

local y con ello obtener el coeficiente de utilización correcto. Con los datos de la tabla siguiente se procedió a calcular el factor de corrección necesario:

Cuadro # 9: Tabla del factor de corrección para calcular el nuevo coeficiente de utilización del piso real con reflectancia del piso y pared del 10%

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 10%

Ref. pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
30%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
10%	1.00	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Con 10% de reflectancia efectiva en la cavidad del piso y 10% de reflectancia en la pared:

$$FC = 1.01$$

f. Modificaciones en la altura de la cavidad local (H_{local}), relación de la cavidad del local (RCL) y cálculo del coeficiente de utilización efectivo.

Teniendo el factor de corrección para la cavidad del piso es necesario calcular la nueva H_{local} es decir el nuevo plano de trabajo de la luz proveniente de las lámparas:

$$H_{localefectivo} = \frac{6.60}{1.01} = 6.53465m$$

$$H_{local\ efectivo} = 6.53465\ m$$

Ahora es necesario sacar el nuevo valor de la relación de la cavidad local (RCL):

$$RCL_{efectivo} = \frac{5 * H_{localefectivo} (largo + ancho)}{largo * ancho}$$

$$RCL_{efectivo} = \frac{5 * 6.53465 * (112 + 17.70)}{(112 * 17.70)} = 2.13767 = 2.14$$

$$RCL_{efectivo} = 2.13767 \sim 2.14$$

Finalmente con este nuevo valor del RCL se puede obtener finalmente el coeficiente de utilización real para la bodega 1

Cuadro # 10: Tabla para calcular el CU real con reflectancia del techo y pared del 10 %

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1965

Techo	80%			50%			10%			0%
Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
RCL *										
1	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.73	0.69	0.67	0.66	0.64
2	0.75	0.70	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57	0.56	0.56	0.54
3	0.67	0.60	0.55	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44	0.44	0.42
4	0.59	0.52	0.47	0.43	0.41	0.39	0.38	0.38	0.38	0.36
5	0.52	0.45	0.39	0.35	0.33	0.31	0.30	0.30	0.30	0.28
6	0.45	0.39	0.34	0.30	0.28	0.26	0.25	0.25	0.25	0.23
7	0.41	0.34	0.29	0.25	0.23	0.21	0.20	0.20	0.20	0.18
8	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	0.16	0.16	0.16	0.14
9	0.33	0.26	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13	0.13	0.13	0.11
10	0.30	0.23	0.19	0.15	0.13	0.11	0.10	0.10	0.10	0.08

Interpolación del coeficiente de utilización real:

RCL	10% de techo y 10 % pared
2	0,56
2,14	CU
3	0,48

$$CU_{\text{real}} = 0.5488$$

g. Relación de la cavidad del techo

Aquí se debe demostrar que la reflectancia del techo es de **10%** para seguir con el coeficiente de utilización **CU = 0.5488**; este es un punto bastante riguroso puesto que si al momento de determinar el RCT y sacar el coeficiente de utilización para el techo no es igual a 80% será necesario hacer una corrección porque de lo contrario no se estaría determinando a cabalidad el número de luminarias necesarias para alumbrar adecuadamente esta instalación.

Como se sabe la cavidad del techo es la distancia desde el plano de colocación de las luminarias al techo.

Como aquí se está hablando de tragaluces estos se colocan al mismo nivel que el techo por lo que $H_T = 0 \text{ m}$.

Entonces:

$$RCT = \frac{H_T}{H_{local}}$$

$$RCT = \frac{0}{6.60} = 0$$

$$\mathbf{RCT = 0}$$

Con **10 %** de reflectancia en el techo y **10%** de reflectancia en la pared:

Coefficiente de utilización del techo:

RCT	10% de techo y 10 % pared
0,2	9
0	10

$$\mathbf{CU_{techo} = 10}$$

Por tanto el CU efectivo para la bodega 1 en el complejo de Almacenadora del País, S.A es de 0.5488

6. Cálculo del factor de potencia

Desde que una el sistema de alumbrado es colocado, las características de las lámparas (en este caso los tragaluces) van cambiando puesto que empiezan a envejecer. Hay diversos factores que van propiciando una disminución en la luz que emanan las lámparas, sin embargo existen otros que provocan un aumento en la emisión de luz.

Hay ocho factores principales de pérdidas según factores tales como medio ambiente, fluorescencia, tipo de material del que se conforma las lámparas y luminarias, calidad de los fabricantes, etc. Al tener especificados y determinados cada uno de estos factores se debe procede a multiplicar cada uno de ellos con el fin de obtener el Factor de pérdidas totales (FPT)

a. Calidad de la lámpara: Este tipo de tragaluces son importados de distintas partes del mundo y no son fabricados aquí en Guatemala. Además presentan características muy atractivas en cuanto a vida útil y resistencia a condiciones adversas por lo que la calidad de este tipo de tragaluces es bastante aceptable.

$$FP_1 = 0.95$$

b. Porcentaje de pérdidas de voltaje: No aplica.

$$FP_2 = N/A$$

c. Análisis del polímero o material: El policarbonato es un material con muchísimas aplicaciones en la industria sobre todo por su resistencia a cambios drásticos en la temperatura, por su resistencia y por ser más liviano que la fibra de vidrio. Además es un material que deja pasar más la luz que la fibra por lo que tiene características óptimas.

$$FP_3 = 1.00$$

d. Lámparas nuevas: Este es un proyecto que en la actualidad se ha implementado y todos los tragaluces son nuevos.

$$FP_4 = 1.00$$

e. Variación de la temperatura: Este aspecto es muy favorable para Guatemala ya que se cuenta con un clima bastante bueno y regularmente sin cambios muy drásticos en la temperatura ambiental. Además como se dijo anteriormente, este tipo de material soporta esos cambios drásticos de la temperatura, sin embargo, por estar expuestos directamente al sol, esto va dañando con el tiempo la calidad del material, además atrás de la empresa esta un barranco que propicia un ambiente más húmedo que también afecta al material.

$$FP_5 = 0.94$$

f. Paso de aire: El aire en zonas industriales llevar ciertas partículas que se insertan o colocan en los tragaluces contribuyendo a que con el paso del tiempo la cantidad de luz que se transmite a las instalaciones baje. Por otra parte aquí se puede incluir el aspecto de la lluvia que también contribuye significativamente a la degradación del material. Sobre todo como son ambientes industriales es lluvia ácida que afecta directamente las propiedades del policarbonato.

$$FP_6 = 0.85$$

g. Degradación luminosa de la lámpara; calidad: La degradación luminosa para los tragaluces se va a deber directamente a las condiciones climáticas. Es obvio que en ambientes industriales el deterioro va a ser más rápido por estar en un sector donde hay más contaminación.

$$FP_7 = 0.85$$

h. Disminución de emisión luminosa por suciedad: La suciedad sobre todo para el caso de estos tragaluces que están colocados a la intemperie es un aspecto que no se debe dejar de tomar en cuenta ya que aunque se les de mantenimiento a las láminas la suciedad se va a ir incrustando en el material afectando directamente la transmisión de la luz a las instalaciones.

$$FP_8 = 0.85$$

A continuación se calcula el factor de pérdidas totales:

$$FPT = (0.95 * 1.00 * 1.00 * 0.94 * 0.85 * 0.85 * 0.85) = 0.548414$$

$$FPT = 0.548414$$

7. Cálculo del número de tragaluces a instalarse

Volviendo a la ecuación:

$$N = \frac{E * S}{\Phi * I * CU * FPT}$$

Entonces se calculará el Número de Luminarias:

$$N = \frac{(150) * (1982.4)}{(4500) * (4) * (0.5488) * (0.548414)} = 54.8893$$

N = 55 tragaluces

C. Bodega 6

1. Especificaciones físicas de la bodega

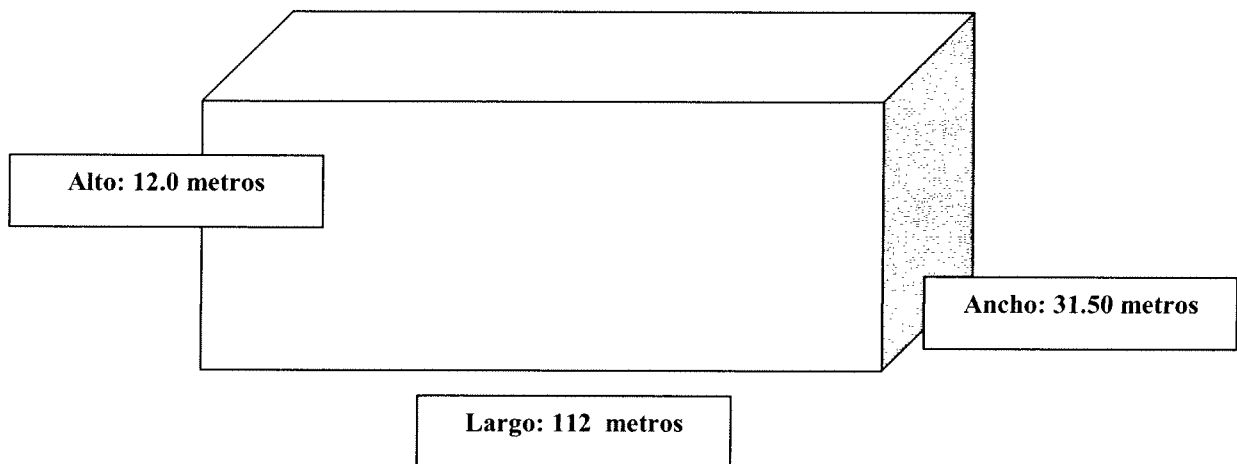
a. Dimensiones físicas

Largo: 112.0 metros

Ancho: 31.50 metros

Altura: 12.00 metros

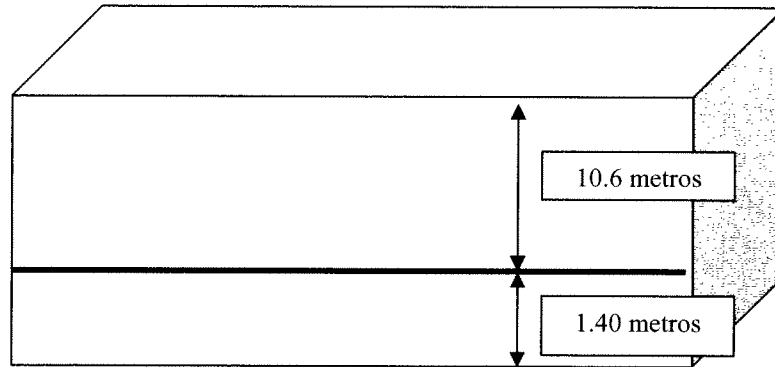
Figura # 26: Dimensiones físicas de la bodega 6



b. Altura hasta el punto de interés (altura de la cavidad del local)

Como se dijo anteriormente en el estudio de la bodega 1 una tarima apilada tiene una altura aproximada de 1.40 metros por lo que ese también va a ser nuestro punto de referencia.

