

**Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



**PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE CARGA DE
CONTENEDORES, DE LA EMPRESA GOODYEAR CHILE S.A.I.C. PLANTA MAIPÚ**

Por

**Jorge Patricio Avilés Zapata
Constanza Paz Gatica Troncoso**

**Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y Título de
Ingeniero Civil Industrial.**

**Prof. Guía Samuel Varela Carreño
Julio, 2017**

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a mis padres, Laura y Miguel, porque siempre han sido un pilar fundamental en mi vida, siempre creyeron en mí, en mis capacidades y en mis decisiones y por hacer de mi lo que soy hoy. También agradezco a mi familia, abuela, tíos y primos, por siempre estar conmigo, por darme alegrías y apoyo en las situaciones difíciles, en especial a María Elena, por ser mi ejemplo de esfuerzo y superación.

A mi pareja, Brian, por su amor incondicional y apoyo en esta última etapa, alentándome en los momentos difíciles y dándome ánimo para poder culminar con creces este proceso.

A mis amigos en general, por la paciencia, el compromiso, el cariño, las experiencias vividas, por nunca olvidarse de mí y siempre confiar en que obtendré todas las metas que me he propuesto en la vida.

Agradezco a mi amigo y compañero de tesis, por acompañarme en este proceso tan importante, por su enorme paciencia, motivación, entrega y dedicación, por todas las aventuras compartidas y por el cariño entregado día a día.

A mis profesores y casa de estudio por guiarnos y formarnos en estos años, principalmente a mi profesor guía, que siempre estuvo motivándonos a dar nuestro mejor esfuerzo.

Y finalmente agradezco a Dios y a la vida por entregarme oportunidades increíbles y a las mejores personas que pude haber querido para superar cada obstáculo.

Constanza Paz Gatica Troncoso

Agradezco a mis padres, Patricio y Estefanía, por ser mi gran soporte en esta vida. Por brindarme todas las herramientas para afrontar cada proceso por el que he pasado.

Porque gracias a ellos hoy puedo ser una persona de grandes valores, luchador y perseverante. Me siento tremendamente orgulloso de los padres que tengo, por su calidad inmensa como personas y porque siempre me han apoyado en todas las decisiones que he tomado.

A mi hermana, Bárbara, mi pequeña confidente y gran amiga, que siempre ha estado en los momentos en que la he necesitado, por tener una palabra de aliento cuando las cosas se ponen complicadas. Porque siempre está presente y podemos compartir las cosas lindas que nos regala la vida, compartir sonrisas cómplices, compartir momentos.

A mi pequeña hija, Emilia, por ser la persona que me empuja día a día a ser mejor, a dedicarme con amor a las cosas que hago, por brindarme ese amor incondicional y por regalarme esas sonrisas que llenan mi vida de colores.

A la madre de mi hija, Melanie, por ser un gran apoyo en este proceso, por ayudarme en los momentos difíciles, cuando creía que todo se derrumbaba, siempre estuvo presente entregando lo mejor de ella.

A mi compañera de tesis, Constanza, por ser más que una compañera, por ser una gran amiga con la que he podido compartir muy lindos momentos y por ser parte fundamental en la etapa final de mi proceso de formación como profesional.

A mi polola, Falina, por darme el impulso para poder culminar este proceso, por darme su apoyo incondicional, su gran cariño y estar presente en los momentos difíciles.

A mis familiares, amigos y profesores, por estar presentes y por el gran apoyo que me brindaron en este lindo proceso.

Jorge Patricio Avilés Zapata

INDICE

LISTA DE ECUACIONES.....	8
LISTA DE ILUSTRACIONES	9
LISTA DE TABLAS.....	11
LISTA DE GRÁFICOS	12
GLOSARIO	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCION.....	16
1. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....	18
1.1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	18
1.2. LA LEYENDA DEL PIE ALADO	19
1.3. UBICACIÓN.....	20
1.4. MISIÓN	21
1.5. VISIÓN.....	21
1.6. VALORES.....	21
1.7. DIAGRAMA ORGANIZACIONAL	21
1.8. PRODUCTOS	22
1.8.1. <i>Materia prima</i>	23
1.8.2. <i>Producción</i>	24
1.8.3. <i>Almacenamiento y Distribución</i>	26
2. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	27
2.1. ORIGEN DEL TEMA	27
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
2.3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	29
2.4. OBJETIVOS.....	31
2.4.1. <i>Objetivo General</i>	31
2.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	31
2.5. METODOLOGÍA UTILIZADA.....	31
3. MARCO TEÓRICO	33
3.1. LAS 7 HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA CALIDAD	33
3.2. MEJORA CONTINUA.....	33
3.3. MÉTODO SIX SIGMA.....	35
3.3.1. <i>Metodología DMAIC</i>	36
3.3.2. <i>Herramientas utilizadas en DMAIC</i>	37
3.3.3. <i>Métricas Six Sigma</i>	38
3.3.3.1. DPU (defectos por unidad).....	38
3.3.3.2. DPO (defectos por oportunidad)	39

3.3.3.3.	DPMO (defectos por millón de oportunidades)	39
3.3.4.	<i>Niveles de desempeño Six Sigma</i>	39
3.4.	SIMULACIÓN	40
3.4.1.	<i>Definición de la simulación</i>	40
3.4.2.	<i>Metodología de simulación</i>	42
3.4.2.1.	Formulación del problema	43
3.4.2.2.	Conceptualización del modelo	43
3.4.2.3.	Construcción Del Modelo	43
3.4.2.4.	Desarrollo del modelo	44
3.4.2.4.1.	Recolección de datos	44
3.4.2.4.2.	Definición de control de experimentos	45
3.4.2.5.	Simulación del modelo	46
3.4.2.5.1.	Verificación	46
3.4.2.5.2.	Validación	47
3.4.2.5.3.	Simular Interacciones del Modelo	47
3.4.2.5.4.	Uso Del Modelo	47
3.4.2.5.5.	Análisis	47
3.4.2.5.6.	Documentación	48
3.4.3.	<i>Clasificación de la simulación</i>	48
3.5.	SOFTWARE ARENA	50
3.5.1.	<i>Características</i>	50
3.5.2.	<i>Utilización de Arena en área de logística</i>	50
3.5.2.1.	Proceso de logística	51
3.6.	ESTADO DEL ARTE: CASO GOODYEAR, BÉLGICA	51
4.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	54
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	54
4.1.1.	<i>Almacenamiento y distribución</i>	54
4.1.2.	<i>Descripción de las etapas generales del centro de distribución</i>	58
4.1.2.1.	Recepción en transportador	60
4.1.2.2.	Almacenamiento en bodega	62
4.1.2.3.	Despacho final	64
4.1.3.	<i>Especificaciones de los trabajos realizados en el área de estudio</i>	66
4.1.4.	<i>Comportamiento del centro de distribución</i>	68
4.1.5.	<i>Metodología de trabajo del proceso de carga de contenedores</i>	70
4.2.	PROBLEMÁTICAS OBSERVADAS EN EL PROCESO DE ESTUDIO	71
4.2.1.	<i>Diferencia entre inventario teórico y real</i>	74
4.2.2.	<i>Error humano en etapa de carga de contenedor</i>	74
4.2.2.1.	Exceso de fuerza física	75
4.2.2.2.	Inexperiencia por rotación laboral	75
4.2.2.3.	Menor productividad en el transcurso del turno	76
4.2.2.4.	Maquinaria insuficiente	76
4.2.2.5.	Grúa horquilla en mal estado	76
4.2.2.6.	Revisión de neumáticos a cargar	77
4.2.2.7.	Falta de elementos de protección personal	77
4.2.2.8.	Pocas herramientas para realizar respaldos	77
4.2.2.9.	Poca iluminación	77
4.2.2.10.	Ruidos molestos	78

4.2.3.	<i>Recursos humanos</i>	81
4.2.3.1.	Condiciones laborales.....	81
4.2.3.1.1.	Análisis de las condiciones laborales	82
4.2.3.1.2.	Análisis de rotación laboral	87
4.3.	LOCALIZACIÓN DEL PROBLEMA EN EL ORGANIGRAMA	89
4.4.	TOMA DE DATOS.....	90
4.5.	INDICADORES DEL PROCESO	92
4.6.	SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN ARENA.....	94
4.6.1.	<i>Simulación de la situación actual en Arena</i>	94
4.6.1.1.	Modelo conceptual	94
4.6.1.1.1.	Objetivo del modelo.....	94
4.6.1.1.2.	Supuestos y limitaciones del sistema	94
4.6.1.1.3.	Representación formal del modelo conceptual	96
4.6.1.1.3.1.	Modelo del sistema.....	96
4.6.1.1.3.2.	Entidades del sistema	96
4.6.1.1.3.3.	Procesos del sistema	97
4.6.1.1.3.4.	Datos para el modelo	97
4.6.1.1.3.4.1.	Distribuciones de probabilidad de los procesos.....	98
4.6.1.1.3.5.	Patrones esperados del comportamiento del modelo	99
4.6.1.1.3.6.	Cálculo del número óptimo de simulaciones	99
4.6.1.2.	Modelo computacional	101
4.6.1.2.1.	Estructura del modelo de simulación	101
4.6.1.2.2.	Datos de entrada	101
4.6.1.2.3.	Descripción de módulos.....	101
4.7.	VERIFICACIÓN Y CONCLUSIÓN DEL MODELO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.7.1.	<i>Conclusiones generales del proceso</i>	107
5.	PROPUESTA DE MEJORA	110
5.1.	FACTORES DEL PROBLEMA	110
5.1.1.	<i>Plan resumido de mejoras</i>	110
5.1.2.	<i>Procedimientos para solucionar los factores del problema</i>	111
5.1.2.1.	Tratamiento para corregir el factor 1: Control de inventario	111
5.1.2.2.	Tratamiento para corregir el factor 2: Errores por sistema de carga de contenedores	122
5.2.	SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN DE MEJORA	130
5.2.1.	<i>Control de la propuesta de mejora</i>	135
5.2.1.1.	Medición de indicadores	137
5.2.1.1.1.	Control de aforos	137
5.2.1.1.2.	Control de tiempos del proceso	141
6.	ANÁLISIS DE COSTOS	145
6.1.	ANÁLISIS DE COSTOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	145
6.2.	ANÁLISIS DE COSTOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA	147
6.3.	PAYBACK DE LA PROPUESTA DE MEJORA DEL PROYECTO	148
6.4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	149
6.4.1.	<i>Cálculo del VAN y TIR para la propuesta de mejora del proyecto</i>	152
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	157
	BIBLIOGRAFÍA	160

ANEXO I: LAS SIETE HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA CALIDAD.....	162
ANEXO II: NIVELES DE DESEMPEÑO SIX SIGMA.....	163
ANEXO III: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD SITUACIÓN ACTUAL	164
ANEXO IV: TIEMPOS DE PROCESOS	167
ANEXO V: SIMULACIÓN ARENA CENTRO DE DISTRIBUCIÓN SITUACIÓN ACTUAL	173
ANEXO VI: INFORMES ARENA SITUACIÓN ACTUAL	174
ANEXO VII: SIMULACIÓN ARENA CD SITUACIÓN PROPUESTA	177
ANEXO VIII: INFORMES ARENA PROPUESTA DE MEJORA	178

LISTA DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: DEFECTOS POR UNIDAD.....	38
ECUACIÓN 2: DEFECTOS POR OPORTUNIDAD	39
ECUACIÓN 3: DEFECTOS POR MILLÓN DE OPORTUNIDADES	39
ECUACIÓN 4: CÁLCULO DE ERRORES POR CONTENEDOR.....	40
ECUACIÓN 5: CÁLCULO DE ERRORES POR OPORTUNIDAD.....	40
ECUACIÓN 6: CÁLCULO DE ERRORES POR MILLÓN DE OPORTUNIDADES.....	40
ECUACIÓN 7: TEOREMA DE TCHEBYCHEFF.	100
ECUACIÓN 8: CÁLCULO DEL NÚMERO ÓPTIMO DE SIMULACIONES	100
ECUACIÓN 9: CÁLCULO DE DEFECTOS POR UNIDAD.....	136
ECUACIÓN 10: CÁLCULO DE ERRORES POR OPORTUNIDAD.....	136
ECUACIÓN 11: CÁLCULO DE ERRORES POR MILLÓN DE OPORTUNIDADES	136
ECUACIÓN 12: FÓRMULA PARA CALCULAR EL CAPM.....	153
ECUACIÓN 13: CÁLCULO DE CAPM	154

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: PLANTA GOODYEAR CHILE.....	19
ILUSTRACIÓN 2: PIE ALADO.....	20
ILUSTRACIÓN 3: MAPA PLANTA GOODYEAR CHILE	20
ILUSTRACIÓN 4: DIAGRAMA ORGANIZACIONAL ÁREA LOGÍSTICA GOODYEAR CHILE	22
ILUSTRACIÓN 5: NEUMÁTICOS DE AUTOMÓVIL.....	24
ILUSTRACIÓN 6: NEUMÁTICOS DE CAMIONETA	25
ILUSTRACIÓN 7: NEUMÁTICOS DE CAMIONES Y BUSES.....	25
ILUSTRACIÓN 8: CICLO DE DEMING (MEJORA CONTINUA).....	34
ILUSTRACIÓN 9: ARQUITECTURA INTEGRADA EN DMAIC	37
ILUSTRACIÓN 10: PROCESO DE SIMULACIÓN	42
ILUSTRACIÓN 11: METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN.....	43
ILUSTRACIÓN 12: CUADRO COMPARATIVO DE MODELOS DE SIMULACIÓN	48
ILUSTRACIÓN 13: PLANO DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	57
ILUSTRACIÓN 14: DIAGRAMA CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	59
ILUSTRACIÓN 15: DIAGRAMA ALMACENAMIENTO DE NEUMÁTICOS.....	60
ILUSTRACIÓN 16: TRENZADO DE NEUMÁTICOS.....	61
ILUSTRACIÓN 17: LAYOUT DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO	63
ILUSTRACIÓN 18: DIAGRAMA DE EXPORTACIÓN DE CONTENEDORES.....	64
ILUSTRACIÓN 19: DIAGRAMA ORGANIZACIONAL ÁREA LOGÍSTICA.....	66
ILUSTRACIÓN 20: METODOLOGÍA LIFO	69
ILUSTRACIÓN 21: DIAGRAMA DE CUADRILLAS DE TRABAJO	70
ILUSTRACIÓN 22: DIAGRAMA DE GRUPOS DE TRABAJO	71
ILUSTRACIÓN 23: DIAGRAMA DE ISHIKAWA	73
ILUSTRACIÓN 24: DIAGRAMA DE PARETO.....	80
ILUSTRACIÓN 25: PROBLEMÁTICA UBICADA EN EL ORGANIGRAMA	90
ILUSTRACIÓN 26: MODELO COMPUTACIONAL DE ESTUDIO.....	104
ILUSTRACIÓN 27: INDICADOR NUMBER OUT – INFORME SOFTWARE ARENA	105
ILUSTRACIÓN 28: INFORME SIMULACIÓN SOFTWARE ARENA	105
ILUSTRACIÓN 29: UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS DISPONIBLES EN EL PROCESO	106
ILUSTRACIÓN 30: CONTADOR DE ACONTECIMIENTOS	107
ILUSTRACIÓN 31: LAY-OUT ESQUEMA DE TRABAJO	121
ILUSTRACIÓN 32: LAY-OUT ESQUEMA DE TRABAJO	127
ILUSTRACIÓN 33: EJEMPLO LETRERO INFORMATIVO.....	130
ILUSTRACIÓN 34: INDICADOR NUMBER OUT	131
ILUSTRACIÓN 35: CUADRO COMPARATIVO DE MODELOS DE SIMULACIÓN	132
ILUSTRACIÓN 36: CUADRO COMPARATIVO DE MODELOS DE SIMULACIÓN	133
ILUSTRACIÓN 37: RESUMEN DE RESULTADOS.....	134
ILUSTRACIÓN 38: BASE DE DATOS DEL CONTROL DE AFOROS.....	138
ILUSTRACIÓN 39: AFOROS POR MES	139
ILUSTRACIÓN 40: AFOROS POR JEFE DE TURNO	139
ILUSTRACIÓN 41: AFOROS POR MOTIVO.....	140
ILUSTRACIÓN 42: AFOROS POR TURNO Y CUADRILLA	140

ILUSTRACIÓN 43: BASE DE DATOS TIEMPOS DE PROCESO.....	143
ILUSTRACIÓN 44: GRÁFICOS DE CONTROL DE TIEMPOS DE PROCESO.....	144
ILUSTRACIÓN 45: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA EL PROCESO DE RECOLECCIÓN Y CARGA	164
ILUSTRACIÓN 46: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA EL PROCESO DE SELLADO.....	164
ILUSTRACIÓN 47: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA EL PROCESO DE PESAMÁTICO	165
ILUSTRACIÓN 48: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA EL PROCESO DE FACTURACIÓN	165
ILUSTRACIÓN 49: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA EL PROCESO DE RECOLECCIÓN Y CARGA MEJORA	166

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: FRECUENCIAS.....	79
TABLA 2: FRECUENCIAS 2014	79
TABLA 3: ROTACIÓN LABORAL 2014.....	88
TABLA 4: RESUMEN DE TOMA DE DATOS	92
TABLA 5: INDICADOR 1	93
TABLA 6: INDICADOR 2	93
TABLA 7: CÁLCULO KPI'S SITUACIÓN ACTUAL.....	93
TABLA 8: MÓDULOS DEL MODELO Y DESCRIPCIÓN.....	99
TABLA 9: MÓDULOS DEL MODELO Y DESCRIPCIÓN.....	102
TABLA 10: PASO N°1 PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GRÁFICO ABC (PARTE 1).....	114
TABLA 11: PASO N°1 PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GRÁFICO ABC (PARTE 2).....	115
TABLA 12: PASO N°1 PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GRÁFICO ABC (PARTE 3).....	116
TABLA 13: PASO N°2 PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GRÁFICO ABC (PARTE 1).....	117
TABLA 14: PASO N°2 PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GRÁFICO ABC (PARTE 2).....	118
TABLA 15: PASO N°2 PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GRÁFICO ABC (PARTE 3).....	119
TABLA 16: IDENTIFICACIÓN DE ZONAS A, B Y C	120
TABLA 17: CARACTERÍSTICAS DE LA CINTA TRANSPORTADORA	125
TABLA 18: CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE LECTURA DE CÓDIGOS	126
TABLA 19: TABLA COMPARATIVA RESULTADOS DE SIMULACIÓN	135
TABLA 20: CUMPLIMIENTO DE RESULTADOS	136
TABLA 21: ANÁLISIS DE COSTOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	146
TABLA 22: ANÁLISIS DE COSTOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	147
TABLA 23: PAYBACK DE LA PROPUESTA DE MEJORA DEL PROYECTO.....	149
TABLA 24: PROYECCIÓN DE COSTOS ADICIONALES FUTUROS	150
TABLA 25: FLUJO DE CAJA	151
TABLA 26: ÍNDICE DEL PRECIO SELECTIVO DE ACCIONES IPSA.....	154
TABLA 27: INDICADORES VAN Y TIR	155
TABLA 28: EVALUACIÓN ECONÓMICA	156
TABLA 29: HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA CALIDAD	162
TABLA 30: NIVELES DE DESEMPEÑO SIX SIGMA	163
TABLA 31: TIEMPOS DE PROCESOS SIN AFORO (PARTE 1).....	167
TABLA 32: TIEMPOS DE PROCESOS SIN AFORO (PARTE 2).....	168
TABLA 33: TIEMPOS DE PROCESOS SIN AFORO (PARTE 3).....	169
TABLA 34: TIEMPOS DE PROCESOS SIN AFORO (PARTE 4).....	170
TABLA 35: TIEMPOS DE PROCESOS SIN AFORO (PARTE 5).....	171
TABLA 36: TIEMPOS DE PROCESOS SIN AFORO (PARTE 6).....	172

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: AFOROS 2014	29
GRÁFICO 2: COSTOS ADICIONALES 2014.....	30
GRÁFICO 3: RESULTADO PREGUNTA 1	83
GRÁFICO 4: RESULTADO PREGUNTA 2	83
GRÁFICO 5: RESULTADO PREGUNTA 3	84
GRÁFICO 6: RESULTADO PREGUNTA 4	84
GRÁFICO 7: RESULTADO PREGUNTA 5	85
GRÁFICO 8: RESULTADO PREGUNTA 6	85
GRÁFICO 9: RESULTADO PREGUNTA 7	86
GRÁFICO 10: RESULTADO PREGUNTA 8.....	86
GRÁFICO 11: MOTIVO POR EL CUAL DEJA LA EMPRESA	89
GRÁFICO 12: GRÁFICO ABC	120

GLOSARIO

- **Herramientas de la calidad:** conjunto de técnicas gráficas identificadas como las más útiles para resolver problemas relacionados con la gestión de la calidad.
- **Simulación:** es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos, para el funcionamiento del sistema.
- **Software Arena:** Es un software potente de modelado y simulación de diferentes áreas de negocio.
- **Herramienta ABC:** permite graficar esta relación e identificar cuáles son los artículos que tienen mayor valor, y de esta forma se pueden optimizar los recursos de inventario y tomar decisiones de manera más eficiente.
- **Herramienta 5S:** práctica de calidad referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos.
- **Aforo:** tiempo que demoran los operarios en realizar todo el proceso de aforado de contenedor, es decir, rotura de sellos, descarga de contenedor y revisión de material.
- **Recolección:** es el proceso en el cual se le entrega la orden de compra al operador de grúa y este procede a sacar los racks detallados en esta orden y posicionarlos en la zona de carga y descarga del centro de distribución.
- **Defectos por millón de unidades:** medida de la eficiencia de un proceso, su significado literal es cuantos defectos se presentan por un millón de oportunidades (Técnica del “Six Sigma” para la mejora de la calidad).
- **KPI (Key performance indicator):** Es una medida del nivel de desempeño de un proceso, normalmente expresado en porcentaje (Carlos Cano Fernández, 2013).
- **Rotación laboral:** este concepto emplea para nombrar al cambio de empleados en una empresa. Se dice que el personal rota cuando trabajadores se van de la compañía, ya sea porque son despedidos o renuncian (siendo esta última la principal razón de rotación laboral en este caso) y son reemplazados por otros que cubren sus puestos y asumen sus funciones.

