

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño para el óptimo funcionamiento en rotación de inventario de equipo de seguridad industrial en bodegas de construcción

Trabajo de graduación presentado por Diego Alfredo Salvatierra Méndez para optar grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

2,013

Diseño para el óptimo funcionamiento en rotación de inventario de equipo de seguridad industrial en bodegas de construcción

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño para el óptimo funcionamiento en rotación de inventario de equipo de seguridad industrial en bodegas de construcción

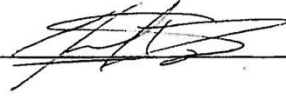
Trabajo de Graduación presentado por Diego Alfredo Salvatierra Méndez para optar por el grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

2,013

Vo. Bo.

Asesor: Ing. Ángel Díaz (f)

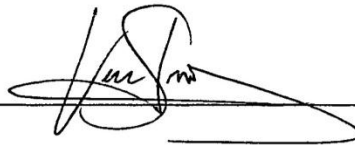


Tribunal examinador:

Ing. Estuardo Sierra (f)



Ing. Vivian Sigüenza (f)



Ing. Ángel Díaz (f)



Fecha de aprobación: Guatemala 24 de junio de 2013

ÍNDICE

LISTADO DE GRÁFICOS	ix
LISTADO DE TABLAS.....	ix
LISTADO DE ILUSTRACIONES.....	x
LISTADO DE ECUACIONES.....	x
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	2
III. OBJETIVOS	3
A. General.....	3
B. Específicos	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
A. Construcciones y Consultoría S.A. (CONSULTA).....	4
1. Descripción.....	4
2. Proceso constructivo.....	5
3. Personal.....	5
4. Edificaciones comerciales.....	6
B. Protección personal.....	7
1. Especificaciones equipo de protección personal.....	7
C. Estadística descriptiva.....	10
1. Definición.....	10
2. Herramientas	10
D. Inventarios	11
1. Descripción.....	11
2. Definición de inventario	11
3. Objetivos del inventario	11
4. Costos del inventario.....	12
E. Modelos de inventario.....	12
1. Modelo cantidad económica de pedido	12

2.	Planificación de requerimientos de material.....	15
F.	Legislación guatemalteca.....	16
1.	Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el trabajo	16
V.	METODOLOGÍA.....	18
A.	Alcance del proyecto.....	18
B.	Flujo de personal en un proyecto.....	18
C.	Situación actual de la empresa	20
D.	Cantidad de personal por proyecto	26
E.	Demanda de equipo de protección personal (EPP) y de seguridad industrial	27
F.	Cálculo de mínimos y máximos de inventario.....	29
1.	Programa lote óptimo de pedido:.....	29
2.	Costo de emitir un pedido:	30
4.	Costo de mantener.....	32
5.	Costo de los productos.....	32
6.	Uso de programa lote óptimo de pedido.....	32
G.	Control de inventarios.....	35
1.	Diseño de sistema de inventario para construcción	35
2.	Procedimiento:	36
H.	Resultados situación con sistema de inventario	38
1.	Resultados situación con sistema de inventario.....	43
VI.	DISCUSIÓN.....	47
VII.	CONCLUSIONES.....	55
VIII.	RECOMENDACIONES.....	56
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	57
X.	ANEXOS.....	58
1.	ANEXO 1: Proceso constructivo	58
2.	ANEXO 2: Contenido botiquín de primeros auxilios	59
3.	ANEXO 3: Cálculo de costo de emitir un pedido.....	60
4.	ANEXO 4: Tiempos de respuesta de compra.....	61
a.	Casco de seguridad amarillo	61
b.	Lentes de seguridad.....	61

c.	Casco de seguridad rojo.....	62
d.	Chalecos reflectivos	62
e.	Cinta de precaución	63
f.	Guante de cuero	63
g.	Mascarilla para polvo	63
h.	Tapón auditivo.....	64
5.	ANEXO 5: Cálculo de lote óptimo de pedido (ejemplo)	65
6.	ANEXO 6: Cálculo de tamaño de pedido y punto de reorden (Situación con Sistema de inventario).....	66
7.	ANEXO 7: Costos modelo tradicional y con sistema de inventario	67

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva de personal.....	19
Gráfico 2:Flujo de personal Paseo Cayalá Fase II.....	20
Gráfico 3: Chalecos reflectivos.....	22
Gráfico 4: Guantes de cuero.....	23
Gráfico 5: Cascos de seguridad rojo	23
Gráfico 6: Anteojos.....	24
Gráfico 7: Cascos de seguridad amarillos.....	24
Gráfico 8: Resultados chalecos reflectivos con S.I.....	43
Gráfico 9: Resultados guante de cuero con S.I.....	44
Gráfico 10: Resultados casco de seguridad rojo con S.I.	44
Gráfico 11: Resultados anteojos con S.I.	45
Gráfico 12: Resultados casco de seguridad amarillo con S.I.....	45

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 : Tamaños de edificaciones comerciales	6
Tabla 2: Equipo de protección personal y demás equipo de seguridad industrial.....	21
Tabla 3: Requerimientos de equipo de protección personal	28
Tabla 4: Requerimientos de equipo de seguridad industrial	28
Tabla 5: Costo de pedir	30
Tabla 6: Tiempo de respuesta de compra.....	31
Tabla 7: Costo de los productos	32
Tabla 8: Nombre de proyecto y tipo de obra.....	33
Tabla 9: Información del proyecto.....	33
Tabla 10: Tamaño de pedido y punto de reorden	39
Tabla 11: Ahorro económico.....	46

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Casco de seguridad.....	8
Ilustración 2: Lentes de seguridad.....	8
Ilustración 3: Guantes de protección.....	8
Ilustración 4: Mascarilla.....	9
Ilustración 5: Tapones auditivos.....	9
Ilustración 6: Zapato punta de acero.....	9
Ilustración 7: Arnés de seguridad.....	9
Ilustración 8: chaleco reflectivo.....	10
Ilustración 9: Planificación de requerimientos de materiales (Ejemplo).....	16
Ilustración 10: Procedimiento generación de pedidos.....	31
Ilustración 11: Pasos para la administración de inventario en construcción.....	37
Ilustración 12: Identificación de actividades con alza de personal.....	40
Ilustración 13: Ejemplo Plánificación de requerimientos de material S.I.....	42

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ecuación de costo total.....	13
Ecuación 2: Ecuación de costo unitario de mantener producto.....	13
Ecuación 3: Ecuación cantidad óptima de pedido.....	14
Ecuación 4: Ecuación punto de reorden.....	14
Ecuación 5: Ecuación inventario de seguridad.....	14
Ecuación 6: Ecuación punto de reorden con inventario de seguridad.....	15
Ecuación 7: Factor m^2 por persona.....	26
Ecuación 8: Personal Promedio Proyecto Nuevo.....	27

RESUMEN

El trabajo de graduación consistió en el diseño de un sistema de inventario para equipo de seguridad industrial en bodegas de construcción dentro de la empresa Construcciones y Consultoría, S.A. Partiendo del problema en que se incurre ante la falta del mismo en un proyecto y la dificultad para calcular el tamaño óptimo de pedido a causa de la constante rotación de personal en una construcción, se busca por medio de este trabajo diseñar un modelo que estandarice el proceso de inventario.

Para cumplir con este objetivo se utilizaron los modelos de “Lote económico de pedido” y “Planificación de requerimientos de material”, adecuándolos al ámbito de la construcción. Se diseñó un modelo que genera un tamaño óptimo de pedido, basado en datos estadísticos de un proyecto similar, agregando la flexibilidad necesaria para adecuarse a las fluctuaciones inesperadas en la demanda que no pueden ser previstas de manera certera, facilitando así el pedido de cantidades justas en el momento adecuado.

Se estableció que el consumo de equipo de protección personal se comporta de la misma manera que el ingreso de trabajadores en un proyecto, siendo el inicio y el final las fases con menor personal y la parte media del proyecto la que acumula la mayor cantidad de colaboradores.

Conociendo esta información se trabajó en un sistema que genera pedidos óptimos de equipo mientras la demanda se mantiene estable durante el inicio y el final del proyecto y, mediante una buena planificación, conocimiento de tiempos de espera y de la demanda de los equipos, se controlan los niveles de inventario máximo y mínimo durante el desarrollo de la fase media de la construcción.

El estudio fue realizado en la construcción de Paseo Cayalá Fase II, ejecutado por la empresa. De la comparación entre el procedimiento tradicional que utiliza la organización para gestionar su inventario y el propuesto en este trabajo, se genera un ahorro de Q 5, 541. 67 que representan el 9.14% del 80% del costo total generado por el equipo de seguridad industrial, reduciéndose además las órdenes de compra en un 61%, las unidades pedidas en un 8% y el inventario final en un 82%.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo explica el procedimiento adecuado para administrar el inventario de equipo de seguridad industrial en bodegas de construcción dentro de la empresa Construcciones y Consultoría, S.A. Con base en los modelos de “Lote Económico de Pedido (EOQ)” y “Planificación de Requerimientos de Material (MRP)” se busca evaluar un procedimiento que administrado de manera correcta brinde los requerimientos necesarios de equipo de seguridad industrial en un proyecto constructivo.

La razón fundamental del desarrollo de este trabajo de graduación nace de la falta de un procedimiento que proporcione las herramientas adecuadas para administrar el inventario dentro de las construcciones, esto ocasiona excedentes de inventarios en momentos innecesarios y la falta de los mismos en momentos críticos de la construcción. La rotación de personal en una obra genera que el cálculo de los requerimientos de equipo de seguridad industrial sea variable y difícil de calcular.

El estudio se realizó en la edificación comercial, Paseo Cayalá Fase II, de la cual Construcciones y Consultoría, S.A. tuvo a cargo la construcción en obra gris¹, por medio del método de prefabricado con molde LK². El estudio será enfocado a albañiles y ayudantes de albañil y en construcciones con periodos inferiores a un año. Se compara el proyecto con sistema de inventario y sin él, estableciéndose que el modelo de inventario genera un ahorro económico, en espacio en bodega y en procesos de compra, además de la disminución del impacto de accidentes e accidentes por el uso del equipo de protección personal.

¹ Obra gris: Proyecto finalizado en estructura.

² Molde LK: Estructura prefabricada en la empresa Preesforzados y Construcciones, S.A. forma parte de la obra falsa que da la forma deseada a la losa en el momento de su fundición.

II. JUSTIFICACIÓN

El pedir aleatoriamente equipo de seguridad industrial pocas veces es beneficioso, la experiencia de la persona encargada de realizar los pedidos reduce la variación entre abastecimiento y demanda, permite que la decisión de la cantidad de pedido sea basada en un criterio individual dejando a un lado el cálculo numérico para la determinación del tamaño óptimo. El propósito de generar un sistema de inventario es el de unificar un solo criterio para manejar el proceso.

Por cada 600 incidentes, habrá 30 daños a la propiedad, 10 accidentes leves y 1 accidente incapacitante. Un incidente o casi accidente, es toda aquella acción o situación no deseada, que puede haber reunido los suficientes factores, hubiera logrado ser un accidente. Un factor que puede influir en provocar un accidente es el no utilizar el equipo adecuado para la tarea que se va a desempeñar, volviendo más vulnerable a la persona durante su ejecución. (Accidentología, 2002)

Una lesión para una empresa significa pago de sueldo por un trabajo que no se está haciendo, retraso en el avance de la obra, impacto psicológico en el personal. Por otro lado, una muerte significa indemnización para la familia, multas/suspensiones para la empresa, golpe a la reputación de la organización y principalmente la pérdida humana que tiene un valor incalculable.

La Organización Internacional del Trabajo estimó en 2002 que se tenían alrededor de dos millones de muertes ocasionadas por accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo, dijeron en su momento que esto era únicamente la punta del iceberg. Y que con el tiempo la tendencia indicaba el alza en esta área. (Dos millones de muertes, 2002)

Estuvieron en lo correcto, en la actualidad la Organización Internacional del Trabajo estima que 2.34 millones de personas mueren por accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo, de estas 321 mil son ocasionadas directamente por accidentes laborales. Esto significa que, cada 15 segundos una persona muere a causa de un accidente o una enfermedad relacionada con el trabajo y cada 15 segundos 115 personas sufren un accidente laboral. El costo de esta adversidad diaria es enorme y la carga económica de las malas prácticas de seguridad y salud se estima en un 4 por ciento del Producto Interior Bruto global de cada año. (Seguridad y Salud en el trabajo, 2013)

Con datos tan contundentes podemos justificar el proveer de una barrera que proteja a nuestros trabajadores. Que aunque no evite accidentes, disminuyen en un porcentaje considerable el impacto que estos tengan sobre su integridad física.

III. OBJETIVOS

A. General

Diseñar un modelo que estandarice la rotación de inventario en equipo de seguridad industrial dentro de las obras de Construcciones y Consultoría S.A.

B. Específicos

1. Calcular el ahorro monetario que significa la implementación del modelo de inventario dentro de Construcciones y Consultoría S.A.
2. Determinar las demandas para el equipo de protección personal (arnés de seguridad, guantes de protección, lentes de protección, mascarilla, botas industriales, chalecos reflectivos, casco de protección y tapones auditivos) y para el demás equipo (botiquín de primeros auxilios, cinta de precaución, baños y rótulos de seguridad industrial).
3. Establecer la relación que existe entre metros cuadrados de construcción (m^2) y cantidad de personal necesaria.
4. Fijar tiempo de respuesta de compra para el equipo de seguridad industrial.
5. Establecer el flujo estándar de personal en un proyecto constructivo.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Construcciones y Consultoría S.A. (CONSULTA)

1. Descripción Empresa derivada de Preesforzados y Construcciones S.A. (PreCon) la cual es líder en Centroamérica en la elaboración industrial de pre fabricado de concreto y bloquera certificada con ISO 9000. La empresa se dedica a la ejecución de proyectos constructivos, los cuales dependiendo del proceso constructivo pueden ser de:

- Infraestructura
- Comercial
- Industrial
- Institucional

CONSULTA es una organización capaz de dar respuesta, como contratista general, a los compromisos más exigentes de plazo y calidad en la construcción de toda la gama de obras civiles, está precalificada en el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de la República de Guatemala en los siguientes rubros:

- Movimiento de tierras
- Puentes
- Estructuras de drenajes para obras viales
- Terracería
- Pavimentos
- Edificios
- Alcantarillados y drenajes urbanos
- Instalaciones para agua potable
- Estructuras metálicas
- Estructuras de concreto
- Ejecución de obra civil.

CONSULTA forma parte de un grupo de empresas dedicadas a la construcción, Grupo Precon, el cual cuenta con una planta para producción de sistemas prefabricados de concreto y una línea completa de productos livianos de concreto, capacidades que al ser combinadas permiten el uso de sistemas constructivos únicos que aseguran menores tiempos de ejecución y controles de calidad en el proceso de fabricación. Estas ventajas se traducen en procesos constructivos eficientes, para lograr mejoras en tiempo y costo de los proyectos. (Consulta, 2013)

2. Proceso constructivo. Los proyectos que ejecuta la empresa se desarrollan siguiendo el siguiente proceso constructivo:

- Creación de campamento: Se crea un espacio dentro del proyecto que servirá para albergar: al personal administrativo encargado de la ejecución, bodegas de equipo y de materiales, vestidores para el personal y todo documento necesario para realizar un construcción.
- Excavación: Durante este proceso se realizan movimientos de tierra para dejar el terreno en condiciones para trabajar, se crean los espacios para zapatas para el cimiento de las estructuras.
- Estructura (cimentación pilas y zapatas): Se crean las bases o los cimientos, encima de estos se desarrolla la estructura del proyecto. Son de suma importancia ya que deben de resistir el mayor peso de la estructura.
- Estructura (armado, desarmado, encofrado y desencofrado de obra falsa para columnas y losas): Se arma la obra falsa, la cual es la estructura provisional que sostendrá las vigas mientras se funden las columnas, además se generan los encofrados por medio de moldes para crear la forma que llevará la estructura. Se crea la estructura en sí por medio de la armadura de hierro.
- Estructura (vaciado de losas, vigas y columnas): Se vacía el concreto dentro de las estructuras encofradas, para generar la forma que se le quiere dar al proyecto.
- Estructura (mampostería y revoque): Se realizan los levantados, que son las estructuras de block que dan la forma deseada del proyecto.
- Acabados: Se realizan las terminaciones a la obra según diseño. Estas incluyen pintura, electricidad, drenajes, etcétera.
- Urbanización: Por último se efectúa la delimitación de calles e urbanización, que es la parte en donde se afinan detalles para la entrega del proyecto.

Para una mejor perspectiva visual del proceso constructivo ver Anexo 1, en el cuál se ilustra el proceso constructivo que efectúa CONSULTA en este no se toma en cuenta la parte de campamento, acabados ni urbanización.

3. Personal El personal encargado de ejecutar los proyectos constructivos se dividen en:

- Albañiles: se refiere a aquel que se dedica a la reparación o reforma con materiales de obra.

- Ayudante de albañil: Se encarga de apoyar al albañil con tareas que requieran de menor experiencia y habilidad como por ejemplo: limpieza, traslado de material, etcétera.

4. Edificaciones comerciales CONSULTA tiene especialidad en la ejecución de edificaciones comerciales, para la ejemplificación del sistema de inventario propuesto, se hace referencia a Paseo Cayalá Fase II. Por lo que como parte del marco teórico se incluye esta sección para la explicación sobre lo que es una edificación comercial.

Una edificación comercial es una construcción que consta de uno o varios edificios, por lo general de gran tamaño, que albergan locales y oficinas comerciales aglutinados en un espacio determinado concentrando mayor cantidad de clientes potenciales dentro del recinto.

El tamaño es una de las diferencias fundamentales entre un centro comercial y un mercado; además, este último puede no situarse en un sitio techado. Otra diferencia es la existencia de una o más tiendas ancla; esto es los hipermercados o tiendas por departamento presentes en el centro comercial.

Un centro comercial está pensado como un espacio público con distintas tiendas; además, incluye lugares de ocio, esparcimiento y diversión, como cines o ferias de comidas dentro del recinto. Aunque esté en manos privadas, por lo general los locales comerciales se alquilan y se venden de forma independiente, por lo que existen varios dueños de dichos locales, que deben pagar servicios de mantenimiento al constructor o a la entidad administradora del centro comercial.

Según los acuerdos alcanzados por International Council of Shopping Centers (2012, International Council of Shopping) y las asociaciones de centros comerciales de países europeos, la clasificación por tamaño de los centros comerciales es:

Tabla 1 : Tamaños de edificaciones comerciales

Denominación	Siglas	Superficie Bruta Alquilable (SBA)
Muy grande	MG	Más de 79.999 m ²
Grande	GR	Entre 40.000 y 79.999 m ²
Mediano	ME	entre 20.000 y 39.999 m ²
Pequeño	PE	entre 5.000 y 19.999 m ²

Los edificios con menos de 5.000 m² de SBA no se consideran centros comerciales, sino galerías comerciales.

Los centros comerciales poseen un orden determinado para disponer las tiendas; por ejemplo, una planta o sector es sólo para ropa, otro es para el expendio de comida y

restaurantes, otro es para cines y centro de diversión y ocio. Es casi imprescindible que el centro comercial tenga un supermercado o hipermercado.

Los centros comerciales son más habituales en las grandes ciudades, para así evitar el congestionamiento que produciría un mercado público, aunque los centros comerciales en ocasiones no evitan esta situación. La implantación de los centros comerciales está más arraigada en los países occidentales (América y Europa) y en el sureste asiático.