Figura # 27: Altura hasta el punto de interés (plano de trabajo) bodega 6



Por tanto:

H_{local} = desde el techo hasta el punto de referencia = 10.60 metros

c. Área o superficie de la bodega

Superficie = (Largo) * (Ancho)

Superficie = (112 metros) * (31.50 metros)

Superficie = 3528 metros ².

d. Emisión luminosa de los tragaluces

Como se explicó antes los tragaluces de policarbonato blanco lechoso tienen un comportamiento similar a las luminarias de tubos fluorescentes de 75 Watts de 4 lámparas por lo que su emisión luminosa unitaria será de:

$\Phi = 4,500$ lúmenes

2. Especificaciones en el alumbrado

Local:

$H_{\text{local}} = 10.60$ metros (del techo hasta la primera tarima colocada en el suelo)

General:

$H_{\text{suelo}} =$ distancia desde el suelo hasta la primera tarima = **1.40 metros**

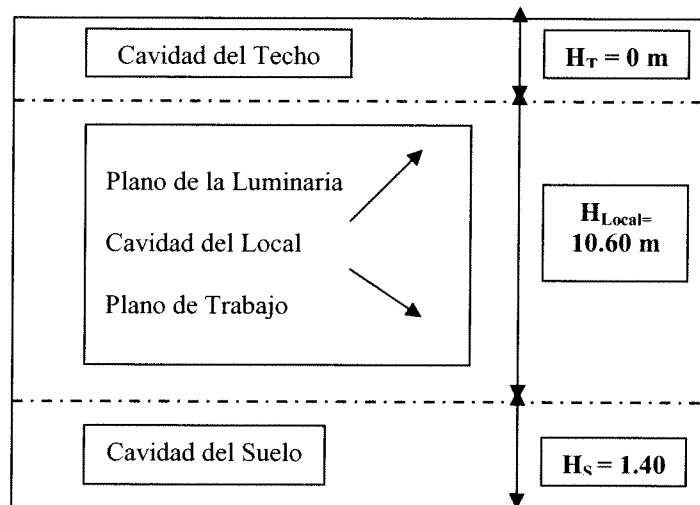
$H_{\text{techo}} =$ distancia desde el tragaluz hasta el techo = **0 metros**

$H_{\text{local}} =$ Altura de la cavidad del local.

$H_{\text{T}} =$ Altura de la cavidad del techo.

$H_{\text{S}} =$ Altura de la cavidad del suelo.

Figura # 28: Distribución de los niveles de iluminación para la bodega 6



3. Número de tragaluces a instalarse

El número de luminarias, número de unidades de alumbrado, se puede calcular mediante la siguiente relación:

$$N = \frac{E * S}{\Phi * l * CU * FPT}$$

donde:

N = Número de luminarias o unidades de alumbrado

E = Iluminación Requerida (Luxes)

S = Superficie (Área de análisis)

Φ = Flujo luminoso de la lámpara (en este caso fluorescente)

l = Número de lámparas por luminaria

CU = Coeficiente de Utilización

FPT = Factor de Pérdidas Totales

4. Iluminación requerida

Para el caso de esta bodega también se va a tener los 150 luxes como parámetro inicial extraído de la “International Commission on Illumination (Comisión Internacional de Iluminación)”:

Figura # 29: Cantidad de luxes para una instalación de almacenaje según Comisión Internacional de Iluminación

	Nivel de Iluminación (luxes)
Zonas generales de edificios.	
Zonas de circulación (pasillos)	100
Escaleras fijas y eléctricas	150
Roperos y lavabos	150
Almacenes y archivos	150
Talleres de montaje.	
Trabajos pesados: ensamble de maquinaria pesada	300
Trabajos semi-pesados: ensamble de motores y de carrocerías	500
Trabajos finos: ensamble de maquinaria electrónica y de oficinas	750

5. Cálculo del coeficiente de utilización

a. Reflectancias del techo, pared y suelo

La bodega 6 tiene las paredes de block de color grisáceo; los pisos también son de color gris y por tanto reflejan poco la luz y por último en el techo la reflectancia también es pobre ya que como los tragaluces están instalados al mismo nivel que la lámina galvanizada la difusión de la luz es directamente hacia abajo y no refleja los rayos solares en el techo. Por ello las reflectancias que se van a utilizar para esta bodega serán las mismas que las utilizadas en la bodega 1:

10 % en el techo

10 % en la pared

20 % en el piso (esto es una suposición inicial)

b. Relación de la cavidad del local (RCL)

La RCL se puede calcular de la siguiente manera:

$$RCL = \frac{5 * H_{local} (largo + ancho)}{largo * ancho}$$

$$RCL = \frac{5 * 10.60 * (112 + 31.5)}{(112 * 31.5)} = 2.15575 = 2.16$$

$$\mathbf{RCL = 2.15575 \sim 2.16}$$

Con este dato se puede obtener el coeficiente de utilización considerando las reflectancias del piso y la pared:

Cuadro # 12: Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 20%

		Reflectancia base de piso o techo de 20%														
Ref. pared %	Relación de cavidad															
	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100
90	21	22	23	24	25	26	28	29	30	32	33	35	36	37	37	
80	20	21	21	22	23	24	25	26	27	27	28	29	30	30	29	
70	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	24	24	23	22	
50	20	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	15	13	
30	19	19	18	18	17	16	15	14	13	12	11	10	10	08	07	
10	19	18	17	16	15	13	11	10	09	08	07	06	05	03	03	
0	17	16	15	14	13	11	09	08	07	05	07	04	02	01	01	

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Interpolación del coeficiente de utilización del piso:

RCP	20% de piso y 10 % pared
0,2	19
0,29	CU(piso)
0,4	18

$$CU_{\text{piso}} = 18.55$$

d. Corrección en el cálculo de la relación de la cavidad del piso

Los datos y cálculos anteriores se aplican si el piso fuera lo suficientemente claro como para tener una reflectancia del 20%. Sin embargo, como este piso es oscuro no refleja tanto como un 20% por lo que es necesario hacer una corrección ya que la reflectancia real para el piso puede ser o bien un 10% ó un 5%:

Entonces tomando como reflectancia 10% para el piso y 10% para la pared y con un RCP = 0.29 se calculará el nuevo CU real del piso:

Con **10%** de reflectancia efectiva en la cavidad del piso y **10%** de reflectancia en la pared:

$$FC = 1.01$$

f. Modificaciones en la altura de la cavidad local (H_{local}), relación de la cavidad del local (RCL) y cálculo del coeficiente de utilización efectivo.

Teniendo el Factor de Corrección para la cavidad del piso se procede a calcular la nueva H_{local} :

$$H_{local\ efectivo} = \frac{10.60}{1.01} = 10.495m$$

$$H_{local\ efectivo} = 10.495\ m$$

Ahora es necesario sacar el nuevo valor de la Relación de la Cavidad Local (RCL):

$$RCL_{efectivo} = \frac{5 * H_{local\ efectivo} (largo + ancho)}{largo * ancho}$$

$$RCL_{efectivo} = \frac{5 * 10.495 * (112 + 31.5)}{(112 * 31.5)} = 2.1344 = 2.13$$

$$RCL_{efectivo} = 2.1344 \sim 2.13$$

Y por último, con este nuevo valor del RCL se puede obtener el coeficiente de utilización real para la Bodega 6:

Cuadro # 15: Tabla para calcular el CU real con reflectancia del techo y pared del 10 %

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Techo	80%			50%			10%			0%
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
RCL*										
1	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.73	0.69	0.67	0.65	0.64
2	0.75	0.70	0.66	0.69	0.65	0.61	0.61	0.59	0.56	0.54
3	0.67	0.60	0.55	0.61	0.56	0.52	0.54	0.51	0.48	0.46
4	0.59	0.52	0.47	0.54	0.49	0.44	0.48	0.45	0.41	0.39
5	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.38	0.43	0.39	0.35	0.33
6	0.48	0.39	0.34	0.43	0.37	0.32	0.38	0.34	0.30	0.28
7	0.41	0.34	0.29	0.38	0.32	0.28	0.34	0.30	0.26	0.25
8	0.37	0.30	0.25	0.34	0.28	0.24	0.31	0.26	0.23	0.21
9	0.33	0.26	0.22	0.31	0.25	0.21	0.28	0.23	0.20	0.18
10	0.30	0.23	0.19	0.28	0.22	0.18	0.25	0.21	0.17	0.16

Interpolación del coeficiente de utilización real:

RCL	10% de techo y 10 % pared
2	0,56
2,13	CU
3	0,48

$$\mathbf{CU_{real} = 0.5496}$$

g. Relación de la cavidad del techo

Aquí se debe demostrar que la reflectancia del techo es de **10%** para seguir con el Coeficiente de Utilización **CU = 0.5496**.

Los tragaluces están colocados al mismo nivel que el techo por lo que **H_T = 0 m**.

Entonces:

$$RCT = \frac{H_T}{H_{local}}$$

$$RCT = \frac{0}{10.60} = 0$$

$$\mathbf{RCT = 0}$$

Con **10 %** de Reflectancia en el techo y **10%** de reflectancia en la pared:

Coeficiente de utilización del techo:

RCT	10% de techo y 10 % pared
0,2	9
0	10

$$\mathbf{CU_{techo} = 10}$$

Por tanto el CU efectivo para la bodega 6 en el complejo de Almacenadora del País, S.A es de 0.5496

6. Cálculo del factor de potencia

El Factor de Potencia para la bodega 6 va a ser el mismo que la bodega 1 ya que como se instarán el mismo tipo de tragaluces éstos van a estar expuestos a las mismas adversidades y por tanto se deben de tener las mismas consideraciones. Por lo que el Factor de Potencia:

$$FPT = 0.548414$$

7. Cálculo del Número de tragaluces a instalarse

Volviendo a la ecuación:

$$N = \frac{E * S}{\Phi * I * CU * FPT}$$

Entonces se calculará el Número de Luminarias:

$$N = \frac{(150) * (3528)}{(4500) * (4) * (0.5496) * (0.548414)} = 97.5421$$

$$N = 98 \text{ tragaluces}$$

D. Bodega 7

1. Especificaciones físicas de la Bodega

a. Dimensiones físicas

Parte Larga

Largo: 53.58 metros

Ancho: 18.40 metros

Altura: 8.00 metros

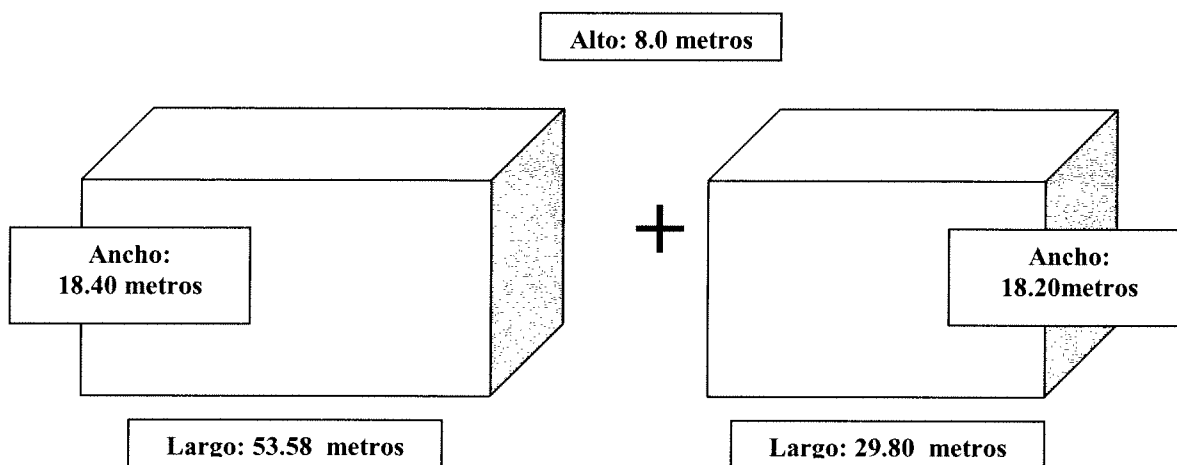
Parte Corta

Largo: 29.80 metros

Ancho: 18.20 metros

Altura: 7.00 metros

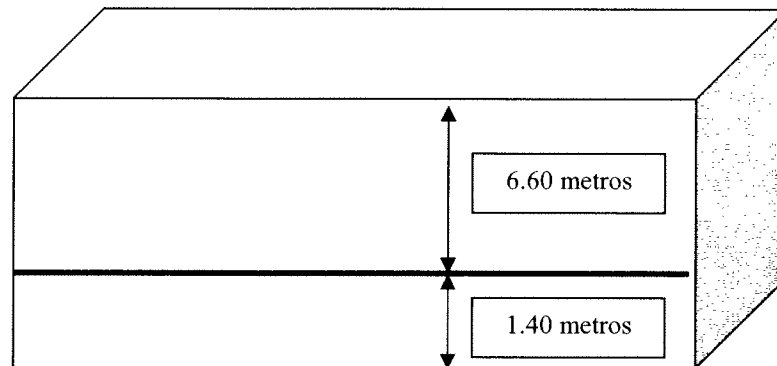
Figura # 30: Dimensiones físicas de la bodega 7



b. Altura hasta el punto de interés (altura de la cavidad del local)