RESUMEN

Este trabajo de memoria se desarrolló en la empresa multinacional “Goodyear Chile S.A.I.C. Planta Maipú”, la cual se dedica a la fabricación de neumáticos para automóviles, camiones, autos de carreras, aviones, maquinaria agrícola y maquinaria pesada.

El problema identificado, luego del estudio en el centro de distribución de esta empresa, radica en diversas falencias de operación que se producen al realizar la carga de contenedores del producto terminado, lo que representa diversas pérdidas económicas para la empresa.

El objetivo de esta memoria se centró en generar una propuesta de mejora que permita disminuir los costos adicionales generados por las falencias de operación, producidos en el proceso de carga de contenedores.

Para analizar el proceso, este proyecto se sustentó en la metodología Six Sigma, la cual permitió descubrir que los factores causales de errores del proceso de carga, se debían al sistema de carga manual y a las diferencias existentes entre el inventario teórico y real, lo que provoca costos para la empresa.

El estudio realizado fue apoyado en una simulación ejecutada con la herramienta Arena, la cual permitió obtener un modelo de la situación actual de la empresa.

Para establecer la propuesta de mejora se aplicaron herramientas que permiten generar un control más exhaustivo del producto que ingresa a los contenedores y un reordenamiento de los productos terminados que se encuentran almacenados en el centro de distribución.

De acuerdo con la simulación de mejora, se logra clarificar la reducción de afros producida de un 11% a 0%, lo que se traduce en una eliminación de los costos adicionales generados por estos, los cuales ascendían a un promedio mensual de \$ \$ 6.632.869.

ABSTRACT

This work of memory was developed in the multinational company "Goodyear Chile S.A.I.C. Maipú Plant ", which is dedicated to the manufacture of tires for automobiles, trucks, racing cars, airplanes, agricultural and heavy machinery.

The problem identified, after the study in the distribution center of this company, lies in the various human errors that happen in the loading of containers of the finished product, which represents various economic losses for the company.

The objective of this report is to generate a proposal for improvement that allows to reduce the extra costs generated by the human errors. produced in the process of container loading.

In order to analyze the process, this project was based on Six Sigma methodology, which allowed to discover that the causal factors of the processes of the loading process, weakened the manual loading system and the differences between the theoretical and real stock, which causes costs for the company.

The study was supported by a simulation performed with the Arena tool, which allowed to obtain a model of the current situation of the company.

In order to establish the improvement proposal, tools were applied to generate a more exhaustive control of the product entering the containers and a rearrangement of the finished products that are stored in the distribution center.

According to the simulation improvement, it's limited to the reduction of the suffixes produced from 11% to 0%, which results in a removal of the additional costs generated by these, which amounted to a monthly average of \$ \$ 6.632.869.

INTRODUCCION

En la actualidad, la mecanización de los procesos productivos es de vital importancia dentro de una organización, ya que esta permite acelerar todos los procedimientos y a su vez los trabajos tienen una mayor perfección, los costos disminuyen a largo plazo, satisfacen una infinidad de necesidades y promueven el bienestar de toda la población.

A través del tiempo la tecnología ha reducido las barreras para realizar todo tipo de negocios, incrementando los ingresos, mejorando los procesos e implementando nuevas herramientas dentro de las compañías. Junto a esto, la tecnología es parte esencial en toda empresa, puesto que, teniendo las mejores máquinas y herramientas, se produce una ventaja competitiva.

Goodyear ha sabido combinar de manera exitosa estos factores, logrando ser una de las empresas productoras de neumáticos más grande a nivel mundial. Su producción se basa en la fabricación de neumáticos para todo tipo de vehículos y para todas las industrias. Sus operaciones cumplen con las más exigentes normas de calidad, seguridad y cuidado del medio ambiente, lo que es avalado por importantes certificaciones internacionales. Sin embargo, existen procesos deficientes dentro de la empresa, los cuales traen como consecuencia pérdidas económicas importantes para la compañía.

Existen herramientas que sirven para realizar mejoras en los procesos deficientes, una de ellas es Six Sigma, que cumple con la función de ayudar a las empresas a agilizar sus operaciones, añadir valor y reducir los costos. Esta herramienta permite la participación de los empleados, involucrándolos en los procesos de mejora continua, ya que se detectan las fallas y se implementa un sistema que elimine estos errores.

Para poder conocer más a fondo los procesos de la empresa, esta metodología se complementa utilizando la simulación, una herramienta esencial y ordenada donde podemos identificar cuáles son los factores que interfieren para lograr un mejor proceso productivo, además se puede modificar para implementar o quitar procesos y predecir su

comportamiento. Es de gran utilidad y se pueden simular todo tipo de procesos en todas las áreas de la empresa.

El desarrollo de la tesis empleará diversas herramientas especialmente Six Sigma para la mejora del proceso productivo, específicamente en la carga de contenedores de exportación, apoyado por una simulación que explicará el proceso actual y el propuesto, para la implementación de nueva tecnología que permitirá mecanizar el proceso, con disminución de errores y una menor carga laboral para los trabajadores.

1. Descripción de la organización

1.1. Identificación de la empresa

The Goodyear Tire & Rubber Company, empresa matriz de la organización Goodyear, fue fundada en el año 1898. Su nombre es un homenaje a Charles Goodyear, descubridor del proceso de vulcanización e iniciador de una era industrial.

El 14 de junio de 1941, la Industria Nacional de Neumáticos (INSA) inicia la construcción de la planta en la comuna de Maipú, la que se orienta a sustituir importaciones de neumáticos para el mercado local. Inicia sus operaciones en septiembre de 1944 con la producción del primer neumático. La producción alcanza los 350 neumáticos por día.

A lo largo de los años incrementa su producción y la gama de productos, pero en los años setenta, debido a diversas inestabilidades en el país, pasa al control de CORFO, bajo cuya administración se mantiene hasta 1978, año en que la planta de Maipú es adquirida por The Goodyear Tire & Rubber Company.

Goodyear introduce en Chile la producción de neumáticos radiales y convencionales, efectuando diversos ajustes en la capacidad productiva y en los procesos, incorporando modernas técnicas de administración. Con ellas enfrenta en forma exitosa el cambio en el mercado, el que, de ser cerrado y protegido, pasa a ser abierto y muy competitivo. En 1994, la planta produce los primeros neumáticos de carrera de la compañía en América Latina, y en 1995 es una de las primeras empresas en Chile en obtener la Certificación de Calidad ISO 9001, la que luego complementa con certificaciones como proveedor de equipo original para la industria automotriz y de Seguridad y de cuidado del Medio Ambiente.

En 2003, la planta comienza un importante proceso de expansión, junto con una racionalización de sus líneas de productos. Su original orientación a sustituir importaciones para el mercado local se transforma convirtiéndose en un productor de neumáticos para Chile y exportador de calidad mundial para diversos mercados en el mundo.

En 2004, Goodyear es pionera en el país en el cuidado del medio ambiente, al incorporar a su oferta de valor, la disposición final de los neumáticos al fin de su vida útil. En toda su red de distribución, los usuarios pueden dejar sus neumáticos usados al reemplazarlos por nuevos, teniendo la certeza que serán eliminados en forma consistente con el cuidado del medio ambiente.

Durante todos estos años, Goodyear ha mantenido una posición de liderazgo indiscutido en el mercado chileno, proceso en el cual ha sido clave su potente red de comercialización y distribución, con más de 100 Servitecas (MR) y Flota centros (MR) en todo el país, donde los usuarios acceden a los mejores neumáticos y reciben el servicio profesional y especializado que requieren para sus necesidades de transporte. En la ilustración n°1 se muestra una fotografía de la planta Goodyear Chile.

Ilustración 1: Planta Goodyear Chile



Fuente: Planta Goodyear Chile (2013)

1.2. La leyenda del Pie Alado

El “pie alado” que simboliza a Goodyear tiene aproximadamente unos 85 años de edad. Su adopción se debió al Sr. F.A. Seiberling, presidente de esta empresa. En el mes de agosto de 1.900, se reunieron los ejecutivos de Goodyear con el objetivo principal de escoger un emblema adecuado que hiciera destacar a la empresa y sus productos. En esta

reunión, los asistentes conocieron un diseño con base en el pie alado de Dios Mercurio (Dios de la Velocidad) y a todos los presentes les atrajo la idea. El pie alado quedaría insertado entre las palabras “Good” y “Year” (ilustración n°2).

Ilustración 2: Pie alado



Fuente: Página web Goodyear Chile

1.3. Ubicación

La planta de Goodyear está ubicada en Camino Melipilla KM.16 Maipú, Santiago Chile.

Ilustración 3: Mapa Planta Goodyear Chile



Fuente: Google maps

1.4. Misión

Mejoramiento constante en nuestros productos y servicios para exceder las expectativas de nuestros clientes y de la gente.

1.5. Visión

Ser una compañía enfocada en el mercado de neumáticos ofreciendo productos y servicios superiores, a usuarios finales y a nuestros canales de distribución, proporcionando un justo retorno de inversión a nuestros accionistas.

1.6. Valores

La mayor parte del siglo, los valores corporativos de Goodyear se han enfocado en una frase: *"Proteja nuestro buen nombre"*.

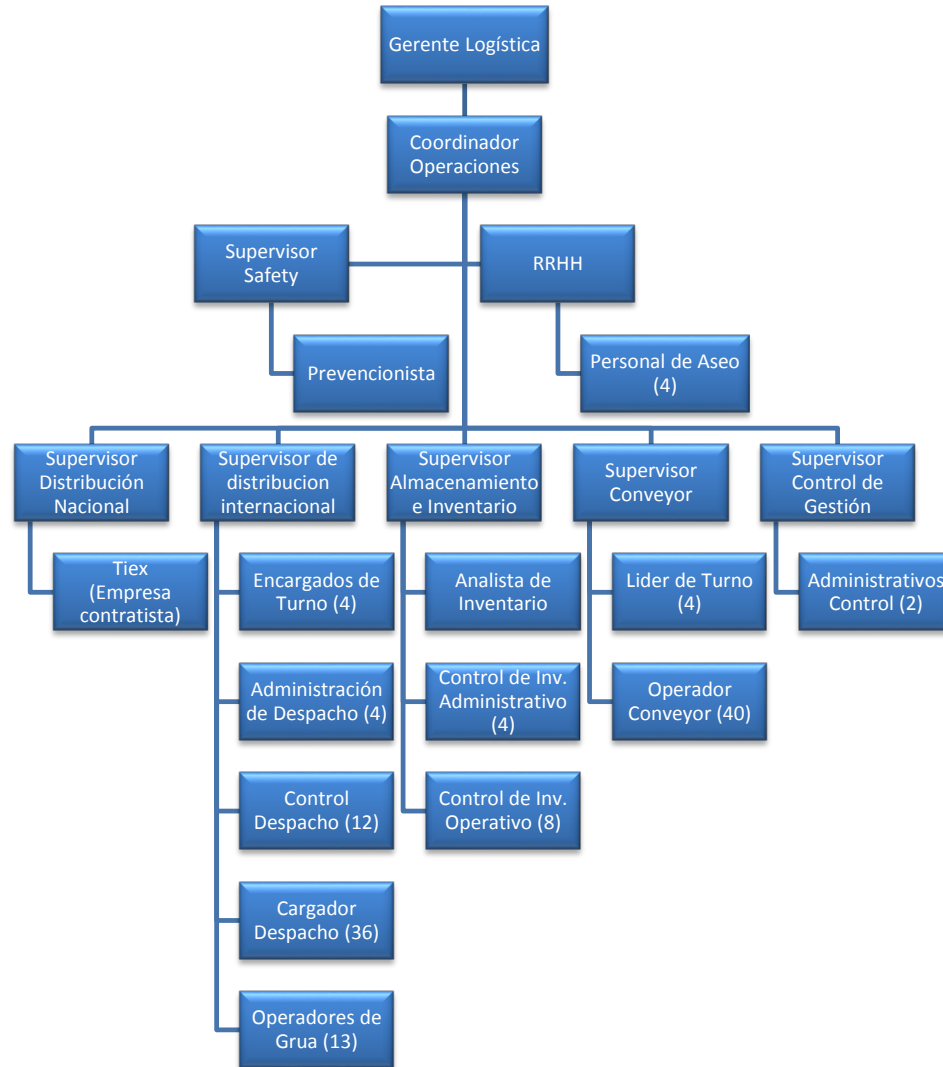
Hoy, esto se refleja en la vida mediante el desarrollo de una cultura en la cual un equipo competitivo y comprometido de asociados puede sobresalir. Estos valores también se manifiestan a través de nuestro compromiso en los productos que vendemos y en los consumidores que confían su trabajo diario en ellos.

1.7. Diagrama organizacional

El diagrama organizacional es la representación gráfica de la estructura de una empresa o una institución, en la cual se muestran las relaciones entre sus diferentes partes y la función de cada una de ellas, así como de las personas que trabajan en las mismas.

La ilustración 4, muestra el diagrama organizacional del departamento de logística, área en que se desarrolló este estudio.

Ilustración 4: Diagrama organizacional área logística Goodyear Chile



Fuente: Goodyear Chile (2014)

1.8. Productos

La planta Maipú cuenta con 3 áreas principales, las cuales son: materia prima, producción y almacenamiento y distribución. A continuación, se definen a grandes rasgos cada una de estas.

1.8.1. Materia prima

Es el área en donde se trabajan las principales sustancias químicas utilizadas para formar los productos finales. Entre estas sustancias encontramos:

- Caucho natural: es de origen vegetal, es un material resistente al calor, principalmente usado en la elaboración de costados por ser estos los que más se calientan.
- Caucho sintético: este es resistente a la fabricación o desgaste y se usa principalmente en la banda de rodamiento del caucho debido a su continuo contacto con el pavimento.
- Pigmentos: utilizados para dar color a la goma. El principal es el negro de humo, que además proporciona resistencia, consistencia y dureza a la goma.
- Aceites de procesos: Sirven para suavizar la goma y de este modo permitir la incorporación del negro de humo y los demás materiales.
- Antioxidantes: Estas sustancias protegen a la goma de los efectos corrosivos del medio.
- Ceras: dan textura a los cauchos, sirven también como antioxidantes.
- Resinas: aumentan la adherencia entre los distintos componentes del caucho al momento de la construcción.
- Retardadores/Aceleradores: sirven para mediar el tiempo de vulcanización y obtener las propiedades físicas requeridas.
- Azufre: es el principal agente vulcanizante.

1.8.2. Producción

Acá se trabajan los diferentes productos obtenidos de la fase de materia prima para formar el producto final, el cual corresponde a neumáticos de diferentes medidas y características. Los principales productos que se fabrican en esta planta son:

- Neumáticos de automóvil (deportivos, familiares y de lujo)
- Neumáticos de camioneta (utilitarios, SUV y camionetas)
- Neumáticos de camiones y buses (convencionales y radiales)

Las ilustraciones 5, 6 y 7 muestran los principales productos fabricados en la planta.

Ilustración 5: Neumáticos de automóvil



Fuente: Página web Goodyear Chile

Ilustración 6: Neumáticos de camioneta



Fuente: Página web Goodyear Chile

Ilustración 7: Neumáticos de camiones y buses



Fuente: Página web Goodyear Chile

1.8.3. Almacenamiento y Distribución

En esta fase se realizará la investigación, en la cual se almacenan los productos terminados para luego poder ser distribuidos a nivel nacional e internacional, según los requerimientos de los clientes.

El plano del centro de distribución que se puede ver en la Ilustración 13.

2. Presentación del proyecto

2.1. Origen del tema

El tema que investigar y desarrollar surge al desempeñar labores en la empresa manufacturera Goodyear Chile S.A.I.C., planta Maipú, específicamente en la etapa de carga de contenedores. En estas labores se logra observar la necesidad de disminuir los costos adicionales generados cada vez que se producen aforos en los contenedores ya cargados y cumplir con los plazos de entrega. Este proceso es el que presenta mayores costos adicionales entre todos los procesos realizados en el centro de distribución de neumáticos de la planta, es por esto que es de vital importancia poder disminuirlos.

Al interiorizarse en el proceso de carga, se observaron los múltiples errores humanos que se producen al realizar esta operación, lo que conlleva a diversos costos y retrasos en la planificación diaria.

Con el propósito de disminuirlos, se proponen mejoras utilizando la metodología Six Sigma, la herramienta de simulación en Arena, el método ABC y la implementación de nueva maquinaria para la mecanización del proceso de carga de contenedores.

2.2. Planteamiento del problema

El despacho de productos terminados es un proceso fundamental en la empresa Goodyear, y los problemas que ha tenido en relación a la carga de contenedores son debidos principalmente a la gran cantidad de errores humanos que existen en este proceso, considerando también el alto número de personal requerido para llevar a cabo dicha acción.

El problema nace cuando se da inicio al proceso de carga. En un comienzo los neumáticos están almacenados dentro de la bodega en racks, donde cada uno tiene un tipo de neumático específico. Una vez que llega la orden de despacho, la persona que está encargada de conducir la grúa se dirige a recolectar los racks con los neumáticos que se necesitan. Cabe mencionar que hay una posición específica dentro de la bodega para cada

tipo de neumático, por lo que los racks están en una posición definida para cada tipo de neumático existente. Los racks se agrupan en la zona de carga y posteriormente se da inicio a la carga de los contenedores. El error se genera al momento de realizar la carga, puesto que no hay un control específico de cada neumático. El proceso se realiza de manera manual, por lo que la cantidad de neumáticos total tampoco se da de manera exacta. Esto provoca dos tipos de problemas:

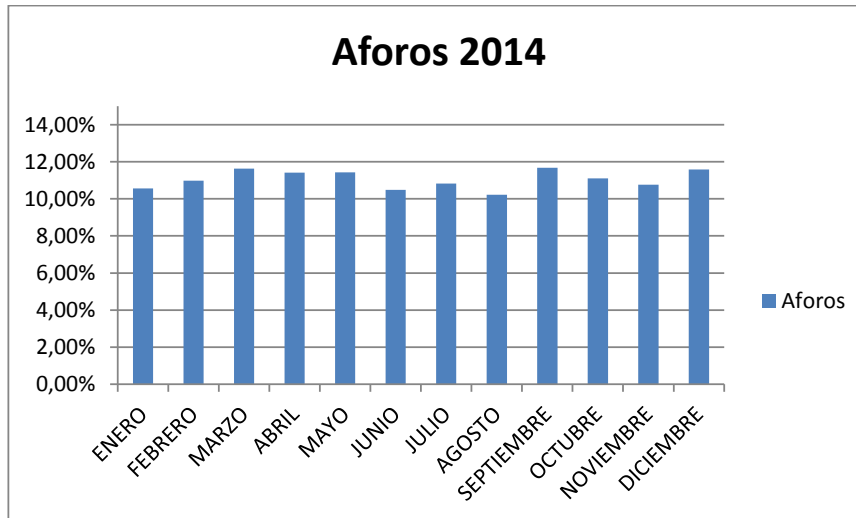
- Neumáticos de distinto tipo: El contenedor presenta neumáticos que no están acorde a la orden de despacho, lo que genera un peso distinto al peso teórico presente en la guía de despacho.
- Cantidad de neumáticos distinta a la especificada: el contenedor puede presentar una cantidad mayor o menor de neumáticos a la estipulada en la guía de despacho, ya que el control sobre la cantidad de neumáticos se hace engorrosa al ser de manera manual.

Una vez finalizada la carga del contenedor, el camión debe dirigirse hacia la zona de pesaje que posee una romana para hacer el cálculo final de la carga. En la guía de despacho aparece un peso específico y puede presentar una holgura del 2%. Si el peso no corresponde al de la guía, es porque el proceso de carga se realizó de manera errónea y se genera un aforo, donde se debe realizar nuevamente el proceso de carga, identificando la causa. Al cometer estos errores se producen los siguientes efectos:

- La entrega de los productos no se realiza en el tiempo estipulado.
- Los costos operacionales producto de aforo aumentan, a raíz de las multas que estos acarrear.
- El esfuerzo físico de los trabajadores aumenta, ya que deben volver a realizar el mismo proceso para el mismo contenedor. Además, se debe primero descargar los neumáticos que se cargaron de manera equivocada.

A continuación, se muestra el gráfico 1, que representa el porcentaje de aforos realizados por mes el año 2014, el cual asciende a un promedio anual de un 11% aproximadamente.