El centro comercial, además de tener una entidad comercial o económica, también tiene una gran connotación sociológica o antropológica, pues es un espacio de intercambio social y humano. Cumple las mismas funciones que cumplía la antigua plaza del pueblo: lugar de encuentro, manifestación de los intereses de las personas hacia los otros vecinos, que al final de la jornada en un fin de semana han pasado por allí, que es como la calle mayor que va a la plaza mayor en los pueblos o su equivalente en los barrios. Tiene un horario para los diferentes grupos de personas: familias, adolescentes, jóvenes, mayores, etc.

B. Protección personal

El equipo de protección personal se utiliza de acuerdo a la parte del cuerpo que se quiera proteger, es de suma importancia reconocer que su uso sirve únicamente para disminuir el impacto de un accidente o incidente, vinculado de manera paralela con un procedimiento para la mitigación de riesgos en los proyectos. Utilizar equipo de protección personal es como utilizar cinturón de seguridad en un automotor, puede llegar a salvarle la vida a una persona, pero no evita que el accidente ocurra.

Los equipos de protección personal para Consulta deberán de contar con las siguientes especificaciones:

1. Especificaciones equipo de protección personal

Casco de seguridad: Manufacturado en polietileno de alta densidad, ala frontal, capacidad dieléctrica no menor de 20,000 Voltios, con banda frontal antisudor. Suspensión de nylon de 6 puntos, de fácil colocación o recambio, ajustable, diseñado para usar con accesorios (Orejera-careta). Que cumpla con la norma ANSI Z89.1-1986 para cascos clase A y B.

Ilustración 1: Casco de seguridad

Lentes de seguridad: Diseño panorámico, lente óptico de una pieza, 100% policarbonato endurecido, diseño de espátulas con rejillas de ventilación, resistente a impactos, rayaduras y abrasión, bisagra de dos puntos y visera color neutro o claro. Que cumpla con la Norma ANSI Z 89.1.

Ilustración 2: Lentes de seguridad

Guantes de protección: Fabricados en cuero carnaza suave para que no rasque la mano, flexibles, de conformación anatómica a la mano y con refuerzo en la palma de la mano. Puño de seguridad.

Ilustración 3: Guantes de protección

Mascarilla: Eficiencia de filtro del 95%, sello nasal tipo clip para mejor ajuste y comodidad, 2 bandas de ajuste y válvula de exhalación.

Ilustración 4: Mascarilla



Tapones auditivos: Nivel de atenuación de ruido no menor a 25 dB. Ajustable a la oreja que cumplan con la Norma ANSI S3.19-1974.

Ilustración 5: Tapones auditivos



Zapato punta de acero: Entresuela cosida al zapato, cerquillo de P.V.C. cosido a la entresuela. Suela antideslizante de neopreno u otro material similar, tipo tractor, resistente a ácidos y grasas, media caña, plantilla cosida a la entresuela, puntera metálica. Diversidad de tallas para escoger.

Ilustración 6: Zapato punta de acero



Arnés de seguridad: Fabricado en reata de nylon de 2 pulgadas para mayor resistencia y comodidad. Graduable al tamaño deseado, hebillas de ajuste tipo corredera. Herrajes fabricados en frío, de hierro forjado. Dos líneas de vida talle universal. Ajustado a la Norma ANSI Z 359.1

Ilustración 7: Arnés de seguridad



Chaleco reflectivo: Nylon o poliéster tejido, de alta visibilidad. Con bandas verticales paralelas al frente y en cruz en la espalda, de 2 pulgadas de ancho en material 3M Scotchlite o North-Brite, retroreflectivo. Cierre ajustable lateral de anillo y frontal de velcro, liviano, cómodo y fresco. Deberá cumplir con la ANSI/ ISEA 107 – 2010.

Ilustración 8: Chaleco reflectivo



C. Estadística descriptiva

1. Definición: Refiere a la representación de un conjunto de datos previamente recolectados, ordenados y analizados los cuales buscan describir adecuadamente las características de un conjunto. Busca entre otras cosas proveer de las herramientas suficientes para poder comprender de mejor manera a una población.

2. Herramientas

- **Media aritmética:** Se obtiene a partir de la suma de sus valores dividida entre el número de sumandos.
- **Desviación estándar:** Es una medida de centralización o dispersión para variables de razón y de intervalo. Se define como la raíz cuadrada de la varianza. Junto con este valor, la desviación típica es una medida que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto de su media aritmética, expresada en las mismas unidades que la variable.
- **Coefficiente de variación:** Se utiliza cuando se desea hacer referencia a la relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de las muestras. Su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de

variabilidad que la desviación típica o estándar. Por otro lado representa problemas ya que a diferencia de la desviación típica este coeficiente es variable ante cambios de origen. Por ello es importante que todos los valores sean positivos y su media de, por tanto, un valor positivo. A mayor valor del coeficiente de variación mayor heterogeneidad de los valores de la variables; y a menor C.V., mayor homogeneidad en los valores de la variable. Suele representarse mediante las siglas C.V.

D. Inventarios

1. Descripción Mantener inventario es necesario para las compañías que tratan con productos físicos, como fabricantes, distribuidores y comerciantes. Para reducir los costos de almacenamiento es útil establecer los niveles mínimos y máximos de inventario, para lo que se recomienda. Utilizar la administración de inventarios, que comprende los siguientes pasos:

- Tratar de establecer los factores que determinan el comportamiento de consumo, para calcular factores de estacionalidad.
- Definir una política óptima de inventarios respecto a este modelo.
- Utilizar un sistema de procesamiento de la información para mantener registro de los niveles de inventario.
- A partir de los registros de los niveles de inventario, utilizar la política óptima de inventario para señalar cuando y cuanto conviene reabastecer.

2. Definición de inventario Inventario son las existencias de cualquier artículo o recurso utilizado en una organización.

a. Sistema de inventario: es la serie de políticas y controles que monitorean los niveles de inventario y determinan los niveles que se deben mantener, el momento que las existencias se deben reponer y el tamaño que deben tener los pedidos.

3. Objetivos del inventario

- Mantener independencia en las operaciones: Un suministro de materiales en un centro de trabajo permite que ese centro tenga flexibilidad en las operaciones.
- Administrar niveles de equipos.
- Rotar adecuadamente en base a fechas de obsolescencia.

- Garantizar la cantidad y la calidad de los productos.
- Proveer una salvaguardia para la variación en el tiempo de entrega de las materias primas: Cuando se le pide a un vendedor que despache un material, pueden presentarse demoras por una serie de razones, una variación normal en el tiempo de despacho, una escasez de material en la planta del vendedor que haga que se acumulen los pedidos pendientes, una huelga imprevista en la planta del vendedor, un pedido perdido o un despacho de material incorrecto o defectuoso.

4. Costos del inventario

- **Costos de mantenimiento:** Esta categoría incluye los costos de las instalaciones de almacenamiento, el manejo, el seguro, hurto, la rotura, la obsolescencia, la depreciación, los impuestos, y el costo de oportunidad del material.
- **Costos de preparación:** La fabricación de cada producto implica obtener los materiales necesarios, arreglar la preparación del equipo específico, diligenciar los documentos requeridos, cargar de manera el tiempo, los materiales, y desalojar los anteriores suministros de material.
- **Costos de las órdenes:** Estos se refieren a los costos administrativos y de oficina para elaborar la orden de compra o de producción. Los costos de órdenes incluyen todos los detalles, tales como contar los artículos y calcular las cantidades de órdenes.
- **Costos de los faltantes:** Cuando las existencias de un artículo están agotadas, los pedidos de este artículo deben esperar hasta que se repongan o cancelarse. Existe una transacción entre llevar las existencias para satisfacer la demanda y los costos resultantes del agotamiento de las mismas.
- **Costo del producto:** Se refiere al valor monetario que posee artículo adquirido.

E. Modelos de inventario

1. Modelo cantidad económica de pedido

Definición: Modelo que busca encontrar el pedido que reduzca al mínimo el costo total del inventario de la empresa. Posee diversas aplicaciones dependiendo del tipo de demanda.

Los tipos de demanda que existen son:

- **Demanda Independiente:** Es el tipo de demanda que no puede ser controlada por la empresa, no contiene una alta correlación entre sus variables. Fluctúa de forma inesperada.
- **Demanda Dependiente:** Es fácil de pronosticar y posee una tendencia, la empresa la conoce y la utiliza para optimizar su proceso.

Formulación del modelo:

El modelo de lote económico de pedido busca encontrar el punto mínimo en la función de costo total.

Costo total = Costo de mantener + Costo de pedir + Costo del producto

En donde cada uno de los términos que le componen corresponden a:

- **Costo de mantener:** La cantidad de inventario promedio que se mantiene en almacenaje.
- **Costo de pedir:** Es el costo de poner órdenes de pedido.
- **Costo del producto:** Es el costo variable de los bienes.

La función es representada por la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Ecuación de costo total

$$Costo\ total = \frac{1}{2}Ch * Q + Co * \frac{D}{Q} + Cu * D$$

En donde:

Q = Cantidad óptima de pedido

Co = Costo fijo de realizar un pedido

D = Demanda * unidad de tiempo del producto

CH = Costo unitario/unidad de tiempo de mantener producto.

Para la obtención del tamaño de Ch se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 2: Ecuación de costo unitario de mantener producto

$$CH = Cu * i$$

En donde:

Cu = Costo unitario del producto

i = tasa de posesión, el porcentaje en costo de cuando gastamos por mantener un artículo en inventario.

Para determinar el punto mínimo de la curva de costo total, se fija la derivada parcial respecto a Q igual a cero. Obteniendo la ecuación que define a la cantidad óptima de pedido, valor que se obtiene de minimizando los costos al máximo.

Ecuación 3: Ecuación cantidad óptima de pedido

$$Q = \sqrt{\frac{2CoD}{CH}}$$

La cantidad óptima de pedido será el **nivel máximo** de inventario que se alcanza en condiciones normales. Para el cálculo del punto de re orden o nivel mínimo de inventario se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 4: Ecuación punto de reorden

$$r = d * L$$

En donde:

r = punto de re orden

d = demanda diaria, se obtiene de la división de la Demanda*unidad de tiempo del producto, dentro del número de días que contenga la unidad de tiempo.

L = Lead tiempo o tiempo de respuesta de compra. Tiempo en que tarda un producto en llegar a bodega desde el momento que se emite el pedido.

El punto de re orden nos indica en qué nivel de inventario se deberá de realizar otro pedido de producto.

Para mantener un inventario extra, el cual aumente la seguridad en el abastecimiento se sigue la siguiente ecuación.

Ecuación 5: Ecuación inventario de seguridad

$$\text{Inventario de seguridad} = Zns * \sqrt{L} * \sigma d$$

En donde:

Z_{ns} = Número de desviaciones basado en un nivel de servicio, el nivel de servicio es un porcentaje que indica con que exactitud queremos mantener inventario.

σd = desviación estándar de la demanda diaria

La función del inventario de seguridad es incrementar el nivel mínimo de inventario para crear más seguridad en el abastecimiento.

La ecuación que define punto de reorden con inventario de seguridad es el siguiente:

Ecuación 6: Ecuación punto de reorden con inventario de seguridad

$$\text{Punto de reorden} = L * d + Z_{ns} * \sqrt{L} * \sigma d$$

2. Planificación de requerimientos de material

Definición: Consiste esencialmente en el cálculo de necesidades netas de los artículos, introduciendo el término de tiempo de espera.

Entradas:

- **El plan maestro de producción:** Contiene las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los productos que están sometidos a demanda.
- **El estado del inventario:** Recoge las cantidades de cada una de las referencias que están disponibles.
- **La lista de materiales:** Representa la estructura de fabricación en la empresa. En concreto, ha de conocerse el árbol de fabricación de cada una de las referencias que aparecen en el Plan Maestro de Producción.

Formulación:

Con base en los pedidos de los clientes y los pronósticos de demanda, nos dice qué productos finales hay que fabricar y en qué plazos deben tenerse terminados. También contiene las cantidades y fechas de la disponibilidad de los productos que están sujetos a demanda externa (productos finales).

La función del plan maestro es adecuar la producción en los dictados de la demanda externa. Una vez fijado este, el cometido del resto del sistema es su cumplimiento y ejecución con el máximo de eficiencia.

La siguiente imagen nos muestra un sencillo ejemplo sobre el uso de la planificación de requerimientos de materiales.

Ilustración 9: Planificación de requerimientos de materiales (Ejemplo)

Inventario en mano: 50 (On Hand)
 Tiempo de entrega (Semanas): 3 (Lead Time)

ITEM X	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Descripción								
Requerimientos		400		400		900	300	400
Órdenes de Compra en Tránsito		500		500		1000		500
Balance On-Hand	50	150	150	250	250	350	50	150
Colocación de órdenes de Compra			1000		500			

Tamaño de compra 500

En donde:

Balance= A la diferencia que queda entre los requerimientos y el inventario disponible.

Se observa que el procedimiento consiste en verificar los requerimientos de un ítem x, semana a semana, teniendo conocimiento sobre cuál es el inventario con el que cuenta y cuánto tiempo se requiere para que una orden de compra entre en tránsito.

Siendo la función del modelo MRP el de llevar un control sobre entradas y salidas de inventario, para lograr planificar fluctuaciones inesperadas en la demanda y las causas de este. En este modelo la diferencia entre requerimientos y disponibilidad marca el tamaño a pedir.

F. Legislación guatemalteca

1. Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el trabajo

Título III, Capítulo I, Protección Especial del Reglamento General de Higiene y Seguridad en el trabajo del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social determina lo siguiente:

Artículo 94: Los patronos están obligados a proporcionar a los trabajadores, según la clase de trabajo.

- Máscaras o caretas respiratorias, cuando por la índole de la industria o trabajo, no sea posible conseguir una eliminación satisfactoria de los gases, vapores, polvo u otras emanaciones nocivas para la salud.
- Gafas y pantallas protectoras adecuadas, contra toda clase de proyección de partículas: sólidas, líquidas o gaseosas, calientes o no, que puedan causar daño al trabajador.
- Gafas y protectores especiales contra radiaciones luminosas o caloríficas peligrosas cualquier que sea su origen.

- Cascos para toda clase de proyecciones violentas o posible caída de materiales pesados.
- Guantes, manoplas, manguitos, cubrecabezas, gabachas y calzado especial, para protección conveniente del cuerpo contras las proyecciones, contaminaciones y contactos peligrosos en general.
- Trajes o equipos especiales para el trabajo, cuando éste ofrezca marcado peligro para la salud o para la integridad física del trabajador.
- Aparatos respiratorios de tipo aislante “ciclo cerrado” o del tipo de mascara en comunicación con una fuente exterior de aire puro mediante tubería, para aquellos trabajos que deban realizarse en atmósfera altamente peligrosas; y
- Cualquier otro elemento, dispositivo o prensa que pueda proteger al trabajador contra los riesgos propios de su trabajo.

V. METODOLOGÍA

A. Alcance del proyecto

Este proyecto aplica únicamente para la planificación adecuada de inventarios de equipo de protección personal y demás equipo de seguridad industrial, para el uso de albañiles y ayudantes de albañil quienes serán llamados “personal” dentro de la explicación del trabajo, aplicará únicamente la construcción de obra gris, por medio del método de prefabricado y molde LK para la empresa Construcciones y Consultoría S.A.

B. Flujo de personal en un proyecto

El flujo de efectivo, la rotación de personal, la fase dentro del proceso constructivo y el área que se cuenta para trabajar, son las principales variables para determinar la cantidad de personal que se tendrá en un momento determinado dentro de un proyecto. El primero se explica debido a que corresponde al ente que financia el proyecto y paga a los trabajadores, el segundo afecta en el momento que se requiere de cierta cantidad de colaboradores y la alta rotación no lo permite por renunciaciones, abandonos, traslados o despidos, se define como rotación de personal a la tasa que relaciona el porcentaje de personal que se retira de la empresa, el tercero se refiere a la cantidad de personas que se requieren dependiendo del trabajo a realizar y el cuarto al espacio disponible con el que se cuenta para realizar el trabajo.

Debido a que la ventaja competitiva de Construcciones y Consultoría S.A. es la velocidad con que se construye, se puede asumir que el flujo de efectivo se realiza según los requerimientos del proyecto, logrando financiar la mano de obra que se necesite. En contraparte, la rotación de personal es una variable que no está bajo el control de la empresa debido a que está ligado a un tema cultural, económico y social de la gente que aplica a estos puestos. Por lo que la fase en la que se encuentre la construcción y el espacio físico que brinde el cliente para realizar el trabajo, son las variables principales para determinar la cantidad de personal en un proyecto.

Las variables principales denominadas anteriormente, son exclusivas del proyecto que se esté desarrollando, provocando que no se pueda generar una relación estándar entre la cantidad de personal que se requiere para cada fase de la construcción. Lo que sí se puede generar conociendo las fases de construcción y la duración del proyecto, es el comportamiento que tendrá la curva de personal durante su ejecución.

Anteriormente definimos que las fases de la construcción de obra gris eran excavación y estructura, la cual se divide en cimentación, armado, desarmado, encofrado, desencofrado, vaciado de losas, de vigas, de columnas, mampostería (sí el proyecto lo requiere) y acabados, conociendo esto, se construye la curva del personal bajo el conocimiento de los siguientes conceptos de construcción:

Puntos críticos: Refieren a aquellas actividades que de no realizarse impiden el avance con la siguiente etapa, además restringen la cantidad de personal hasta que son finalizadas. Suceden durante el primer cuarto del proyecto y son:

- **Excavación:** El personal requerido es mínimo debido a la utilización de maquinaria y equipo especial.
- **Cimentación y primera losa:** El personal aumenta proporcional al área disponible de trabajo.

Liberación de puntos críticos: Una vez se ha superado la fase de puntos críticos el área de trabajo se extiende de manera considerable, provocando un alza en el ingreso de personal hasta el punto máximo, que coincidentemente concuerda con el momento de más trabajo disponible en el proyecto, los procesos que se acumulan son los de losas y columnas. A medida que se va ejecutando el trabajo, el personal va disminuyendo proporcionalmente. Sucede durante el segundo y tercer cuarto del proyecto.

Final del proyecto: Terminada la fase de estructura de losas y columnas (mampostería de ser requerido) se pasa a la fase de acabados, en donde se dan terminación a las fases anteriores, el personal va disminuyendo considerablemente hasta la culminación de la fase de obra gris. Sucede en el último cuarto del proyecto.

Así pues, la curva de personal se asemeja a una forma de “campana”, acumulando la mayor parte de trabajadores en la mitad del proyecto. Siendo el inicio y el final, los puntos con menor cantidad de personal, esta tendencia se da a consecuencia del proceso constructivo y al espacio disponible para trabajar. La misma se mantiene en todo tipo de proyectos, variando relativamente dependiendo del tipo que sea pero manteniendo la forma de la curva en su ejecución.