Se utilizará el 1.40 metros ya que es la altura aproximada de una tarima que se coloca en el suelo, éste será el punto de referencia o plano de trabajo.

Figura # 31: Altura hasta el punto de interés (plano de trabajo) bodega 7



Por tanto:

H_{local} = desde el techo hasta el punto de referencia = 6.60 metros

c. Área o superficie de la nodega

Superficie = (Largo_{parte larga}) * (Ancho_{parte larga}) +
(Largo_{parte corta}) * (Ancho_{parte corta})

Superficie = (53.58 metros)* (18.40 metros) +
(29.80 metros)* (18.20 metros)

Superficie = 1528.23 metros².

d. Emisión luminosa de los tragaluces

Como se trabajarán con tragaluces de policarbonato la emisión luminosa será la misma que en los dos casos anteriores:

$\Phi = 4,500$ lúmenes

2. Especificaciones en el alumbrado

Local:

$H_{\text{local}} = 6.60 \text{ metros}$ (del techo hasta la primera tarima colocada en el suelo)

General:

$H_{\text{suelo}} = \text{distancia desde el suelo hasta la primera tarima} = 1.40 \text{ metros}$

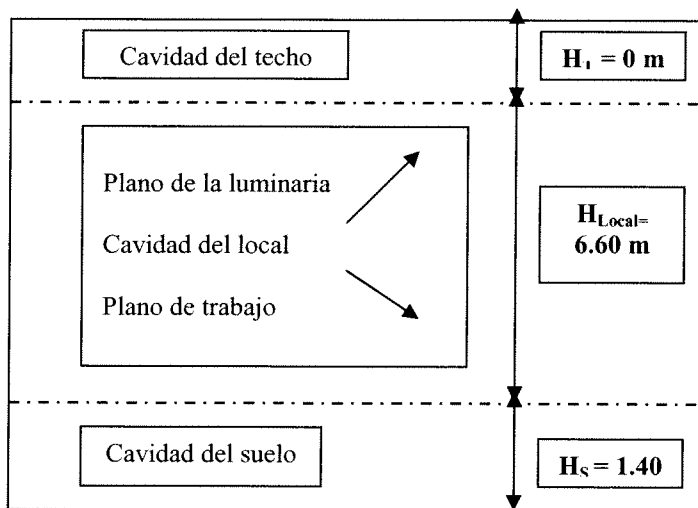
$H_{\text{techo}} = \text{distancia desde el tragaluz hasta el techo} = 0 \text{ metros}$

$H_{\text{local}} = \text{Altura de la cavidad del local.}$

$H_{\text{T}} = \text{Altura de la cavidad del techo.}$

$H_{\text{S}} = \text{Altura de la cavidad del suelo.}$

Figura # 32: Distribución de los niveles de iluminación para la bodega 7



3. Número de tragaluces a instalarse

El número de luminarias, número de unidades de alumbrado, se puede calcular mediante la siguiente relación:

$$N = \frac{E * S}{\Phi * I * CU * FPT}$$

donde:

- N** = Número de luminarias o unidades de alumbrado
- E** = Iluminación requerida (Luxes)
- S** = Superficie (área de análisis)
- Φ** = Flujo luminoso de la lámpara (en este caso fluorescente)
- I** = Número de lámparas por luminaria
- CU** = Coeficiente de utilización
- FPT** = Factor de pérdidas totales

4. Iluminación requerida

Para el caso de esta bodega también se va a tener los 150 luxes como parámetro inicial extraído de la “International Commission on Illumination (Comisión Internacional de Iluminación)”:

Figura # 33: Cantidad de luxes para una instalación de almacenaje según Comisión Internacional de Iluminación

	Nivel de Iluminación (luxes)
Zonas generales de edificios.	
Zonas de circulación (pasillos)	100
Escaleras fijas y eléctricas	150
Reprotes y lavabos	150
Almacenes y archivos	150
Talleres de montaje.	
Trabajos pesados: ensamble de maquinaria pesada	300
Trabajos semi-pesados: ensamble de motores y de carrocerías	500
Trabajos finos: ensamble de maquinaria electrónica y de oficinas	750

5. Cálculo del coeficiente de utilización

a. Reflectancias del techo, pared y suelo

Al igual que las bodegas 1 y 6 la bodega 7 también tiene las paredes de block de color grisáceo; los pisos color gris y en el techo la reflectancia también es pobre ya que como los tragaluces están instalados al mismo nivel que la lámina de fibrocemento la difusión de la luz es directamente hacia abajo y no refleja los rayos solares en el techo. Por ello las reflectancias que se van a utilizar para esta bodega serán las mismas que las utilizadas en la bodega 1 y 6:

10 % en el techo

10 % en la pared

20 % en el piso (esto es una suposición inicial)

b. Relación de la cavidad del local (RCL)

En este caso se va a sumar la parte larga con la parte corta de la bodega asumiendo que una esta a continuación de la otra y no una a la par de la otra.

La RCL se puede calcular de la siguiente manera:

$$RCL = \frac{5 * H_{local} (largo + ancho)}{largo * ancho}$$

$$RCL = \frac{5 * 6.60 * (83.38 + 36.60)}{(83.38 * 36.60)} = 1.29742 = 1.30$$

$$\mathbf{RCL = 1.29742 \sim 1.30}$$

Con este dato se puede obtener el coeficiente de utilización considerando las reflectancias del piso y la pared:

Cuadro # 16: Tabla para calcular el CU con reflectancia del techo y pared del 10 %

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1965

Techo	80%			50%			10%			0%
Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
RCL*										
1	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.73	0.69	0.67	0.66	0.64
2	0.75	0.70	0.68	0.69	0.65	0.61	0.61	0.58	0.56	0.54
3	0.67	0.60	0.55	0.61	0.56	0.52	0.54	0.51	0.48	0.46
4	0.39	0.52	0.47	0.54	0.49	0.44	0.48	0.45	0.41	0.39
5	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.38	0.43	0.39	0.35	0.33
6	0.46	0.39	0.34	0.43	0.37	0.32	0.38	0.34	0.30	0.28
7	0.41	0.34	0.29	0.38	0.32	0.28	0.34	0.30	0.26	0.25
8	0.37	0.30	0.25	0.34	0.28	0.24	0.31	0.26	0.23	0.21
9	0.33	0.26	0.22	0.31	0.25	0.21	0.28	0.23	0.20	0.18
10	0.30	0.23	0.19	0.28	0.22	0.18	0.25	0.21	0.17	0.16

Con 10 % de reflectancia de techo y 10% de reflectancia en la pared:

Interpolación del coeficiente de utilización:

RCL	10% de techo y 10 % pared
1	0.66
1.3	CU
2	0.56

$$CU = 0.63$$

c. Relación de la cavidad del piso (RCP)

$$RCP = \frac{RCL * (H_s)}{H_{local}}$$

$$RCP = \frac{(1.30 * 1.40)}{6.60} = 0.275758 = 0.28$$

$$RCP = 0.275758 \sim 0.28$$

Con 10 % de reflectancia en la pared y 20% de reflectancia en el piso:

Cuadro # 17: Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 20%

Reflectancia base de piso o techo de 20%

Ref. pared x	Relación de cavidad															
	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100
90	21	22	23	24	25	26	28	29	30	32	33	35	36	37	37	
80	20	21	21	22	23	24	25	26	27	27	28	29	30	30	29	
70	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	24	24	23	22	
50	20	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	15	13	
30	19	19	18	18	17	16	15	14	13	12	11	10	10	08	07	
10	19	18	17	16	15	13	11	10	09	08	07	06	05	03	03	
0	17	16	15	14	13	11	09	08	07	05	07	04	02	01	01	

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Interpolación del coeficiente de utilización del piso:

RCP	20% de piso y 10 % pared
0,2	19
0,28	CU(piso)
0,4	18

$$CU_{\text{piso}} = 18.6$$

d. Corrección en el cálculo de la relación de la cavidad del piso

Los datos y cálculos anteriores se aplican si el piso fuera lo suficientemente claro como para tener una reflectancia del 20%. Sin embargo, como este piso es oscuro no refleja tanto como un 20% por lo que es necesario hacer una corrección ya que la reflectancia real para el piso puede ser o bien un 10% ó un 5%:

Entonces tomando como reflectancia 10% para el piso y 10% para la pared y con un RCP = 0.28 se calculará el nuevo CU real del piso:

Cuadro # 18: Tabla para calcular el CU del piso con reflectancia de pared de 10% y reflectancia del piso del 10%

Reflectancia base de piso o techo de 10%															
Ref. pared	Relación de cavidad														
x	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0
90	11	12	13	15	16	18	20	22	24	26	27	30	31	33	34
80	11	11	13	14	14	16	18	20	21	22	23	25	26	27	28
70	11	11	12	13	13	15	16	17	18	19	20	20	21	21	21
50	10	11	11	11	12	12	13	13	13	13	14	14	14	15	15
10	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Interpolación del coeficiente de utilización efectivo del piso:

RCP	10% de piso y 10 % pared
0,2	9
0,28	CU(piso)
0,4	9

$$CU_{\text{piso efectivo}} = 9$$

e. Factor de corrección para reflectancia del suelo

Si la reflectancia real del suelo difiere de 20% como en este caso es necesario hacer una corrección para calcular la altura de la cavidad del local efectiva así como la nueva relación de la cavidad local y con ello obtener el coeficiente de utilización correcto. Con los datos de la tabla siguiente se procedió a calcular el factor de corrección necesario:

Cuadro # 19: Tabla del factor de corrección para calcular el nuevo coeficiente de utilización del piso real con reflectancia del piso y pared del 10%

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 10%

Ref. pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
30%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
10%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Con **10%** de reflectancia efectiva en la cavidad del piso y **10%** de reflectancia en la pared:

$$FC = 1.01$$

f. Modificaciones en la altura de la cavidad local (H_{local}), relación de la cavidad del local (RCL) y cálculo del coeficiente de utilización efectivo.