Gráfico 1: Aforos 2014



Fuente: Elaboración propia

2.3. Justificación del tema

Para cumplir el plazo de entrega del producto final al cliente, es importante la organización, ya que el cumplimiento genera un lazo de confianza entre las partes, consigue la fidelidad de sus clientes y demuestra el compromiso y pro actividad de la empresa, generando una buena imagen frente al mercado y aumentando su competitividad.

Para lograr lo anterior se debe analizar el proceso actual dentro de la empresa, que permite identificar las oportunidades de mejora y desperdicios que se están generando, con el fin de poder solucionarlos e instaurar una mejora continua dentro de éstos.

La gran cantidad de errores en la carga de contenedores ha generado una desorganización en esta área, generando costos que se deben pagar por estos errores.

Cuando existen estos errores, los contenedores deben descargarse completamente y volver a contabilizar los neumáticos ingresados. Sumado a esto, la empresa paga a su

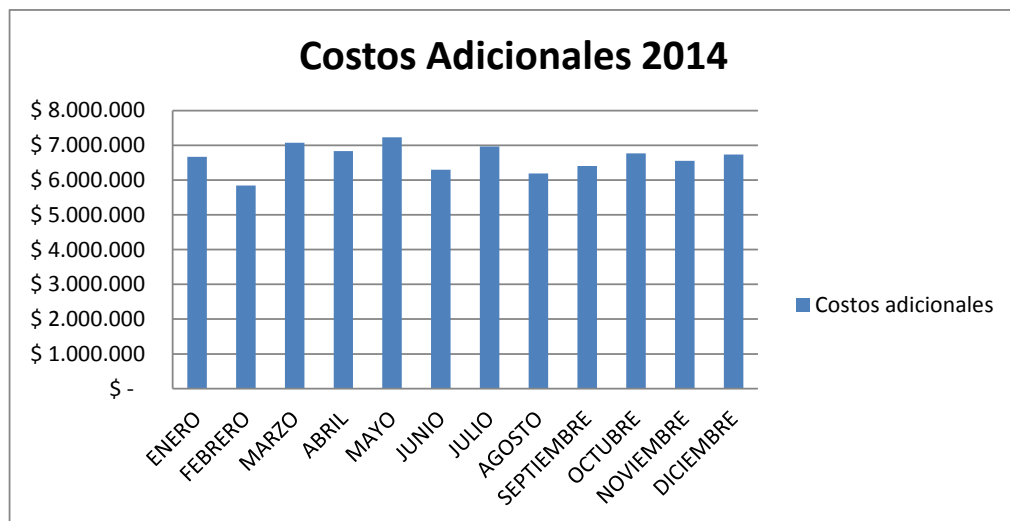
proveedor de camiones una sobre estadía por el exceso de horas que este tuvo que permanecer en planta para la revisión del contenedor.

A esto, debemos agregar la fuerte carga laboral que tienen los trabajadores en el centro de distribución, el cual se ve reflejado en una cantidad considerable de licencias médicas por motivos físicos, sicológicos, y una alta rotación laboral.

Debido a la importancia que significan dichos costos para la empresa y los problemas que esto conlleva, es que se decide analizar dicho proceso, con el objetivo de generar una propuesta de mejora.

A continuación, el gráfico 2 muestra los costos adicionales generados por mes el año 2014, siendo estos, consecuencia de los aforos realizados en este periodo, que alcanzan un valor anual de \$80.000.000 aproximadamente.

Gráfico 2: Costos adicionales 2014



Fuente: Elaboración propia

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo General

Desarrollar una propuesta de reducción de aforos, implementando cintas transportadoras con lectura de código de barras, en el proceso de carga de contenedores en la empresa Goodyear Chile S.A.I.C. planta Maipú, área logística.

2.4.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son:

- Identificar y describir los factores principales que originan el problema detectado
- Determinar índices de comportamiento del proceso.
- Identificar las principales causas del problema identificado
- Simular en el software Arena el proceso actual de carga de contenedores
- Proponer y simular una alternativa de mejora para el proceso de carga de contenedores.
- Formular mecanismos de control para la propuesta de mejora.
- Realizar un análisis de costos y una evaluación económica para la propuesta de mejora del proceso de carga de contenedores.

2.5. Metodología utilizada

El estudio por desarrollar en la empresa Goodyear Chile S.A.I.C planta Maipú, se basa en la metodología DMAIC¹, la cual facilita el mejoramiento de procesos y productos basándose en cinco fases que se describen a continuación:

- I. Definir el proyecto
 - Definir el propósito del estudio.
 - Reunir información sobre el proceso y sobre los requerimientos de sus clientes.

¹ Francisco Miranda, *Introducción a la gestión de la calidad*. (Madrid: Delta, 2007)

- II. Medir la situación actual.
 - Recolectar información sobre la situación actual.

- III. Analizar para identificar causas.
 - Identificar las causas raíces de los defectos.
 - Verificarlas con datos.

- IV. Mejorar.
 - Desarrollar y probar soluciones que ataquen las causas.
 - Utilizar datos para evaluar los resultados de las soluciones y de los planes utilizados para realizarlas.

- V. Controlar.
 - Mantener los logros obtenidos, mediante la normalización de sus procesos o métodos de trabajo.
 - Anticipar mejoras futuras y realizar procedimientos para mantener lo aprendido con el proyecto.

3. Marco teórico

3.1. Las 7 herramientas básicas de la calidad

Se refiere a un conjunto de técnicas gráficas identificadas como las más útiles para resolver problemas relacionados con la gestión de la calidad. Esta gestión es una estructura operacional de todo el trabajo, donde esta se encuentra documentada e integrada hacia los procedimientos técnicos y de gerencia, con la finalidad de guiar de buena manera la fuerza de trabajo con los equipos y maquinarias, además de la información de toda la organización de manera práctica y coordinada, logrando la satisfacción del cliente y bajos costos para lograr la calidad del producto o servicio deseado.

Las siete herramientas básicas de la calidad (Anexo I) son:

- Diagrama de Ishikawa o de espina de pescado.
- Hoja de verificación o comprobación.
- Gráfico de control.
- Histograma.
- Diagrama de Pareto.
- Diagrama de dispersión.
- Muestreo estratificado.

3.2. Mejora continua

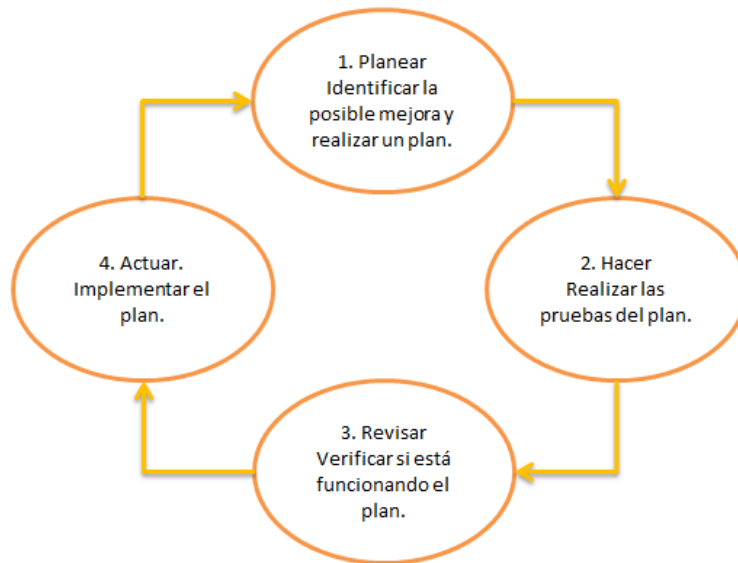
“La administración de la calidad total requiere un proceso infinito de mejora continua que comprende personas, equipo, proveedores, materiales y procedimiento. La base de esta filosofía es que cada aspecto de una operación puede ser mejorado, La meta final es la perfección, la cual nunca se alcanza, pero siempre se busca”².

² Jay Heizer y Barry Render, “Principios de Administración de Operaciones”, Séptima edición, Pearson Educación, México, 2009, página 198.

La administración total de la calidad (TQM), se refiere a la importancia que toda organización le pone a la calidad de sus productos y servicios, desde el proveedor hasta el cliente final. TQM pone énfasis relacionado al compromiso que existe de la administración para dirigir de manera continua a toda la compañía, dirigida a un camino de excelencia en todos los aspectos del producto y servicio que son importantes para el cliente.

Walter Shewhart, un pionero en la administración de la calidad, desarrolló un modelo circular denominado PDCA (Plan (planear), Do (hacer), Check (revisar), Act (actuar)), como su propia versión de la mejora continua. Posteriormente Deming lo patentó y se transformó en el círculo PDCA, como a continuación se presenta en la ilustración 8.

Ilustración 8: Ciclo de Deming (Mejora continua)



Fuente: Mary Walton, "El método Deming en la práctica"

1) Planear: se establecen las actividades del proceso necesarias para obtener el resultado esperado. Al basar las acciones en el resultado esperado, la exactitud y cumplimiento de las especificaciones a lograr, se convierten también en un elemento a mejorar.

2) Hacer: se ejecuta el plan estratégico, lo que contempla: organizar, dirigir, asignar recursos y supervisar la ejecución. Todo esto mientras se recopilan datos para verificarlos y evaluarlos en los siguientes pasos.

3) Verificar: pasado un periodo previsto de antemano, los datos de control son recopilados y analizados, comparándolos con los requisitos especificados inicialmente, para saber si se han cumplido, en su caso, evaluar si se ha producido la mejora esperada.

4) Actuar: con base en las conclusiones del paso anterior, elegir una opción:

- Si se han detectado errores parciales en el paso anterior, realizar un nuevo ciclo PDCA con nuevas mejoras.
- Si no se han detectado errores relevantes, aplicar a gran escala las modificaciones de los procesos.
- Si se han detectado errores insalvables, abandonar las modificaciones de los procesos.

3.3. Método Six Sigma

Este término que hicieron popular Motorola y General Electric, tiene dos significados en TQM. Relacionado al tema estadístico, se refiere a un producto, servicio o proceso con una precisión extremadamente alta (casi del 100%). Se ejemplifica si tenemos un millón de pasajeros que documenta su equipaje en el aeropuerto de Santiago, Chile, el resultado de un programa seis sigma para el manejo del equipaje sería solo de 3,4 pasajeros con problemas de maletas extraviadas³.

La otra definición de TQM para Six Sigma, se trata de un programa que está diseñado para la reducción de los defectos, produciendo una disminución de los costos,

³ Jay Heizer y Barry Render, "Principios de Administración de Operaciones ", Quinta edición, Pearson Educación, México, 2004, página 199.

ahorrar tiempo y mejorar la satisfacción del cliente. Seis Sigma es un sistema integral, una disciplina y un conjunto de herramientas para lograr y sostener el éxito en los negocios:

- Es una estrategia, ya que, se enfoca en la satisfacción total del cliente.
- Es una disciplina, ya que, sigue el modelo formal por sus siglas en inglés como DMAIC.

3.3.1. Metodología DMAIC

Para poder realizar mejoras significativas y de consistencia dentro de una organización, es de importancia tener un modelo a seguir. Según McCarty (2004), *“DMAIC es el proceso de mejora que utiliza la metodología Six Sigma y es un modelo que sigue un formato estructurado y disciplinado. Esta consta de 5 etapas conectadas de manera lógica entre sí, donde cada una de estas etapas utiliza diversas herramientas que son usadas para poder resolver interrogantes que se presentan en el trayecto hacia el proceso de mejora”*⁴.

Las 5 etapas de este proceso son las siguientes:

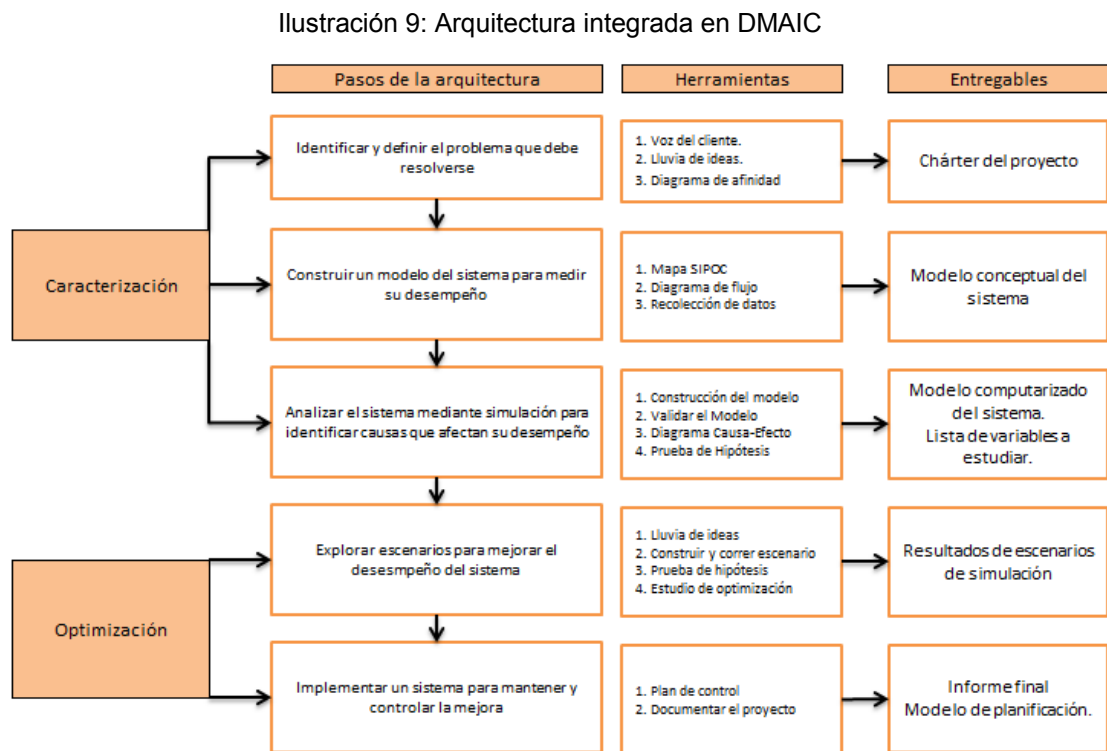
- a. Definir: define el propósito, el alcance y los resultados que se esperan del proyecto, donde posteriormente se identifica la información que se requiere del proceso, manteniendo siempre presente la definición de calidad del cliente.
- b. Medir: mide el proceso y recopila todos los datos necesarios en la investigación.
- c. Analizar: analiza la información conseguida y se asegura la repetitividad y que sean reproducibles.
- d. Mejorar: se obtienen mayores y mejores beneficios al modificar o rediseñar los procesos y procedimientos que ya existen.
- e. Controlar: Se le hace un seguimiento al nuevo proceso incorporado para que se mantengan los niveles de desempeño.

⁴ Thomas McCarty, Lorraine Daniels, Michael Bremer, Praveen Gupta, John Heisey, Kathleen Mills, The Six Sigma Black Belt Handbook, Mc Graw Hill, 2004.

3.3.2. Herramientas utilizadas en DMAIC

Existen variadas herramientas en cada una de las etapas en DMAIC. El objetivo de estas es ser un soporte que permita acercarse aún más al objetivo final. Si bien, cada etapa tiene variadas herramientas, no es necesario utilizarlas todas, ya que, una de las herramientas nos puede ser útil para lograr el objetivo. Hay que estudiar cada una de las alternativas y si es necesario hacer pruebas que aclaren las dudas existentes sobre cuál es la herramienta idónea en cada fase.

La ilustración 9, muestra el abanico de opciones en cada fase que nos brindará la ayuda necesaria para avanzar hacia la mejora del proceso productivo.



Fuente: Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (2012)

3.3.3. Métricas Six Sigma

La letra griega “Sigma” (σ), se usa en estadística para denominar la desviación estándar, que es la medida de dispersión de los datos en relación al valor central. Entre mayor sea el valor de Sigma, y, por consiguiente, menor sea la desviación estándar, el proceso es mejor, con menor variabilidad y mayor precisión. El valor de Six Sigma corresponde a 3,4 defectos por millón, lo que quiere decir que se debe controlar un evento de tal manera que cuando ocurre dicho evento un millón de veces, solo habrá 3,4 errores como máximo. Por lo tanto, Six Sigma se utiliza como una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o un producto.

Para medir el desempeño del proceso, se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Unidad: partes, productos o ensambles que son producidos por un proceso y por lo tanto es posible inspeccionar o evaluar su calidad.
- Oportunidad: cualquier parte de la unidad que puede medirse o probarse que es adecuada.
- Defecto: cualquier no conformidad o desviación de la calidad especificada de un producto.

3.3.3.1. DPU (defectos por unidad)

Métrica que mide el nivel de no calidad de un proceso que no toma en cuenta las oportunidades de error y se obtiene de la siguiente forma:

$$DPU = \frac{d}{U}$$

Ecuación 1: Defectos por unidad

Donde d es el número de defectos observados y U , es el número de unidad producidas en cierto periodo de tiempo.

3.3.3.2. DPO (defectos por oportunidad)

Se utiliza para tomar en cuenta la complejidad de la unidad o producto y se obtiene de la siguiente manera:

$$DPO = \frac{d}{U \times O}$$

Ecuación 2: Defectos por oportunidad

Donde O es el número de oportunidades de error por unidad. Se debe de asegurar que solo se cuenten oportunidad que son significantes en el proceso.

3.3.3.3. DPMO (defectos por millón de oportunidades)

Este índice mide los defectos esperados en un millón de oportunidades de error y se calcula de la siguiente manera:

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

Ecuación 3: Defectos por millón de oportunidades

3.3.4. Niveles de desempeño Six Sigma

A través de la distribución Normal o campana de Gauss es posible determinar la fracción de procesos fallidos en un millón de repeticiones y el nivel correcto del proceso, fijado un nivel sigma. Para obtener el nivel sigma, primero se deben calcular los valores de defectos por unidad (DPU), defectos por oportunidad (DPO) y defectos por millón de oportunidades (DPMO). Luego de calcular el DPMO, se recurre a la tabla llamada “conversión de fracciones defectuosas a nivel sigma” (Anexo II), con el objeto de obtener el nivel sigma del proceso estudiado. El nivel óptimo de sigma es de 6, y arroja una cantidad de 3,4 errores por millón de oportunidades. Esa es la meta que se debe alcanzar para cumplir exitosamente el proceso.

De acuerdo a la información precedente, se realiza el cálculo de six sigma del proceso estudiado:

$$DPU = \frac{23 \text{ Errores de carga de contenedores}}{210 \text{ Contenedores cargados}} = 0,1095 \frac{\text{Errores}}{\text{Contenedor}}$$

Ecuación 4: Cálculo de errores por contenedor

$$DPO = \frac{0,1095}{4 \text{ Oportunidades}} = 0,0273 \frac{\text{Errores}}{\text{Oportunidad}}$$

Ecuación 5: Cálculo de errores por oportunidad

$$DPMO = 0,0273 \times 10^6 = 27.300 \frac{\text{Errores por millón}}{\text{de oportunidades}}$$

Ecuación 6: Cálculo de errores por millón de oportunidades

A partir de la información, se calcula el nivel de sigma para el proceso que corresponde a 27.300 errores por millón de oportunidades. De la tabla de “conversión de fracciones defectuosas a nivel sigma” (Anexo II), se obtiene que el sigma de este proceso corresponde a $3,4\sigma$, quiere decir que el 97,1% de los contenedores cargados se hacen de manera correcta.

3.4. Simulación

3.4.1. Definición de la simulación

La simulación de procesos es una de las más grandes herramientas de la ingeniería industrial, que consiste en la representación de un fenómeno mediante otro que es más simple y que permite poder analizar de mejor manera todas sus características.

Según Thomas T. Goldsmith Jr. Y Estle Ray Mann, “simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos

comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para descubrir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos”⁵.

Según Robert E. Shannon, *“la simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos, para el funcionamiento del sistema”⁶.*

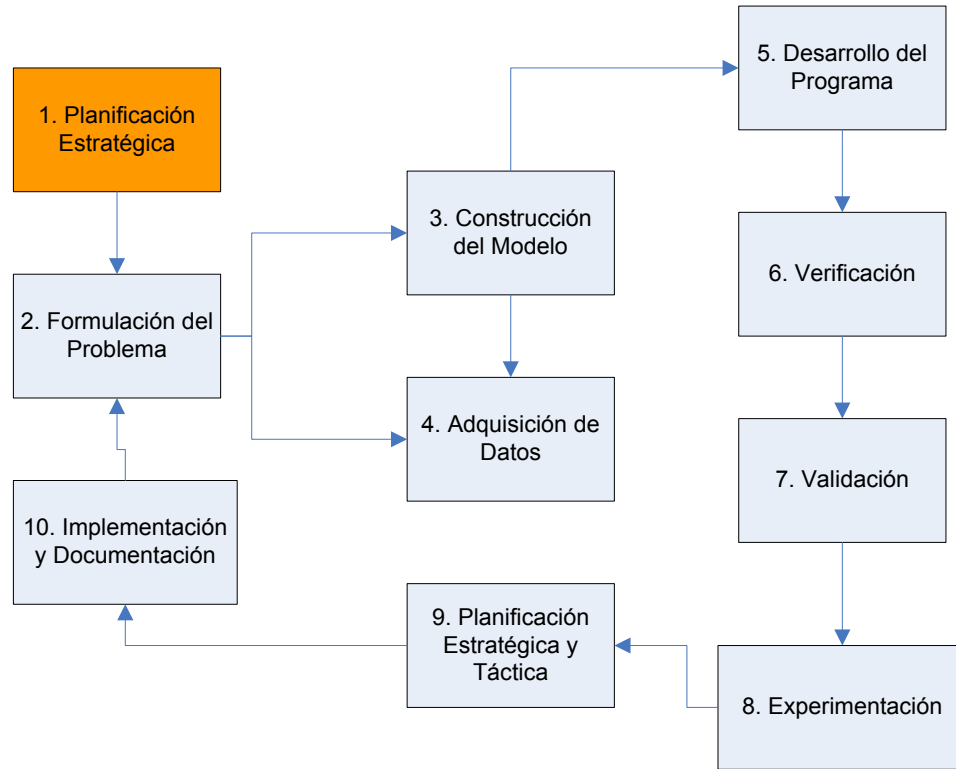
Se entiende que la simulación será un apoyo para lo que se quiere lograr y va a interpretar la información que se digite en el sistema, donde este lo traducirá para comprender de manera más sencilla los resultados esperados. Por este motivo, es que se debe ser minucioso y exacto en las variables que se van a analizar para la creación del modelo, puesto que realizar una simulación con información irrelevante, solamente traerá información ambigua y resultados inesperados.