Gráfico 1: Curva de personal



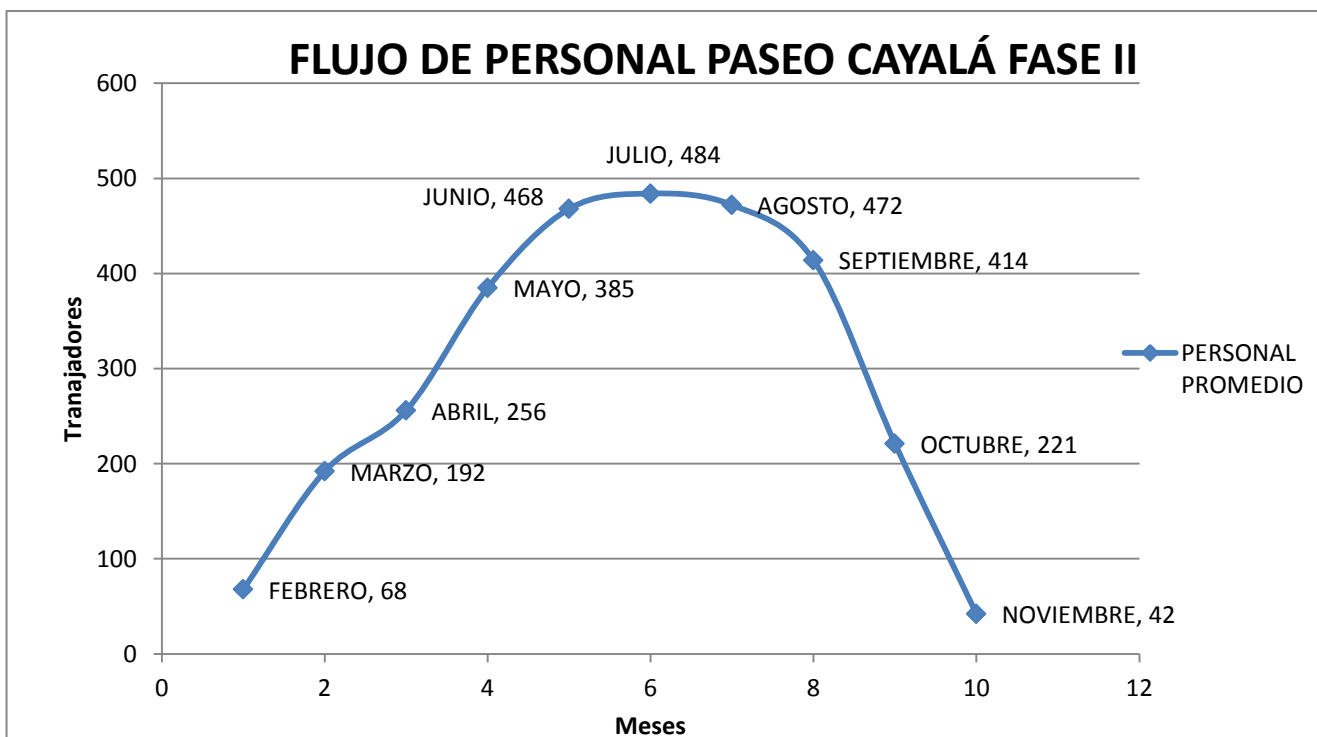
C. Situación actual de la empresa

Para la realización de los cálculos se tomó como referencia la edificación comercial Paseo Cayalá Fase II, el cual tuvo un promedio de 362 trabajadores durante su ejecución. Se considera que este proyecto es representativo para la empresa bajo el siguiente criterio:

- La empresa posee en promedio 10 proyectos en ejecución por mes.
- De estos 10 proyectos, 4 son grandes (40,000-79,999 m²), 2 mediados (20,000-39,999 m²) y 4 pequeños (5,000-19,999 m²).
- Un proyecto grande posee en promedio 350 trabajadores durante su ejecución, un mediano 150 y un pequeño 50.
- Estos 10 proyectos representan a un total de 1900 trabajadores.
- Los 362 trabajadores de Paseo Cayalá Fase II representan un 19% de la población total aproximada, considerándose este un porcentaje suficiente para ser representativo de la población.

Proyecto ubicado sobre el boulevard Austriaco, zona 16 ciudad de Guatemala. Aproximadamente fueron ejecutados 39,133 m² de construcción durante los 9 meses de ejecución, además se trató de una edificación comercial con terminación en obra gris. El ingreso de personal promedio por mes se muestra en la siguiente gráfica:

Gráfico 2: Flujo de personal Paseo Cayalá Fase II



Como se explicó anteriormente se observa que la manera en que ingresó personal en el proyecto Paseo Cayalá Fase II se asemeja a una curva en forma de campana. Acaparando la mayor parte de personal en el segundo y tercer cuarto, alcanzando el punto máximo cerca de la mitad del proyecto y disminuyendo en el primero y el cuarto. Mantiene el comportamiento típico de una construcción, marcado por los procesos constructivos que se ejecutaron.

La forma en que se manejó el inventario de equipo de protección personal y seguridad industrial en la ejecución del proyecto, fue el de hacer los pedidos conforme el la necesidad lo indicara. Careciendo de una planificación previa que indicara cuales serían los consumos aproximados de los equipos.

La siguiente tabla presenta el consumo, costo unitario, costo total y porcentaje total (del costo) que tuvo el equipo de protección personal y demás equipo de seguridad industrial a lo largo de la ejecución del proyecto.

Tabla 2: Equipo de protección personal y demás equipo de seguridad industrial

no.	EQUIPO	CANTIDAD UNIDADES	MONTO (Q)	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
1	CHALECOS REFLECTIVOS	1180	Q23,354.36	32.41%	32.41%
2	GUANTE DE CUERO	492	Q17,708.79	17.41%	49.82%
3	CASCO DE SEGURIDAD ROJO	310	Q9,055.97	12.41%	62.23%
4	ANTEOJO-LENTE CLARO P/OPERATIVO	631	Q8,061.99	11.05%	73.28%
5	CASCO DE SEGURIDAD AMARILLO	245	Q7,131.79	9.77%	83.05%
6	MASCARILLA P/ POLVO EN MULT. 20 U	34	Q4,140.48	5.67%	88.72%
7	ROTULOS VARIOS (SEGURIDAD INDUSTRIAL)	57	Q3,516.03	4.82%	93.54%
8	CINTA DE PRECAUCIÓN (1000")	20	Q2,250.83	3.08%	96.62%
9	BOTAS DE HULE C/PUNTA DE ACERO	5	Q854.16	1.17%	97.79%
10	TAPON AUDITIVO A LA MEDIDA	100	Q509.96	0.70%	98.49%
11	CASCO DE SEGURIDAD BLANCO	6	Q471.14	0.65%	99.14%
12	GUANTES DESECHABLES QUIRURGICOS	327	Q390.20	0.53%	99.67%
13	GUANTES DE HULE MANGA LARGA	12	Q168.62	0.23%	99.90%
14	ANTEOJO LENTE CLARO PERSONAL ADMON	3	Q77.25	0.11%	100.01%
15	TOTAL	3422	Q72,991.56	100%	

Los costos del proyecto no incluyeron arnés de seguridad, bota industrial, baños ni botiquín de seguridad industrial. El arnés de seguridad se obtuvo a consecuencia de un traslado de un proyecto anterior, la bota industrial no fue requerida, el botiquín de primeros auxilios y los baños fueron proporcionados por Grupo Cayalá, ente encargado de coordinar la construcción de todo el complejo. El costo total de la empresa en el ámbito de seguridad industrial en el proyecto fue de Q72, 991.56.

Discutiendo un poco más la información que contiene la tabla, podemos denotar que los chalecos reflectivos, los cascos de seguridad rojos, los guantes de cuero, los lentes de protección y los cascos de seguridad amarillos; constituyen el 83.04% del costo total, siendo únicamente el 36% de los artículos totales. Cumpliendo el principio del 80-20 de Pareto. Para efectos prácticos y de impacto real, el estudio realizado a continuación estará basado únicamente en los equipos que acaparan el 80% del costo.

En los siguientes gráficos se observa la manera en que ingreso equipo en el proyecto y la forma en que se fue consumiendo o entregando al personal. Remarcando la disponibilidad que tuvieron los equipos o la misma falta de ellos.

Gráfico 3: Chalecos reflectivos

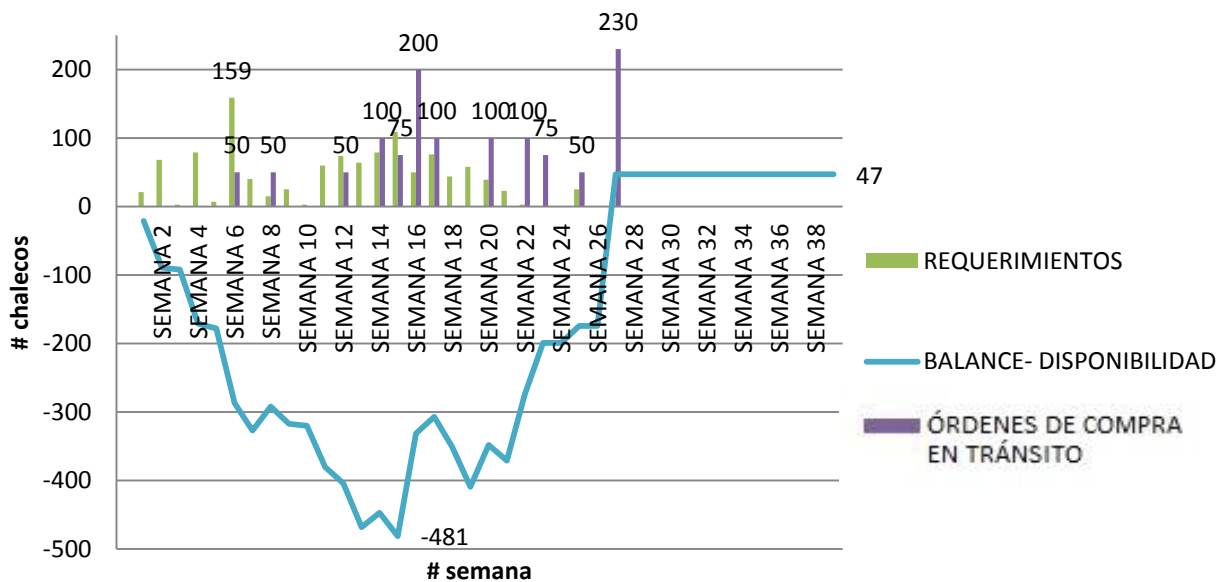


Gráfico 4: Guantes de cuero

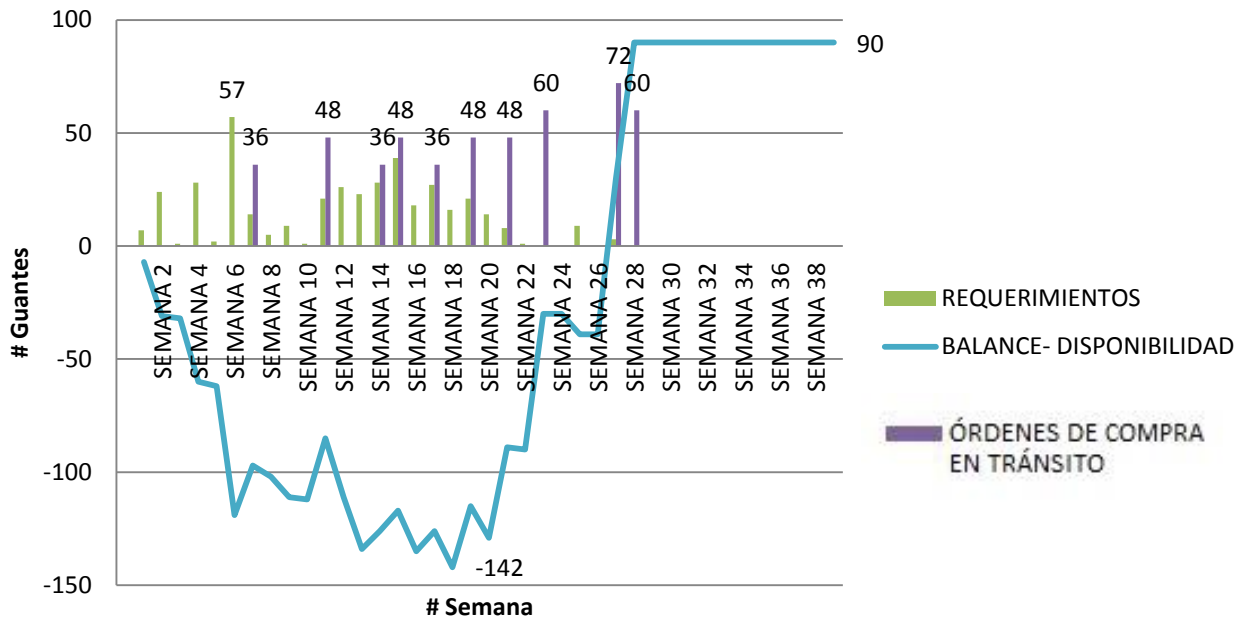


Gráfico 5: Cascos de seguridad rojo

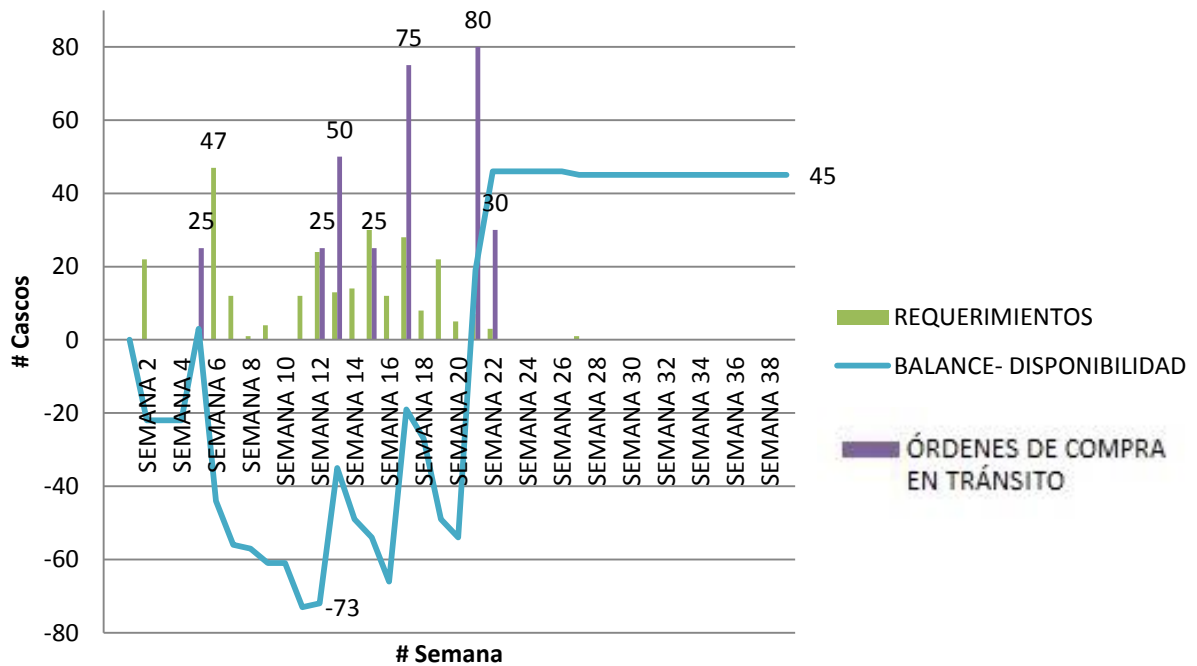


Gráfico 6: Anteojos

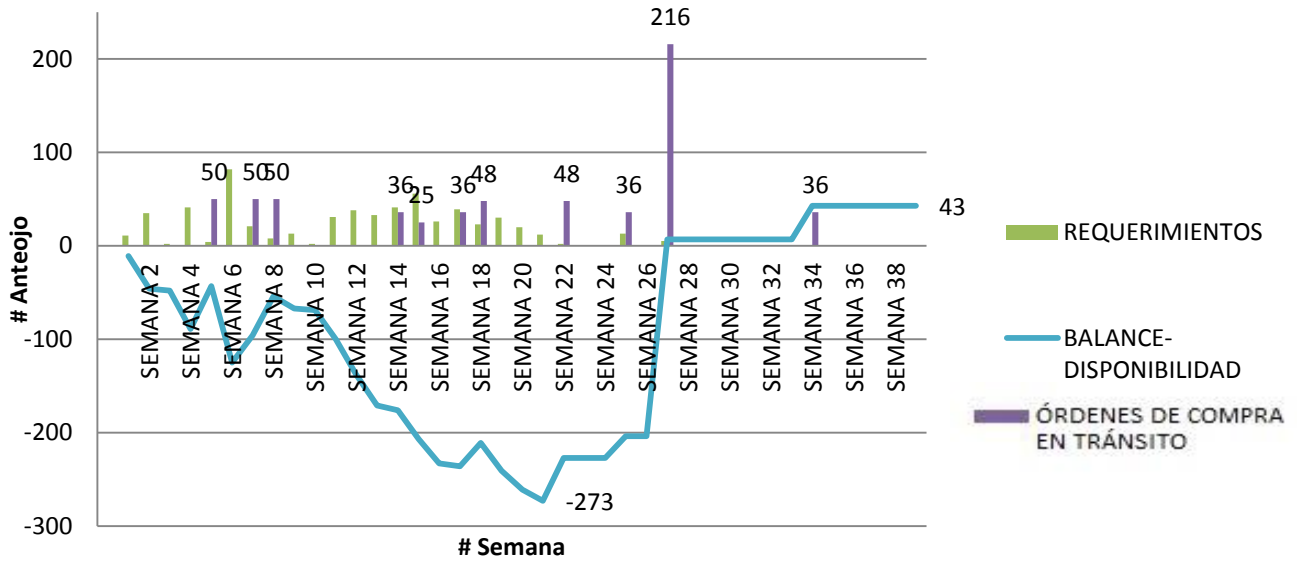
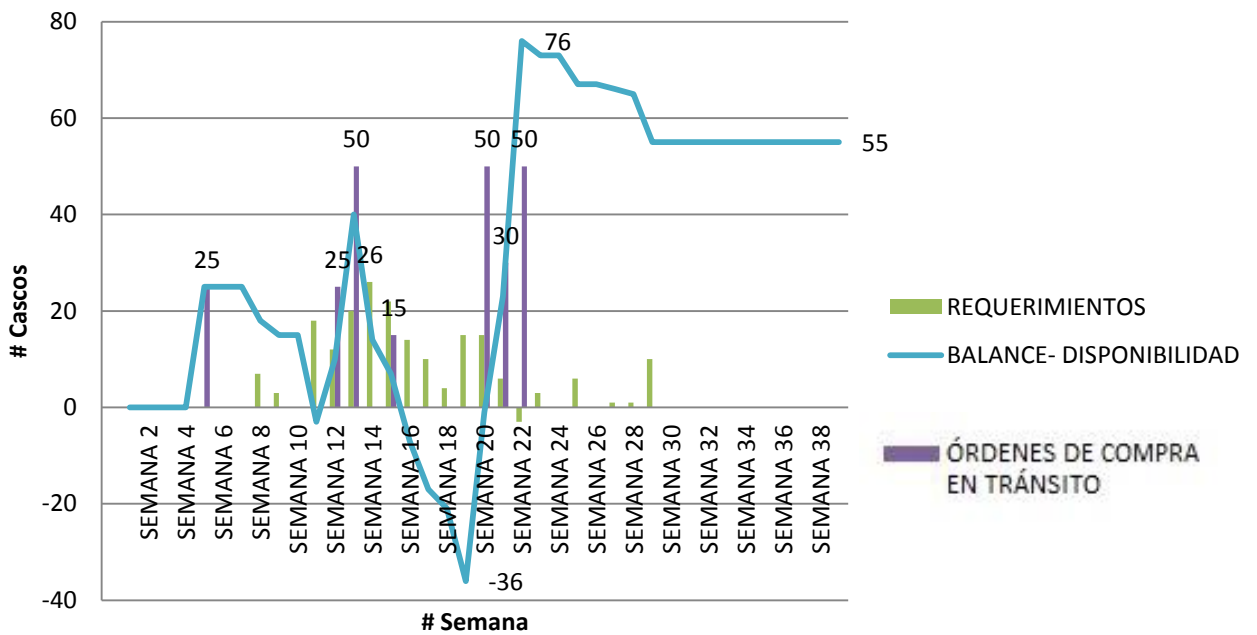


Gráfico 7: Cascos de seguridad amarillos



Las barras en color verde muestran la necesidad del equipo que tuvo el personal (demanda), las barras moradas muestra el ingreso de pedidos de equipo y la curva celeste muestra el balance o disponibilidad, es decir con el equipo que se contaba en bodega para entregar. Los valores negativos significan la deuda que se fue acumulando, debido a que todo el personal debe contar con su equipo de protección personal, el no poder entregarle en una fecha determinada significa que en el momento de tener disponibilidad se le debe de hacer entrega el equipo. Es parte de la obligación de toda empresa hacer entrega del equipo de protección personal y es parte de los derechos de los empleados exigirlos.