Teniendo el factor de corrección para la cavidad del piso se procede a calcular la nueva H_{local} :

$$H_{localefectivo} = \frac{6.60}{1.01} = 6.53465m$$

$$H_{local\ efectivo} = 6.53465\ m$$

Ahora es necesario sacar el nuevo valor de la relación de la cavidad local (RCL):

$$RCL_{efectivo} = \frac{5 * H_{localefectivo} (largo + ancho)}{largo * ancho}$$

$$RCL_{efectivo} = \frac{5 * 6.53465 * (83.38 + 36.60)}{(83.38 * 36.60)} = 1.28457 = 1.29$$

$$RCL_{efectivo} = 1.28457 \sim 1.29$$

Y por último con este nuevo valor del RCL se puede obtener el coeficiente de utilización real para la Bodega

Cuadro # 20: Tabla para calcular el CU real con reflectancia del techo y pared del 10 %

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Techo	80%			50%			10%			0%
Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
RCL*										
1	0.96	0.83	0.80	0.78	0.76	0.73	0.69	0.67	0.66	0.64
2	0.75	0.70	0.68	0.69	0.65	0.61	0.61	0.58	0.56	0.54
3	0.67	0.60	0.55	0.61	0.56	0.52	0.54	0.51	0.48	0.46
4	0.39	0.52	0.47	0.54	0.49	0.44	0.48	0.45	0.41	0.39
5	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.38	0.43	0.39	0.35	0.33
6	0.45	0.39	0.34	0.43	0.37	0.32	0.38	0.34	0.30	0.28
7	0.41	0.34	0.29	0.38	0.32	0.28	0.34	0.30	0.25	0.25
8	0.37	0.30	0.25	0.34	0.28	0.24	0.31	0.26	0.23	0.21
9	0.33	0.26	0.22	0.31	0.25	0.21	0.28	0.23	0.20	0.18
10	0.30	0.23	0.19	0.28	0.22	0.18	0.25	0.21	0.17	0.16

Interpolación del coeficiente de utilización real:

RCL	10% de techo y 10 % pared
1	0,66
1,29	CU
2	0,56

$$CU_{\text{real}} = 0.631$$

g. Relación de la cavidad del techo

Aquí se debe demostrar que la reflectancia del techo es de **10%** para seguir con el coeficiente de utilización **CU = 0.631**.

Los tragaluces están colocados al mismo nivel que el techo por lo que $H_T = 0$ m.

Entonces:

$$RCT = \frac{H_T}{H_{\text{local}}}$$

$$RCT = \frac{0}{6.60} = 0$$

$$\mathbf{RCT = 0}$$

Con **10 %** de Reflectancia en el techo y **10%** de reflectancia en la pared:

Coefficiente de utilización del techo:

RCT	10% de techo y 10 % pared
0,2	9
0	10

$$\mathbf{CU_{techo} = 10}$$

Por tanto el CU efectivo para la bodega 7 en el complejo de Almacenadora del País, S.A es de 0.631

6. Cálculo del factor de potencia

El Factor de Potencia para la bodega 7 va a ser el mismo que la bodega 1 y 6 debido a que se instalarán el mismo tipo de tragaluces y por tanto se deben de considerar los mismos aspectos ya explicados con anterioridad.

$$\mathbf{FPT = 0.548414}$$

7. Cálculo del Número de tragaluces a instalarse

Volviendo a la ecuación:

$$N = \frac{E * S}{\Phi * l * CU * FPT}$$

Entonces se calculará el Número de Luminarias:

$$N = \frac{(150) * (1528.23)}{(4500) * (4) * (0.631) * (0.548414)} = 36.8018$$

$$\mathbf{N = 37 tragaluces}$$

IX. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE ILUMINACIÓN

A. Consideraciones

1. Relación luz artificial – luz natural

Lo más recomendable según los expertos (proveedores de tragaluces) es que para lograr la iluminación adecuada sin incurrir en un efecto invernadero es tener un relación 40-60 (40% luz artificial, 60% luz natural), con esto las partes que posiblemente quedaron un poco al instalar tragaluces se puede compensar con la iluminación emanada por las lámparas.

Bajo estos estatutos una empresa se puede evitar costos por ventilación a causa del efecto invernadero y se puede garantizar una instalación con buena visibilidad, cómoda y sin riesgos.

Por tanto se tienen dos formas de lograr la iluminación requerida para una instalación : Aplicando la Relación 40% luz artificial – 60% luz natural o bien colocar la cantidad de tragaluces que se obtienen del estudio de iluminación.

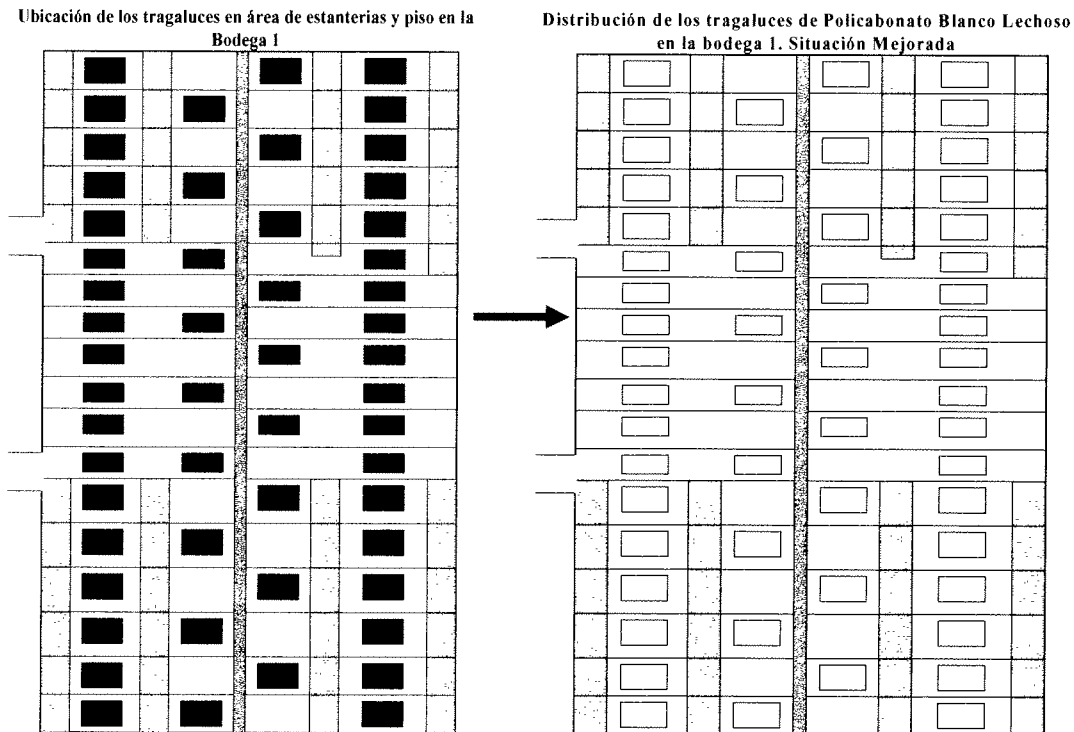
2. Bodega 1

Después de haber realizado el estudio de iluminación se pudo ver que la cantidad de tragaluces adecuada para lograr una distribución de 150 luxes es cincuenta y cinco.

Actualmente en la bodega se cuenta con cincuenta y cuatro (54) láminas de fibra de vidrio color verde, por lo que para este caso la opción más lógica es aprovechar estos cincuenta y cuatro espacios (54) para colocar las nuevas láminas de policarbonato. Además no es necesario realizar modificaciones en cuanto a la ubicación de estos tragaluces ya que la distribución actual es la correcta.

Por tanto, el mapa de distribución de iluminación mejorado queda de la siguiente manera:

Figura # 34: Nueva propuesta de distribución de iluminación natural en Bodega 1



Si se analiza un poco más a detalle esta distribución se pueden sacar ciertas conclusiones:

a. Las líneas de 18 tragaluzes colocadas en los extremos corresponden a dos de los pasillos de estanterías industriales que se encuentran en la bodega por lo que son necesarios.

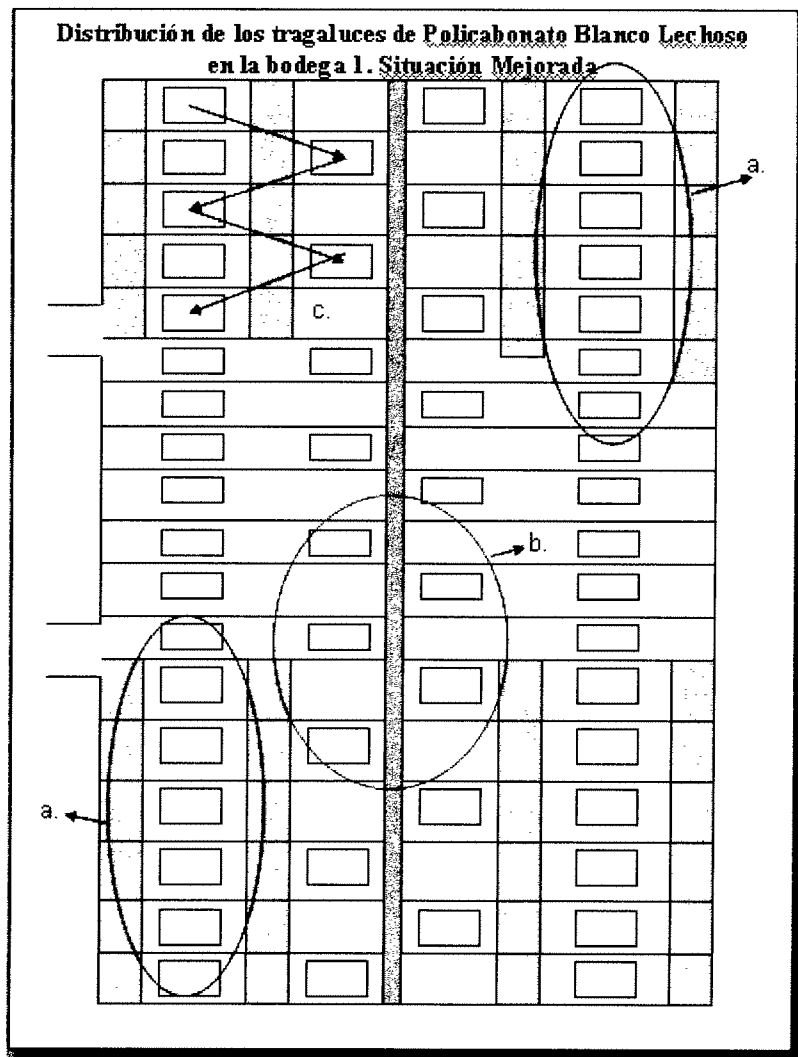
b. Para evitar efectos invernaderos en la bodega, las líneas de nueve (9) tragaluzes colocadas cerca de la cumbrera van colocadas dejando un tramo de costaneras de por medio que también son necesarios porque corresponden a los otros dos pasillos de estanterías que se encuentran en la nave.

c. Los proveedores de tragaluzes señalan que la mejor forma para garantizar una correcta iluminación en una instalación industrial es que los tragaluzes vayan formando triángulos de iluminación ya que como el tragaluz está colocado con cierto grado de inclinación por la pendiente de los techos refleja la luz tanto para adelante como para atrás. Esto permite tener una buena cantidad de luz a un menor costo.

d. En el caso de la bodega 1, la inversión sólo debe contemplar la remoción, obtención y colocación de los nuevos tragaluzes ya que se aprovecharán todos los orificios existentes.

e. Por último, realizando una retroalimentación con la gerencia de la almacenadora, ésta decidió que se cumple a cabalidad con el estudio de iluminación por lo que es totalmente factible la instalación de estos 54 tragaluzes porque se logra la iluminación adecuada y no se incurre en efecto invernadero.