La ilustración 10, representa las fases que se llevan a cabo en el proceso de simulación y la importancia que tiene de llevarse a cabo, ya que puede solucionar un tipo de problemática presente, como también optimizar algún proceso ya instaurado. El poder interactuar mediante esta herramienta, estudiando el comportamiento de los sistemas permite avanzar rápidamente en la solución de problemas.

5 Thomas T. Goldsmith Jr. y Estle Ray Mann, *Simulation-based Learning: The Learning-Forgetting-Relearning Process and Impact of Learning History*, *Computers & Education*, April 2008, página 866.

6 Robert Shannon y James D. Johannes, *“Systems simulation: the art and science”*, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1976, páginas 723 y 724.

Ilustración 10: Proceso de Simulación



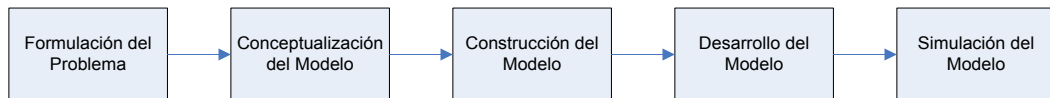
Fuente: Blog de simulación útil.

3.4.2. Metodología de simulación

La metodología de simulación tiene etapas y actividades, cada una con características diversas, que juntas, logran los objetivos planteados en un proyecto de simulación. Estas etapas se muestran como secuenciales, sin embargo, cada etapa a medida que avanza la construcción del modelo puede sufrir ajustes debido a que surgen eventos en el modelo que son difíciles de predecir al inicio del proyecto.

La ilustración 11 muestra las etapas de la metodología de simulación.

Ilustración 11: Metodología de simulación



Fuente: Elaboración propia

3.4.2.1. Formulación del problema

Consiste en estudiar el contexto del problema, identificar los objetivos del proyecto, especificar los índices de medición de la efectividad del sistema, especificar los objetivos específicos del modelamiento y definir el sistema que se va a modelar. Esta actividad requiere de la conversación con los mandantes y con las personas que participan de las actividades que se están analizando mediante el modelo.

3.4.2.2. Conceptualización del modelo

En esta etapa se representa el sistema en estudio mediante relaciones lógica-matemáticas, se establecen las simplificaciones que puedan hacerse, según los objetivos del modelo, como también se definen los componentes que constituirán el modelo, individualizando las interacciones que existen entre ellos. También se identifican los datos requeridos por el modelo.

3.4.2.3. Construcción Del Modelo

Esta etapa corresponde a la generación del programa computacional que representará el sistema, de acuerdo a como se ha concebido el modelo en la etapa anterior. Esta etapa consiste de tres actividades: el desarrollo del modelo, la recolección de datos y la definición de las experimentaciones que se desean realizar. La actividad de experimentación describe las variables que se van a modificar en cada corrida de simulación y así analizar

cada una de estas situaciones. Se usa el término de escenario para referirse a una combinación particular de datos en una simulación.

3.4.2.4. Desarrollo del modelo

Se incorporan todos los componentes del modelo que se hayan identificado para la obtención de los informes que contienen indicadores de medición de la eficiencia del sistema, tales como tiempo total que demora en cargarse un contenedor.

En esta actividad se considera remodelar tantas veces como sea necesario hasta que el simulador represente al sistema con el nivel de detalle deseado. Es una actividad interactiva ya que un modelo de simulación no se puede definir una sola vez y desarrollarlo de acuerdo con las definiciones iniciales, ya que durante el modelamiento surgen detalles o simplificaciones que no pueden ser previstas al inicio del proyecto. Por ello, el desarrollo del modelo se está continuamente revisando, redefiniendo, actualizando, modificando y restableciendo sus alcances. Durante esta actividad, se consideran las siguientes acciones:

- Desarrollar esquemas del sistema que representan el desarrollo de las actividades del sistema.
- Subdividir el modelo en unidades lógicas relativamente pequeñas.
- Diferenciar el movimiento físico y el flujo de información del modelo.
- Desarrollar y mantener la documentación del modelo.
- Dejar espacios para incorporar mayores detalles si es necesario.

3.4.2.4.1. Recolección de datos

En esta etapa se recogen los datos en terreno de todas aquellas variables que definen las condiciones de entrada del modelo. Es decir, se debe disponer de los datos que describen el sistema, que representen su comportamiento y su eficiencia actual, como también recoger los datos que describan las alternativas que se van a evaluar. Los datos que describen el sistema son aquellos que están vinculados con la estructura del sistema, con los

componentes individuales del sistema, con la interacción entre ellos, y con las operaciones que se realizan en el sistema. Con esta información se genera la descripción de los estados del sistema. La cantidad de veces en que se realizará el muestreo depende de cada sistema a estudiar, dependiendo de la variabilidad de la información recolectada.

Normalmente se definen tres periodos de muestreo. El primero de ellos se concentrará en el muestreo de las variables exógenas al sistema, es decir, las variables externas al sistema. El segundo periodo de muestreo se concentra en la toma de datos endógenos del sistema, es decir, de las operaciones propias del sistema en estudio, los que se usarán en la comparación con los resultados que entrega el modelo. Esta comparación es el proceso de verificación que se describe más adelante. El tercer periodo se ocupa para recoger alguna información que sea necesaria para complementar la información anterior, o bien para ratificar las mediciones anteriores.

3.4.2.4.2. Definición de control de experimentos

Para trabajar con los resultados de una simulación, es preciso definir el nivel de confianza con que se va a trabajar y cuál será el intervalo de confianza con que se analizarán los resultados del modelo. Ya que una corrida de simulación es un experimento que calcula y registra el estado del modelo, desde su estado inicial hasta su estado final, será necesario disponer de la siguiente información:

- El tiempo de inicio y término de la simulación.
- La cantidad de corridas.
- Los controles deseados.
- Los informes y las frecuencias de ellos.
- El estado de las variables que representan el comportamiento del sistema y la forma de representarlos.
- Los procedimientos de estimaciones estadísticas, incluyendo los periodos de estabilización del sistema, los intervalos de confianza y tolerancias permitidas. Se considera también las técnicas de reducción de varianza.

También se define las bases de datos y los medios donde se almacenarán los resultados de la simulación.

Las tres actividades mencionadas anteriormente, desarrollo, recolección y experimentación se desarrollan simultáneamente. Siempre se parte con un modelo simple del sistema, el cual se va ampliando al incluir nuevas situaciones de detalle que fueron definidas inicialmente, pero que se incorporan gradualmente al modelo para obtener así una interpretación cabal del comportamiento del sistema. En caso de que se necesite incorporar nuevos aspectos en el modelo, estas modificaciones pueden requerir de nuevos datos, o bien si los datos recolectados no puedan ser obtenidos como se deben ingresar al modelo, se deberá definir el modelo. Con la creación de nuevas variables de evaluación del modelo, es posible revisar la conceptualización que se hizo del modelo, llegando a un modelo mejorado en forma iterativa y cíclica. Esta etapa es una evolución del modelo, desde su diseño inicial hasta cómo ha de quedar para los intereses del objetivo del proyecto.

3.4.2.5. Simulación del modelo

Esta etapa está muy relacionada con la etapa anterior, construcción del Modelo, ya que se requiere que el modelo se haya completado para poder obtener indicadores que orienten a comprensión del funcionamiento del sistema en estudio. A la luz de los resultados que se obtienen, es necesario una verificación del cálculo de los indicadores, comprobar la validez que tienen estos resultados obtenidos con el modelo, para luego probar distintas alternativas de funcionamiento. Estas tres acciones se describen a continuación.

3.4.2.5.1. Verificación

En esta etapa se comprueba que la corrida de simulación se ejecuta de acuerdo a lo especificado en el programa, que cada elemento del modelo representa adecuadamente al sistema y que la relación entre ellos está de acuerdo a lo especificado.

3.4.2.5.2. Validación

Se comprueba que la simulación del modelo es una representación razonable del sistema. Se Compararán las operaciones del sistema con las operaciones del modelo. Se revisa cada uno de los componentes y sus interrelaciones.

3.4.2.5.3. Simular Interacciones del Modelo

Después de cada corrida del modelo, se comprobará la consistencia de los resultados e identificar cualquier resultado incongruente con el comportamiento del sistema. Al corregir estas inconsistencias, es posible una modificación en el modelo o una nueva población de datos de entrada. De esta etapa ya es posible elaborar interpretaciones de los resultados, sobre todo en sus magnitudes, de modo que refleje el comportamiento real del sistema.

3.4.2.5.4. Uso Del Modelo

Esta etapa es de uso intensivo en métodos estadísticos para probar las hipótesis que se plantean para resolver el problema formulado, ingresando al simulador la configuración del sistema con las que se desea evaluar su funcionamiento hipotético.

3.4.2.5.5. Análisis

En esta etapa se infieren las conclusiones y se evalúa el funcionamiento de todas las alternativas hipotéticas del sistema que se estima que puedan resolver el problema planteado.

3.4.2.5.6. Documentación

Es la confección de los informes que contienen los análisis de las distintas alternativas estudiadas, como también la confección de los manuales de operación del modelo de simulación. Es decir, el manual de usuario y la documentación técnica del programa computacional.

3.4.3. Clasificación de la simulación

Se han realizado, algunas clasificaciones dicotómicas que sirven adecuadamente a este propósito (Hoover, V y Perry F., 1997)⁷, donde los modelos de simulación pueden clasificarse de acuerdo a sus características.

A continuación, se presenta la ilustración 12, que muestra un cuadro explicativo de cada modelo, cómo es el funcionamiento en base a la(s) variable(s) involucrada(s) y posteriormente su significado más detallado:

Ilustración 12: Cuadro comparativo de modelos de simulación

	Modelo continuo	Modelo discreto	Modelo determinís.	Modelo estocástico	Modelo estático	Modelo dinámico	Modelo con retroalimen.	Modelo sin retroalimen.
Variable	Cualquier número real	Limitada a ciertos valores especificados	Elaboran predicciones que pueden ser definitivas	Con elementos de incertidumbre y aleatoriedad en el comportamiento del sistema	Los valores no cambian con el tiempo	Los valores de estas cambian con el tiempo	Pone el valor de salida como una nueva entrada, modificando las nuevas salidas	El valor de salida del sistema no ingresa nuevamente al modelo

Fuente: Elaboración propia.

⁷ Piedemonte Llanero, Modelo de Simulación; Sistema de producción bovino doble propósito. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria página 11

- Discretos o continuos

Se refiere al tipo de variable que se usa en el modelo. Una variable continua es aquella que puede tomar como valor cualquier número real. En cambio, una variable discreta es aquella que está limitada a algunos valores especificados o a la presencia o ausencia de un atributo.

- Determinísticos o estocásticos

Son modelos que a partir de un grupo de variables elaboran una serie de predicciones que se pueden entender como definitivas. Se conocen como modelos estocásticos los que introducen elementos de incertidumbre y de aleatoriedad en el comportamiento del sistema.

- Estáticos o dinámicos

Se considera modelo dinámico, si los valores de sus variables cambian con el tiempo, lo cual presupone que debe estar relacionada con otras variables y por ende, estas varían en función del tiempo. Por otro lado, un modelo será estático si los valores de sus variables no cambian con el tiempo.

- Con o sin retroalimentación

El concepto de retroalimentación en un modelo está determinado por su estructura. Un modelo sin retroalimentación es aquel que no tiene implícito que un valor de salida del modelo vuelva como valor de entrada, modificando de dicha forma las futuras salidas. En cambio, un modelo con retroalimentación tiene previsto poner el valor de salida como nueva entrada.

3.5. Software Arena

3.5.1. Características

Es un lenguaje de programación que posee como característica principal la posibilidad de adecuación de una situación real, en donde se pueden editar ciertas variables que nos permitan identificar oportunidades de mejora. Es un software potente de modelado y simulación de diferentes áreas de negocio. Está diseñado para el análisis de los impactos de los cambios que involucran los complicados rediseños asociados a una cadena de suministros, procesos, logística, distribución, almacenaje y sistemas de servicio. Posee una gran flexibilidad y se pueden modelar con un gran nivel de detalles y complejidad. Arena tiene la capacidad de poner a pruebas diversos escenarios como, por ejemplo:

- Análisis de cadena de suministros globales que incluyen almacenamiento, transporte y sistemas logísticos.
- Identificación de los procesos cuello de botella como colas construidas con sobreutilización de recursos.
- Planificación de personal, equipos y requerimientos de material.

El software utiliza el lenguaje de programación SIMAN, que modela un sistema discreto en donde se estudian las entidades que se mueven a través del sistema. Las entidades para este lenguaje pueden ser un cliente o un objeto que se va moviendo en la simulación, donde este posee características únicas denominadas atributos. Todos los procesos muestran una secuencia de operaciones o actividades a través de los que se mueven las entidades, siendo modeladas por un diagrama de bloques.

3.5.2. Utilización de Arena en área de logística

Arena, tiene un historial probado, donde este permite a las empresas modelar y evaluar prácticamente todos los aspectos de su red logística. Metodología de modelado y los diagramas de flujo de Arena, permiten que sea más sencillo definir y comunicar las complejidades de una logística compleja.

3.5.2.1. Proceso de logística

Arena usa una metodología de diagramas de flujo que permiten construir un flujo de procesos de logística de la red de una manera rápida, intuitiva y fácil de aprender. Arrastrar, soltar elementos y estructuras en Arena, permiten construir simulaciones y visualizar resultados.

Existen cuadros de mando dinámicos integrados que proporcionan el análisis del modelo que se necesita para facilitar la optimización de la logística. Dentro de Arena se pueden crear presentaciones personalizadas de la información del modelo para que se pueda entender mejor lo que está sucediendo en la simulación.

3.6. Estado del arte: Caso Goodyear, Bélgica

La necesidad de disminuir los errores de carga de contenedores obligó a la planta de Bruselas, Bélgica, implementar un sistema que impacte positivamente, con la finalidad de disminuir los aforos. La cantidad de aforos que se producían eran significativos dentro de los costos de la empresa, ya que, ante las agotadoras jornadas laborales, en conjunto con la rapidez con la que se debe efectuar el trabajo, genera errores que impiden que la labor realizada se haga satisfactoriamente. En el momento en que se produce un aforo, se debe realizar todo el proceso de cargar los contenedores nuevamente, y los trabajadores debían hacerlo en múltiples ocasiones cuando el peso de los contenedores no correspondía a la carga que debía tener (solo se permite una holgura de hasta el 5% entre el peso real y el peso teórico). Los contenedores cargados de manera errónea correspondían al 18% del total de contenedores cargados mensualmente y los factores que se vieron involucrados para realizar un reproceso en esta etapa tienen que ver con:

- Altos costos producidos por aforos.
- Errores constantes de los trabajadores al cargar los contenedores.
- Los racks no están con los neumáticos que debe contener, de acuerdo a su posición establecida.
- No se implementa tecnología para controlar el producto que ingresa al contenedor.

Debido a esto, cambiar la manera de cargar los contenedores adquirió mayor importancia luego que el gasto económico producto de aforos era de carácter mensual y con un costo promedio de 17 mil dólares (dato entregado por Goodyear).

Luego de exhaustivos análisis, y de la necesidad de eliminar esos errores que incurría en costos, se implementa un sistema que consiste en mecanizar el traslado del neumático desde los racks, hasta el ingreso del contenedor mediante una cinta transportadora con lectura de código de cada neumático, con el fin de que, una vez que se posiciona un neumático sobre la cinta, se lee el código a través de una pistola y se verifica si está acorde a la guía de despacho.

Se establecieron indicadores de control para comparar el comportamiento de la carga de contenedores. Estos índices tenían relación con el tiempo de demora del proceso de carga de los contenedores y los aforos producidos.

La implementación de la mejora trajo cambios positivos, ya que se detectaban a tiempo los neumáticos que no correspondían a la guía de despacho, pero era llamativo detectar que los neumáticos contenidos en los racks, en múltiples ocasiones, no correspondían a la ubicación que tienen establecida para ese tipo de neumático.

Se realizó un cambio en la manera de organizar los racks, haciendo un reordenamiento en la ubicación de estos de acuerdo a la demanda, dando énfasis en una ubicación específica para cada conjunto de neumáticos, con una revisión diaria del inventario disponible, verificando y controlando el orden establecido.

A través del tiempo, se analizaron los cambios producidos por la mejora implementada, quedando en evidencia la disminución de aforos por problemas de diferencia de neumáticos. El trabajo se vio menos forzado, por lo que los trabajadores comenzaron a tener mejores condiciones laborales, los tiempos de proceso disminuyeron en un 10%, donde el cambio más significativo tiene que ver con la disminución de aproximadamente un 20% en el tiempo de recolección, de acuerdo a la nueva ubicación del producto terminado dentro de la bodega, mientras que los aforos llegaron hasta un máximo del 2% del total de contenedores cargados. Junto a esto ocurrieron los siguientes beneficios:

- Los costos disminuyeron considerablemente.
- Los errores por concepto de neumáticos incorrectos en los contenedores bajaron.
- Las licencias médicas de los trabajadores producto del esfuerzo realizado en el trabajo disminuyeron de gran manera.

La implementación de nuevas tecnologías para mecanizar procesos es de gran ayuda a nivel empresarial, puesto que beneficia en muchos ámbitos, desde generar mayores beneficios a la organización, como también mejora la relación entre los trabajadores. Esta memoria busca realizar el mismo trabajo que en la sucursal en Bélgica, mejorar el proceso productivo mediante una banda transportadora que pueda leer el código del neumático y asociarlo a la orden de despacho. Además, busca un control de inventario más preciso, con el fin de eliminar errores en el proceso de carga de contenedores.

4. Análisis de la situación actual

4.1. Descripción del área de estudio

A continuación, se presenta una descripción del centro de distribución de la empresa Goodyear, área en donde se realiza la investigación planteada anteriormente.

4.1.1. Almacenamiento y distribución

En esta fase se realizó la investigación, en la cual se almacenan los productos terminados para luego poder ser distribuidos a nivel nacional e internacional, según los requerimientos de los clientes.

A continuación, se presenta una breve descripción del plano del centro de distribución que se puede ver en la Ilustración 13.