Podemos ver que la curva de BALANCE-DISPONIBILIDAD está en valores negativos en la mayor parte del proyecto, lo que quiere decir que el personal no contó con el equipo de protección personal necesario durante la ejecución del mismo. Si retomamos el Gráfico 2: Flujo de personal Paseo Cayalá Fase II, podemos ver coincidentemente que, la falta del equipo es durante todo el tiempo en el que el personal está ingresando para llegar a su punto máximo. De igual forma se cuenta con valores positivos al final del proyecto, lo que quiere decir que hubo inventario final en todo los casos.

En otras palabras lo que sucedió en el proyecto fue el llamado “efecto látigo³”, término comúnmente utilizado en cadena de suministros. El cual describe como la mala planificación de los pedidos provoca que en momentos de necesidad no se tenga inventario y en momentos de poca demanda se tenga demasiado, esto se explica a raíz de la situación de desabastecimiento, la cual provoca que se realicen pedidos inexactos los cuales llegan en el momento que la demanda paso.

¿Cuáles son los efectos de no tener el equipo de protección personal en el momento oportuno? Baja la productividad del trabajador, esto debido a que no cuenta con el equipo que además de proteger su integridad física le facilita el trabajo, aumenta la probabilidad de lesión en el trabajador, a pesar de que el equipo de protección personal es la última barrera para evitar un accidente, el tenerlo puede evitar una lesión o disminuir el impacto de la misma, y por último incide negativamente en el ambiente laboral, ya que el hecho de que todo el personal cuente con su equipo en óptimas condiciones, provoca que se sientan más cómodos y seguros para trabajar, y por ende, lo hagan de mejor manera.

El descrito anteriormente es el estado actual en el que se encuentra la organización, toda la investigación mostrada a continuación se realiza con el objetivo de establecer un diseño de sistema de inventario que logre trasladar la curva de BALANCE-DISPONIBILIDAD en valores positivos. Se comienza por determinar el procedimiento adecuado para el cálculo de la cantidad promedio de personal en un proyecto constructivo, variable que a la postre nos servirá para determinar los requerimientos para equipo de protección personal y demás equipo de seguridad industrial.

³ Efecto látigo: Tendencia a una excesiva fluctuación de los inventarios y pedidos que se reciben.

D. Cantidad de personal por proyecto

La principal variable para estimar la cantidad promedio de personal en una obra son los metros cuadrados (m^2) de construcción. Información conocida desde el inicio de la construcción, con la cual se puede generar una proyección de cuanta gente se requiere dependiendo de la magnitud del proyecto.

Para poder generar una estimación, se determinó que la manera más exacta de realizar el cálculo es generando un factor aproximado de m^2 de construcción por persona, dato que nos indique un valor de cuanto en promedio se construye por persona en el proyecto. Para obtener este factor hay que basarse en un proyecto finalizado similar y analizar la cantidad de gente en promedio con relación a los metros cuadrados (m^2) de construcción que se ejecutaron.

Ecuación 7: Factor m^2 por persona

$$\frac{m^2 \text{ proyecto finalizado}}{\text{personal promedio proyecto finalizado}} \approx \text{factor } m^2 * \text{persona}$$

Esta relación contiene ciertas restricciones respecto a su aplicación, las cuales son las siguientes:

- La utilización de este factor se debe realizar para proyectos similares. Los cuales refieran al mismo tipo de construcción. Los tipos de proyecto según tipo de construcción para Construcciones y Consultoría S.A. son las siguientes:
 - Comercial
 - Institucional
 - Industrial
 - Infraestructura
- La capacidad mensual máxima de ejecución es de 5,000 m^2 .
 - Este monto está dada por capacidad de control de un solo grupo de ingenieros por proyecto, si una obra es de dimensiones muy grandes se le asigna a varios grupos de ingenieros los cuales contarán con su propio personal y bodega.
- El método de construcción debe ser con prefabricado con el método de molde LK.

Una vez determinado el factor, se procede a realizar la estimación del personal promedio para el nuevo proyecto. Para esto se necesita únicamente la cantidad de m^2 de construcción que se tiene en planos y el factor previamente calculado. Se divide la cantidad de m^2 de construcción dentro del factor para obtener el estimado de personal para el proyecto nuevo.

Ecuación 8: Personal Promedio Proyecto Nuevo

$$\frac{m^2 \text{proyecto nuevo}}{\text{factor } m^2 * \text{persona}} \approx \text{personal promedio proyecto nuevo}$$

Es de suma importancia resaltar que este cálculo es generado previo a la ejecución del proyecto y que puede variar en el transcurso del mismo. Su generación está enfocada para la correcta planificación de los requerimientos de equipo de protección personal a lo largo del proyecto y para estimar en promedio cuanta gente se tendrá a lo largo de la ejecución.

E. Demanda de equipo de protección personal (EPP) y de seguridad industrial

El fin de determinar el comportamiento de la entrada de personal dentro de un proyecto y la cantidad promedio de trabajadores que se tiene en el tiempo de ejecución, es el poder realizar una correcta planificación con respecto a los requerimientos de equipo de protección personal y el demás equipo de seguridad industrial.

Dentro de un proceso productivo comúnmente se calcula una demanda aproximada de la forma en que nuestros clientes consumen, lo cual nos indica la manera en que debemos de administrar nuestros inventarios para generar la mayor ganancia posible optimizando el uso de nuestros recursos, ya sean estos tiempos, materiales, mano de obra, etcétera. En este caso a pesar de ser un proceso constructivo, el flujo de personal nos indica que existe una tendencia en la manera que ingresa personal en un proyecto, por lo que se puede asemejar a una tasa de consumo sobre nuestros insumos de equipo de protección personal y equipo de seguridad industrial.

Siendo la fuerza de personal la variable independiente, debemos de calcular los requerimientos de equipos en función de ésta. Tomando en cuenta que existen equipos especiales que no dependen de la cantidad de personas en el proyecto sino del tipo de trabajo que se está realizando.

Los valores están dados en relación al personal en una obra, estos pueden variar dependiendo el tipo de proyecto y la especialización del trabajo. La Tabla 3 nos indica los requerimientos mínimos con los que debe contar un proyecto típico de Construcciones y Consultoría S.A. En relación al arnés de seguridad y a los tapones auditivos, no se puede generar un valor aproximado con relación a la fuerza de personal debido a que son equipos especializados que dependen del tipo de trabajo que se esté realizando, su cálculo se deberá hacer conforme la necesidad lo vaya requiriendo dentro del proceso.

Tabla 3: Requerimientos de equipo de protección personal

no.	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	PROPORCIÓN
1	Arnés de seguridad	N/A
2	Guantes de protección	60%
3	Lentes de protección	100%
4	Mascarilla	300%
5	Botas industriales	100%
6	Chalecos Reflectivos	200%
7	Casco de protección rojo	67%
8	Casco de protección amarillo	33%
9	Tapones auditivos	N/A

Lentes de protección se requieren en una proporción de uno por persona y mascarilla en tres por persona sin importar si es albañil o ayudante de albañil. Por lo que es igual al 100% y 300% de la fuerza de personal, dentro de un proyecto constructivo se mantiene una proporción de 2 albañiles por cada ayudante, por lo que el 67% de los trabajadores serán albañiles y el restante 33% serán ayudantes, los cascos de protección rojos son para albañiles y amarillos para ayudantes, se requiere de un casco por persona. Se considera que dentro del proceso constructivo el 60% de las actividades requieren de uso obligatorio de guantes, por lo que el requerimiento para este equipo es del 60% sobre la cantidad promedio de personal.

Estos valores cuentan con un coeficiente de variación de 20% con respecto a la cantidad promedio de personal, este valor está dado por variaciones que ocurren por rotación de personal y reposición de equipo. Adicionalmente se aclara que el uso de esta información debe ser para proyectos con duración no mayor a un año, esto por la durabilidad de los equipos.

Para el cálculo de la cantidad necesaria de arneses de seguridad se deberá de tomar en cuenta todas aquellas actividades que requieran un trabajo sobre una altura mayor de 5 metros y para el tapón auditivo aquellos procedimientos que excedan los 90 dB (decibeles) durante la jornada de trabajo.

Tabla 4: Requerimientos de equipo de seguridad industrial

no.	EQUIPO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	PROPORCIÓN
1	Botiquín de primeros auxilios	1/100
2	Cinta de precaución	N/A
3	Baños	1/25
4	Rótulos de seguridad industrial	N/A

La empresa requiere que el botiquín de primeros auxilios debe de existir en una proporción de uno por cada 100 trabajadores, el cual debe ser reabastecido en medicamentos una vez por mes. Con respecto a los baños se requiere que exista un baño por cada 25 trabajadores, lo cual está regido por el Reglamento de Seguridad e Higiene del IGSS. Los rótulos y la cinta de precaución son equipos que dependen del área del proyecto y la necesidad de los mismos, estos se calculan previo al inicio de un proyecto.

Ver Anexo 2 para contenido del botiquín de primeros auxilios.

F. Cálculo de mínimos y máximos de inventario

Para el cálculo del tamaño de pedido óptimo para los equipo de protección personal y de seguridad industrial, se utilizará el modelo de lote económico de pedido, el cual, tomando en cuenta una demanda durante un periodo de tiempo, tiempos de respuesta de compra, costo de producto, pedido e almacenaje, calcula el tamaño de pedido de tal forma que reduzca al mínimo los costos implicados.

Como se explicó anteriormente, a pesar de que este modelo es mayoritariamente utilizado para procesos productivos, el comportamiento que tiene la curva de personal nos indica una tendencia de ingreso de personal en un proyecto, por lo que se puede tomar como la tendencia con la que se debe suministrar equipo, ya que una de las prioridades de la seguridad industrial es tener el equipo de protección desde el momento que se inicia el trabajo, para reducir el riesgo de accidentes laborales.

1. Programa lote óptimo de pedido: Para la implementación del modelo de lote económico de pedido en un proyecto constructivo, se generó una hoja electrónica en Excel (adjunta en CD de Trabajo de Graduación) la cual por medio de una programación previa, al ingresar: metros cuadrados (m^2) de construcción, duración del proyecto y factor m^2 por persona. Genera valores para: tamaño óptimo de pedido, punto de re orden e inventario de seguridad. Para cada uno de nuestros equipos de protección personal y demás equipo de seguridad industrial, esto tomando en cuenta como demanda del proyecto, la cantidad de personal promedio que trabaja durante la duración de la obra, utilizando un coeficiente de variación del 20%.

Este programa nos brinda niveles mínimos y máximos de inventario por tamaño del pedido más el inventario de seguridad (de existir). La cantidad de baños y botiquines no estará calculada por medio del modelo de lote económico, ya que están dados como una proporción de la cantidad de personas en un momento determinado.

El arnés de seguridad, los rótulos y la cinta de precaución son muy variables al depender mucho del tipo de construcción que se realiza, por lo que no aplican para formar parte de la programación de esta hoja de Excel.

Las variables que son independientes de cada proyecto que el usuario deberá de ingresar son:

- Metros constructivos (en metros cuadrados).
- Duración del proyecto (en meses).
- Factor metro cuadrado por persona.

Para la realización de esta hoja se debieron ingresar ciertos datos generales de la empresa para su correcta ejecución. Estos son valores no varían del tipo de proyecto, ya que son de carácter administrativo de la organización. Muchos de estos valores no estaban medidos en la empresa, por ello se dedica una sección de este trabajo a la explicación de los mismos.

2. Costo de emitir un pedido: Para calcular el costo de emisión de un pedido dentro de la organización se utiliza el presupuesto asignado por el departamento de compras, dividido la cantidad de órdenes que se emiten al mes en los proyectos. Se toma el criterio que en promedio se realizan 65 órdenes de compra por proyecto y se considera el promedio de 10 obras en ejecución por mes, quedándonos un promedio de 650 órdenes de compra para la organización. Para los gastos se obtiene un monto de Q 29,500 en promedio por mes, conteniendo este valor los gastos por salarios, transporte y teléfono. Dividiendo los gastos totales dentro del número de órdenes, obtenemos un monto de Q 45.38 como el costo de emitir una orden.

Ver Anexo 3 para cálculo de la emisión de un pedido.

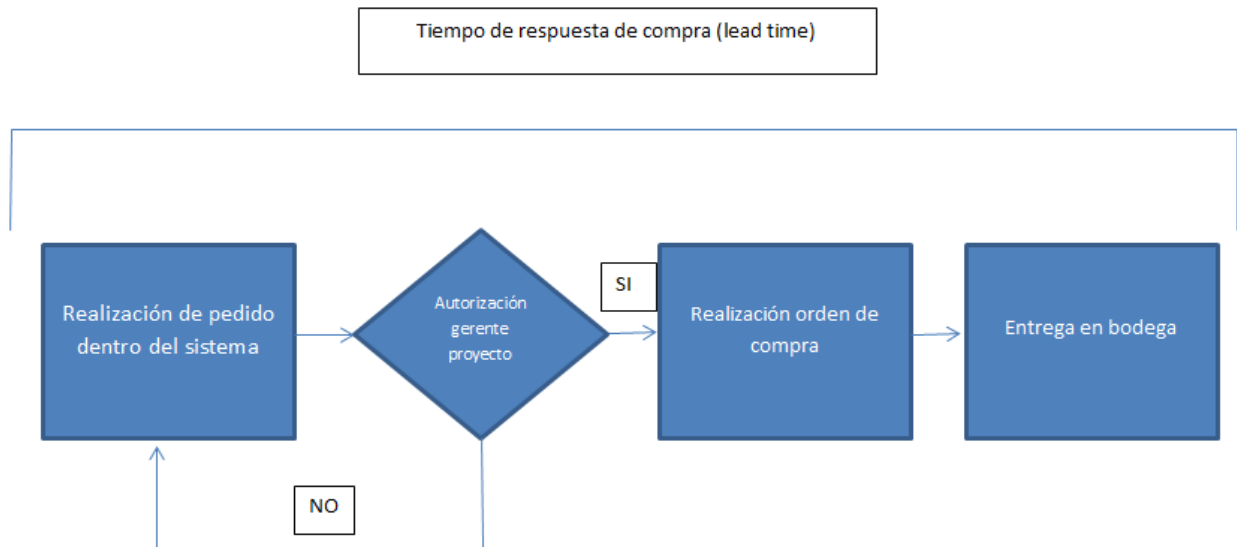
Tabla 5: Costo de pedir

COSTO DE PEDIR	
# Órdenes de compra promedio por mes	650
Salarios depto. compras promedio por mes	Q 29,500.00
Costo de emitir una orden	Q 45.38

3. Tiempo de respuesta de compra (lead time): El tiempo de espera o “lead time” se define como el tiempo que transcurre desde el momento que se realiza un pedido de material o equipo hasta el momento en que se recibe en bodega.

La siguiente imagen muestra el proceso que recorre un pedido dentro de la empresa.

Ilustración 10: Procedimiento generación de pedidos



El tiempo que transcurre para completar el proceso de generación de pedidos dentro de la organización varía con respecto a cada equipo. Cuestión que no debería de ser de esta forma al ser un procedimiento administrativo. La siguiente tabla muestra los resultados sobre las mediciones realizadas para cada equipo de protección personal y demás equipo de seguridad industrial.

Para el cálculo del tiempo de respuesta de compra para cada equipo ver Anexo 4.

Tabla 6: Tiempo de respuesta de compra

no.	EQUIPO	TIEMPO DE ESPERA(DÍAS)
1	CHALECOS REFLECTIVOS	6
2	TAPONES AUDITIVOS	6
3	MARCARILLAS P/POLVO	8
4	GUANTE DE CUERO	9
5	ANTEOJO LENTE/CLARO	9
6	CASCO DE SEGURIDAD AMARILLO	10
7	CASCO DE SEGURIDAD ROJO	11
8	CINTA DE PRECAUCIÓN	12
9	RÓTULO DE SEGURIDAD	24
10	BOTAS INDUSTRIALES	7

4. **Costo de mantener:** El mantener inventario genera costos al verse depreciado el equipo adquirido, su estancia en almacenamiento provoca que se pierda valor de mercado y el no ser utilizado logra que no se genere ningún valor de rescate para la empresa. El costo de mantener se estableció en un porcentaje del 20% sobre el costo unitario de cada producto, bajo el conocimiento de los costos unitarios de cada artículo y que la durabilidad de los equipos es superior al tiempo de la mayoría de proyectos, pudiendo ser estos reutilizados.

5. **Costo de los productos :** El costo de los productos se toma como el precio que a la empresa le cuesta adquirir estos equipos, los costos que se presentaran a continuación son los valores que se tienen a noviembre del 2012 y están sujetos a cambios que puedan ocurrir por cambio de proveedores o política de la organización. Estos valores están dentro del rango de precios que mantiene el mercado, por lo que serán de ayuda para la correcta planificación de un presupuesto para seguridad industrial dentro de un proyecto.

Los costos de productos que tiene actualmente la empresa es el siguiente:

Tabla 7: Costo de los productos

no.	EQUIPO	COSTO(Q) POR UNIDAD
1	CHALECOS REFLECTIVOS	Q16.74
2	TAPONES AUDITIVOS	Q6.22
3	MARCARILLAS P/POLVO(PAQUETES 20 U)	Q5.80
4	GUANTE DE CUERO	Q22.01
5	ANTEOJO LENTE/CLARO	Q11.88
6	CASCO DE SEGURIDAD AMARILLO	Q27.41
7	CASCO DE SEGURIDAD ROJO	Q27.41
8	BOTAS INDUSTRIALES	Q300.00
9	CINTA DE PRECAUCIÓN	Q81.46
10	RÓTULOS DE SEGURIDAD	Q33.93
11	ARNÉS DE SEGURIDAD	Q800.00
12	BAÑOS (ALQUILER UN MES)	Q250
13	BOTIQUÍN DE PRIMEROS AUXILIOS	Q600

6. **Uso de programa lote óptimo de pedido:** Una vez obtenidos los datos generales de la empresa, cada usuario deberá ingresar datos que son independientes de cada proyecto, esto con el fin de poder efectuar el cálculo del tamaño óptimo de pedido. La información que se debe de ingresar es la marcada en amarillo:

Tabla 8: Nombre de proyecto y tipo de obra

PROYECTO	
TIPO DE OBRA	

Tabla 9: Información del proyecto

INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
METROS CONSTRUCTIVOS		m ²
TIEMPO		Meses
DEMANDA DE TRABAJADORES		Personas
FACTOR DESVIACIÓN	20%	Porcentaje
DESVIACIÓN PROMEDIOPOR TRABAJADOR		Personas
FACTOR m² POR TRABAJADOR		m ²

Al ingresar los valores requeridos (amarillo) se generarán los cálculos para: demanda de trabajadores y desviación promedio de estos. El coeficiente de variación fue determinado anteriormente con un valor de 20% debido a rotación de personal y fluctuaciones inesperadas.