Figura # 35: Análisis de la nueva distribución de iluminación en la bodega 1



3. Bodega 6

Del estudio de iluminación realizado en la bodega 6, se concluye que para conseguir los 150 luxes que indica el Manual de Alumbrado de Westinghouse se necesitan 98 tragaluces. Las conclusiones a las que se llegó con la gerencia de Almacenadora del País son las siguientes:

Actualmente se tienen 36 tragaluces en esta bodega y son insuficientes para iluminar adecuadamente esta instalación, por lo que va a ser necesario agregar más en lugares estratégicos; aquí se va a tener que cortar lámina galvanizada para insertar las nuevas láminas transparentes por lo que el costo de instalación será mayor.

Al analizar este estudio con la gerencia de Almacenadora del País, S.A. ésta decidió que el tener los 98 tragaluces era demasiado porque la mitad de la bodega es exclusivamente área de piso y no es necesario tener tanta iluminación en este sector porque con pocos tragaluces adicionales se puede conseguir una buena visibilidad, en donde sí es necesario colocar más láminas transparentes es en el área de estanterías ya que los pasillos están totalmente oscuros

La gerencia de la empresa decidió aplicar la relación del 40%-60% para evitar posibles efectos invernaderos y tener que incurrir en gastos por ventilación. Ya que en la bodega actualmente se tienen pocas lámparas la instalación de las mismas será la segunda fase para lograr conseguir la distribución del estudio de iluminación.

Por tanto se necesita realizar un re-diseño a fin de lograr el 60% de iluminación natural.

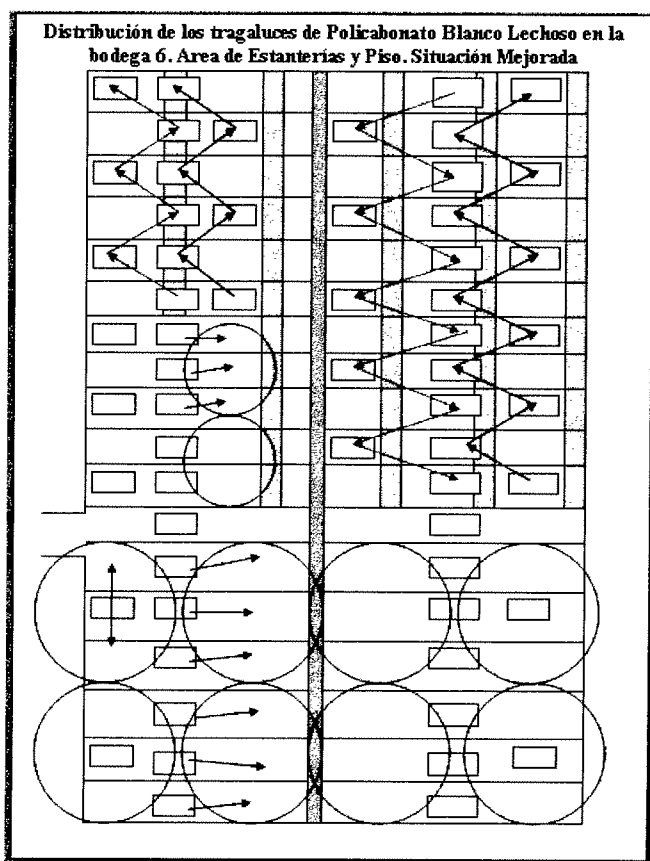
a. Rediseño de la distribución de iluminación

En el área de estanterías, lo vital es tener iluminación en los pasillos ya que la mayoría se encuentran totalmente oscuros. Para lograr una buena distribución de iluminación con un costo menor y sin incurrir en aumentos de temperatura la propuesta es instalar tragaluces en los pasillos oscuros dejando un tramo de por medio y que estén desfasados con referencia a las líneas de 18 tragaluces que se encuentra actualmente para formar los triángulos de luz y lograr una buena visibilidad. De esta forma toda el área de estanterías quedaría bien iluminada. (vid. figura 36).

Como en esta área también hay una pequeña área de piso, se pueden instalar tragaluces únicamente en la terminación de esa agua dejando también un tramo de por medio. Actualmente esa área, tal y como se explicó en el Capítulo VI, tiene buena visibilidad pero falta reforzar el extremo por lo que esta propuesta solucionaría el problema (vid. figura 36).

Por tanto la mitad de la bodega que corresponde al área de estanterías quedaría con 42 tragaluces.

Figura # 36: Análisis de la nueva distribución de iluminación en la Bodega 6



Ahora en el área de piso los lugares más oscuros son las terminaciones de las aguas por lo que se plantea colocar un tragaluz al principio y uno al final por cada agua para iluminar estos tramos oscuros.

Los círculos en la figura # 36 representan los radios que cubrirán los tragaluces en conjunto.

Con esta nueva distribución, la cantidad de láminas transparentes necesarias en esta instalación disminuye a 60 con la garantía de conseguir una buena visibilidad, manteniendo un equilibrio temperatura iluminación y disminuyendo significativamente los costos.

Con 60 tragaluces se consigue una relación de 61% de iluminación natural y el restante 39% se implementará en una fase posterior mediante la instalación de iluminación artificial y así cumplir con los requerimientos necesarios.

b. ¿Con cuántos luxes se queda la bodega 6 con esta nueva distribución?

Para sacar este dato es necesario regresar a la fórmula para calcular el número de tragaluces necesario del capítulo siete:

$$N = \frac{E * S}{\Phi * l * CU * FPT}$$

donde:

- N** = Número de luminarias o unidades de alumbrado
- E** = Iluminación requerida (luxes)
- S** = Superficie (área de análisis)
- Φ** = Flujo luminoso de la lámpara (en este caso fluorescente)
- l** = Número de lámparas por luminaria
- CU** = Coeficiente de utilización
- FPT** = Factor de pérdidas totales

c. Número de tragaluces que indica el estudio de iluminación con 150 luxes que recomienda el manual de alumbrado de Westinghouse

$$N = \frac{(150) * (3528)}{(4500) * (4) * (0.5496) * (0.548414)} = 97.5421$$

N = 98 tragaluces

- d. Cantidad de luxes con que se queda la bodega 6 si se colocan 60 tragaluces

Para obtener este dato es necesario despejar los luxes de la fórmula inicial:

$$N = \frac{E * S}{\Phi * I * CU * FPT}$$

$$\frac{N * \Phi * I * CU * FPT}{S} = E$$

$$\frac{60 * 4500 * 4 * 0.5496 * 0.548414}{3528} = E$$

$$E = 93 \text{ luxes}$$

Los otros 57 luxes se obtendrán mediante la instalación de iluminación artificial.

La gerencia de Almacenadora del País, S.A decidió trabajar con esta distribución ya que los problemas de iluminación en los lugares más importantes se eliminan y además de ser una inversión más baja se evitan efectos invernales.

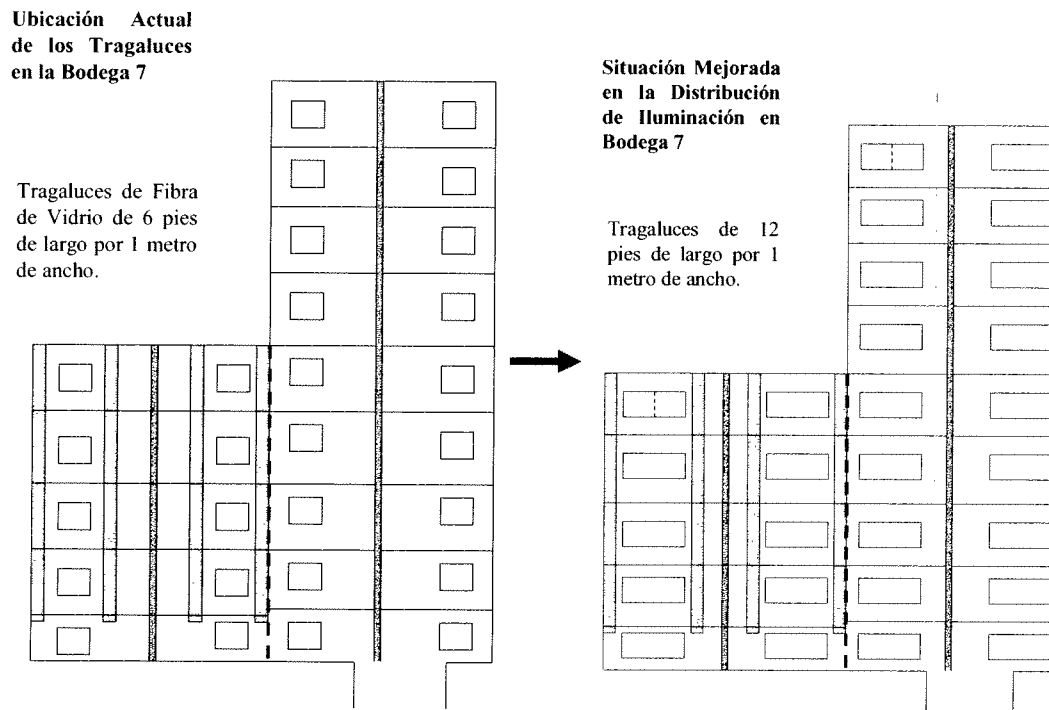
4. Bodega 7

En el caso de la Bodega 7, el estudio de iluminación refleja que el número necesario de tragaluces para completar la cantidad de luxes recomendados (150) es de 37. Esto quiere decir que la iluminación actual es bastante deficiente porque se deberían de tener 37 láminas de 10 pies de largo y actualmente se tienen 28 de 6 pies.

Como se planteó en el Capítulo V, uno de los mayores problemas que tiene esta bodega en iluminación es que los tragaluces son demasiado pequeños para el tamaño de los techos lo que provoca que el radio de iluminación no sea el adecuado para que en conjunto iluminen adecuadamente toda la instalación.

Por tanto, como es necesario tener 37 tragaluces de 10 pies de largo y sólo se cuenta con 28 orificios en los techos de esta bodega se plantea la siguiente propuesta que permite obtener el grado de iluminación requerido por el estudio de iluminación:

Figura # 37: Nueva propuesta de distribución de iluminación natural en bodega 7



Aprovechando que se tienen los orificios en la lámina de fibrocemento se pueden colocar los nuevos tragaluces en esos mismos lugares sólo que en lugar de tener láminas de 6 pies de largo colocar láminas de 13 pies (es decir 12 pies de iluminación efectiva ya que el pie restante sirve de traslape con las láminas de fibrocemento); con esto, el radio de iluminación de cada tragaluz se incrementa considerablemente dando como resultado una excelente iluminación.