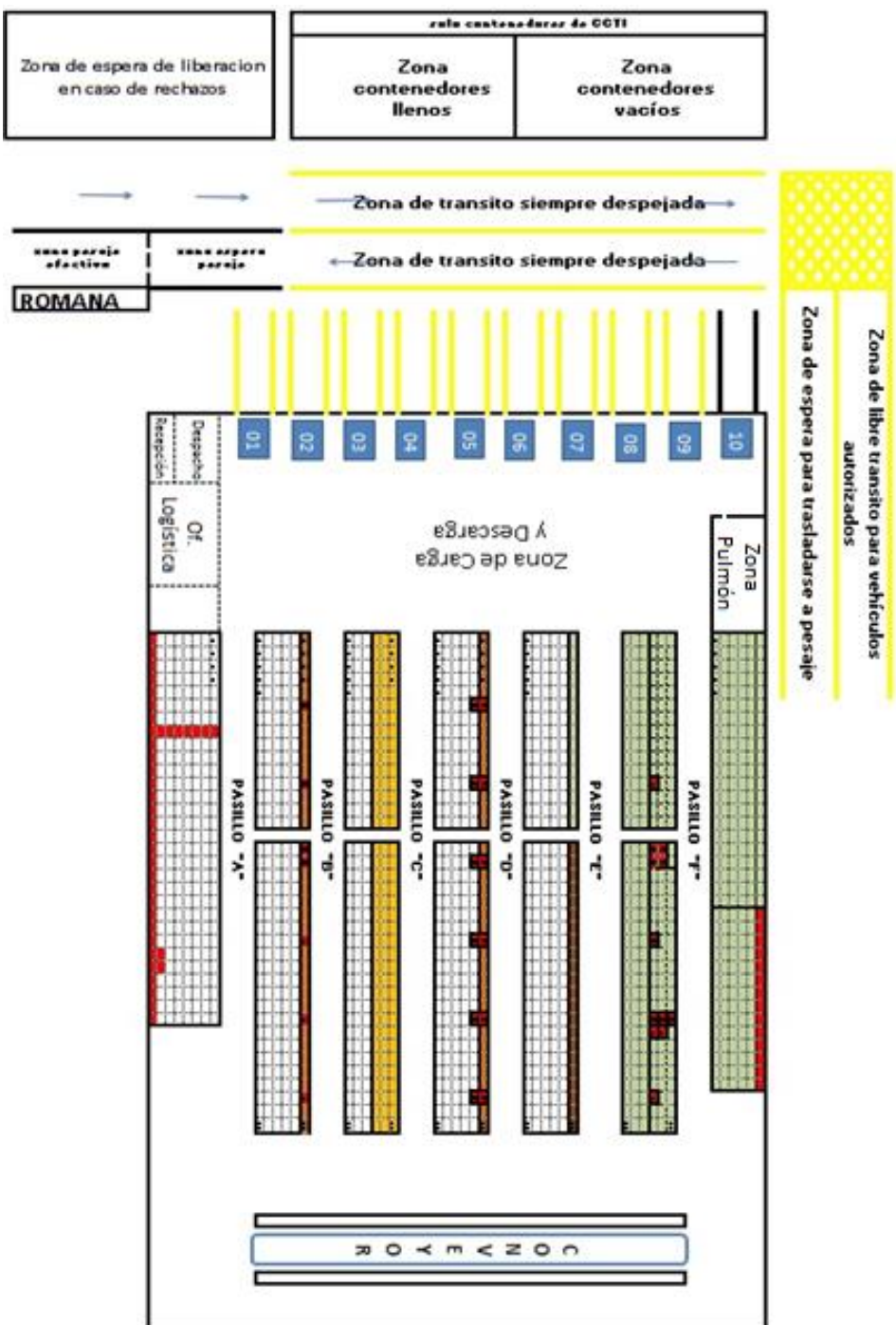
- Recepción: lugar donde llegan los choferes de los camiones para poder cargar sus contenedores con los pedidos indicados.
- Despacho: lugar en el cual se reciben los pedidos que se deben exportar, se imprime la guía de despacho correspondiente y luego se les entrega a los cargadores de despacho.
- Oficina de logística: en esta oficina se encuentra el gerente de logística, coordinador de logística, supervisor safety, prevencionista, recursos humanos, supervisor de distribución nacional, supervisor de almacenamiento e inventario, supervisor de transportador, supervisor control de gestión y los administrativos de gestión.
- Andenes: es el lugar en donde llegan los camiones con su contenedor respectivo. Los camiones llegan con un contenedor vacío (en caso de exportación) y se posiciona en un andén para poder ser acopiados por los cargadores de despacho. En caso de ser importación llegan con el contenedor lleno, se posicionan en un andén determinado y los cargadores proceden a descargar y almacenar.

En el centro de distribución existen 20 andenes disponibles, los cuales poseen la siguiente distribución:

- 1 y 2: andenes utilizados para los despachos realizados a nivel nacional, los cuales están a cargo de una empresa externa llamada Tiex.
 - 3 – 8: andenes utilizados para realizar las exportaciones de neumáticos al extranjero.
 - 9 y 10: andenes utilizados para recibir los neumáticos que se importan de las plantas ubicadas en diferentes países. Estos son neumáticos que no son fabricados en la planta Maipú.
-
- Zona de carga y descarga: es el lugar en donde se posicionan los racks con neumáticos antes de ser cargados al contenedor. Cuando los cargadores reciben la guía de despacho se la entregan a un operador de grúa, el cual va a buscar al centro de distribución todos los neumáticos que figuran en el pedido y los posiciona en esta zona para luego ser cargados.
 - Centro de distribución: es donde se almacenan todos los neumáticos fabricados en la planta (producto terminado) antes de ser exportados. En el caso de los neumáticos importados también se almacenan en este lugar. Cabe destacar que en el centro de distribución se utiliza la metodología LIFO (último que entra, primero que sale). Los recuadros achurados representan la zona en donde se almacenan los neumáticos apilados de 3 racks.
 - Transportador: es la zona en donde llegan todos los neumáticos fabricados en la planta para ser clasificados, según sus características, en una posición determinada. Cuando ya tienen asignada una posición específica, el operador de grúa debe llevarlo a dicho lugar para ser almacenado.
 - Romana: zona en donde se pesan los camiones junto con su contenedor antes de entrar o salir de la planta para verificar el contenido de este.

- Zona pulmón: lugar en donde se sitúan los racks que aún no tienen una ubicación asignada en el centro de distribución para ser almacenados. Es una zona de almacenamiento temporal de racks (máximo 6 horas).

Ilustración 13: Plano del centro de distribución



Fuente: Oficinas Goodyear

4.1.2. Descripción de las etapas generales del centro de distribución

Describir los procesos es de suma importancia para poder explicar las acciones que se realizan en cada área y entender la función que desempeña cada uno. Una de las formas más explicativas y fáciles de comprender es a través de diagramas de flujos, ya que por medio de símbolos gráficos nos ayudan a representar todas las etapas de un proceso. A su vez, permiten describir cada uno de los pasos o etapas y la interacción existente. La formación de diagramas es una acción que agrega valor dentro de la organización, donde este puede ser utilizado para múltiples análisis y no solo por los miembros que lo confeccionaron, sino que también por las partes interesadas para aportar nuevas ideas para cambiarlo y mejorarlo.

La zona de la empresa analizada solo trabaja con productos terminados, quiere decir, que la investigación no se basa en la producción, sino que en el proceso de almacenamiento y distribución. El producto terminado, en este caso, los distintos neumáticos, pasan por un proceso de almacenaje que ayuda a los trabajadores a enviarlos a un lugar en específico dentro del centro de distribución para su posterior utilización. Todas las actividades realizadas están ligadas a la definición de logística, que según McGraw-Hill se define como *“la planificación, organización y control de una serie de actividades de transporte y almacenamiento, que facilitan el movimiento de los materiales y productos desde su origen hasta el consumo de los mismos, con el fin de satisfacer la demanda al menor coste, incluidos los flujos de información y control, ofreciendo el mayor servicio posible al cliente”*⁸.

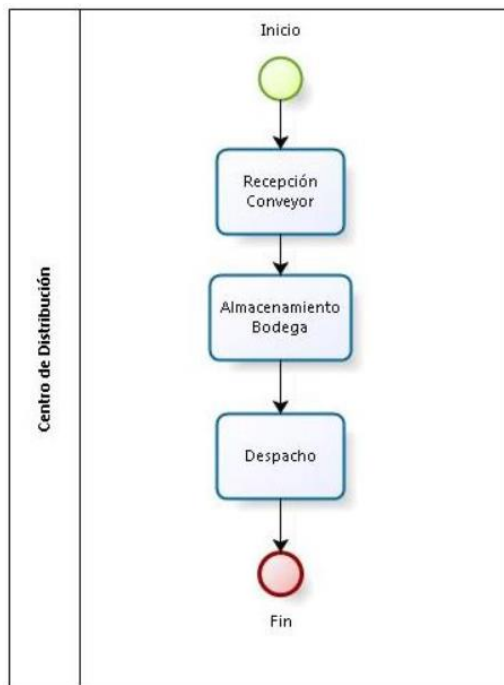
Todos los productos terminados necesariamente deben pasar por el área de centro de distribución, donde se realizan las funciones de recepción, manipulación, conservación, protección y posterior expedición de los productos. El almacenaje es la principal actividad que se realiza y consiste en mantener los productos, y con un control específico. Esta función si bien no añade valor al producto, tiene gran importancia dentro de los procesos, sin embargo, genera una serie de costos:

⁸ Arturo Ferrín Gutiérrez, Gestión de stocks en la logística de almacenes, Fc Editorial, Segunda Edición, Madrid.

- Maquinaria e instalaciones, que son costos generados por el valor de las adquisiciones y mantenimiento de los equipos de transporte interno, las estanterías e instalaciones en general.
- El inmovilizado, constituido por el valor del espacio destinado a almacenamiento de los productos y de los equipos industriales.
- Los recursos humanos, que son el conjunto de personas que trabajan en bodega, dedicados a la distribución, cuidado y mantenimiento de los productos además del cuidado de la maquinaria.
- Los costos informáticos de gestión del centro de distribución.

De acuerdo a la información brindada anteriormente y para dar una mejor explicación a las etapas del proceso en estudio, en la ilustración 14 se muestra el diagrama de flujo que representa los procesos realizados en el centro de distribución de la empresa Goodyear Chile.

Ilustración 14: Diagrama centro de distribución



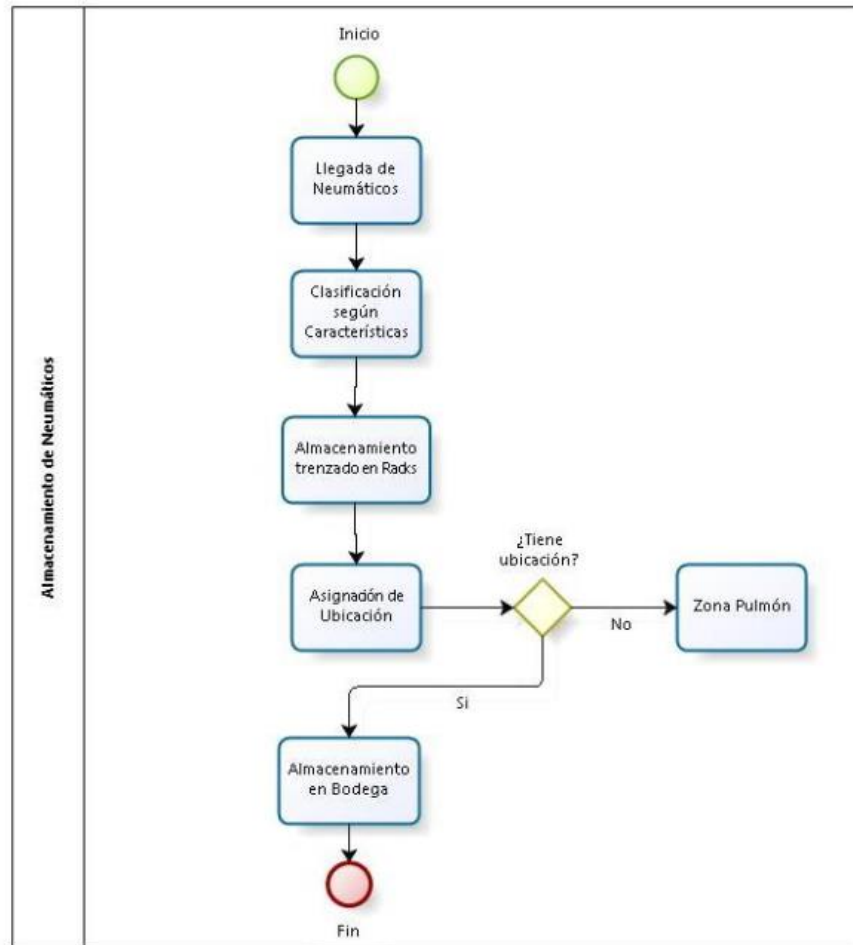
Fuente: Elaboración propia

4.1.2.1. Recepción en transportador

El proceso realizado en el centro de distribución parte en el área de transportador, en donde se reciben los productos terminados provenientes de la bodega de producción y fabricación de la empresa.

Para una mejor comprensión de las funciones realizadas en el área de transportador, se presenta la ilustración 15, la cual muestra un diagrama que representa el proceso de recepción transportador.

Ilustración 15: Diagrama Almacenamiento de neumáticos



Fuente: Elaboración propia

- Llegada de neumáticos: el producto terminado llega al centro de distribución a través de un carrusel que va desde la zona de producción hasta la zona de transportador. Cabe destacar que cada neumático posee un código de barra asociado a la descripción de este (modelo, medidas, peso).
- Clasificación según características: en la zona de transportador se clasifican los neumáticos que van llegando desde la zona de producción, separándolos según su modelo y medida. Para esta labor los operarios de transportador cuentan con un scanner manual, el cual lee el código de barra que entrega la descripción del neumático y este asigna un rack para almacenaje.
- Almacenamiento en racks: luego de ser clasificados, los neumáticos se almacenan en racks de 6, 12, 18, 24, 30, 36 o 42 unidades (según el tamaño del neumático), posicionándolos en forma trenzada por temas de seguridad, ya que los racks se almacenan en altura. A continuación, se presenta la ilustración 16, que muestra la manera en que se almacenan los neumáticos en los diferentes racks.

Ilustración 16: Trenzado de neumáticos



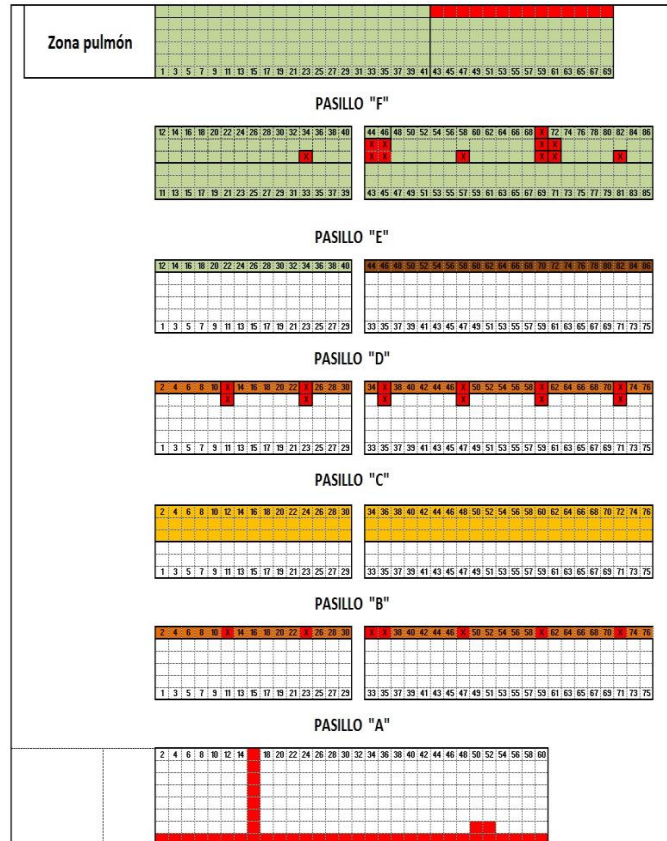
Fuente: Goodyear Chile (2014)

- Asignación de ubicación: una vez almacenados, el analista de inventario le asigna una ubicación a cada rack, informando al control de inventario operativo dicha ubicación. Cabe destacar que esta ubicación se asigna según las ubicaciones vacías que se encuentren por sistema.
 - Cuando no existen ubicaciones vacías para almacenar dicho rack, este se almacena momentáneamente en la zona pulmón hasta que se desocupe una ubicación para almacenaje definitivo.
 - Cuando existen ubicaciones vacías, el analista de inventario la asigna a dicho rack para luego ser almacenado.
- Almacenamiento en bodega: para finalizar, el control de inventario operativo (operador de grúa) lleva el rack a la ubicación asignada por el analista de inventario y lo posiciona.

4.1.2.2. Almacenamiento en bodega

El almacenamiento en bodega se realiza por los controles de inventario operativo a través de grúa horquilla. Estos deben tomar los racks con los neumáticos trenzados y llevarlos a la posición indicada por el analista de inventario. En la bodega se utiliza el almacenamiento en altura, apilando hasta 3 racks hacia arriba. La ilustración 17 representa el layout de la bodega de almacenamiento.

Ilustración 17: Layout de la bodega de almacenamiento



Fuente: Goodyear Chile (2014)

Las zonas demarcadas con una cruz en rojo representan los extintores de la bodega de almacenamiento, por lo cual en estas posiciones no se almacenan racks y se dejan despejadas.

Las zonas demarcadas en rojo representan las zonas de seguridad y salidas de emergencia, por lo que tampoco pueden ser bloqueadas por ningún tipo de racks.

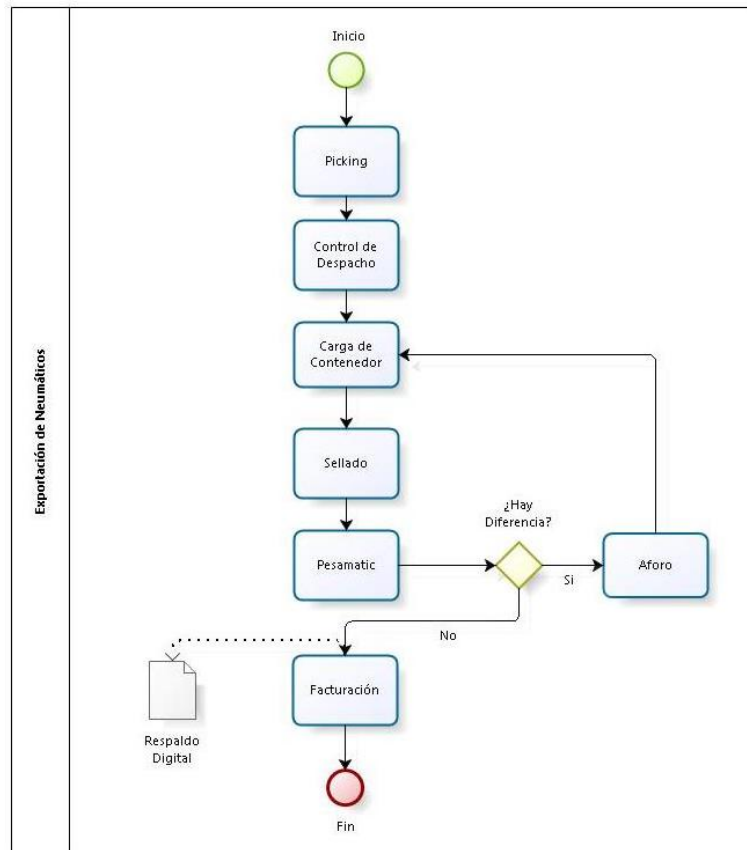
Cada pasillo cuenta con una posición para los números impares y otra posición para los números pares, en donde se almacenan los racks en altura apilados de 3 unidades. Por protocolo de seguridad, los racks incompletos se apilan más altos, mientras que los racks con almacenamiento completo o con neumáticos más pesados se almacenan a piso.

4.1.2.3. Despacho final

El proceso de estudio es la parte más importante dentro de la investigación, ya que se analizará profundamente para encontrar una solución factible a una problemática presente que provoca pérdida de tiempo en la empresa, lo que se traduce en costos innecesarios.

El diagrama de la ilustración 18, representa el mapa de procesos en el área de despacho final o exportación de contenedores y a continuación se procede a explicar cada una de estas etapas:

Ilustración 18: Diagrama de Exportación de contenedores



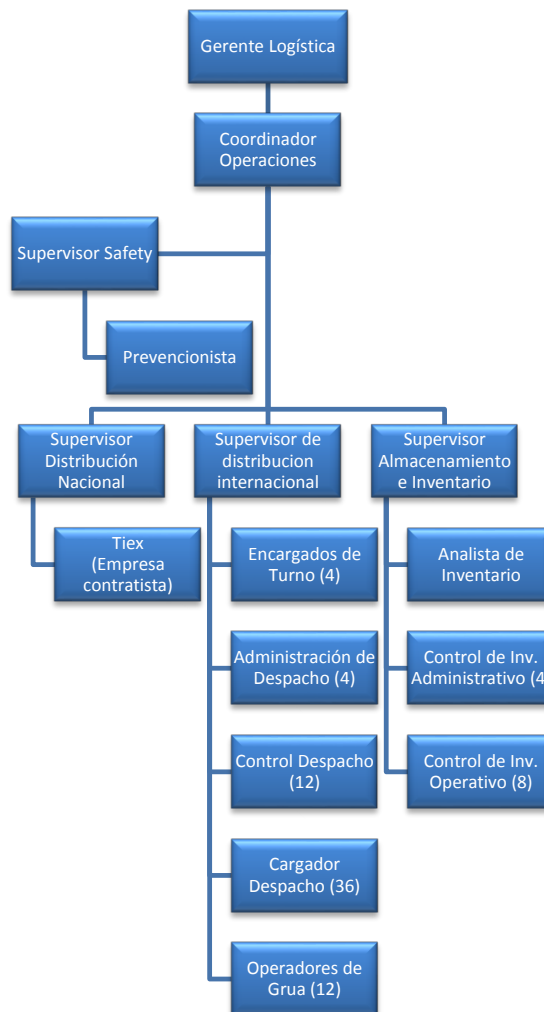
Fuente: Elaboración propia

- Recolección: es el proceso en el cual se le entrega la orden de compra al operador de grúa y este procede a sacar los racks detallados en esta orden y posicionarlos en la zona de carga y descarga del centro de distribución.
- Control de despacho: es un control que se realiza al contenedor para verificar que esté en buenas condiciones antes de cargar, que no tenga orificios, puertas en buen estado, etc. También se debe verificar que el contenedor posicionado en el andén sea el declarado en la orden de transporte. Esta labor la realiza el control de despacho a cargo de cada grupo.
- Carga de contenedor: luego de que el contenedor es revisado por el control de despacho, se procede a cargar los neumáticos que el operador de grúa posicionó en la zona de carga y descarga.
- Sellado: el siguiente paso es sellar el contenedor con 4 sellos Goodyear asignados para cada contenedor. Se realiza un registro fotográfico en donde se visualice el contenedor lleno y el contenedor sellado.
- Pesamático: Cuando el contenedor está sellado, el chofer del camión procede a retirar el contenedor del andén y llevarlo a la romana en donde es pesado. Cada neumático tiene un peso teórico, por lo que se estima cuanto debería pesar dicho contenedor según lo indicado en la orden de transporte. Se acepta un margen del $\pm 2\%$ de error.
 - Cuando existe una diferencia mayor al $+2\%$ del peso teórico se procede a realizar un aforo del contenedor, el cual consiste en romper los sellos y descargar completamente dicho contenedor. Cuando se detecta el error se vuelve a cargar el contenedor correctamente y se sigue con el procedimiento normal.
 - Cuando no existe diferencia de pesaje se procede a realizar el siguiente paso.
- Facturación: el último paso a realizar es la facturación del pedido cargado en el contenedor, el cual es realizado por el administrativo de despacho. Se realiza un registro digital de la factura y la orden de transporte para luego ser enviada como respaldo a la aduana. Posterior a esto el proceso está finalizado.