El programa contiene dentro de su código valores para: costo unitario, tiempo de respuesta de compra (lead time), demanda requerida (calculada con base al personal promedio). Para cada uno de los equipos de protección personal y demás equipo de seguridad industrial. Se toma un valor de 20% para la tasa de posesión, basado en el costo que significa mantener inventario de cada artículo. Con toda esta información el programa efectúa el cálculo de:

- Tamaño óptimo de pedido
- Punto de reorden
- Inventario de seguridad
- Punto de reorden con inventario de seguridad
- Costo total, costo de mantener, costo de pedir y costo de producto (aproximado).
- Demanda diaria.

Adicionalmente se incluye dentro de la programación la proporción en la que se deberán de contar con baños y botiquines en el proyecto, este valor es obtenido únicamente de la relación de estos equipos con el personal en labores.

A continuación un ejemplo sobre un proyecto típico de consulta.

Ejemplo:

PROYECTO	OBRA X
TIPO DE OBRA	EDIFICACIÓN COMERCIAL, OBRA GRIS

INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
METROS CONSTRUCTIVOS	25000	m ²
TIEMPO	6	Meses
DEMANDA DE TRABAJADORES	50	Personas
FACTOR DESVIACIÓN	20%	Porcentaje
DESVIACIÓN # PROM. TRAB.	48	Personas
FACTOR m² POR TRABAJADOR	50	m ²

PRODUCTO	ANTEOJO - LENTE CLARO PERSONAL OPERATIVO y ANTEOJO - LENTE CLARO PERSONAL ADMITIVO.		
VARIABLE	CANTIDAD	UNIDAD	ABREVIATURA
DEMANDA	50	ANTEOJOS/DURACIÓN DEL PROYECTO	D
DESVIACIÓN	10	ANTEOJOS/DURACIÓN DEL PROYECTO	σ
LEAD TIME	9	DÍAS	L
COSTO DE PEDIR	Q 45.38	QUETZALES	Co
TASA DE COSTO DE POSESIÓN	20%	PORCENTAJE	i
COSTO UNITARIO	Q 11.88	QUETZALES	Cu
COSTO DE MANTENIMIENTO	Q 2.38	QUETZALES	Ch
TAMAÑO OPTIMO DE PEDIDO	43.00	ANTEOJOS	Q
DEMANDA DIARÍA	0	ANTEOJOS	d
PUNTO DE REORDEN (SIN I.S)	2.0	ANTEOJOS	R
NIVEL DE SERVICIO	95%	PORCENTAJE	NS
FACTOR DE SERVICIO	1.64	FACTOR	ZNS
DESVIACIÓN DIARIA	0	ANTEOJOS	σd
INVENTARIO DE SEGURIDAD	1	ANTEOJOS	I.S
PUNTO DE REORDEN	3.0	ANTEOJOS	R*

EQUIPO	PEDIDO
BAÑOS	2
BOTIQUÍN	1

El ejemplo describe un proyecto x, utilizando un factor de 50 metros cuadrados (m²) por persona para un proyecto de 2500 metros cuadrados (m²) de construcción, el cual genera un promedio de 50 personas durante los 6 meses de ejecución del proyecto. La tabla generada por el programa de lote óptimo de pedido, muestra información sobre

lentes de seguridad, del cual nos muestra que se pronostica una demanda aproximada de 50 lentes, siguiendo el requerimiento de entrega al 100% del personal. Nos indica que tamaño óptimo de pedido es de 43 unidades y que el punto de reorden es en 2 unidades. Se mantiene un inventario de seguridad de una unidad y un punto de reorden con inventario de seguridad de 3 unidades.

Para el cálculo de este ejemplo mediante las fórmulas de lote económico de pedido ver Anexo 5.

G. Control de inventarios

El modelo de lote económico de pedido nos brinda tamaños de pedido óptimo al menor costo posible, predice conforme a una demanda pronosticada y un consumo constante el punto mínimo y máximo de nivel de inventario. En este caso nuestra demanda tiene probabilidades de variar por lo que se aplica un inventario de seguridad sobre nuestro pronóstico, con el fin de prevenir las fluctuaciones inesperadas. A pesar de esto el método constructivo tiende a ser muy volátil, por lo que en conjunto con el modelo de lote económico de pedido se deberá implementar la cualidad de revisión constante del modelo de planificación de requerimientos de material. Al diseño de este conjunto de dos modelos lo denominaremos sistema de inventario para construcción.

1. Diseño de sistema de inventario para construcción: El modelo planificación de requerimientos de material nos obliga a llevar un control detallado en el transcurso del proyecto sobre nuestros niveles mínimos y máximos de inventario, calculando en base a pronósticos de consumos y nuestro tiempo de espera de compra, el tamaño que deberá de tener el lote. Nuestro modelo de lote económico de pedido nos brindará mediante la hoja electrónica de Excel los tamaños de pedidos óptimos, pero en las situaciones en que no se pueda prevenir un alza o disminución significativa de personal, la programación del modelo de requerimientos de material nos brindará herramientas suficientes para poder saberlo.

La forma en que se predice un alza o disminución significativa del personal en un proyecto es por medio del cronograma de trabajo, identificando aquellas actividades en las que se requiere de más personal para su realización. Dentro del proceso constructivo de la empresa, la actividad de estructura de losas y columnas es la que requiere de mayor personal para su ejecución, esto quiere decir que dentro de una construcción mientras se tenga mayor cantidad de trabajos de losas y columnas al mismo tiempo, así también se necesitara una fuerza de personal mayor.

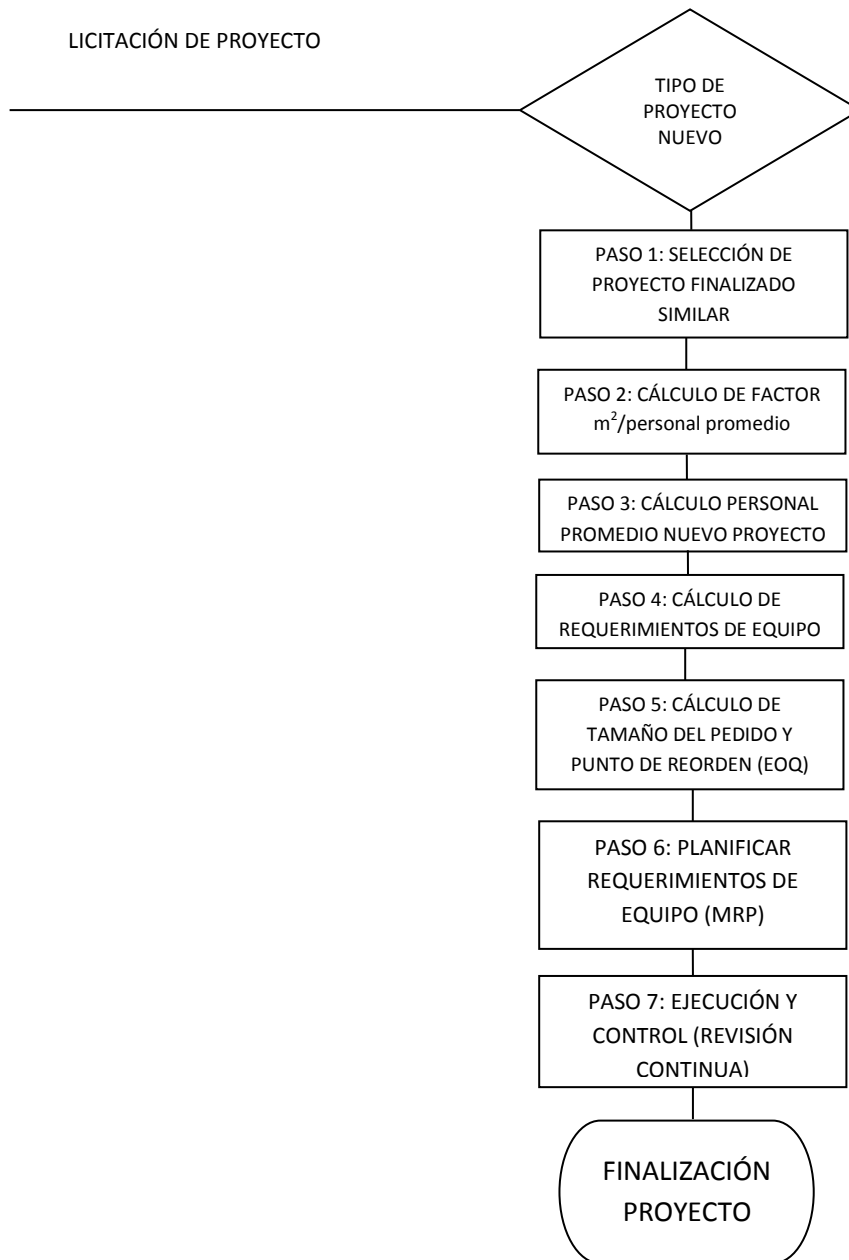
El modelo de lote económico de pedido nos brinda pedidos óptimos de equipo para poder alcanzar un nivel óptimo de inventario, logrando minimizar los costos y eliminar los retrasos; por su parte la revisión constante de la planificación de requerimientos nos

indicará en qué momento es necesario hacer pedidos superiores al tamaño óptimo para asegurarse el abastecimiento.

Como se explicó en la sección 2 “Flujo de Personal en un Proyecto” entre el segundo y el tercer cuarto del proceso constructivo, es cuando se realizan normalmente las actividades de estructura de losas y columnas, en donde consistentemente se presenta el punto máximo de personal en un proyecto. La interrogante será el preciso momento en que esa alza sucederá para tener preparado el equipo requerido.

2. **Procedimiento:** Una vez entendido las partes y el concepto del sistema de inventario que se propone, se debe pasar a la forma en que se deberá de implementar. Esto quiere decir el procedimiento que se debe de seguir para una correcta planificación de la administración del inventario. Esto comenzará desde la licitación hasta la finalización del proyecto.

Dentro de este procedimiento se encontrarán los pasos previos al cálculo del tamaño óptimo de pedido y de punto de re orden, o sea el cálculo del personal promedio y de los requerimientos de equipo. Para el cálculo de personal promedio es de suma importancia recordar que debe basarse en un proyecto finalizado similar para poder generar un factor de $m^2/persona$ que nos ayude a generar un pronóstico más exacto.

Ilustración 11: Pasos para la administración de inventario en construcción

El procedimiento propuesto no es más que la secuencia de pasos que hay que seguir para administrar de manera adecuada nuestro inventario. Todos estos pasos han sido descritos y explicados claramente en el desarrollo del proyecto, todo con el fin de al llegar a este punto poder demostrar la utilidad de los mismos. A continuación se muestra que hubiera pasado en el proyecto Paseo Cayalá Fase II si se hubiera administrado su inventario por medio de este sistema.

H. Resultados situación con sistema de inventario

La presente ejemplificación se realiza con el fin de demostrar el impacto que puede tener el utilizar el diseño propuesto de sistema de inventario, su procedimiento y su correcta planificación, partiendo de la idea que aunque el Proyecto Paseo Cayalá Fase II ya haya finalizado, éste nos sirva para no volver a cometer los mismos errores en el futuro. La comparación está realizada con los cinco equipos que representan el 83.04% del costo total de los artículos.

En principio, se debe cumplir con la secuencia de pasos propuestos en el procedimiento para la correcta ejecución.

Paso 1: Selección del tipo de proyecto

Construcción Paseo Cayalá Fase II, edificación comercial con terminación en obra gris, 40,000 m² de construcción.

Paso 2: Selección de proyecto finalizado similar

Central de Transbordo del Norte (Centra Norte), edificación comercial con terminación en obra gris, 20,434 m² de construcción,

Paso 3: Cálculo de factor m² / Personal promedio

Ecuación 1: Factor m² por persona

$$\frac{20,434 \text{ m}^2}{196 \text{ personas}} \approx 104 \text{ m}^2 \text{ por persona}$$

Paso 4: Cálculo personal proyecto nuevo

Ecuación 2: Personal promedio proyecto nuevo

$$\frac{39,133 \text{ m}^2}{104 \text{ m}^2 * \text{ persona}} \approx 375 \text{ personas}$$

Siendo 362 el valor de personal promedio que se tuvo realmente, se evidencia un porcentaje de error del 3.5%.

Paso 5: Cálculo de requerimientos de equipo

Tabla 1: Requerimientos de equipo de protección personal

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	Requerimiento
Arnés de seguridad	N/A
Guantes de protección	225
Lentes de protección	375
Mascarilla	1125
Botas industriales	375
Chalecos Reflectivos	750
Casco de protección rojo	252
Casco de protección amarillo	124
Tapones auditivos	N/A

Tabla 2: Requerimientos de equipo de seguridad industrial

EQUIPO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	PROPORCIÓN
Botiquín de primeros auxilios	4
Cinta de precaución	N/A
Baños	15
Rótulos de seguridad industrial	N/A

Paso 6: Cálculo de tamaño de pedido y punto de re-orden

Este paso se realiza por medio de la hoja electrónica explicada anteriormente, en la que ingresando tamaño del proyecto (39,133 m²) y el factor de m² por persona (104m²*persona), podemos llegar a determinar el tamaño de pedido y el punto de re-orden.

Ver Anexo 6 para cálculo de tamaño de pedido y punto de reorden por medio de fórmulas de modelo de lote económico de pedido.

Tabla 10: Tamaño de pedido y punto de reorden

EQUIPO	TAMAÑO DE PEDIDO(unidades)	PUNTO DE REORDEN (unidades)	INVENTARIO DE SEGURIDAD
CASCO DE SEGURIDAD AMARILLO	52	11	8
CASCO DE SEGURIDAD ROJO	58	26	17
GUANTE DE CUERO	68	20	14
ANTEOJO LENTE OPERATIVO	119	15	4
CHALECO REFLECTIVO	142	52	37

Paso 7: Planificar requerimientos de equipo

En este paso, planificamos el equipo que requeriremos durante todo el proyecto, tomando en cuenta nuestros puntos de re-orden y tamaño de pedidos, con el fin de identificar algún momento dentro del proyecto donde nuestros cálculos se puedan quedar cortos. Conociendo esto y el tiempo en que tarda un equipo en llegar, podemos realizar pedidos superiores para cubrir nuestras necesidades.

Los momentos en donde puede aumentar el personal abruptamente son en los puntos de losas y columnas. Esto se debe identificar dentro de nuestro programa de actividades del proyecto, para que dentro de nuestra planificación de requerimientos de material tomemos en cuenta todos aquellos momentos y decidamos si nuestro tamaño de pedido es el adecuado. Es importante recordar que, a pesar de que nuestro modelo está realizado sobre bases estadísticas y con un inventario de seguridad, cuando se trata de cálculos de demandas es difícil predecir el comportamiento de una población sobre un bien o servicio, especialmente en este caso, en que el ingreso de personal estará dado por el desarrollo del proyecto, en donde siempre existe la posibilidad de atrasos en el trabajo lo cual obligue a acumular trabajo y por consiguiente personal.

Ilustración 12: Identificación de actividades con alza de personal

no. Actividad	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Cantidad Planos	Unidad	Albañiles	Ayudantes
11	Sotano 2	31 días	lun 02/04/12	dom 06/05/12					
12	Columnas Losa 2	10 días	lun 02/04/12	dom 15/04/12	7			68	34
13	Montaje planchas contención + Vigas Losa 2	7 días	lun 16/04/12	dom 22/04/12	12			2	1
14	Losa 2	14 días	lun 23/04/12	dom 06/05/12	13			150	91
15	Muros y acabados	28 días	lun 30/04/12	dom 27/05/12					
16	Levantados de Block	21 días	lun 30/04/12	dom 20/05/12	10			23	6
17	Acabados	28 días	lun 30/04/12	dom 27/05/12	10			6	8

La imagen nos muestra un ejemplo de una parte del cronograma de actividades para uno de los edificios de Paseo Cayalá Fase II, en donde se observa como los ingenieros tienen planificados los días en los que estarán trabajando y la cantidad de personas que necesitarán. Esta información se debe recopilar para que, dentro de la planificación de requerimientos, se tomen en cuenta y se calculen los tamaños adecuados

para los pedidos. Toda esta información se deberá trabajar dentro de una hoja de Excel (Adjunta en CD de Trabajo de Graduación), para su correcto manejo.

A continuación se muestra una parte de cómo se debió de haber suministrado el equipo de protección personal en el proyecto, tomando en cuenta tamaño óptimo de pedido, tiempos de respuesta de compra y control sobre altas del personal. También se lleva control sobre el balance-disponibilidad y se realiza el plan antes de iniciar el proyecto, efectuando cualquier cambio en el momento de ejecución.

La ilustración muestra control sobre las altas y bajas que se iban teniendo de personal, siendo ellos a quienes se les entrega el equipo de protección personal. Se debe poseer especial control sobre la rotación que mantienen, cada uno de estas planificaciones se deben llevar a cabo por equipo de protección y previo al inicio de actividades.

Ilustración 13: Ejemplo planificación de requerimientos de material S.I.

PUNTO DE REORDEN	CANTIDAD		ACTIVIDADES DE MAYOR PERSONAL													EDIFICIO			
	TIEMPO DE ESPERA	TAMAÑO DEL PEDIDO	LOSAS Y COLUMNAS																
			SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13				
UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	UNIDADES	
7	22	0	26	0	46	9	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
0	0	0	3	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	22	0	29	0	47	12	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
58					58														
51	36	36	7	7	18	6	63	59	59	47	23	10							
			58																

COSTO DE PEDIR	
CANTIDAD DE ORDENES DE COMPRA	5
COSTO DE COLOCAR UNA ORDEN	Q. 45.38
COSTO TOTAL DE PEDIR	Q. 226.90

COSTO DE MANTENER	
TASA COSTO DE POSESIÓN	20%
COSTO UNITARIO DE PRODUCTO	Q. 27.41
INVENTARIO PROMEDIO	30.70
COSTO DE MANTENER	Q. 168.30

COSTO PRODUCTO	
Costo unitario producto	Q. 27.41
Cantidad pedida	307
Costo total producto	Q. 8,414.87

INVENTARIO FINAL	
	8

COSTO TOTAL ANTEOJOS PROYECTO	Q. 8.810.07
-------------------------------	-------------

Se observa que se empieza con un inventario inicial y que todos los pedidos son programados de acuerdo al punto de reorden, únicamente se realizan pedidos con el tamaño que indica el modelo de lote económico de pedido, se identifica con diferentes colores en el programa las semanas en las que se realizarán actividades de losas y columnas, procesos que provocan un incremento en el personal. Esto con el propósito de pronosticar de mejor manera cualquier variación en la demanda, observamos que a causa esto, la semana 16 a la 18 muestra que se realizan dichas actividades en tres diferentes edificios, provocando que se contraten más personal en estas fechas, por lo que el pedido de equipo será mayor para esas semanas y se hará en función de la cantidad de personal nuevo que ingresará en el proyecto.