En este caso no es necesario modificar la ubicación de los tragaluces o agregar otros, ya que si analizamos la parte larga de la bodega, que es área exclusiva de piso, los tragaluces de 13 pies brindarán la visibilidad necesaria para trabajar cómodamente.

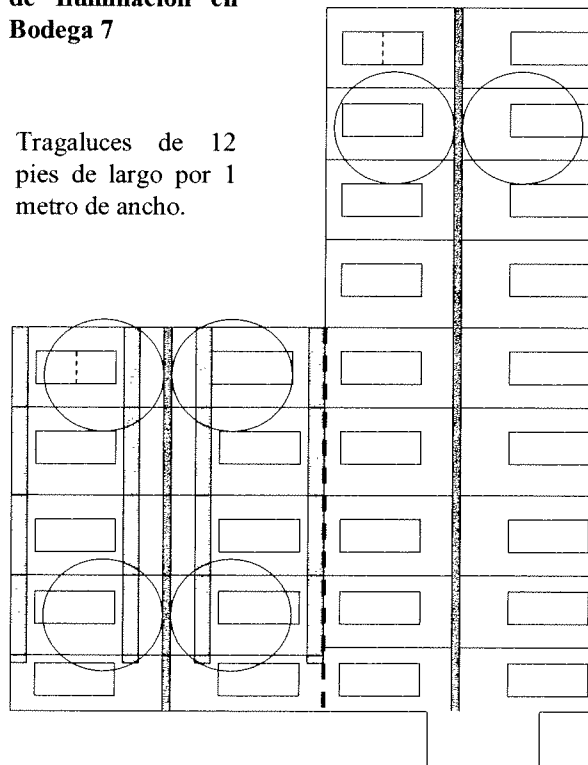
Y en el caso de la parte corta de la bodega, que es área de estanterías, como se puede observar en la figura # 38, el pasillo del medio no tiene instalados ningún tragaluz pero como se va ampliar al doble el tamaño de los tragaluces estos pueden transmitir la suficiente luz para este pasillo.

La gerencia de Almacenadora del País, S.A decidió quedarse con esta distribución porque se evita colocar más tragaluces en lugares donde no hay, un incremento considerable de la temperatura y se brinda la visibilidad necesaria.

Figura # 38: Nueva propuesta de distribución de iluminación natural en bodega 7, compensación de luz en el pasillo del medio en el área de estanterías al poner tragaluces de 13 pies.

**Situación Mejorada
en la Distribución
de Iluminación en
Bodega 7**

Tragaluces de 12
pies de largo por 1
metro de ancho.



X. INVERSIÓN PARA LA NUEVA DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN

Para realizar un análisis financiero lo más certero posible se deben considerar los siguientes aspectos:

A. Una de las suposiciones iniciales en las que se basó para realizar el estudio de iluminación fue que todas las láminas son de 10 pies de largo. En la bodega 1 las láminas que se tienen que cotizar deben ser de 11 pies de largo puesto que el traslape entre la lámina de fibrocemento y esta es mínimo (sólo se pierde 1 pie) y así se logra tener los 10 pies de luz efectiva.

En el caso de la Bodega 6 las láminas transparentes que se tienen que cotizar son de 12 pies de largo puesto que en el traslape entre la lámina galvanizada y ésta se pierden aproximadamente 2 pies para llegar cómodamente hasta los tornillos en las costaneras.

Y por último, para la Bodega 7 las láminas que se tienen que cotizar son de 13 pies puesto que esta es la intención de la nueva distribución de iluminación. Además como esta bodega al igual que la bodega 1 tiene lámina de fibrocemento el traslape es mínimo y por ello sí se utilizará todo el largo de la lámina.

B. Los proveedores de la lámina serán los mismos que los utilizados en el Capítulo VII: Proveedor X, Proveedor Y y Proveedor Z, y de éstos se obtendrá la opción más viable financieramente, considerando tanto láminas de fibra de vidrio como de policarbonato en color blanco lechoso.

Cuadro # 21: Inversión en tragaluces para Bodega 1

EMPRESA	BODEGA	TIPO DE TRAGALUCES (tragaluces de 10 pies)	NÚMERO DE TRAGALUCES	COSTO UNITARIO DEL TRAGULUZ	COSTO UNITARIO DE LA MANO DE OBRA	INVERSIÓN EN TRAGALUCES	INVERSIÓN EN MANO DE OBRA	INVERSIÓN TOTAL
Proveedor X	1	Fibra de vidrio calibre 200	54	Q220.00	Q75.00	Q11,880.00	Q4,050.00	Q15,930.00
Proveedor Y	1	Fibra de vidrio calibre 200	54	Q294.00	Q50.00	Q15,876.00	Q2,700.00	Q18,576.00
Proveedor Z	1	Polycarbonato color blanco	54	Q342.00	Q154.74	Q18,468.00	Q8,355.96	Q26,823.96
Proveedor Y	1	Polycarbonato color transparente	54	Q356.10	Q50.00	Q19,229.40	Q2,700.00	Q21,929.40

Cuadro # 22: Inversión en tragaluces para Bodega 6

EMPRESA	BODEGA	TIPO DE TRAGALUCES (tragaluces de 12 pies)	NÚMERO DE TRAGALUCES	COSTO UNITARIO DEL TRAGULUZ	COSTO UNITARIO DE LA MANO DE OBRA	INVERSIÓN EN TRAGALUCES	INVERSIÓN EN MANO DE OBRA	INVERSIÓN TOTAL
Proveedor X	6	Fibra de vidrio calibre 200	24	Q336.00	Q100.00	Q8,064.00	Q2,400.00	Q10,464.00
Proveedor Y	6	Fibra de vidrio calibre 200	24	Q349.98	Q75.00	Q8,399.52	Q1,800.00	Q10,199.52
Proveedor Z	6	Polycarbonato color blanco	24	Q456.00	Q215.00	Q10,944.00	Q5,160.00	Q16,104.00
Proveedor Y	6	Polycarbonato color transparente	24	Q424.50	Q75.00	Q10,188.00	Q1,800.00	Q11,988.00

Cuadro # 23: Inversión en tragaluces para Bodega 7

EMPRESA	BODEGA	TIPO DE TRAGALUCES (tragaluces de 12 pies)	NÚMERO DE TRAGALUCES	COSTO UNITARIO DEL TRAGULUZ	COSTO UNITARIO DE LA MANO DE OBRA	INVERSIÓN EN TRAGALUCES	INVERSIÓN EN MANO DE OBRA	INVERSIÓN TOTAL
Proveedor X	7	Fibra de vidrio calibre 200	28	Q336.00	Q75.00	Q9,408.00	Q2,100.00	Q11,508.00
Proveedor Y	7	Fibra de vidrio calibre 200	28	Q349.98	Q50.00	Q9,799.44	Q1,400.00	Q11,199.44
Proveedor Z	7	Polycarbonato color blanco	28	Q456.00	Q201.79	Q12,768.00	Q5,650.12	Q18,418.12
Proveedor Y	7	Polycarbonato color transparente	28	Q424.50	Q50.00	Q11,886.00	Q1,400.00	Q13,286.00

Cuadro # 24: Resumen de la Inversión Total en Tragaluces

EMPRESA	TOTAL TRAGALUCES	TOTALES	VIDA ÚTIL
Proveedor X	106	Q37,902.00	5 a 7 años
Proveedor Y (Fibra de Vidrio)	106	Q39,974.96	5 a 7 años
Proveedor Z	106	Q61,346.08	10 a 12 años
Proveedor Y (Policarbonato)	106	Q47,203.40	10 a 12 años

Cuadro # 25: Estudio Financiero de la Inversión Total en Tragaluces

	Proveedor X	Proveedor Y (Fibra de vidrio)	Proveedor Z	Proveedor Y (policarbonato)
Vida útil	7.00	7.00	12.00	12.00
Costo anual de mantenimiento	(5,000.00)	(5,000.00)	(5,000.00)	(5,000.00)
Inversión inicial	(37,902.00)	(39,974.96)	(61,346.08)	(47,203.40)
Valor de salvamento	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
Tasa (ritmo inflacionario)	0.10	0.10	0.10	0.10

Anualidad de Inversión Inicial	(7,785.28)	(8,211.08)	(9,003.35)	(6,927.73)
Anualidad por Costo Mantenimiento	(5,000.00)	(5,000.00)	(5,000.00)	(5,000.00)
Valor Salv. en el Presente	1,026.32	1,026.32	637.26	637.26
Anualidad por Valor de Salvamento	210.81	210.81	93.53	93.53
ANUALIDAD TOTAL	(12,574.47)	(13,000.27)	(13,909.83)	(11,834.20)

Figura #39: Flujos de Efectivo del Proveedor X y Proveedor Y en Fibra de Vidrio

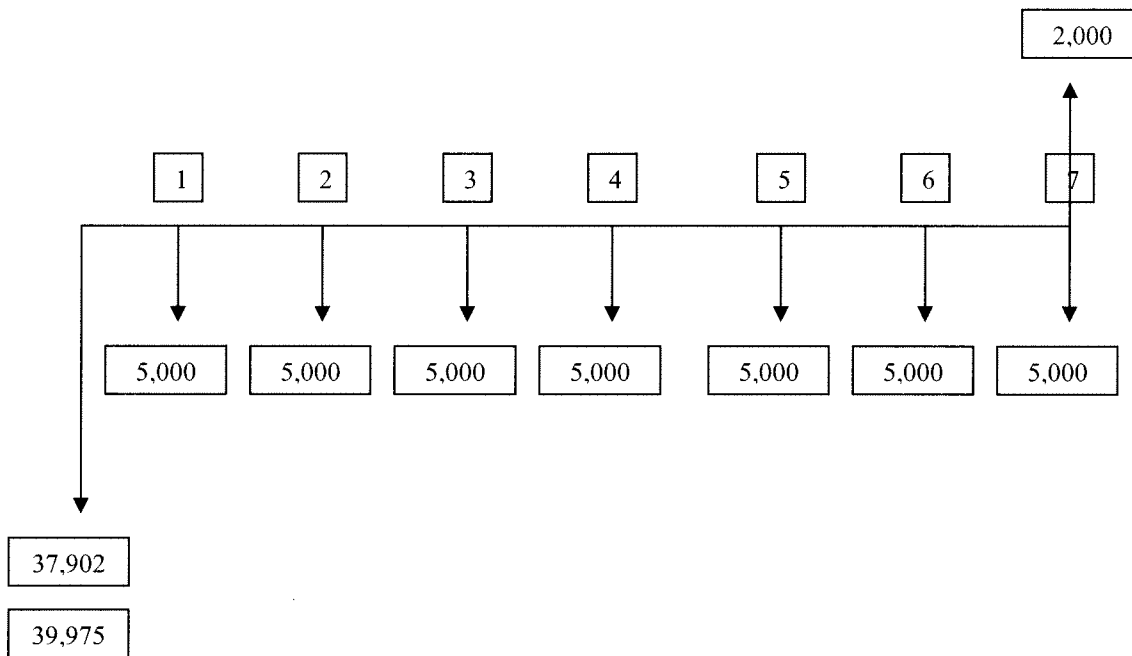
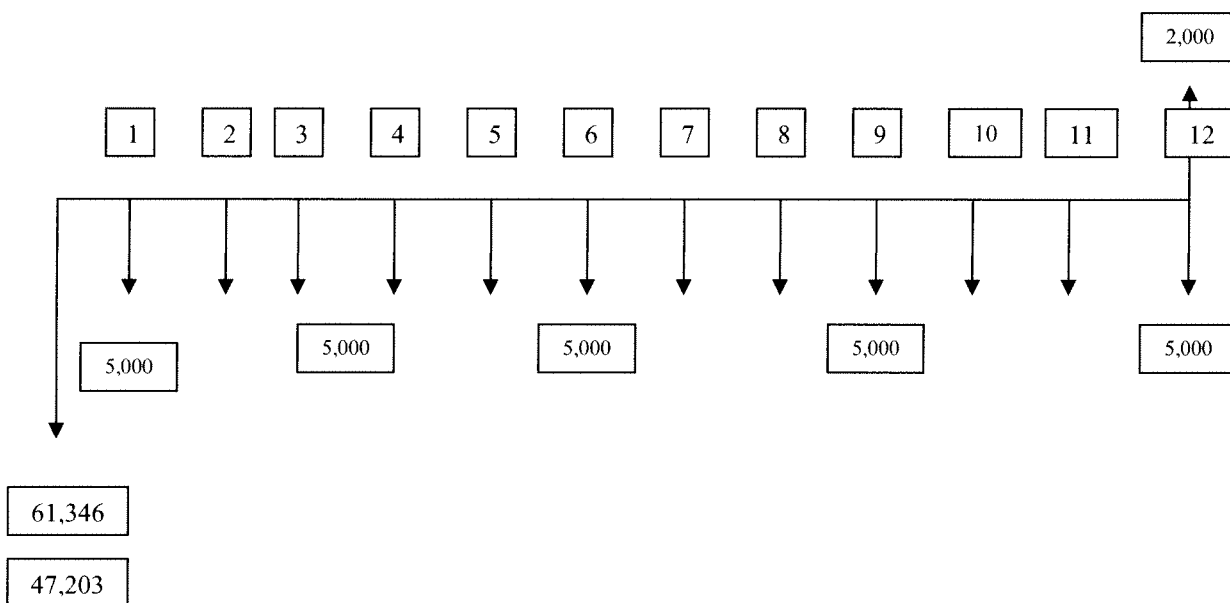