4.1.3. Especificaciones de los trabajos realizados en el área de estudio

Para una mejor comprensión del proceso en estudio, se toma una parte del diagrama organizacional de la empresa (ilustración 19) visto en el capítulo anterior para definir las principales funciones de cada uno de los cargos que tienen participación en el proceso de exportación de contenedores.

Ilustración 19: Diagrama organizacional área logística



Fuente: Goodyear Chile (2014)

- Gerente Logística: encargado de supervisar toda el área logística de la empresa Goodyear y que esta funcione de manera óptima.
- Coordinador logístico: encargado de supervisar las funciones realizadas por el equipo de control de gestión, su labor es administrativa.
- Equipo de seguridad: está compuesto por el supervisor y el prevencionista de riesgos. Son los encargados de inspeccionar condiciones inseguras del centro de distribución, de manera de poder disminuir los accidentes en el centro de distribución, supervisar el correcto uso de EPP, realizar procedimientos de seguridad, investigar el accidente o incidente y entregar medidas correctivas para la mitigación del evento. Trabajan en conjunto a mutualidad respectiva (ACHS).
- Tiex: empresa contratista externa encargada de la distribución de los pedidos nacionales, asegurando que estos lleguen a su destino (distribución a supermercados y otros clientes ubicados a lo largo del país). La distribución nacional no será parte del proceso a estudiar, ya que, al ser distribución nacional, no se deben pagar costos por sobre estadía de camiones.
- Supervisor de distribución nacional: supervisar las labores realizadas por la empresa contratista Tiex.
- Encargado de turno: supervisar los movimientos logísticos y operacionales realizados en la bodega.
- Administración de despacho: arma los pedidos según el stock que hay en el sistema, generando un programa de exportaciones para cada día. Cabe destacar que este programa se realiza con 1 día de anticipación.
- Control de despacho: revisa el contenedor cuando este se instala en el andén, verificando que venga en óptimas condiciones para ser cargado (sin orificios, puertas en buen estado, etc.) y revisa que el contenedor posicionado sea el que está asignado a

dicho envío. El control de despacho también participa en el proceso de carga del contenedor.

- Cargador despacho: cargar los contenedores de exportación con los neumáticos recolectados por el operador de grúa.
- Operadores de grúa: responsable de separar el pedido acorde al envío que requiere el sistema, verificar que la carga que saca de la zona de almacenamiento sea la correcta, operar bien la grúa horquilla y hacerse responsable de lo que se retira del almacén.
- Supervisor de almacenamiento e inventario: supervisar todas las funciones realizadas por los operarios de inventario, realizar cuadraturas, entregar reportes a gerencia.
- Analista de inventario: lleva el control de todo el inventario, tanto sistémico como real, identificando posibles errores, cuadraturas, delega funciones y tareas a los demás controles de inventario.
- Control de inventario administrativo: encargados del inventario sistémico de los neumáticos almacenados en la bodega y realizar cuadraturas en sistema.
- Control de inventario operativo: encargados de fiscalizar que el inventario sistémico concuerde con lo que realmente se encuentra en la bodega. A diferencia del control de inventario administrativo, estos son operadores de grúa, por lo cual deben mover los racks en caso de estar mal posicionados.

4.1.4. Comportamiento del centro de distribución

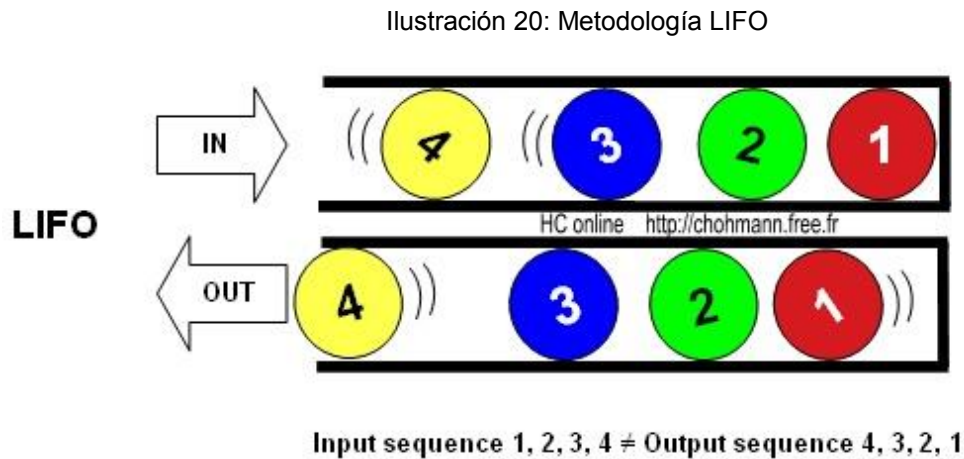
Para analizar el comportamiento de los datos es necesario tener en cuenta que dentro de la fábrica está incorporada una estrategia de prioridades, esto es, que cuando se genera un pedido de parte del cliente, se verifica que exista el stock disponible almacenado en el centro de distribución, para luego realizar el programa de exportaciones que se despacharán al día siguiente.

Cabe destacar que existe un orden de prioridades para realizar el programa de exportación, es decir, aparte de verificar el stock disponible se toman las órdenes más antiguas para darles prioridad de despacho.

Cuando se carga un contenedor, el operador de grúa encargado de sacar los racks del almacén utiliza la metodología LIFO.

LIFO (Last in, First out), es un sistema que la empresa utiliza, en su proceso productivo, donde el primero que entra, es el primero que sale.

A continuación, se presenta la ilustración 20 que representa la metodología utilizada en el centro de distribución.



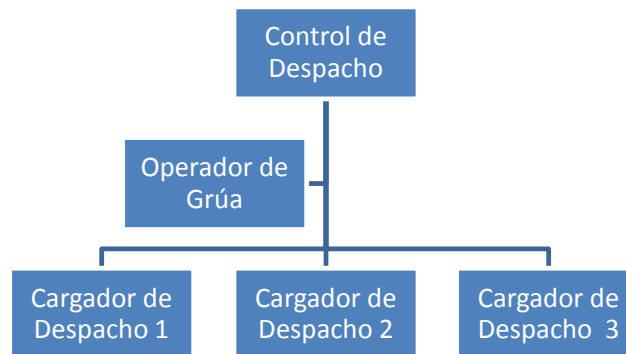
Fuente: Java 5, Novedades del lenguaje.

Cabe destacar que existe un estudio BIN 2009, realizado por TNS SOFRES, en los 6 principales mercados europeos (confirmado por las pruebas DEKRA Test Center 2009 y 2010), el cual certifica que: la duración de un neumático nuevo almacenado en bodega sin perder sus propiedades es de 10 años, mientras que para los neumáticos nuevos almacenados al aire libre se reduce a 5 años.

4.1.5. Metodología de trabajo del proceso de carga de contenedores

Para realizar la carga de contenedores se divide a todos los cargadores de despacho y control de despacho en grupos de trabajo de 5 personas denominadas cuadrillas. Cada cuadrilla está compuesta por 1 control de despacho, 1 operador de grúa y 3 cargadores de despacho. La ilustración 21, representa la composición de las cuadrillas de trabajo de la distribución internacional.

Ilustración 21: Diagrama de cuadrillas de trabajo



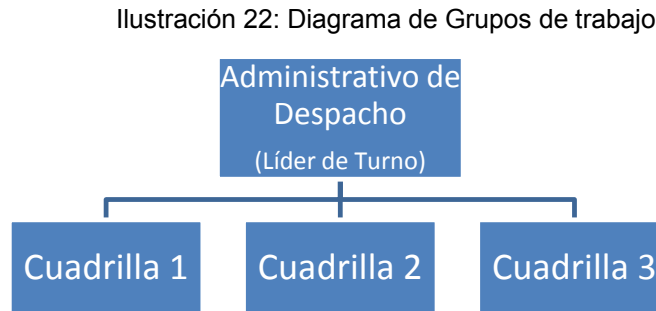
Fuente: Elaboración propia

Tanto el control de despacho como los cargadores son los encargados de llenar los contenedores, la diferencia de nombre del cargo entre ambos se produce ya que el control de despacho posee funciones extras en el proceso de carga, como la revisión del contenedor, realizar respaldos fotográficos y otras funciones descritas con anterioridad. El operador de grúa es el que busca en la bodega el pedido programado y lo posiciona en la zona de carga y descarga para ubicarlo dentro del contenedor.

Las cuadrillas trabajan en turnos rotativos de 8 horas con una modalidad de trabajo de 6x2 (6 días consecutivos trabajados + 2 días libres consecutivos), cada turno cuenta con 1 hora de colación. Las cuadrillas son fijas, es decir, todos los integrantes de una cuadrilla de trabajo poseen los mismos turnos y horarios. Están a cargo de un administrativo de despacho, quien debe programar y distribuir todos los pedidos en todas las cuadrillas

correspondientes a su turno. La modalidad de trabajo de este también se rige al sistema de 6x2, donde en cada turno tiene a cargo 3 cuadrillas.

La ilustración 22, representa los grupos de trabajo descritos recientemente.



Fuente: Elaboración propia

4.2. Problemáticas observadas en el proceso de estudio

Para poder realizar una correcta medición en los tiempos, es importante definir claramente las problemáticas detectadas en el centro de distribución, que afectan el proceso de carga de contenedores y finalmente produce los aforos.

Las 7 herramientas de la calidad¹⁰ se refieren a un conjunto de técnicas gráficas identificadas como las más útiles para resolver problemas relacionados con la gestión de la calidad. Esta gestión es una estructura operacional de todo el trabajo, donde esta se encuentra documentada e integrada hacia los procedimientos técnicos y de gerencia, con la finalidad de guiar de buena manera la fuerza de trabajo con los equipos y maquinarias, además de la información de toda la organización de manera práctica y coordinada, logrando la satisfacción del cliente y bajos costos para lograr la calidad del producto o servicio deseado.

¹⁰ Edmundo Guajardo Garza, Administración de la Calidad Total. Editorial Pax México, página 145.

Las siete herramientas básicas de la calidad (Anexo I) son:

- Diagrama de Ishikawa o de espina de pescado.
- Hoja de verificación o comprobación.
- Gráfico de control.
- Histograma.
- Diagrama de Pareto.
- Diagrama de dispersión.
- Muestreo estratificado.

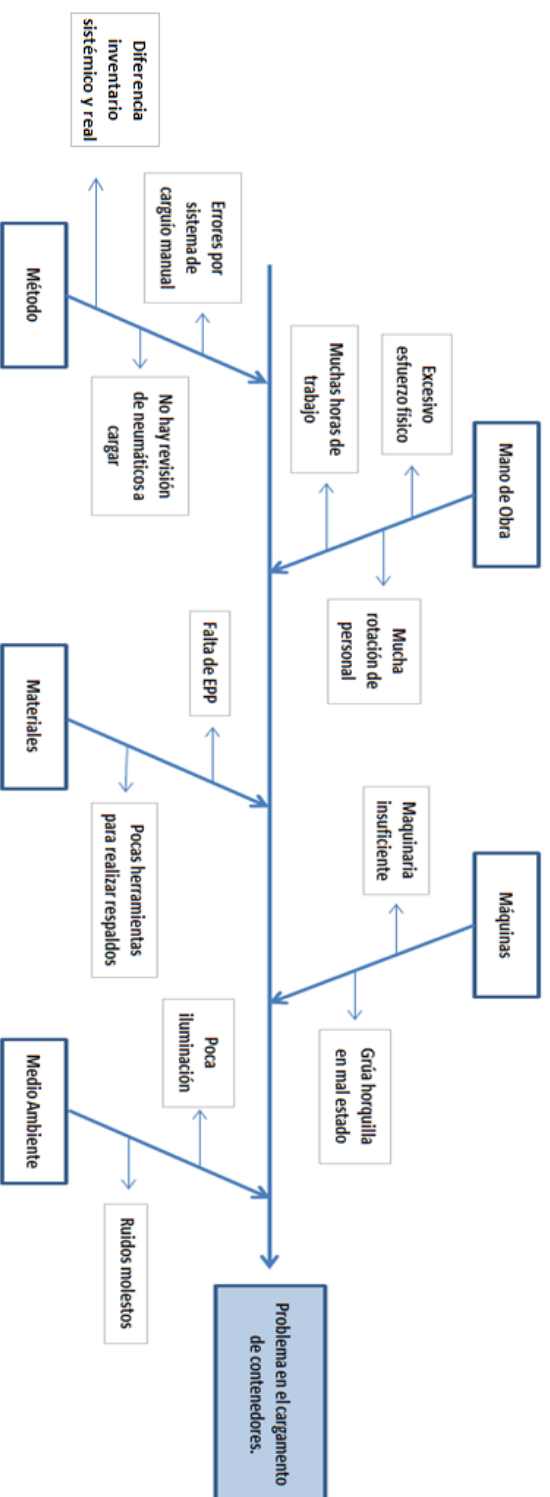
El diagrama Ishikawa¹¹ es una herramienta útil para la identificación de problemas, ya que es una representación simple en la que se muestra de manera relacional una espina central, que es una línea en el plano horizontal, donde se desprenden otras líneas indicando los principales focos en donde se concentran las problemáticas.

Para efectos de esta investigación, se utilizan cinco de los seis focos principales. Los focos son: mano de obra, máquinas, medio ambiente, materiales, método y medida, donde esta última es la que no se considera ya que no influye en el estudio. De cada una de estas categorías surge una lluvia de ideas, que serían las causas relacionadas a cada foco principal.

¹¹ Patrick Lyonnet, *Los métodos de la calidad total*, Ediciones Díaz de Santos, 1989, página 131.

A continuación, se presenta la ilustración 23, la cual muestra las principales problemáticas detectadas en el área de estudio.

Ilustración 23: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Diferencia entre inventario teórico y real

Según Max Muller (2005)¹², los inventarios existen en el sistema como artículos físicos y como artículos que figuran en los registros. Hay muchas razones para construir y mantener inventarios, y estos pueden desempeñar diversidad de papeles en la vida de cada organización. Con el fin de controlar y manejar los artículos que entran, pasan por y salen de las instalaciones, es importante entender no solo donde se encuentran físicamente determinado artículo en un momento dado, sino también de qué manera se reconoce su existencia dentro del sistema.

Las diferencias entre el inventario teórico y el inventario real se pueden deber a múltiples causas o situaciones que van generando dichas inconsistencias.

Un típico caso es cuando los racks están listos para ser almacenados en la bodega y el control de inventario asigna una posición vacía a este. El operador de grúa procede a trasladar el rack desde el transportador a la ubicación vacía asignada para almacenar, pero esta no se encontraba con espacios disponibles. El operador de grúa debería ir donde el control de inventario y pedir otra ubicación vacía para almacenar, pero no lo hace y procede a almacenar en cualquier ubicación vacía cercana.

4.2.2. Error humano en etapa de carga de contenedor

El error humano se encuentra en el origen de multitud de accidentes y, por lo tanto, es un elemento clave que debe ser evitado. Esto puede ser logrado si se conoce y explica el error mediante el análisis de los diferentes factores. Se analizan en un grupo de trabajadores de líneas de montaje manual cada uno de los factores. Luego se realiza un análisis de correlación múltiple con el objetivo de buscar los factores más influyentes. Esto permite comprender el comportamiento de los trabajadores, tomar las acciones pertinentes y disminuir los errores para lograr un trabajo más eficaz y eficiente.

¹² Max Muller, *Fundamentos de Administración de Inventarios*, Editorial Norma, 2005.

Los errores humanos producidos en el centro de distribución se deben a muchos factores externos, entre los cuales se consideran los más importantes por tener directa relación con la carga de contenedores, estos se encuentran descritos a continuación.

4.2.2.1. Exceso de fuerza física

La carga física es el conjunto de requerimientos físicos a los que ve sometido un trabajador a lo largo de su jornada laboral. Los esfuerzos físicos que este realiza pueden ser de dos tipos, tanto dinámicos como estáticos. Se habla de esfuerzo físico dinámico cuando hay una sucesión periódica de tensiones y relajaciones de los músculos que intervienen en la actividad. El esfuerzo físico estático se trata de un esfuerzo sostenido en el que los músculos se mantienen contraídos durante un cierto periodo de tiempo.

La carga de contenedores se realiza manualmente por los operarios, cargando entre 700 y 800 neumáticos por contenedor. Estos deben ser trasladados desde la zona de carga y descarga hasta el interior del contenedor, apilándolos en forma trenzada, lo cual implica un desgaste físico en el que se encuentran expuestos durante toda la jornada laboral y dependiendo de la demanda que exista diaria. Si hay una mayor demanda durante un turno, el esfuerzo físico será mayor y la persona estará expuesta a lesiones físicas y estrés.

4.2.2.2. Inexperiencia por rotación laboral

Como consecuencia de este exceso de fuerza física, existe una alta rotación laboral en los cargadores de contenedores, por lo cual existe inexperiencia por parte de estos acerca de todos los tipos de neumáticos existentes. Por ejemplo: se observa que un cargador que lleva mucho tiempo trabajando en el centro de distribución posee un alto conocimiento en lo que respecta a los neumáticos (peso, características, medidas, diseño, etc.), por lo que puede darse cuenta fácilmente cuando un neumático no corresponde al rack en el que está almacenado. Cabe recordar que cada rack almacena solo un tipo de neumático (de igual modelo, medida, peso, etc.).

4.2.2.3. Menor productividad en el transcurso del turno

La productividad es la generación de riqueza en general, y debe estar sustentada por la ética y la moral¹³. Tiene como propósito lograr un resultado esperado en el menor tiempo posible, sin embargo, el exceso de trabajo provoca una disminución en el desempeño del trabajador, lo que produce una demora al momento de cargar los contenedores. Se genera un efecto inverso cuando la carga de trabajo es excesiva, ya que, a mayor trabajo, el rendimiento irá disminuyendo.

Los trabajadores demoran más tiempo en cargar los contenedores con el paso de las horas, debido al cansancio que se hace presente. El rendimiento a nivel grupal también disminuye por la menor capacidad de reacción que tienen frente a la demanda.

4.2.2.4. Maquinaria insuficiente

La falta de equipos con nuevas tecnologías en conjunto con el limitado poder económico para poder adquirir nuevas máquinas influye en el funcionamiento de una organización en particular. La industria se va renovando periódicamente y cada vez los procesos son controlados mediante máquinas para poder asegurar un producto más homogéneo a la hora de producir, y cometer menos errores en todas las áreas de trabajo. No poseer los equipos necesarios, produce un mayor porcentaje de error por falla humana.

4.2.2.5. Grúa horquilla en mal estado

La maquinaria disponible en las empresas, complementan el trabajo y ayuda a producir más y de mejor manera. Sin embargo, el no realizar las mantenciones correspondientes, pone en peligro la programación del área productiva. Atrasos en la entrega puede producir pérdida de clientes y las ganancias comienzan a disminuir. Es importante siempre tener al 100% las máquinas en funcionamiento para no ocasionar déficit de producción.

4.2.2.6. Revisión de neumáticos a cargar

Revisar los productos que van a salir de las plantas para la venta deben pasar por un exhaustivo proceso de revisión para no presentar fallas y entregar un producto de calidad. Sin embargo, los errores muchas veces no pasan por la calidad, sino por la no revisión del producto el cual se va a hacer la entrega. Al momento de realizar la carga de contenedores no se revisan todos los neumáticos y en ocasiones presentan errores por concepto de cambio, esto es, cargar con un neumático que no corresponde al pedido.

4.2.2.7. Falta de elementos de protección personal

Elementos de protección personal son dispositivos diseñados para proteger las partes del cuerpo que se encuentran expuestas a riesgos durante el ejercicio de una tarea relacionada al trabajo. Deben cumplir los requisitos de ser de uso personal e intransferible y también deben estar destinados a proteger la integridad física de la persona que lo usa. Sirven de obstáculo entre el agente del riesgo que puede ser un filo cortante, una superficie abrasiva, un objeto disparado o una sustancia peligrosa¹⁴. El no uso de guantes al cargar los contenedores produce daños en las manos de los trabajadores, lo que dificulta un trabajo óptimo y rápido.

4.2.2.8. Pocas herramientas para realizar respaldos

El no llevar un control de las acciones que se van realizando durante el horario de trabajo dificulta la capacidad para analizar los posibles errores que se pueden generar. En muchas ocasiones no se anota las características de la carga de los contenedores, los cargadores no llenan las guías correspondientes y se pierde control del proceso.