Paso 8: Ejecución y control

En este paso se mantiene una revisión continua sobre lo planificado, para corregir cualquier suceso inesperado.

Paso 9: Finalización de proyecto

1. **Resultados situación con sistema de inventario:** A continuación se observa la forma en que se propone se debió de haber provisto el equipo de protección personal, ya con un Sistema de Inventario implementado. Los mismos llevan la forma en que se requirió el equipo y la manera en que este se debió de haber dado.

Gráfico 8: Resultados chalecos reflectivos con S.I.

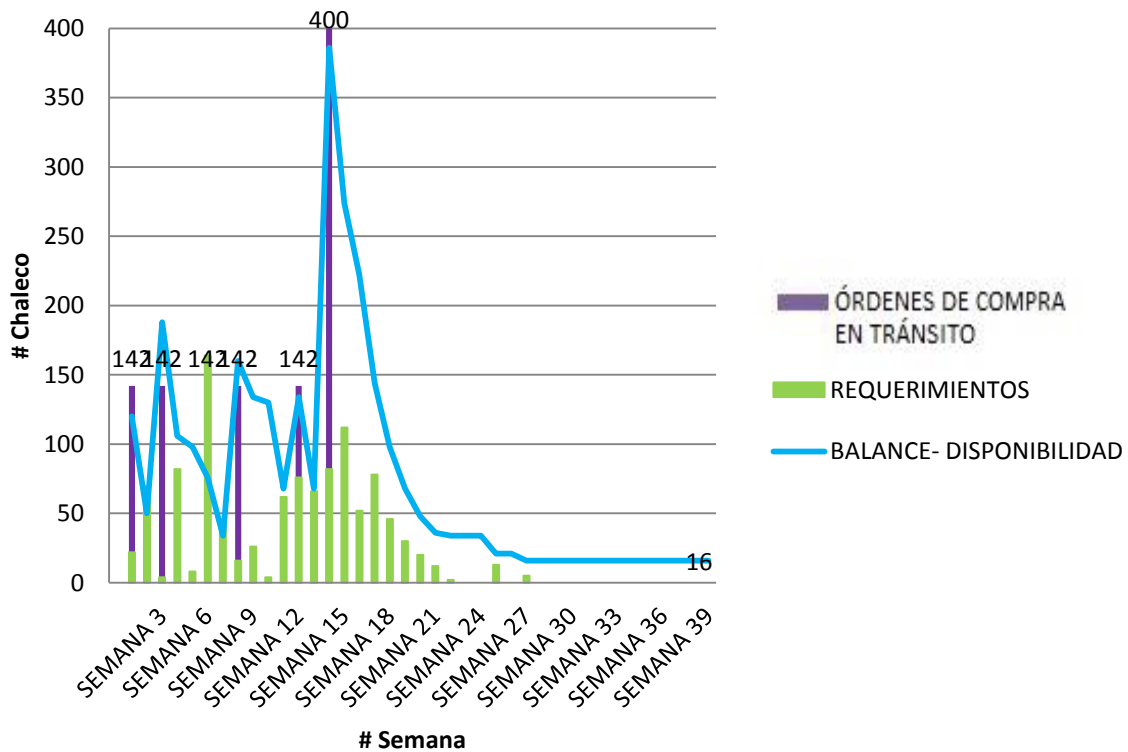


Gráfico 9: Resultados guante de cuero con S.I.

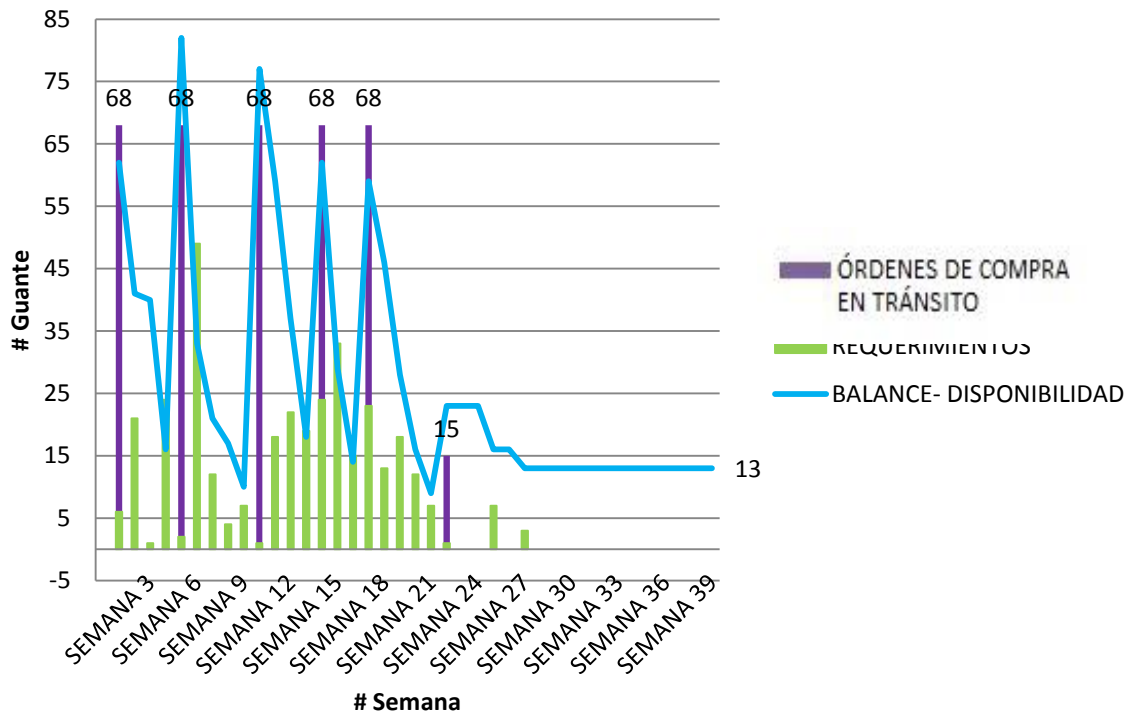


Gráfico 10: Resultados casco de seguridad rojo con S.I.

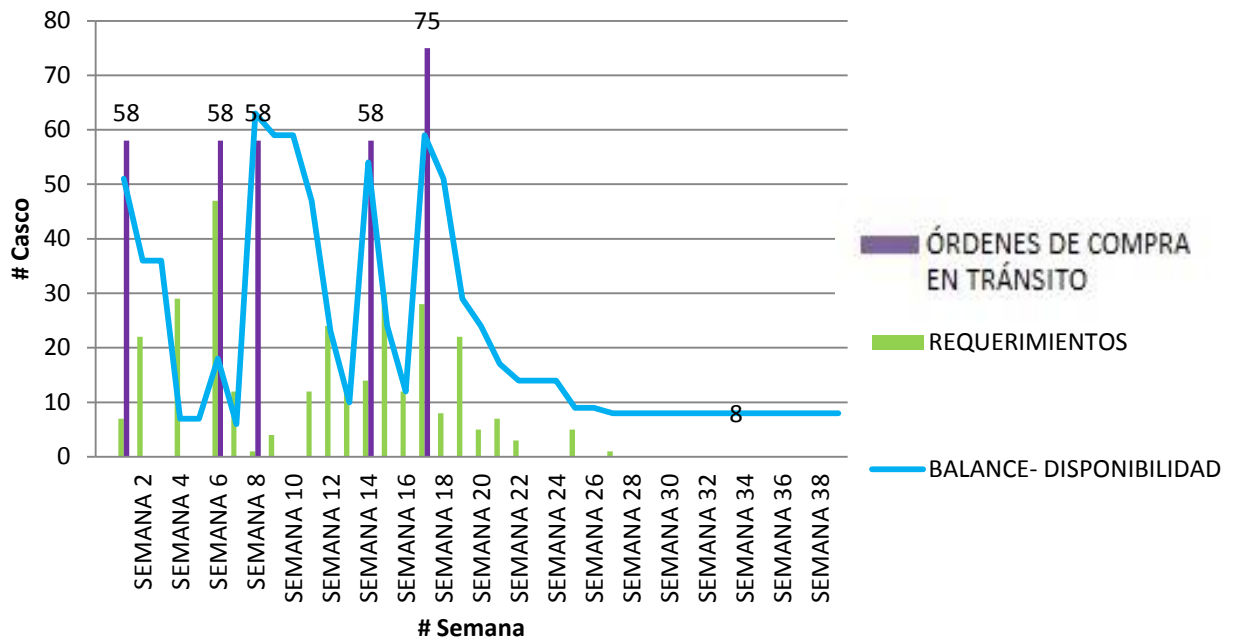


Gráfico 11: Resultados anteojos con S.I.

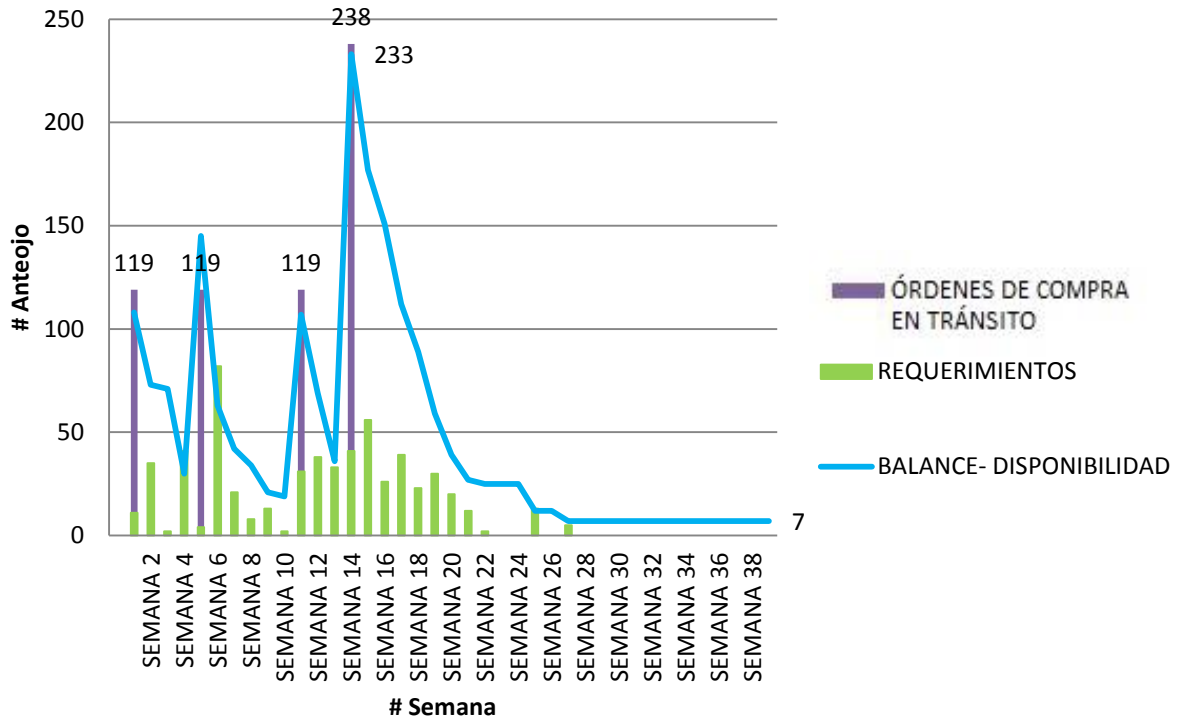
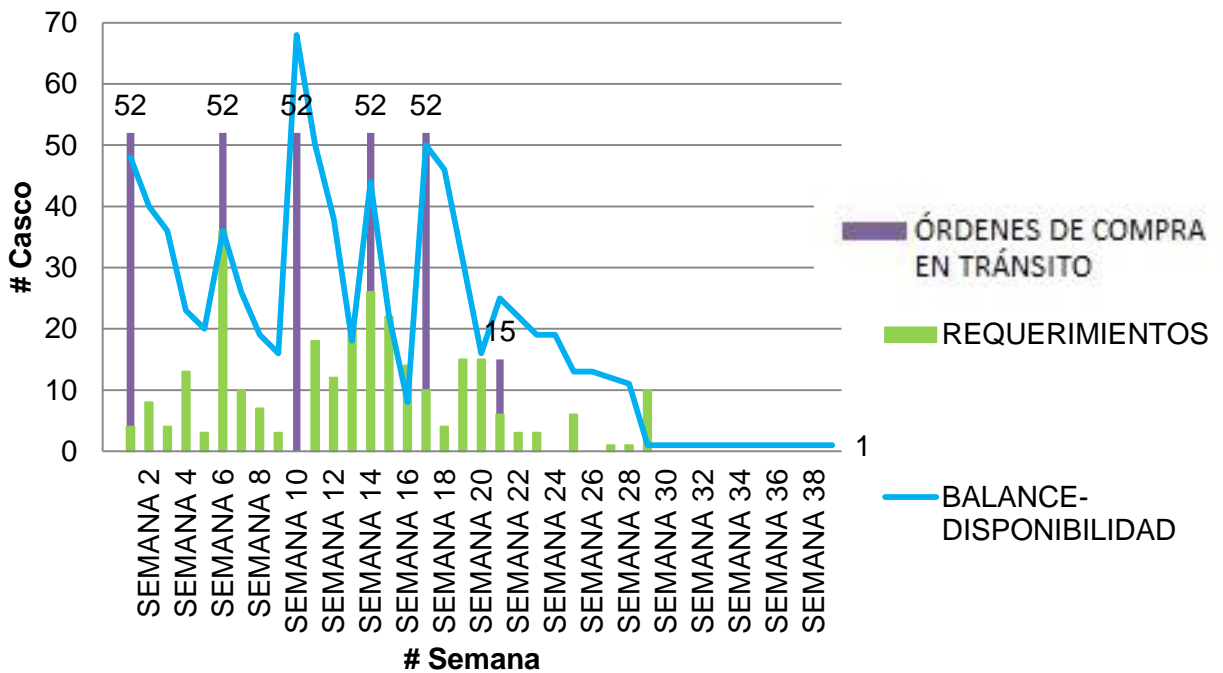


Gráfico 12: Resultados casco de seguridad amarillo con S.I.



En los gráficos se puede observar que a diferencia con los presentados en la sección de situación actual, el BALANCE-DISPONIBILIDAD es positivo en todos los casos a lo largo de la duración del proyecto, lo que quiere decir que siempre hubo inventario de equipo de protección personal para uso de los trabajadores.

Debemos empezar a enfocar que antes del cumplimiento de compromisos de trabajo, del dinero y el material, está la vida, y el tener el equipo disponible para uso de nuestro personal, se reduce considerablemente el impacto de cualquier accidente que ellos puedan tener, hasta en algún caso, salvarles la vida. Además de esto se tiene una serie de beneficios extras, cuantificables, que se exponen a continuación:

- Cero atrasos e incumplimientos en entregas de equipo de protección personal en el momento de ingreso de personal.
 - Una disminución de cuarenta y siete órdenes de compra, lo que representa un ahorro de Q 1225.26. equivalente a un 3.52% del costo total de inventario de seguridad industrial.
 - Reducción de 181 unidades en el inventario final, correspondiente a una mejora del 82% con respecto al modelo tradicional de inventario de la compañía.
 - Un ahorro en Q 4,062.38 por la reducción de unidades en los pedidos de Equipo de Protección Personal (EPP) que representa un 6.7% del costo total del inventario de seguridad industrial.
 - Un incremento de Q 822.30 en el costo debido al pedido de 30 cascos de seguridad amarillo extras respecto al modelo tradicional.
 - Un costo adicional de Q 434.61 debido a almacenaje de mayor inventario promedio dentro de las bodegas. Representa el 0.72% del costo total de inventario de seguridad industrial.
 - Costo de inventario de seguridad correspondiente a chalecos reflectivo, casco de seguridad amarillo y rojo de Q 218.96. que representa el 0.36% de costo adicional.
 - El casco de seguridad amarillo poseía un inventario final del 22% con la implementación del sistema se redujo a un 2.55%.
 - Ahorro total de Q 5,541.67 con respecto al modelo tradicional correspondiente al 9.14% del costo total de inventario de seguridad industrial.
- Ver Anexo 7 para observar resumen de costos de los equipos.

Tabla 11: Ahorro económico

no.	EQUIPO	PEDIDOS MENOS	UNIDADES MENOS	INVENTARIO FINAL MENOR	AHORRO
1	CHALECOS REFLECTIVOS	6	70	31	Q1,464.67
2	GUANTE DE CUERO	25	137	77	Q4,145.47
3	CASCO DE SEGURIDAD ROJO	2	3	37	Q244.26
4	ANTEOJO LENTE-CLARO P/OPERATIVO	7	36	36	Q460.22
5	CASCO DE SEGURIDAD AMARILLO	7	-30	48	-Q553.98
	TOTAL	47	216	229	Q5,760.64

VI. DISCUSIÓN

El objetivo general de este proyecto de graduación es el de diseñar un modelo que estandarice la rotación de inventario de equipo de protección personal y de seguridad industrial dentro de la empresa Construcciones y Consultoría S.A. Para su cumplimiento, se llevó a cabo una investigación sobre las principales variables que afectan el funcionamiento del proceso.

El primer punto a definir fue responder: ¿Qué determina la demanda en el equipo de seguridad industrial? Y es que, como en muchos procesos, se debe de identificar la variable independiente dentro de nuestra demanda, la variable que provoca que existan fluctuaciones dentro de nuestro proceso y que provoca que muchas veces no se logre satisfacer a los requerimientos.

En este caso el objeto de estudio es el equipo de protección personal y de seguridad industrial (baños, botiquín, cinta de precaución y rótulos), la variable independiente será el personal encargado de ejecutar los proyectos, que para este fin, requieren del equipo de protección personal. Ellos serán el ente sobre el cual se realizan estudios para comprender sus hábitos de consumo.

El consumo que realizan los colaboradores sobre el equipo de protección personal antes de este proyecto se desconocía, cada pedido se realizaba bajo el criterio del encargado. En donde la experiencia del mismo, marcaba la variación que llegara a existir en la calidad de la orden. Todo esto a consecuencia de la indiferencia que se tiene hacia el área y la falta de conocimiento sobre las necesidades de la gente.

Para cuantificar la tendencia con que se consume el equipo de seguridad industrial, se estudió el ingreso de personal en un proyecto y el proceso constructivo, comprendiendo que, las principales variables para la determinación de personal promedio en una obra son la fase constructiva en que se encuentre y el área disponible para trabajar.

Por medio de estas variables se logró determinar una tendencia que se genera en todo proyecto constructivo, o dicho de otra forma la manera en que se comporta la curva de personal en una obra. Para esto se estudió qué actividades dentro del proceso constructivo requerían de mayor personal, remarcando que las fases de este no varían en ningún proyecto. Obteniendo como resultado que la fase de estructura (losas y columnas) requieren de una cantidad mayor de colaboradores para su desarrollo.

El área disponible es dependiente de la fase constructiva, esto se explica a causa de que al inicio de todo proyecto sólo se cuenta con un espacio determinado para trabajar, durante su desarrollo se habilitan más áreas para trabajar simultáneamente. Se denominan puntos críticos a aquellas actividades dentro del proceso constructivo que de no ser ejecutadas no se puede continuar con el proyecto.

Todo esto se traduce en que al inicio de todo proyecto se cuenta con poca área para trabajar y las fases constructivas requieren de poco personal, mientras se va desarrollando el trabajo se habilita más espacio e inician las actividades que requieren de mayor personal como lo son la estructura de losas y columnas, una vez culminadas estas, la fuerza laboral va disminuyendo proporcionalmente hasta la finalización del proyecto.