Figura #40: Flujos de Efectivo del Proveedor Z y Proveedor Y en Policarbonato



Cuadro #26: Flujo de Caja (Proyectado)

Flujo de Caja (Proyectado)		2006	2007	2008	2009	2010
Ingresos						
Ahorros en Energía		Q36,000.00	Q36,000.00	Q36,000.00	Q36,000.00	Q36,000.00
Total Ingresos		Q36,000.00	Q36,000.00	Q36,000.00	Q36,000.00	Q36,000.00
Egresos						
Gastos de Mantenimiento		Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00
Total Egresos		Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00	Q5,000.00
Utilidad Neta		Q31,000.00	Q31,000.00	Q31,000.00	Q31,000.00	Q31,000.00
Inversión	(Q47,203.40)					
Flujo de Caja Anual	(Q17,203.40)	Q31,000.00	Q31,000.00	Q31,000.00	Q31,000.00	Q31,000.00

TMAR 10.00%

TIR 59.26%

VPN 2010	Q70,310.99	La recuperación (RSI) de la inversión ocurre entre el año 1 y 2
VPN 2009	Q51,062.43	
VPN 2008	Q29,889.01	
VPN 2007	Q6,598.25	
VPN 2006	(Q19,021.58)	

XI. IMPLEMENTACIÓN DE LA NUEVA DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN

En base al estudio financiero realizado en el capítulo nueve se pudo tomar una decisión concreta en cuanto al tipo de tragaluces que se debía colocar en las instalaciones así como el proveedor que presentó la propuesta más competitiva.

Debido a que es necesario mejorar las condiciones de trabajo para poder alcanzar estándares más altos de productividad y mantener la calidad de vida del recurso humano se decidió aprobar el proyecto y comenzar inmediatamente el cambio de los tragaluces en estas tres bodegas.

A. Bodega 1

Esta fue la primera bodega con la que se empezó a trabajar, como se concluyó en el análisis del estudio del iluminación se van a colocar 54 tragaluces en los mismos lugares en donde se encontraban las láminas verdes anteriormente, esto debido a que la distribución actual es la adecuada iluminando los lugares necesarios para realizar el trabajo.

Figura # 41: Cambio de tragaluces en la nave principal de la bodega 1



Los pasillos en las áreas de estanterías quedaron completamente iluminados, la visibilidad aumentó considerablemente y actualmente no es necesario prender las lámparas en todo el turno de trabajo ya que se tiene la visibilidad adecuada, con esto los costos por energía eléctrica disminuyen significativamente y la mercadería se puede manipular de forma más segura.

Figura # 42: Iluminación anterior y actual en pasillos de la bodega 1



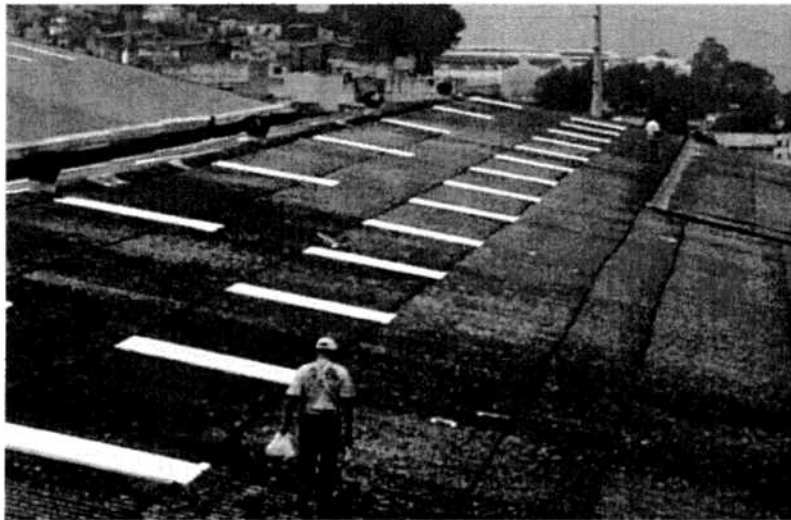
Algo importante es la seguridad al momento de realizar los trabajos de instalación ya que se está trabajando en una altura que oscila entre los 8 y 12 metros por lo que las medidas de seguridad deben ser rigurosas para evitar cualquier accidente. Tanto el proveedor como la Almacenadora del País, S.A exigen que se utilice el equipo adecuado para trabajar a fin de evitar percances que afecten a las dos partes.

Figura # 43: Cambio de tragaluces y equipo de seguridad



La distribución de iluminación se ve de la siguiente manera:

Figura # 44: Distribución de iluminación en bodega 1



El tiempo aproximado que tomó la instalación de estos nuevos tragaluces en la bodega 1 fue de cuatro días sin lluvias. Como el techo es duralita el agua provoca que el hongo que lo recubre se ponga ligoso haciendo imposible el trabajo. Estos tragaluces son de 10 pies de largo de policarbonato en color blanco lechoso.

B. Bodega 6

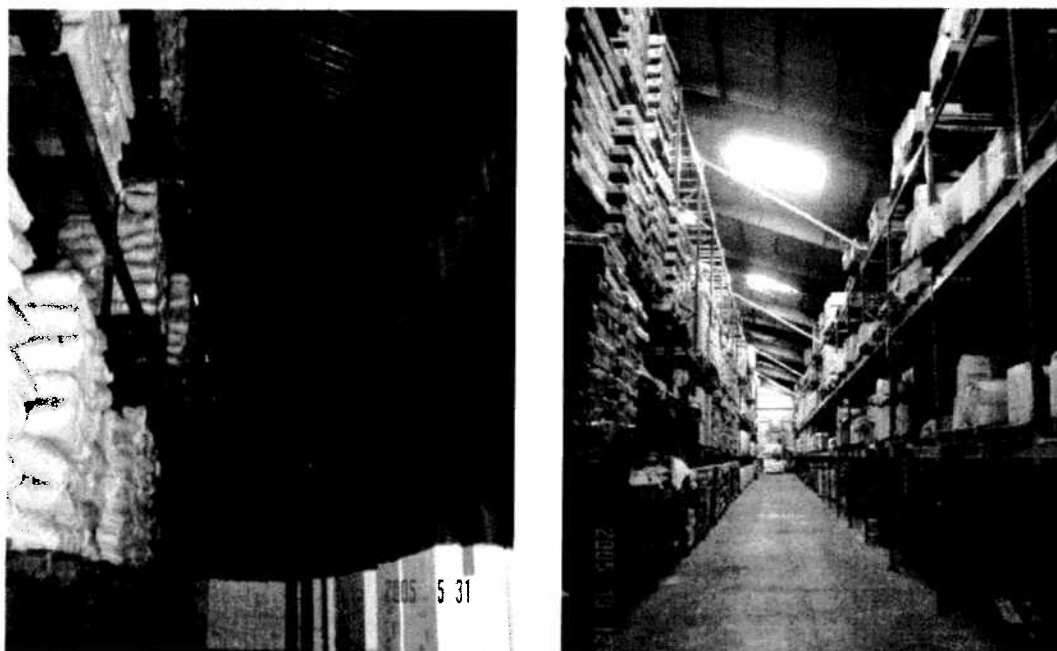
La bodega 6 es la que presentaba el mayor problema de iluminación, porque en el área de estanterías se tenían pasillos totalmente oscuros, se corría el riesgo de dañar la mercadería por falta de visibilidad y la vida del trabajador corría peligro.

En esta bodega el trabajo de instalación de los tragaluces se hizo según el rediseño de iluminación explicado en el Capítulo IX con el fin de mantener un buen balance entre temperatura e iluminación. El trabajo aquí fue un poco más complicado y tardado ya que hay que cortar la lámina galvanizada para luego colocar los tragaluces.

Empezando por el área de estanterías la iluminación lograda fue la siguiente:

1. Pasillo 1

Figura # 45: Mejora en iluminación en pasillo 1 de bodega 6, área de estanterías



Se dejó un tramo de por medio entre cada dos tragaluces ya que en el siguiente pasillo se encontraba instalado el tragaluz en el tramo que no se puso lámina transparente y así se compensaba el radio de iluminación al formarse el triángulo de luz. Puede observarse una muy buena visibilidad.

2. Pasillo 2

Figura # 46: Mejora en iluminación en pasillo 2 de bodega 6, área de estanterías



Este es el pasillo 2 en el área de estanterías y tal como se puede observar está ahora más claro que antes y no se hizo aquí ninguna modificación, esto se debe a que está compensada la iluminación con los tragaluzes instalados tanto en el pasillo 3 como en el pasillo 1 ya que estas láminas transparentes se instalaron de forma intercalada.