4.2.2.9. Poca iluminación

El tener un ambiente de trabajo adecuado para la visión no es simplemente proporcionar luz, sino permitir que las personas reconozcan sin error lo que ven, en un

¹⁴ Andrés Giraldo. Charlas de Seguridad Industrial N°2. Capítulo 15, página 36.

tiempo adecuado y sin fatigarse. La iluminación inadecuada puede originar además dolor de cabeza, estrés y accidentes, además el trabajo con poca luz daña la vista. También cambios de luz pueden ser peligrosos, ya que pueden cegar temporalmente, mientras el ojo se adapta a la nueva iluminación. El grado de seguridad con el que se ejecuta el trabajo depende de la capacidad visual y ésta depende, a su vez, de la cantidad y calidad de la iluminación. La poca luz causa que no se identifiquen bien los tipos de neumáticos que se van a cargar en los contenedores.

4.2.2.10. Ruidos molestos

Debido a los ruidos ocasionados en el lugar de trabajo, puede producir la pérdida del sentido del oído a causa de la exposición a estos. Es una de las enfermedades profesionales más corrientes. El estar en un lugar con ruido excesivo puede provocar la pérdida temporal de la audición, que dure de unos cuantos segundos a días. La pérdida de audición se va produciendo a lo largo del tiempo y no es fácil de reconocer, donde desafortunadamente la mayoría de los trabajadores no se dan cuenta de que se están volviendo sordos hasta que su sentido del oído ha quedado dañado permanentemente. El no tener el sentido del oído en buenas condiciones provoca el no escuchar claramente las instrucciones de los encargados de área y se producen errores de carga.

El diagrama que se presenta en la ilustración 23 nos permite identificar todas las posibles causas que dan origen al problema de carga de contenedores. Sin embargo, esta herramienta no nos permite cuantificar la ocurrencia de cada uno de los sucesos. Es por eso que, para complementar las causas, se realiza un diagrama de Pareto, el cual permite organizar los datos de manera descendente, de izquierda a derecha y separados por barras.

Esto permite asignar un orden de prioridades para determinar la importancia de cada una de las causas.

A continuación, se presenta la tabla 1, la cual muestra la frecuencia con la que ocurre cada uno de los posibles eventos causales de aforos de los datos tomados:

Tabla 1: Frecuencias

Causa	Ocurrencia	Frecuencia	Frecuencia Acum.
Pocas herramientas para realizar respaldos	1	0,043478261	0,043478261
Falta de EPP	0	0	0,043478261
Poca Iluminación	1	0,043478261	0,086956522
Ruidos Molestos	1	0,043478261	0,130434783
Errores por sistema de carga manual	6	0,260869565	0,391304348
No hay revisión de neumáticos	5	0,217391304	0,608695652
Mucha rotación de personal	1	0,043478261	0,652173913
Excesivo esfuerzo físico	1	0,043478261	0,695652174
Muchas horas de trabajo	1	0,043478261	0,739130435
Maquinaria insuficiente	0	0	0,739130435
Grúa horquilla en mal estado	1	0,043478261	0,782608696
Diferencia entre inventario sistémico y real	5	0,217391304	1

Fuente: Elaboración propia

La tabla de frecuencia proporciona la ayuda necesaria para poder realizar la construcción del gráfico y determinar las causas más importantes. Sin embargo, como la cantidad de datos tomados en la tabla 1 no representan una muestra estadística, se recurrió a los datos registrados por la empresa sobre las principales causas de los aforos que se realizaron en el año 2014. Estos datos se muestran a continuación en la tabla 2:

Tabla 2: Frecuencias 2014

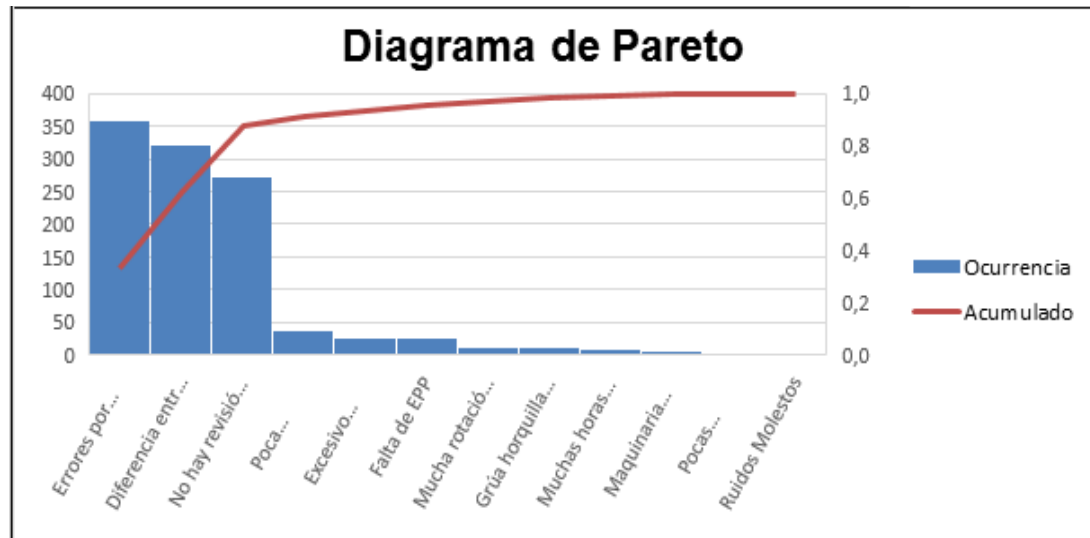
Causa	Ocurrencia	Frecuencia	Frecuencia Acum.
Pocas herramientas para realizar respaldos	4	0,004	0,004
Falta de EPP	25	0,023	0,027
Poca Iluminación	37	0,034	0,061
Ruidos Molestos	0	0,000	0,061
Errores por sistema de carga manual	358	0,329	0,390
No hay revisión de neumáticos	274	0,252	0,642
Mucha rotación de personal	13	0,012	0,654
Excesivo esfuerzo físico	27	0,025	0,679
Muchas horas de trabajo	8	0,007	0,686
Maquinaria insuficiente	7	0,006	0,693
Grúa horquilla en mal estado	13	0,012	0,705
Diferencia entre inventario sistémico y real	321	0,295	1

Fuente: Elaboración propia

A pesar de los pocos datos registrados en la tabla 1, es posible verificar que las causales que registran una mayor frecuencia son las mismas que en la tabla 2.

A continuación, se presenta la ilustración 24, la cual muestra el diagrama de Pareto, que ordena la frecuencia de los sucesos de la tabla 2 de manera descendente:

Ilustración 24: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información que nos brinda el gráfico, podemos determinar las causas más repetitivas de errores en la carga de contenedores. En este caso, las dos principales causas que son errores por sistema de carga manual y la diferencia que existe entre el inventario teórico y real, junto con la no revisión de neumáticos al cargar son las causas fundamentales de problemas generadores de aforos. Eliminando estas causas asociadas, los aforos van a disminuir de manera importante, lo que genera un impacto positivo a gran escala en los costos. Sin embargo, para efectos de cálculos, consideraremos las 4 causas más importantes a modo de oportunidades para poder calcular el nivel de Six Sigma.

4.2.3. Recursos humanos

Luego de comprender la situación anteriormente mencionada, se procede al análisis del proceso de carga de contenedores. Para esto fue necesario recolectar los datos pertinentes, cronometrando los tiempos de despacho de contenedores, dentro de los cuales se consideran los tiempos de recolección (tiempo que demora el operador de grúa en recolectar el pedido) y los de carga de contenedor, también los tiempos de proceso que involucra el sellado de contenedor, contenedor llevado pesaje y proceso de facturación.

4.2.3.1. Condiciones laborales

Los accidentes de trabajo son siempre costosos, caros, en el más amplio sentido del término. En primer lugar, para el que lo sufre y su familia, y en ese caso la magnitud del daño es invaluable. Si no es la vida la que se pierde, muchas secuelas son irreparables, cualquiera sea la indemnización de que sean objeto. Son costosos también para las relaciones laborales en la empresa, ya que genera inseguridad, desconfianza, temor, afloran irregularidades pasadas por alto en tiempos normales.

Los infortunios laborales son costosos también económicamente para la empresa donde ocurren, para la seguridad social y para el país. La estadística de la Organización Internacional del Trabajo establece que por cada accidente que provoca una lesión grave, se producen 29 accidentes que provocan lesiones leves y 300 incidentes que no ocasionan heridas, pero sí algún tipo de daño material o interferencia con el proceso laboral, generando tiempos muertos y desacelerando la productividad en la empresa donde acontecen.

Los accidentes ocurridos en el año 1994 en la planta Goodyear en Maipú, significaron alrededor de 4.500.000 días perdidos por incapacidad. Si los accidentes superan los límites esperados, la empresa en cuestión puede ver elevada su tasa de cotización adicional al organismo administrador del seguro contra accidentes y enfermedades profesionales donde cotice al año siguiente. La reparación médica y económica de los daños es fuente de gastos tanto para las Mutualidades de Empleadores como para la seguridad social en su conjunto.

En el año 1993, el sistema de Mutualidades captó un total de \$85.093 millones por concepto de cotizaciones de las empresas adherentes. De estos, \$38.171 millones (el 52.7%) fueron gastados en atención médica y hospitalaria, incluida la rehabilitación de inválidos. A la vez, \$24.067 millones (el 33%) se gastaron en subsidios, pensiones, indemnizaciones y otras prestaciones económicas a los accidentados y enfermos del trabajo.

Cabe preguntarse, si parte de recursos de esa magnitud pudieron haberse invertido en asegurar las condiciones de riesgo. Una mejor calidad de las condiciones de trabajo y una capacitación sistemática en prevención de riesgos son condiciones necesarias para asegurar mayor productividad, en un esquema de crecimiento económico y social estable y sostenido en el tiempo. Seguridad y productividad son conceptos equivalentes en el mediano plazo y constituyen inversiones de alta rentabilidad económica y social.

Se menciona anteriormente acerca de las condiciones laborales que presentan los trabajadores involucrados en el proceso de carga de contenedores, ya que producto del gran esfuerzo físico que se realiza, existe una gran cantidad de licencias médicas por dolores lumbares y una alta rotación laboral.

4.2.3.1.1. Análisis de las condiciones laborales

Para respaldar la información acerca de cómo afectan las condiciones laborales a los trabajadores, se realiza una encuesta acerca de la opinión de los trabajadores con respecto al alto esfuerzo físico que se realiza al realizar la carga de los contenedores y las consecuencias que esto produce.

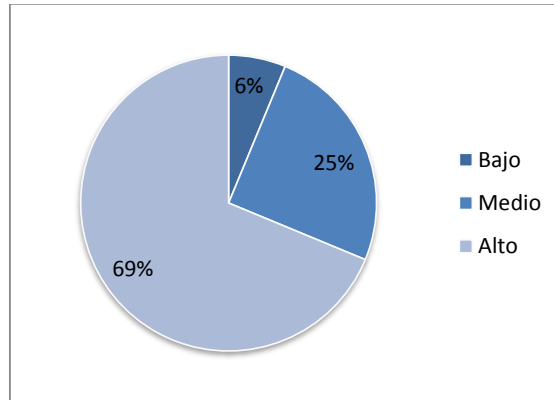
Las personas encuestadas son los 48 trabajadores que participan en el proceso de carga de contenedores actualmente, es decir, 12 controles de despacho y 36 cargadores.

Se realiza una encuesta anónima que consta de 7 preguntas consideradas fundamentales para conocer la opinión de los trabajadores acerca de las condiciones laborales, el esfuerzo físico realizado y qué les parece la idea de optimizar el proceso a través de la implementación de una cinta transportadora.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, en donde los gráficos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 muestran los resultados obtenidos de la encuesta:

- ¿Qué nivel de esfuerzo físico debe realizar usted en el proceso de carga de contenedores?

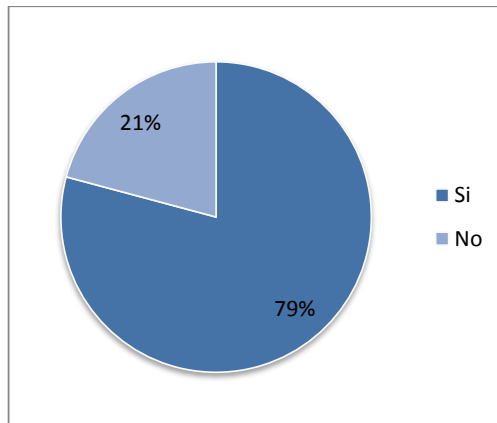
Gráfico 3: Resultado pregunta 1



Fuente: Elaboración propia

- ¿Considera un factor importante en su desempeño el nivel de esfuerzo físico realizado?

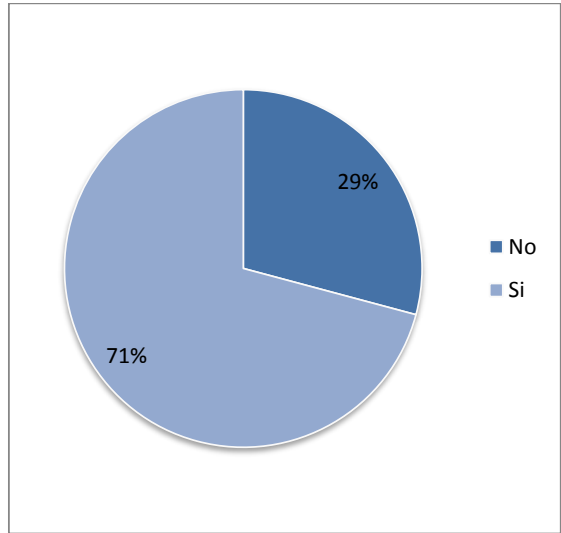
Gráfico 4: Resultado pregunta 2



Fuente: Elaboración propia

- ¿Ha sufrido dolencias corporales producto del trabajo realizado en el proceso de carga de contenedores?

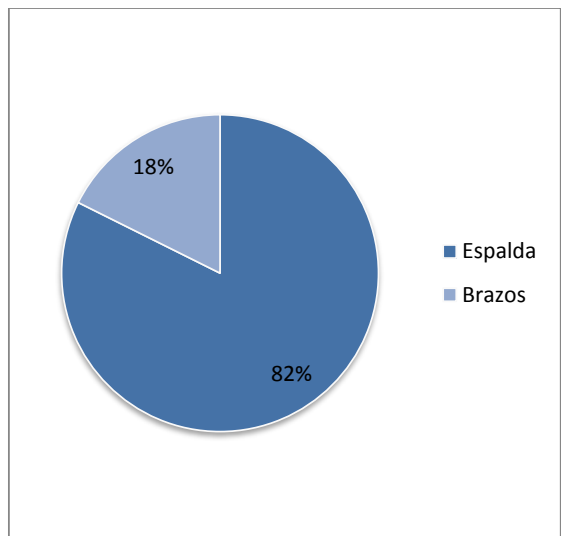
Gráfico 5: Resultado pregunta 3



Fuente: Elaboración propia

- Si su respuesta anterior es sí, mencione qué tipo de dolores ha tenido.

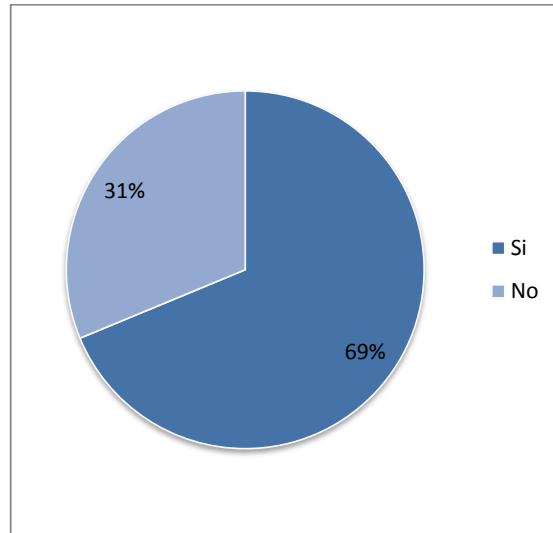
Gráfico 6: Resultado pregunta 4



Fuente: Elaboración propia

- ¿Utiliza todos los implementos de seguridad para realizar las labores de carga de contenedores?

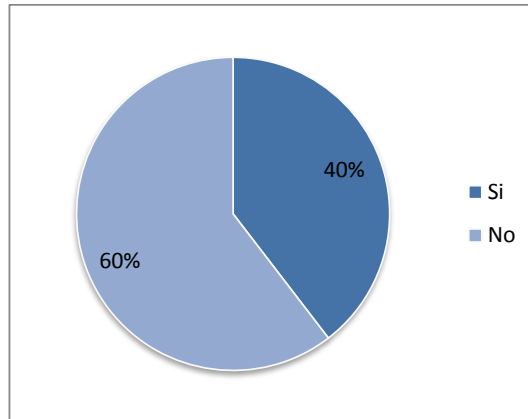
Gráfico 7: Resultado pregunta 5



Fuente: Elaboración propia

- ¿Ha tenido licencias médicas producto de estas dolencias?

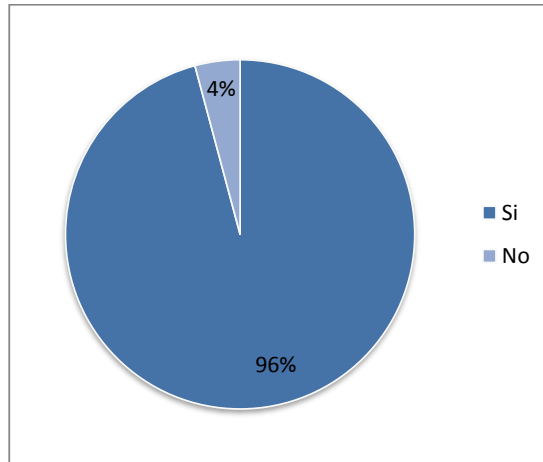
Gráfico 8: Resultado pregunta 6



Fuente: Elaboración propia

- ¿Cree usted que implementando una cinta transportadora de neumáticos mejorarían sus condiciones laborales?

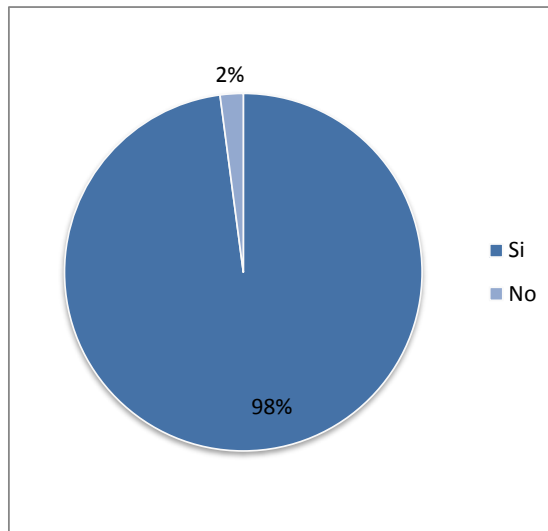
Gráfico 9: Resultado pregunta 7



Fuente: Elaboración propia

- ¿Crees que este proyecto logrará disminuir la cantidad de aforos?

Gráfico 10: Resultado pregunta 8



Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar los resultados obtenidos en la encuesta, se confirma que la gran parte de los trabajadores involucrados en el proceso considera que el esfuerzo físico que se realiza en esta labor es alto (69%), mientras que un 25% de los trabajadores involucrados califica este esfuerzo como medio.

El 79% de los trabajadores afirma que su desempeño laboral se ve afectado por el esfuerzo físico realizado al momento de cargar los contenedores y el 71% de estos ha presentado dolencias corporales, de los cuales el 82% menciona las dolencias lumbares como las principales consecuencias del trabajo realizado. También es importante destacar que un alto porcentaje ha presentado licencias médicas producto de estas dolencias.

El 96% de los trabajadores cree que implementando la cinta transportadora de neumáticos su carga laboral será disminuida, lo que mejorará considerablemente las condiciones laborales que ellos presentan actualmente.

4.2.3.1.2. Análisis de rotación laboral

Con respecto a la rotación laboral que existe en los trabajadores del proceso de carga de contenedores, se obtiene la siguiente información de parte del departamento de recursos humanos, que representa la rotación laboral producida el año 2014 en los trabajadores involucrados en el proceso.

La tabla 3 representa el porcentaje mensual de rotación laboral presentada en el año 2014, para los cargos de operador de grúa, control de despacho y cargadores.

Tabla 3: Rotación laboral 2014

Cargo	Op. Grúa	%	Cargadores	%	Control Despacho	%
Total	12	1	36	1	12	1
Enero	0	0%	4	11%	1	8%
Febrero	0	0%	5	14%	2	17%
Marzo	2	17%	12	33%	1	8%
Abril	0	0%	2	6%	0	0%
Mayo	0	0%	3	8%	1	8%
Junio	0	0%	0	0%	0	0%
Julio	0	0%	2	6%	1	8%
Agosto	1	8%	5	14%	0	0%
Septiembre	0	0%	2	6%	0	0%
Octubre	0	0%	3	8%	1	8%
Noviembre	0	0%	2	6%	0	0%
Diciembre	0	0%	6	17%	0	0%
TOTAL	3	2.08%	46	10.65%	7	4.86%

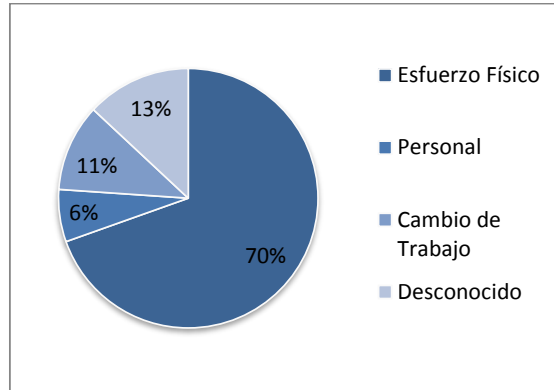
Fuente: Elaboración propia

A modo de análisis, podemos decir que los cargadores de despacho representan el mayor porcentaje de rotación laboral, promediando un 10.65% mensual de trabajadores que abandonan sus labores voluntariamente.