La curva de personal se asemeja a un gráfico en forma de “campana” acumulando la mayor parte de personal en la parte media del proyecto, siendo el inicio y el final de todo proyecto las partes con menor personal. Esta información es vital para determinar el consumo, ya que nos indica momentos en el que la demanda alcanza sus máximos y mínimos.

Seguido a esto se procede a definir un método para obtener un promedio de trabajadores en un proyecto constructivo, los requerimientos están dados en función del personal. Habiendo establecido que no se puede generalizar un factor para todo tipo de construcción, se modifica el ámbito a una comparación entre proyectos similares, partiendo del supuesto que al tener la empresa un proceso constructivo consolidado, no debería de variar la cantidad de personal para realizar un proyecto similar a otro.

El procedimiento consiste en relacionar metros cuadrados de construcción (m^2) con personal promedio de un proyecto finalizado similar, obteniendo un factor que nos da m^2 por persona. Esto se utiliza para calcular la cantidad de personal promedio para el nuevo proyecto, dividiendo la cantidad de m^2 de construcción en planos, dentro del factor obtenido del proyecto finalizado.

De esta manera se define el consumo de equipo de seguridad industrial. Conociendo la tendencia en que el personal ingresa y la cantidad en promedio que se requiere, únicamente queda determinar para cada equipo de protección personal y de seguridad industrial, los requerimientos que se necesitan por proyecto.

Para determinar el requerimiento por equipo, se tomó la necesidad del mismo dentro de las actividades. Relacionándolos como un porcentaje con respecto al personal, para el casco de seguridad amarillo y rojo, se asignó que se requiere en una proporción de uno por trabajador, limitando que el casco amarillo es para ayudantes y el casco rojo es para albañiles. La relación de albañil-ayudantes en un proyecto es de dos a uno, por lo que la proporción sobre la población será del 67% del personal casco de seguridad rojo y 33% casco de seguridad amarillo. Este equipo es independientemente de la actividad que se esté realizando, se deberá utilizar por norma.

Los guantes de cuero no son requeridos en todas las actividades, se estima que 6 de cada 10 trabajadores los utilizan, actividades como limpieza, armado o desarmado de estructuras, no requieren de guantes ya que necesitan de cierta precisión para su desarrollo. La proporción es del 60% del personal total. Chalecos reflectivos se requieren en una relación de dos por persona, se deberán de utilizar en la realización de cualquier actividad y por las características del material es necesario tener un cambio para mantener en estado óptimo el equipo, su proporción es para el 200% del personal.

Mascarilla para polvo se requiere en una relación de tres por persona, a pesar de no ser un equipo de uso continuo la fragilidad del mismo es mayor, por lo que su vida útil se reduce, toma una proporción del 300% del personal. Lentes y zapatos de seguridad se requiere en una proporción de uno por colaborador, conformando el 100% del personal. Todos estos valores poseen un 20% de variación asignado a cambios de la demanda o desviación de los cálculos por otros factores.

El arnés de seguridad y los tapones auditivos se deben de planificar contra cronograma, identificando aquellas actividades que posean un riesgo de caída a distintos nivel o un nivel de ruido que pueda afectar la audición del trabajador. Son equipos especiales que no tienen una relación con el personal total.

En base a la experiencia en el medio, se determina que se requiere de un botiquín de primeros auxilios por cada cien trabajadores, el cual debe ser reabastecido una vez por mes. Los servicios sanitarios se requieren en una proporción de uno por cada veinticinco trabajadores, cumpliendo con la normativa del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS). Importante recalcar que la proporción previamente dada, debe ser actualizada sobre la cantidad de colaboradores que se tengan en el proyecto.

La cinta de precaución y los rótulos de seguridad son equipos especiales que dependen del tipo de construcción y de la delimitación o rotulación que se quiera dar al área dependiendo de los riesgos que posea. Por lo que la cantidad en que se requieren dependerá del encargado del proyecto y es independiente del personal en obra.

Si ya conocemos qué cantidades en promedio necesitamos de equipo, ¿Por qué no realizar el pedido desde el inicio del proyecto y evitar complicaciones? El espacio en un proyecto para almacenar equipo es limitado, el costo de almacenar equipo aumenta, el control del mismo es más difícil y al hacer un pedido muy grande igualmente no asegura que se vaya a satisfacer la demanda de manera eficaz. El objetivo de un adecuado sistema de inventario es el de proveer la cantidad óptima de equipo en el momento oportuno.

Para cumplir con este propósito se diseñó el sistema de inventario incorporando dos modelos de inventarios ya establecidos, uno es el modelo de lote económico de pedido, el cual por medio de un conocimiento de tiempos de respuesta de compra, demanda requerida en el tiempo del proyecto y costos, nos genera un tamaño de pedido máximo y

mínimo, comúnmente llamados tamaño óptimo de pedido y punto de reorden, los cuales están calculados para minimizar al máximo los costos.

A estos valores se les puede asignar un inventario de seguridad, el cual no es más que un stock de emergencia que funcione para no quedar desabastecido ante una variación de la demanda. A pesar de esto, es necesario contar con otro método que nos asegure al 100% el abastecimiento de equipo de seguridad industrial, ¿por qué no es suficiente? La construcción se caracteriza por tener muchas variaciones en su ejecución, el personal en su mayoría es gente sin estudios del cual existe el riesgo de abandono, renuncia, despido o traslado, durante la cual se llevan consigo el equipo proporcionado, por lo que a pesar de obtener muestras estadísticas de su comportamiento en el pasado, siempre existe el riesgo de alguna variación.

Para el control de esta variación se introduce el modelo de planificación de requerimientos de material, el cual se realiza previo al inicio del proyecto y lleva control a lo largo de este. Este modelo calcula, basándose en proyecciones y bajo el conocimiento del tiempo de respuesta de una compra, el tamaño que deberá de tener nuestros pedidos. La variación en nuestra demanda sucede en la mitad del proyecto, ya que definimos anteriormente que es donde se acumula el mayor espacio para trabajar y las actividades que requieren de más personal.

Por lo que en consecuencia la forma en que se manejara el sistema de inventario será el de realizar una planificación completa con respecto a equipo de seguridad industrial para todo el proyecto, utilizar el modelo de lote económico de pedido para efectuar pedidos mientras se mantengan condiciones normales en el proyecto. Y en el momento de alza en el personal calcular el tamaño de pedido por medio de la planificación de requerimientos de material.

Este diseño para el manejo adecuado de inventario es de uso cotidiano en muchos lugares, principalmente en aquellos en donde la estadística no es suficiente para definir un hábito de consumo, en estos casos se recurre a variables que expliquen las causas de las alzas o disminuciones en el mismo. Por ejemplo, en un restaurante, un promedio de venta semanal no representara los consumos en días festivos como: día de la madre, día del padre, Navidad, etcétera. El conocimiento de estas fechas provoca que se realice un análisis diferente y que se establezcan los requerimientos para estos días. Lo mismo ocurre con nuestro sistema, poseemos un promedio de consumo, pero debemos de planificar tomando en cuenta que existe un punto medio en el proyecto en donde el consumo será mayor que en el resto.

Para el buen funcionamiento del sistema de inventario, se investigó los valores correspondientes al tiempo de respuesta de compra y el costo de emitir un pedido, valores administrativos que carecían de medición. Para la determinación de los tiempos de respuesta de compra se utilizaron las bases de datos de pedidos realizados en el

proyecto Paseo Cayalá Fase II, ejecutando la medición desde el momento en que se ejecutó el pedido hasta la recepción del mismo. Como premisa, se suponía que al ser un valor administrativo este tuviera un valor muy parecido para todos los equipos, el resultado que se obtuvo fue diferente. A continuación observamos cual es el tiempo de respuesta de compra para el equipo de seguridad industrial: Chaleco reflectivo 6 días, tapones auditivos 6 días, mascarilla p/polvo 8 días, guante de cuero 9 días, lentes de seguridad 9 días, casco de seguridad amarillo 10 días, casco de seguridad rojo 11 días, cinta de precaución 12 días, rótulos de seguridad 24 días y botas industriales 7 días; Botiquín de primeros auxilios, arnés de seguridad y servicios sanitarios son de entrega inmediata por relación directa con el proveedor.

El tiempo de respuesta de compra varía dependiendo del equipo, lo que significa que algunas órdenes de compra tardan más en procesarse que otras, lo cual no debería ser de este modo. El departamento de compras debería, bajo condiciones normales, poseer un tiempo de respuesta de compra estándar para la entrega de un pedido. Al no ser así, es una prueba más de que tal medición no había sido realizada.

Otro dato de interés que no está medido en la organización es el costo de emitir un pedido, el cual es un valor asignado a los recursos y esfuerzos requeridos para la emisión de una orden, en este se toman montos asociados a procesos de administración e insumos para su ejecución. Como se explica en la sección “Cálculo de mínimos y máximos de inventario”, el monto por pedido es de Q45.38 resultado de la división del promedio de pedidos por el monto asignado al departamento de compras.

El costo de emitir un pedido y el tiempo de respuesta de compra son valores requeridos por el modelo de lote económico de pedido para la generación de puntos mínimos y máximos de inventarios, el tiempo de respuesta de compra es utilizado en la planificación de requerimientos de material para la adecuada colocación de órdenes de compra para fluctuaciones de la demanda.

El sistema de inventario que se propone se resume en una combinación de dos modelos de inventarios existentes, adecuados al ámbito de la construcción. En donde el modelo de lote económico de pedido genere tamaños de pedidos óptimos minimizando costos y el modelo de planificación de requerimientos de material nos obligue a realizar una planificación previa de nuestra rotación de inventario para identificar puntos en donde es posible que aumente o disminuye de una forma “inesperada” la demanda.

La propuesta para el control y la generación de los puntos máximos y mínimos de inventario es manejarlo por medio de una hoja electrónica de Excel, la cual con previa programación, nos brinde los tamaños de pedidos y puntos de re orden dependiendo de la cantidad de m² de construcción del proyecto, del factor m² por persona obtenido de un proyecto finalizado similar y de la demanda calculada de personal promedio durante la duración del proyecto. El beneficio de esto es que se convierte en una herramienta para la empresa, por la cual, ingresando los datos ya mencionados, obtenemos niveles mínimos

y máximos de inventarios de equipo de seguridad industrial para cualquier proyecto constructivo.

Reiterando la importancia que requiere la buena planificación para que este método resulte eficaz, se plantea dentro del trabajo un procedimiento para su correcta implementación, en la cual se resume todo lo antes discutido. Los pasos de este procedimiento son los siguientes: 1. Selección del tipo de proyecto, 2. Selección de proyecto finalizado similar, 3. Cálculo de factor m^2 / Personal promedio, 4. Cálculo personal promedio proyecto nuevo, 5. Cálculo de requerimientos de equipo, 6. Cálculo de tamaño de pedido y punto de re-orden, 8. Ejecución y control y 9. Finalización de proyecto.

Este procedimiento es la base para que la propuesta de sistema de inventario tenga éxito, ya que de no realizar el proceso como se debe, puede provocar un mal resultado del mismo. Para la ejemplificación de esta propuesta se tomó como modelo el proyecto Paseo Cayalá Fase II, construcción que por sus dimensiones es un proyecto de denominación grande y que para su ejecución requirió de un promedio de 362 colaboradores, representando el 19% de la población total en promedio de la empresa.

El análisis del sistema de inventario se delimitó el estudio de los equipos que representaban el 83% del costo, siendo estos los cascos de seguridad (rojo y amarillo), guantes de cuero, chalecos reflectivos y lentes de seguridad. Basándonos en el principio de Pareto, el cual describe que dentro de un conjunto de elementos el 80% de estos lo tendrá el 20% de la población.

El proyecto Paseo Cayalá fase II finalizó en noviembre del 2012, y como se observó en los gráficos 3-7, la disponibilidad-balance del equipo fue negativa en todos los casos ¿por qué fue esto? Se fue detrás de la demanda y ocurrió un típico problema de inventarios: El efecto látigo; concepto que explica que el estar detrás de la demanda ocasiona que se mantenga sobre inventario cuando ya no se requiere y se tenga desabastecimiento cuando se necesita. Todo esto a causa de un desfase en el tiempo de pedido y en la cantidad solicitada, producto esto de una mala planificación.

Un problema que se evidenció fue el hecho de que el tamaño de pedido no fuera igual en ninguno de los casos, mostrando que el criterio que se tomó para su orden fue el de la persona encargada. Esta mala planificación provocó que en todos los casos se realizará un pedido de dimensiones importantes cuando la demanda estaba disminuyendo, creando inventarios finales de equipo al finalizar el proyecto, lo cuales fueron los siguientes: Chalecos reflectivos 47, casco de seguridad amarillo 55, lentes de seguridad 43, guantes de seguridad 90 y casco de seguridad rojo 45. Cantidades que se traducen en Q 6,145.48 representando un 10% de los costos del equipo.

En resumen, el equipo se compró en cantidades superiores o inferiores a las necesarias, en mal momento, se tuvo desabastecimiento y exceso de inventario en ciertos puntos. En total se invirtió un monto de Q60,612.89 en los 5 equipos definidos para

el estudio y se arriesgó la integridad física de los trabajadores a lo largo de la ejecución del proyecto.

Para corregir esto se ejemplifica el mismo caso con un sistema de inventario, el cual para su realización se debe ejecutar el procedimiento propuesto, generando los siguientes valores para cada paso: 1. Selección del tipo de proyecto: Construcción Paseo Cayalá Fase II, 2. Selección de proyecto finalizado similar: Central de Transbordo del Norte (Centra Norte), 3. Cálculo de factor m^2 / Personal promedio: $104 m^2$ por persona 4. Cálculo personal proyecto nuevo: 375 personas, 5. Requerimientos de equipo: Guantes de protección 225 pares, lentes de seguridad 375 unidades, mascarilla C/polvo 1125 unidades, chalecos reflectivos 750 unidades, casco de protección rojo 252 unidades, cascos de protección amarillo 124 unidades, botiquín de primeros auxilios 4 unidades, servicios sanitarios 15 unidades. El resto de equipo se calcula durante el desarrollo de las actividades.

Para el siguiente paso ya entra en función la hoja electrónica de Excel, la cual con la información de pasos anteriores nos genera el tamaño óptimo de pedido (máximo) y punto de reorden (mínimo). 6. Cálculo de tamaño de pedido y punto de reorden: Casco de seguridad amarillo 52 y 16 unidades, casco de seguridad rojo 58 y 14 unidades, guante de cuero 68 y 7 unidades, lentes de seguridad 119 y 12 unidades y chaleco reflectivo 142 y 52 unidades.

El siguiente paso es el que asegura un buen abastecimiento 7. Planificar requerimientos de equipo: Revisando cronograma de actividades se identifica que existen actividades de losas y columnas en tres edificios llegando a la mitad del proyecto, lo que significará que este punto ingresará más personal que el pronosticado, por lo que se deberá de establecer pedidos superiores al tamaño óptimo en cada caso. Pasado este punto el trabajo se reduce, lo que significa que se detiene la contratación de personal, por lo que los pedidos deben cesar hasta la finalización del proyecto. 8. Ejecución y control: Se observa la ejecución del proyecto en comparación con lo planificado. 9. Finalización del proyecto.

A consecuencia de la implementación del sistema de inventario, se generan los siguientes resultados: un ahorro de Q 5, 541. 67 que representa un 9.14% del 80% de los costos totales de inventario, 0 atrasos en entrega de equipo, una reducción de inventario final del 81.79%, una reducción en 47 órdenes de compra, entre los más importantes.

Comprobando que la comparación entre un proceso sin sistema de inventario y con este, favorece ampliamente al segundo, no sólo reduciendo costos y procesos de compra, si no cuidando la integridad de los trabajadores. Recordemos que la función principal de estos equipos es el de salvaguardar la integridad física de los colaboradores, es un beneficio extra el hecho de que la buena administración de estos nos provoquen una reducción de costos.

Se obtiene un ahorro de 9.14% en costos de equipo de protección personal para el proyecto Paseo Cayalá Fase II, el cual representa del 19% de las obras de la empresa, extrapolando Q 5, 541.67 de ahorro a los diez proyectos que en promedio se tienen en ejecución se obtiene un ahorro total de Q55, 546.7 para la empresa sobre el representativos del 80% del costo total de seguridad industrial.

Equipos que poseen un alto valor económico pero que no forman parte del objeto de estudio del sistema de inventario, son el arnés y el zapato de seguridad, equipos que posee un costo promedio unitario de Q1000 y Q300 respectivamente, pero del cual la empresa utiliza un procedimiento diferente para su uso. En el caso del arnés la organización lo brinda prestado para el desarrollo de las actividades que le requieran, esto a causa de su durabilidad y el hecho de que no sea un equipo de uso individual. Siendo entonces la compra de estos, un proceso que se asemeja a las inversiones de maquinaria y equipo, los cuales únicamente son cambiados en el momento que sobrepasan su vida útil.

En el caso del zapato de seguridad la empresa se reserva la entrega de éste y exige que para su contratación, el personal adquiera por su cuenta este equipo. Esto para evitar que los colaboradores ingresen a la empresa únicamente para obtener el calzado y se retiren antes de hacer un buen uso del mismo.

El sistema de inventario propuesto abarca los equipos de protección personal que poseen mayor demanda dentro de la empresa y brinda una solución para la administración de mínimos y máximos de inventario, propuesta que, en un futuro puede ayudar a ingenieros civiles a administrar todos los materiales y equipos dentro de una bodega de construcción.

VII. CONCLUSIONES

1. Comparado con la situación sin sistema de inventario, la implementación de este genera un ahorro de Q 5, 541. 67 en equipos de seguridad industrial, equivalente al 9.14% del 80% de los costos del área, en el proyecto representativo de la población total, Paseo Cayalá Fase II.
2. La demanda de equipo de protección personal y demás equipo de seguridad industrial, se estableció en proporción a la cantidad de personal promedio de cada proyecto.
3. Relacionando metros cuadrados (m^2) de construcción de un proyecto finalizado similar con la cantidad promedio de personal que fue necesario, se puede obtener un factor, que siendo relacionado con los metros cuadrados(m^2) de construcción del nuevo proyecto, genera un valor aproximado de la cantidad de personal necesaria para el nuevo proyecto.
4. El tiempo de respuesta de compra de los diferentes equipos se estableció por medio de la medición del procedimiento de compra, desde la generación del pedido hasta su entrega en bodega.
5. El flujo de personal se comporta en una forma de “campana”, acumulando la mayor parte de trabajadores en la mitad del proyecto. Siendo el inicio y el final, los puntos con menor cantidad de personal.

VIII. RECOMENDACIONES

- Asignar un porcentaje adicional al presupuesto de los proyectos de construcción, para uso del departamento de Seguridad Industrial, a cuyo cargo quedará efectuar las relaciones correspondientes de acuerdo con los valores desarrollados en este proyecto de graduación, para cumplir adecuadamente con la demanda de equipo de seguridad personal
- Estandarizar el tiempo de respuesta de compra para pedido, con el fin de optimizar el procedimiento. Una vez realizado esto, comunicarlo efectivamente a todos los involucrados en el proceso.
- Desarrollar el sistema de inventario propuesto para la ejecución de futuros proyectos constructivos. Esto con el fin de mantener una mejora continua y establecer políticas de inventario en un futuro próximo.
- Reconocer la importancia de las medidas de protección personal en el ámbito de las labores de construcción, así como de proveer oportunamente el equipo relacionado con las mismas.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Administración de Producción y Operaciones, McGraw Hill, Chase, Aquilano y Jacobs.