3. Pasillo 3

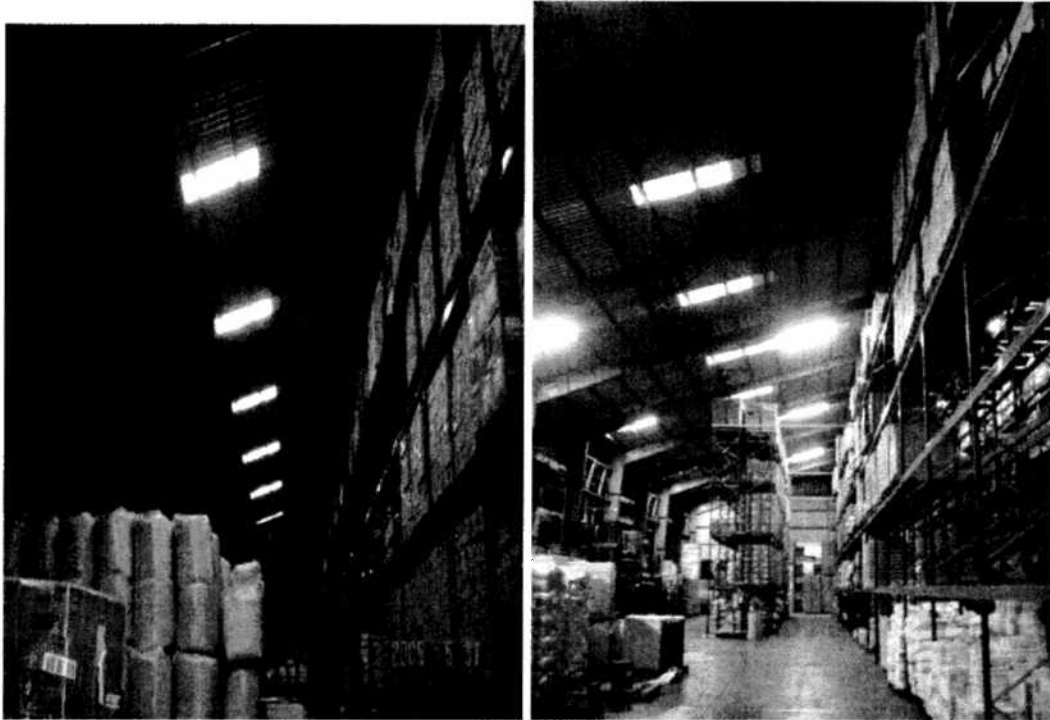
Figura # 47: Mejora en iluminación en pasillo 3 de bodega 6, área de estanterías



Si se observa, este pasillo estaba completamente oscuro y con la nueva distribución de iluminación quedó con una muy buena visibilidad, la instalación de estos tragaluzes es un poco más complicada ya que se instalaron desde la cumbrera de la bodega por lo que era necesario remover los extractores de hojalata que están instalados en la cumbre de la bodega.

4. Pasillos 4 y 5

Figura # 48: Mejora en iluminación en pasillos 4 y 5 de bodega 6, área de estanterías



Este es el cambio que hubo en la iluminación natural a raíz del nuevo diseño de ubicación de los tragaluz en los últimos dos pasillos de la bodega 6 en el área de estanterías.

5. Área de Piso

En el área de piso se tenía una visibilidad aceptable sin embargo como se explicó en el Capítulo VI, el mayor problema era que en las orillas de las aguas no se tenía una buena iluminación, por tanto se procedió a corregir el problema instalando un tragaluz tanto en el inicio como al final sobre las terminaciones de las aguas y con ello abarcar el radio de iluminación adecuado.

Figura # 49: Mejora en iluminación en área de piso de bodega 6



Tal y como se ve en la figura 47 anterior debido a la instalación de estos tragaluces las áreas de piso oscuras desaparecieron y se logró la visibilidad deseada.

C. Bodega 7

En el Capítulo XI donde se analiza el estudio de iluminación, se planteó la idea de poner nuevos tragaluces, pero en lugar de medir seis pies aumentar a 13 pies, con esto el radio de iluminación se incrementaría considerablemente dando la visibilidad adecuada.

El área de estanterías quedó de la siguiente manera:

Figura # 50: Mejora en iluminación en área de estanterías en bodega 7



En el pasillo de en medio no había ningún tragaluz por lo que se veía bastante oscuro sin embargo en la nueva distribución al haber instalado tragaluzes el doble de largo el radio de luz creció a tal grado que no fue necesario colocar láminas transparentes y se logró la visibilidad deseada.

Figura # 51: Iluminación actual en el pasillo del medio en el área de estanterías en bodega 7



Por último, el área de piso quedó completamente iluminada con una buena visibilidad sólo por el simple hecho de haber aumentado el tamaño del tragaluz, además se pudo comprobar a través del estudio y análisis de iluminación que la cantidad de tragaluzes instalados en esta bodega es adecuado para un buen desempeño laboral.

Figura # 52: Mejora en la iluminación en el área de piso en bodega 7



XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. La Seguridad Industrial debe formar parte del ámbito laboral hoy en día ya que se consiguen rendimientos productivos mayores y a la misma vez permite tener servicios de alta calidad con un recurso humano libre de riesgos obteniéndose así la máxima satisfacción del cliente.

B. El primer estudio financiero realizado en el capítulo 7 permitió establecer cuál es la opción más viable de tragaluces de forma unitaria, sin embargo, como también se expusieron las bondades de los tipos de tragaluces que venden en el mercado (fibra de vidrio y policarbonato) se tomó la decisión a favor del tragaluz de policarbonato.

Con esta decisión se pudo realizar el Estudio de Iluminación en las tres bodegas para luego comprobar si realmente los tragaluces de policarbonato representaban la mejor opción al tener la cantidad de tragaluces totales que se debían instalar en dichas instalaciones.

C. Para poder realizar el estudio de iluminación y poder comparar datos de lámparas neón con tragaluces de policarbonato se midió con un medidor de pies candelas la intensidad de luz emitida tanto por la lámpara como por el tragaluz de policarbonato y, habiendo obtenido resultados muy similares, se pudo establecer similitudes en el estudio técnico y con ello obtener el número de láminas transparentes necesarias para cada una de las tres bodegas de almacenaje.

D. Del estudio de iluminación se pudo obtener que la cantidad necesaria de tragaluces de 10 pies de largo para la bodega 1 es cincuenta y cinco, para la bodega 6, noventa y ocho y para la bodega 7, treinta y siete.

E. En el análisis del estudio de iluminación se pudo observar que lo más factible para la bodega 1 era aprovechar la correcta distribución de iluminación anterior y colocar los 54 tragaluces nuevos en los mismos lugares.

F. En el caso de la Bodega 6, el estudio de iluminación indicó que se necesitaban 98 tragaluces para lograr los 150 luxes que recomienda para bodegas el Manual de Alumbrado de Westinghouse, sin embargo, con el fin de evitar efectos invernaderos y cortar demasiada lámina galvanizada Almacenadora del País decidió hacer un re-diseño para lograr la relación 40%-60% y completar los requerimientos lumínicos con luz artificial. Para el área de estanterías se estableció que se puede lograr una visibilidad óptima simplemente

mediante la formación de triángulos de iluminación a través de la colocación intercalada de tragaluces en los pasillos. Y para el área de piso el diseño se basó en colocar cuatro tragaluces en los extremos de las aguas (dos por cada agua) ya que estas eran las áreas oscuras.

G. En el caso de la Bodega 7, el estudio de iluminación indicó que se necesitaban 37 tragaluces de 10 pies de largo. La distribución anterior constaba de 28 láminas de fibra de vidrio de 6 pies de largo por lo que se contaba con una iluminación muy deficiente.

Para maximizar la visibilidad se propuso aprovechar esos 28 espacios mediante la instalación de láminas de 13 pies de largo (12 pies de iluminación efectiva) en los mismos lugares en donde se tienen instalados los de 6 pies. De esta forma la visibilidad aumenta significativamente y se consigue un lugar de trabajo cómodo.

H. Después del análisis del estudio de iluminación, en el capítulo X, se estableció que ciertamente la opción más viable tanto económicamente como en características de resistencia fue la del Proveedor Y en policarbonato. Esto se debió básicamente a la vida útil de la lámina que permite realizar una inversión inicial más alta pero justificable en el tiempo.

I. Los ahorros mensuales en energía eléctrica con la nueva distribución son de aproximadamente Q. 3,000 quetzales mensuales.

J. Los beneficios aparte del ahorro en la energía eléctrica que se tienen con esta nueva distribución de iluminación es una estación de trabajo más cómoda, menos riesgo de daños a la mercadería porque se puede ver mejor, mejor salud para el empleado que se puede traducir en menos ausentismo y cargas o descargas más rápidas.

K. Finalmente, debido a que el diseño aceptado por la gerencia de Almacenedora del País, S.A la nueva distribución de iluminación fue aprobada inmediatamente y se comenzó a cambiar e instalar los nuevos tragaluces en las bodegas. Los resultados fueron muy satisfactorios tal y como se muestra en el Capítulo XI ya que de las conclusiones matemáticas y lógicas se pudo obtener unas instalaciones mucho más seguras y cómodas de las cuales se está seguro que se obtendrán resultados mucho más atractivos en el corto plazo.

L. En cuanto a las recomendaciones, no puede haber mejora sin un plan de mantenimiento por lo que es necesario que por lo menos una vez al año se les dé mantenimiento a los nuevos tragaluces para ampliar su vida útil.

M. Hacer un estudio que mida la cantidad de tragaluces que serían necesarios en las bodegas para formar efecto invernadero independientemente de la actividad que se pueda llegar a realizar. Con esto se puede hacer un análisis de los costos por ventilación a causa de la creación del efecto invernadero dentro de las instalaciones.

N. Hacer un estudio específico del aumento de temperatura en las instalaciones a causa de los nuevos tragaluces y determinar hasta que punto puede subir el calor hasta catalogarlo como efecto invernadero.

O. Es recomendable hacer un sondeo entre los diferentes trabajadores de esta empresa para conocer cuáles son los aspectos que afectan su productividad por no contar con condiciones óptimas y ponerse a trabajar en ello inmediatamente. Esto permite competir de mejor forma en el mercado global.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, David; D. Sweeney y T. Williams. 1999. *Estadística para administración y economía*. Séptima Edición. Virgilio González Pozo. México D.F. Editorial Thomson S.A de C.V. Pag. 909
- Blank, Leland; y A. Tarquin. 1999. *Ingeniería Económica*. Cuarta Edición. Gladys Arango Medina. Colombia. Editorial McGraw Hill. Pag. 722
- Chase, Richard; N. Aquilano y F. Jacobs. 2000. *Administración de Producción y Operación. Manufactura y Servicios*. Octava Edición. Angela García Rocha y Mildred Ciociano González. Santa Fe de Bogota, Colombia. Editorial McGraw Hill. Pag. 885
- Konz, Stephan. 2001. *Diseño de Instalaciones Industriales*. Octava Edición. Luis Carlos Emerich Zazueta. México. Editorial Limusa, S.A. Pag. 405
- Niebel, Benjamin; y A. Freivalds. 2001. *Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. Décima Edición. Marcia González Osuna. México D.F. Alfaomega Grupo Editor. Pag. 728
- Vollmann, Thomas; W. Berry y D. Whybark. 1997. *Sistemas de Planificación y Control de la Fabricación*. Tercera Edición. Sergio Cornejo Reyes y Bernardo Prida. Colombia. Editorial McGraw Hill. Pag. 867
- Manzano, Gustavo. 2005. «Cuando el producto adquiere valor». *Revista Mundo Logístico*. Año II (8): 56:60
- Rosales, Raúl. 2005. «Apoyo a las mejores prácticas en el almacén» *Revista Mundo Logístico*. Año II (9): 11-18