Construcciones y Consultoría S.A., enero, 2013, Acceso vía electrónica en: www.consulta.com.gt

Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGGS), Reglamento de de higiene y seguridad para el trabajo, Flores Avendaño

Harold Koontz y Heinz Weihrich.(1990). Administración (9na. ed). México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

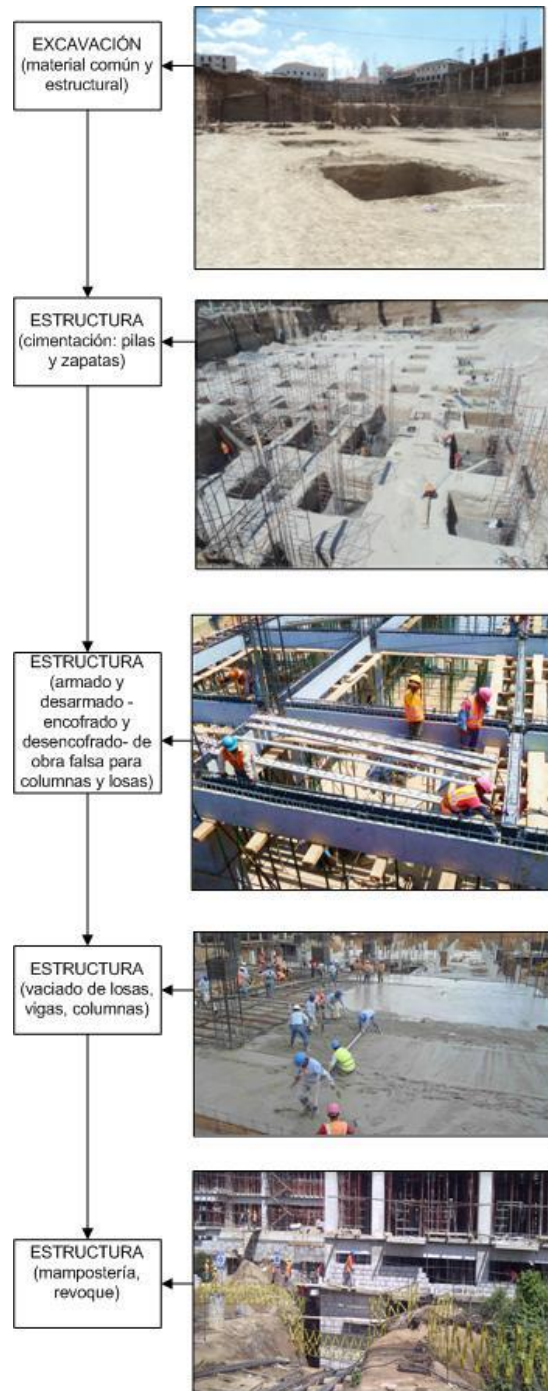
Ramos, Leonel, Preesforzados y Construcciones S.A., entrevista, 8 Oct, 2012

Warren, Carl S., James M. Reeve y Jonathan E. Duchac. (2010) Contabilidad Financiera (11^a. ed). México: Edamsa Impresiones S.A. de C. V.

World Class Production and Inventory Management, Darryl V. Landvater
Lean Thinking, James P.Womack, Daniel T. Jones

X. ANEXOS

1. ANEXO 1: Proceso constructivo



2. ANEXO 2: Contenido botiquín de primeros auxilios

MEDICAMENTO	REQUERIDO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Aspirina (500mg)	20 unidades				
Acetaminofén (500mg)	20 unidades				
Antiinflamatorios (Diclofenaco)	20 unidades				
Anti diarreicos (Alka-D)	20 unidades				
Alka-Seltzer	20 unidades				
Sal Andrews	20 unidades				
Antigripales (Tabcin)	20 unidades				
Oexpantenol 5% (Crema regeneradora)	1 unidad				
Colirio ocular (Visina)	1 unidad				
Material	Requerido	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Apósitos	30 unidades				
Gasa en rollo de 2"	2 unidades				
Gasa en rollo de 3"	2 unidades				
Gasa en rollo de 4"	2 unidades				
Micropore carrete de 2"	1 unidad				
Micropore carrete de 3"	1 unidad				
Alcohol en gel	1 frasco de 120 ml				
Hibitane	1 frasco de 120 ml				
Curitas de tamaño estándar	40 unidades				
Venda elástica de 4"	1 unidad				
Venda elástica de 6"	1 unidad				
Gasas estériles en empaque	30 unidades				
Aplicadores (hisopos)	24 unidades				
Baja lenguas	12 unidades				
Tijera	1 unidad				
Guantes desechables	30 unidades				

3. ANEXO 3: Cálculo de costo de emitir un pedido

PRESUPUESTO DEPARTAMENTO DE COMPRAS	
JEFE DE COMPRAS	Q15,000.00
COORDINADOR DE COMPRAS	Q 8,000.00
EMISOR DE COMPRAS	Q 4,000.00
GASTOS OPERATIVOS	Q 2,500.00
TOTAL	Q29,500.00

CANTIDAD DE ORDENES	
Promedio de obras al mes	10
Promedio de ordenes por obra	65
# Ordenes de compra promedio por mes	650

COSTO DE PEDIR	
# Órdenes de compra promedio por mes	650
Presupuesto compras promedio por mes	Q29,500.00
Costo de emitir una orden	Q 45.38

4. ANEXO 4: Tiempos de respuesta de compra

a. Casco de seguridad amarillo

Des_Detalle	Cod_Pedido	FECHA DE PEDIDO	Día de la semana	FECHA DE AUTORIZACIÓN	Día de la semana	# DÍAS	FECHA ORDEN DE ENTRADA	Día de la semana	Tiempo de espera
CASCO DE SEGURIDAD AMARILLO	8282	14-abr	SABADO	20-abr	VIERNES	6.00	23-abr	LUNES	9.00
	8374	21-abr	SABADO	26-abr	JUEVES	5.00	27-abr	VIERNES	6.00
	8466	28-abr	SABADO	04-may	VIERNES	6.00	14-may	LUNES	16.00
	8646	14-may	LUNES	30-may	MIERCOLES	16.00	30-may	MIERCOLES	16.00
	8972	02-jun	SABADO	11-jun	LUNES	9.00	18-jun	LUNES	16.00
	9343	25-jun	LUNES	26-jun	MARTES	1.00	29-jun	VIERNES	4.00
	9443	30-jun	SABADO				06-jul	VIERNES	6.00
Promedio tiempo espera:									10.43

b. Lentes de seguridad

Des_Detalle	Cod_Pedido	FECHA DE PEDIDO	Día de la semana	FECHA DE AUTORIZACIÓN	Día de la semana	# DÍAS	FECHA ORDEN DE ENTRADA	Día de la semana	Tiempo de espera
ANTEOJO - LENTE CLARO PERSONAL OPERATIVO Y ANTEOJO - LENTE CLARO PERSONAL ADMITIVO.	7834	12-mar	LUNES	16-mar	VIERNES	4.00	16-mar	VIERNES	4.00
	8374	21-abr	SABADO	26-abr	JUEVES	5.00	02-may	MIERCOLES	11.00
	8466	28-abr	SABADO	04-may	VIERNES	6.00	14-may	LUNES	16.00
	8646	14-may	LUNES	30-may	MIERCOLES	16.00	30-may	MIERCOLES	16.00
	9443	30-jun	SABADO	04-jul	MIERCOLES	4.00	09-jul	LUNES	9.00
	9541	07-jul	SABADO	13-jul	VIERNES	6.00	18-jul	MIERCOLES	11.00
	9723	21-jul	SABADO	26-jul	JUEVES	5.00	26-jul	JUEVES	5.00
	9912	06-ago	LUNES	07-ago	MARTES	1.00	08-ago	MIERCOLES	2.00
9967	09-ago	JUEVES	14-ago	MARTES	5.00	20-ago	LUNES	11.00	
Proemdio t. espera									9.44

c. Casco de seguridad rojo

Des_Detalle	Cod_Pedido	FECHA DE PEDIDO	Día de la semana	FECHA DE AUTORIZACIÓN	Día de la semana	# DÍAS	FECHA ORDEN DE ENTRADA	Día de la semana	Tiempo de espera
CASCO DE SEGURIDAD ROJO	8282	14-abr	SABADO	20-abr	VIERNES	6.00	23-abr	LUNES	9.00
	8374	21-abr	SABADO	26-abr	JUEVES	5.00	27-abr	VIERNES	6.00
	8466	28-abr	SABADO	04-may	VIERNES	6.00	14-may	LUNES	16.00
	8972	02-jun	SABADO	11-jun	LUNES	9.00	29-jun	VIERNES	27.00
	9343	25-jun	LUNES	26-jun	MARTES	1.00	29-jun	VIERNES	4.00
	9443	30-jun	SABADO	04-jul	MIÉRCOLES	4.00	06-jul	VIERNES	6.00
Promedio t. espera									11.33

d. Chalecos reflectivos

Des_Detalle	Cod_Pedido	FECHA DE PEDIDO	Día de la semana	FECHA DE AUTORIZACIÓN	Día de la semana	# DÍAS	FECHA ORDEN DE ENTRADA	Día de la semana	Tiempo de espera
CHALECOS REFLECTIVOS	7952	19-mar	LUNES	21-mar	MIÉRCOLES	2.00	22-mar	JUEVES	3.00
	8282	14-abr	SABADO	20-abr	VIERNES	6.00	24-abr	MARTES	10.00
	8374	21-abr	SABADO	26-abr	JUEVES	5.00	30-abr	LUNES	9.00
	8466	28-abr	SABADO	04-may	VIERNES	6.00	04-may	VIERNES	6.00
	8646	14-may	LUNES	30-may	MIÉRCOLES		21-may	LUNES	7.00
	8746	19-may	SABADO	23-may	MIÉRCOLES	4.00	24-may	JUEVES	5.00
	8829	24-may	JUEVES	28-may	LUNES	4.00	30-may	MIÉRCOLES	6.00
	9188	15-jun	VIERNES	18-jun	LUNES	3.00	20-jun	MIÉRCOLES	5.00
	9443	30-jun	SABADO	04-jul	MIÉRCOLES	4.00	06-jul	VIERNES	6.00
	9541	07-jul	SABADO	13-jul	VIERNES	6.00	13-jul	VIERNES	6.00
	9723	21-jul	SABADO	26-jul	JUEVES	5.00	25-jul	MIÉRCOLES	4.00
	9912	06-ago	LUNES	07-ago	MARTES	1.00	08-ago	MIÉRCOLES	2.00
	9967	09-ago	JUEVES	14-ago	MARTES	5.00	20-ago	LUNES	11.00
10043	18-ago	SABADO	21-ago	MARTES	3.00	22-ago	MIÉRCOLES	4.00	
Promedio t. espera									6.00

e. Cinta de precaución

Des_Detalle	Cod_Pedido	FECHA DE PEDIDO	Día de la semana	FECHA DE AUTORIZACIÓN	Día de la semana	# DÍAS	FECHA ORDEN DE ENTRADA	Día de la semana	Tiempo de espera
CINTA PRECAUCION (1000')	8374	21-abr	SABADO	26-abr	JUEVES	5.00	11-may	VIERNES	20.00
	9188	15-jun	VIERNES	18-jun	LUNES	3.00	19-jun	MARTES	4.00
Promedio t. espera									12.00

f. Guante de cuero

Des_Detalle	Cod_Pedido	FECHA DE PEDIDO	Día de la semana	FECHA DE AUTORIZACIÓN	Día de la semana	# DÍAS	FECHA ORDEN DE ENTRADA	Día de la semana	Tiempo de espera
GUANTE DE CUERO/GA MUZON UNA PALMA	8646	14-may	LUNES	30-may	MIERCOLES		18-may	VIERNES	4.00
	7834	12-mar	LUNES	16-mar	VIERNES	4.00	16-mar	VIERNES	4.00
	8053	24-mar	SABADO	28-mar	MIERCOLES	4.00	09-abr	LUNES	16.00
	8374	21-abr	SABADO	26-abr	JUEVES	5.00	02-may	MIERCOLES	11.00
	8829	24-may	JUEVES	28-may	LUNES	4.00	30-may	MIERCOLES	6.00
	9069	08-jun	VIERNES	11-jun	LUNES	3.00	13-jun	MIERCOLES	5.00
	9343	25-jun	LUNES	26-jun	MARTES	1.00	28-jun	JUEVES	3.00
	9636	14-jul	SABADO	16-jul	LUNES	2.00	25-jul	MIERCOLES	11.00
	9810	27-jul	VIERNES	31-jul	MARTES	4.00	16-ago	JUEVES	20.00
	9912	06-ago	LUNES	07-ago	MARTES	1.00	10-ago	VIERNES	4.00
	9967	09-ago	JUEVES	14-ago	MARTES	5.00	20-ago	LUNES	11.00
Promedio t. espera									8.64

g. Mascarilla para polvo

Des_Detalle	Cod_Pedido	FECHA DE PEDIDO	Día de la semana	FECHA DE AUTORIZACIÓN	Día de la semana	# DÍAS	FECHA ORDEN DE ENTRADA	Día de la semana	Tiempo de espera
MASCARILLA P/POLVO N-95/8210 (CAJA DE 20 U.)	7749	06-mar	MARTES				14-mar	MIERCOLES	8.00
	7834	12-mar	LUNES	16-mar	VIERNES	4.00	16-mar	VIERNES	4.00
	8466	28-abr	SABADO	04-may	VIERNES	6.00	09-may	MIERCOLES	11.00
Promedio									7.67

h. Tapón auditivo

Des_Detalle	Cod_Pedido	FECHA DE PEDIDO	Día de la semana	FECHA DE AUTORIZACIÓN	Día de la semana	# DÍAS	FECHA ORDEN DE ENTRADA	Día de la semana	Tiempo de espera
TAPON AUDITIVO A LA MEDIDA	7749	06-mar	MARTES	09-may	MIERCOLES		14-mar	MIERCOLES	8.00
	7834	12-mar	LUNES	16-mar	VIERNES	4.00	16-mar	VIERNES	4.00
Promedio t. espera									6.00

5. ANEXO 5: Cálculo de lote óptimo de pedido (ejemplo)

Lentes de seguridad

Demanda (D)= 50 unidades por 6 meses

Tiempo de respuesta de compra (L) = 9 días

Costo unitario (Cu) = Q11.88

Costo de ordena (Co) = 2.38

Tasa de mantener inventario (i)= 20%

Demanda diaria (d)= 0.277

$$CH = 11.88 * 20\%$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 2.38 * 50}{11.88 * 20\%}}$$

$$r = 0.277 * 9$$

Resultados:

Costo de mantener (CH) = Q 2.38

Tamaño óptimo de pedido (Q) =44 unidades

Punto de reorden (R) = 3 unidades

6. ANEXO 6: Cálculo de tamaño de pedido y punto de reorden (Situación con Sistema de inventario)

Se requiere recolectar los siguientes datos para el cálculo de punto de reorden y tamaño óptimo de pedido.

EQUIPO	1.CASCO DE SEGURIDAD AMARILLO	2.CASCO DE SEGURIDAD ROJO	3. GUANTE DE CUERO	4. ANTEOJO LENTE OPERATIVO	5. CHALECO REFLECTIVO
DEMANDA (D)	125	251	226	376	753
TIEMPO DE RESPUESTA (L)	10	11	9	9	6
COSTO UNITARIO (Cu)	27.41	27.41	22.01	11.88	16.74
COSTO DE ORDENAR(Co)	45.38	45.38	45.38	45.38	45.38
TASA DE POSESION(i)	20%	20%	20%	20%	20%
DEMANDA DIARIA(d)	0	3	1	1	3

Se ingresan los valores en las siguientes ecuaciones:

$$CH = Cu * i$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 * Co * D}{CH}}$$

$$\text{Punto de reorden} = L * d + Zns * \sqrt{L} * \sigma d$$

Lo cual nos genera los siguientes resultados:

EQUIPO	1. CASCO DE SEGURIDAD AMARILLO	2. CASCO DE SEGURIDAD ROJO	3. GUANTE DE CUERO	4. ANTEOJO LENTE OPERATIVO	5. CHALECO REFLECTIVO
Costo de mantener (CH)	Q 5.48	Q 5.48	Q 4.4	Q 2.3	Q 3.35
Tamaño óptimo de pedido (Q) (Unidades)	45	64	41	119	142
Punto de reorden (R)	11	26	20	15	52

7. ANEXO 7: Costos modelo tradicional y con sistema de inventario

COSTOS MODELO TRADICIONAL													
	EQUIPO	# PEDIDOS	UNIDADES PEDIDAS	COSTO PEDIR	COSTO PEDIDOS	INVENTARIO PROMEDIO	TASA POSESIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO ALMACENAR	C. PRODUCTO UTILIZADO	INVENTARIO FINAL	COSTO SOBRESTIMAR	COSTO TOTAL
1	CHALECOS REFLECTIVOS	12	1180	Q 45.38	Q 544.56	50.00	20%	Q 19.42	Q 194.20	Q 22,604.88	16	Q 310.72	Q 23,654.36
2	GUANTE DE CUERO	39	492	Q 45.38	Q 1,769.82	25	20%	Q 22.01	Q 110.05	Q 10,542.79	13	Q 286.13	Q 12,708.79
3	CASCO DE SEGURIDAD ROJO	7	310	Q 45.38	Q 317.66	44.00	20%	Q 27.41	Q 241.21	Q 8,277.82	8	Q 219.28	Q 9,055.97
4	ANTEOJO-LENTE CLARO PERSONAL OPERATIVO	11	631	Q 45.38	Q 499.18	28.00	20%	Q 11.88	Q 66.53	Q 7,496.28	0	Q -	Q 8,061.99
5	CASCO DE SEGURIDAD AMARILLO	7	245	Q 45.38	Q 317.66	18.00	20%	Q 27.41	Q 98.68	Q 6,523.58	7	Q 191.87	Q 7,131.79
TOTAL													Q 60,612.89

COSTOS CON SISTEMA DE INVENTARIO													
	EQUIPO	# PEDIDOS	UNIDADES PEDIDAS	COSTO PEDIR	COSTO PEDIDOS	INVENTARIO PROMEDIO	TASA POSESIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO ALMACENAR	C. PRODUCTO UTILIZADO	INVENTARIO FINAL	COSTO SOBRESTIMAR	COSTO TOTAL
1	CHALECOS REFLECTIVOS	6	1110	Q 45.38	Q 272.28	93.00	20%	Q 19.42	Q 361.21	Q 21,245.48	16	Q 310.72	Q 22,189.69
2	GUANTE DE CUERO	14	355	Q 45.38	Q 635.32	26	20%	Q 22.01	Q 114.45	Q 7,527.42	13	Q 286.13	Q 8,563.32
3	CASCO DE SEGURIDAD ROJO	5	307	Q 45.38	Q 226.90	31.00	20%	Q 27.41	Q 169.94	Q 8,195.59	8	Q 219.28	Q 8,811.71
4	ANTEOJO-LENTE CLARO PERSONAL OPERATIVO	4	595	Q 45.38	Q 181.52	148.00	20%	Q 11.88	Q 351.65	Q 6,985.44	7	Q 83.16	Q 7,601.77
5	CASCO DE SEGURIDAD AMARILLO	6	275	Q 45.38	Q 272.28	22.00	20%	Q 27.41	Q 120.60	Q 7,345.88	7	Q 191.87	Q 7,930.63
TOTAL													Q 55,097.13