Existe un porcentaje menor de trabajadores que son despedidos por la empresa, principalmente por faltas, pero este porcentaje no está considerado en la tabla anterior y no se considera significativo para el análisis realizado (<1.5%).

A continuación, se muestra el gráfico 11 que representa los motivos por los cuales los cargadores de despacho renunciaron al cargo (información entregada por el encargado de RRHH de la planta):

Gráfico 11: Motivo por el cual deja la empresa



Fuente: Elaboración propia

El gráfico anterior afirma que la alta rotación laboral que afecta a la empresa actualmente se debe al esfuerzo físico que ellos realizan. Muchos de los trabajadores que ingresan a la planta se retiran al poco tiempo de ser contratados.

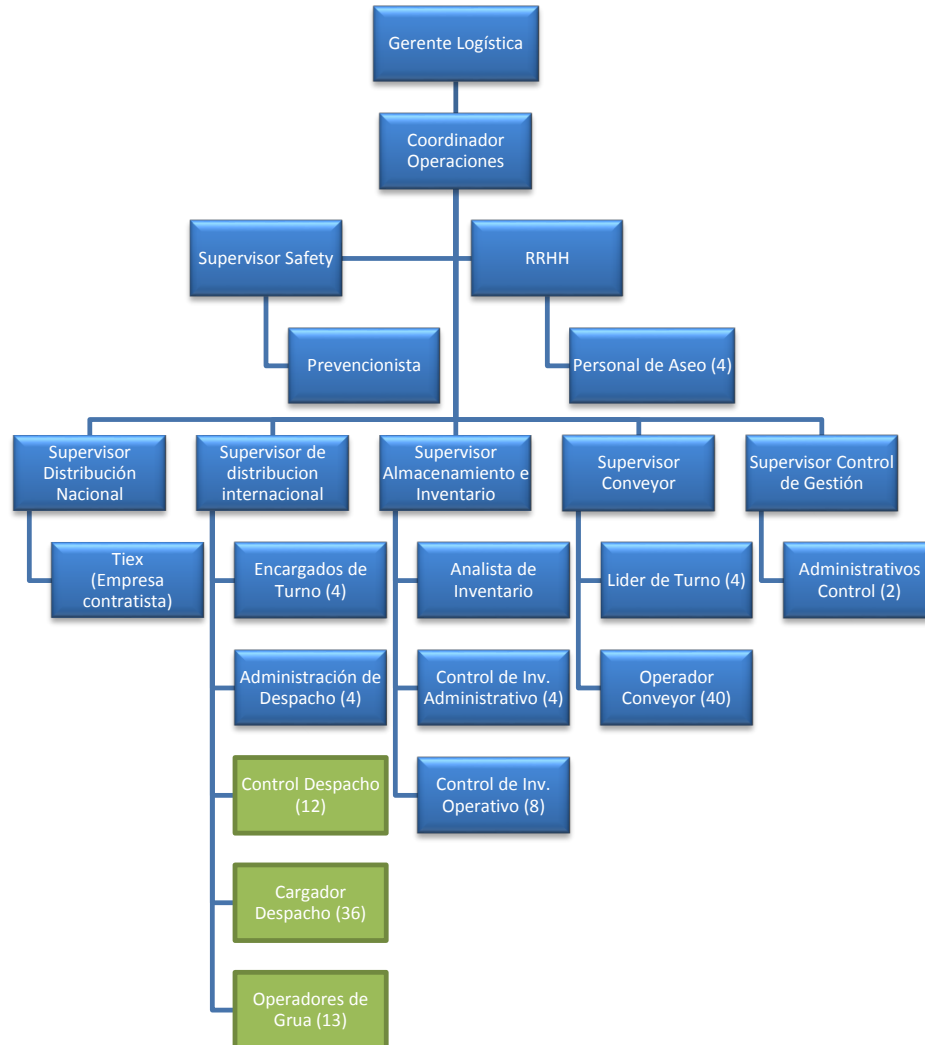
4.3. Localización del problema en el organigrama

Luego de analizar las problemáticas observadas en el proceso de estudio, es posible ubicar las diferentes causas en el organigrama.

La ilustración 4 muestra el organigrama de la empresa, en el cual se puede identificar las principales causales del problema en estudio.

La ilustración 25 muestra la parte del organigrama en donde se encuentran las problemáticas detectadas con anterioridad en el punto 4.2.

Ilustración 25: Problemática ubicada en el organigrama



Fuente: Elaboración propia

4.4. Toma de datos

Para la toma de datos se consideran las siguientes mediciones:

- Recolección: tiempo que demora el operador de grúa en recolectar el pedido asignado, recogiendo los racks almacenados en la bodega y posicionándolos en la zona de carga y descarga.

- Control despacho: es el tiempo que demora el control de despacho en verificar las condiciones del contenedor. Se observa si existen imperfecciones y si el contenedor cumple con las especificaciones técnicas. Este proceso se realiza en paralelo mientras el operador de grúa realiza la recolección de racks, por lo que no se considera en la medición del tiempo total del proceso.
- Carga de contenedor: tiempo que demoran los cargadores en llenar el contenedor.
- Sellado y respaldo: tiempo que demora realizar el respaldo fotográfico y posteriormente sellado de contenedor.
- Pesamático: tiempo en que demora el contenedor en pasar por la romana para el control de pesaje, y en caso de existir aforo se considera el tiempo que esta demora.
- Facturación: Tiempo que demoran los administrativos en facturar el pedido del camión, para que este pueda salir de la planta.

Para analizar el comportamiento de los datos es necesario tener en cuenta que dentro del centro de distribución está incorporada una estrategia de prioridades, esto es, que cuando llega una orden de compra, se le asigna una prioridad de acuerdo a la fecha en que se realiza y el stock disponible en la bodega.

Para esto existe un programa de exportaciones realizado por el área de despacho, que se encarga de revisar todas las órdenes de compra recibidas y realizar un programa diario dependiendo del stock que exista en la bodega de productos terminados (centro de distribución).

Luego de comprender la situación anteriormente mencionada, se procede al análisis del proceso de carga de contenedores. Para esto fue necesario recolectar los datos pertinentes, cronometrando los tiempos de los procesos realizados en la carga de contenedores, dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

- Tiempo de recolección: es el tiempo que demora el operador de grúa en recolectar el pedido de la orden de compra y posicionarlo en la zona de carga y descarga.
- Carga de contenedor: es el tiempo que demoran los cargadores y el control de despacho en cargar todos los neumáticos del pedido en el contenedor.
- Sellado: tiempo que demora el control de despacho en sellar el contenedor con los 5 sellos respectivos y realizar el respaldo fotográfico correspondiente.
- Pesamático: tiempo que demora el contenedor en pasar por la romana, en donde es pesado, para luego dar la aprobación respectiva de este. En el caso de ser rechazado se consideran los siguientes datos:
- Facturación: tiempo que demora el área de despacho en entregar la factura al camión con el contenedor cargado para que pueda realizar abandono de la planta.

La tabla 4 presenta un cuadro resumen de los datos cronometrados correspondiente a 210 muestras tomadas. Estas muestras fueron tomadas entre enero y mayo del año 2014 y el detalle de la toma de dato se puede revisar en el anexo IV.

Tabla 4: Resumen de toma de datos

Número Muestras	Recolección y carga contendor (min)	Sellado (min)	Pesamático (min)	Facturación (min)	Tiempo proceso (min)
210					
Media	132,92	4,57	16,07	22,27	175,83
Moda	137	5	21	24	172

Fuente: Elaboración propia

4.5. Indicadores del proceso

Todas las actividades se pueden medir con parámetros que, enfocados en la toma de decisiones, son alertas para monitorear de mejor manera la gestión, asegurándose que todas las actividades vayan en el sentido acertado y permita evaluar objetivos, metas y responsabilidades. Un indicador de gestión es una expresión cuantitativa del comportamiento

y desempeño de un proceso, cuya repercusión al ser comparada con un nivel de referencia, nos indica si se está produciendo alguna desviación sobre la cual se deberán tomar acciones correctivas o preventivas de acuerdo al caso.

A continuación, se muestran las tablas 5, 6 y 7, las cuales representan indicadores que tienen como finalidad medir el proceso, para poder tener conocimiento de la situación actual, aplicar herramientas que permitan controlar las actividades de carga de contenedores y poder cumplir con las metas especificadas.

Tabla 5: Indicador 1

Indicador 1	Tiempo de recolección y carga
Unidad de medida	Minutos
Frecuencia de análisis	Mensual
Fórmula de cálculo	Tiempo de demora de recolección de racks y carga de contenedores
Meta	Disminuir en un 20% el tiempo de recolección

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Indicador 2

Indicador 2	Aforos
Unidad de medida	Porcentual (%)
Frecuencia de análisis	Mensual
Fórmula de cálculo	$Aforos = \frac{\text{Contenedores cargados erróneamente}}{\text{Contenedores cargados}} \times 100$
Meta	<1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Cálculo KPI's situación actual

KPI	Cálculo	Meta	Cumple
Aforo	$\frac{23}{210} \times 100 = 10,95\%$	≤1%	No
Cumplimiento Recolección y Carga	132,92 min	106 min	No
Cumplimiento Sellado	4,57 min	5 min	Si
Cumplimiento Pesamático	16,07 min	20 min	Si
Cumplimiento Facturación	22,27 min	25 min	Si

Fuente: Elaboración propia

4.6. Simulación de la situación actual en Arena

4.6.1. Simulación de la situación actual en Arena

La simulación es una herramienta que permite el análisis de la situación de cualquier tipo de sistema. Con el fin de tener una visión global del proceso de carga de contenedores de exportación y poder experimentar distintos escenarios, es que se utiliza la simulación y el software Arena. A continuación, se presentan las etapas para realizar el modelo de la situación actual.

4.6.1.1. Modelo conceptual

Para poder realizar la simulación del sistema actual es necesario generar primero el modelo conceptual. A continuación, se presenta el desarrollo de este modelo.

4.6.1.1.1. Objetivo del modelo

El principal objetivo de la simulación realizada es obtener un modelo validado del sistema real que ha sido estudiado en este trabajo, para de esta forma permitir un mayor análisis de la situación actual de la empresa y tener la facilidad de someter el modelo a un escenario posible para saber cuál será el comportamiento del mismo ante un cambio, con el fin de mejorar el proceso.

De esta forma se espera poder experimentar con el modelo para simular un escenario que represente mayores beneficios para la empresa. Así se podrá presentar una simulación del comportamiento del sistema con la propuesta de mejora implantada.

4.6.1.1.2. Supuestos y limitaciones del sistema

Todo proyecto de simulación necesita establecer sus limitaciones o restricciones y los supuestos en lo que se basa. Es importante delimitar lo que se pretende hacer para establecer el alcance del proyecto, lo que se presenta como limitaciones. Los supuestos establecen las condiciones en que se basa y se realiza la simulación. Las

limitaciones son todos aquellos elementos que restringen la actividad, y en este caso, al modelo del mismo. Estas limitaciones pueden ser de tipo: tiempo de ejecución del proyecto, presupuestos, equipos, materiales, máquinas, recursos humanos, entre otros.

Una suposición corresponde a las cosas que se consideran ciertas sin ser probadas. Son premisas en las que se basan los razonamientos lógicos.

La primera limitación que se debe realizar para el modelo es que sólo se realizará para el proyecto estudiado, es decir, para el proceso de carga de contenedores de exportación, en la Planta Goodyear Chile S.A.I.C.

Por lo tanto, como limitaciones del modelo se consideran la cantidad de operadores con las que se realiza la simulación, la cantidad de maquinaria, el número de andenes y las horas trabajadas.

- Máquinas: Las máquinas utilizadas para el proceso de carga de contenedores de exportación son las grúas horquillas utilizadas para trasladar los racks con neumáticos de una zona a otra.
- Operadores: Los operadores son todas aquellas personas que se dedican a realizar la carga de contenedores de la empresa. Para este caso se considera una cuadrilla de trabajo, que está compuesta por 1 control de despacho, 1 operador de grúa y 2 cargadores. Además, se consideran las personas encargadas de realizar las labores de sellado del contenedor, el encargado de pesaje y la persona encargada del proceso de facturación.
- Materiales: Los materiales se refieren a los neumáticos ubicados en los racks, que son cagados en el proceso de exportación de contenedores.
- Como supuestos se tiene que los operadores involucrados en el proceso de carga de contenedores de exportación trabajan de lunes a domingo, las 24 horas el día, en turnos rotativos de 6x2. El centro de distribución, al igual que la planta, funcionan al mismo horario. Para efectos de la simulación en concreto, se va a considerar una cuadrilla de trabajo para un turno de 8 horas. Además, se considera que el proceso de recolección de

racks y el de carga de contenedores es un proceso compuesto, esto quiere decir que a medida que van llegando los racks, el contenedor se comienza a cargar, y no se debe esperar que termine un proceso para comenzar con el otro. Lo mismo pasa en el caso en el control de despacho, el proceso no se considera como parte de la simulación, ya que se realiza en paralelo con el proceso de recolección y no afecta el tiempo total del proceso, ni al personal dedicado a las funciones de carga. Sin embargo, se incluye en la simulación como el paso de neumáticos, donde se controla la calidad del producto y del contenedor para tener el registro.

- Se supone que el funcionamiento del resto de la planta se mantiene constante, ya que este trabajo solo afectará al proyecto estudiado.
- Por último, se realiza un modelo en el software arena de la situación actual de todo el comportamiento del centro de distribución, desde la llegada de los de los racks a la zona de carga, hasta que estos son exportados, adjunto en el Anexo V.

4.6.1.1.3. Representación formal del modelo conceptual

Posteriormente, es posible identificar los fundamentos de la simulación, los que se presentan a continuación.

4.6.1.1.3.1. Modelo del sistema

Se establece como modelo al proceso de carga de contenedores de exportación dentro de la Planta Goodyear Chile S.A.I.C., excluyendo todos los otros procesos que realiza la empresa.

4.6.1.1.3.2. Entidades del sistema

La entidad que se identifica en este proceso es la cantidad de racks con neumáticos que ingresan para ser cargados en un contenedor. En la realidad, cada contenedor es cargado aproximadamente con 730 neumáticos, lo que se asemeja a una carga de 27 racks que contiene 27 neumáticos cada uno.

4.6.1.1.3.3. Procesos del sistema

Se determinan los procesos del sistema obteniendo los siguientes procesos:

- Proceso de llegada de racks donde se da inicio al proceso, en el cual se trasladan los racks desde la bodega hasta la zona de carga y descarga.
- Proceso de paso de neumáticos, en el que se revisa si el contenedor se encuentra en condiciones óptimas para poder ser cargado. Dichas condiciones se definieron anteriormente. Además, se revisan los neumáticos que van a ingresar al contenedor.
- Proceso de carga de contenedores, en donde se almacenan los neumáticos en el contenedor para ser exportados.
- Proceso de sellado contenedor, en donde se sella el contenedor para posteriormente pasar al control de peso.
- Proceso de pesamático, en donde el contenedor es pesado y según lo que indique este proceso, se procede a la facturación del contenedor o bien al proceso de aforo si este es rechazado.
- Proceso de aforo, que ocurre cuando el contenedor está mal cargado y debe descargarse completamente.
- Proceso de facturación, en donde se factura el contenedor para poder salir de la planta.

4.6.1.1.3.4. Datos para el modelo

Los datos de entrada del modelo fueron obtenidos en el ejercicio de la carga de contenedores de la empresa Goodyear Chile, sin embargo, es necesario depurar los datos con el fin de obtener la información necesaria para el modelo en el software Arena. Estos datos fueron principalmente los tiempos de proceso (anexo IV) los cuales fueron tomados entre enero y junio del año 2014.

4.6.1.1.3.4.1. Distribuciones de probabilidad de los procesos

En el proceso, los tiempos de una etapa varían de acuerdo a las condiciones que se presentan en el momento en que se ejecuta la acción. Para estos casos, se puede utilizar la herramienta Input Analyzer, que se distribuye junto con Arena.

“El entorno de simulación Arena proporciona las capacidades necesarias para realizar la selección de la distribución y el ajuste de los datos, facilitando que las distribuciones ajustadas (teóricas o empíricas, continuas o discretas), puedan ser usadas directamente en el modelo. El modelado de las entradas aleatorias se realiza siguiendo los cuatro siguientes pasos¹⁵”:

- Crear un fichero de texto que contenga las observaciones experimentales.
- Ajustar una o más distribuciones a los datos.
- Seleccionar qué distribución desea usarse.
- Copiar expresión generada por Input Analyzer en el campo apropiado del modelo en Arena.

Finalmente genera una distribución de probabilidad que se ajusta a los datos ingresados.

A continuación, se presenta la tabla 8, la cual muestra los procesos del sistema de carga de contenedores de exportación con sus respectivas distribuciones, medidas en minutos. Solo se incluyen los procesos de recolección y carga de contenedor, sellado, pesamático y facturación, ya que, de acuerdo con la simulación, los tiempos de demora de los demás procesos se van formando por las condiciones involucradas en el sistema:

¹⁵ Alfonso Urquía Moraleda, Carla Martín Villalba, Modelado y Simulación de eventos discretos. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid 2013. Cap. 4

Tabla 8: Módulos del modelo y descripción

Proceso	Distribución
Recolección y carga contenedor	UNIF (120, 146)
Sellado de contenedor	$0.09 + 0.019 * \text{BETA} (1.51, 2.11)$
Pesamático	$0.37 + 0.45 * \text{BETA} (1.35, 1.31)$
Facturación	NORM (0.825, 0.124)

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo III se presentan los gráficos de cada proceso con la distribución arrojada por Input Analyzer.

4.6.1.1.3.5. Patrones esperados del comportamiento del modelo

Para el modelo descrito se espera que existan aforos en el proceso de carga de contenedores de exportación.

Se espera que la simulación entregue la cantidad de aforos estimados en el proceso, los cuales se sabe son aproximadamente el 11% de la cantidad de cargas realizadas.

Además, se debe cargar la cantidad de contenedores por turno, correspondiente a una cuadrilla de trabajo. La simulación debe arrojar un promedio de 4 contenedores cada 8 horas, incluyendo los aforos generados.

4.6.1.1.3.6. Cálculo del número óptimo de simulaciones

Para encontrar resultados confiables de la simulación, es necesario considerar el número de corridas de la simulación, ya que es un factor que afecta en forma directa los resultados de la misma. Al realizar una corrida de simulación, los resultados promedios de las variables presentan un periodo de estabilidad, que conforme transcurre el tiempo tienden a un estado estable. En este punto los valores de las variables representan una respuesta confiable.

Existen diversas formas para lograr la estabilización de un modelo de simulación. Una de las más usuales es determinar en qué momento se ha llegado a un estado estable en función de los resultados obtenidos.

Para calcular el número óptimo de corridas de simulación, cuando los estimadores no siguen una distribución normal, se debe usar el teorema de Tchebycheff, lo que se presenta en la ecuación 7.

$$n = \frac{m^2}{\alpha}$$

Ecuación 7: Teorema de Tchebycheff.

Dónde:

- α = Probabilidad de error
- $\frac{1}{m}$ = Número de desviaciones estándar máximo permitido sobre la media de la distribución a simular.

Debido a lo anteriormente explicado es que se calcula el número de corridas del modelo, también llamadas réplicas, de manera que los resultados obtenidos presenten la confiabilidad deseada.

Para el modelo realizado, la cantidad óptima de corridas corresponde al cálculo de la ecuación 8, donde el valor de las desviaciones estándar máximo permitido es igual a 6 y una probabilidad de error del 3,4%. Finalmente, el número óptimo de corridas corresponden a 1059.

$$n = \frac{6^2}{3,4\%} = 1059 \text{ corridas}$$

Ecuación 8: Cálculo del número óptimo de simulaciones

4.6.1.2. Modelo computacional

Posterior al modelo conceptual, es posible realizar el modelo computacional del sistema. A continuación, se presenta el desarrollo de este modelo.

4.6.1.2.1. Estructura del modelo de simulación

De acuerdo al modelo conceptual planteado anteriormente, se presenta el Anexo V que muestra el modelo computacional propuesto para el software Arena.

4.6.1.2.2. Datos de entrada

Los datos de entrada que se deben ingresar al modelo son los que se mencionaron anteriormente en el punto 4.6.1.1.3.4.1.

En el modelo computacional se deben introducir cada una de estas distribuciones a los respectivos módulos de procesos.

4.6.1.2.3. Descripción de módulos

Con el análisis y la identificación de los módulos realizado en el modelo conceptual de la simulación, es posible realizar la siguiente tabla con el fin de organizar los datos que se utilizarán en el modelo computacional. Es por esto que se presenta a continuación la tabla 9, con los módulos de datos del modelo.

Tabla 9: Módulos del modelo y descripción

Módulos	Descripción
Create	Este módulo representa el inicio del sistema, el cual se identifica como "Llegada de racks y Carga". Este proceso es constante, teniendo un máximo de infinitas llegadas, compuestas de 27 unidades por llegada que representan los racks necesarios para llenar un contenedor. Cabe destacar que cada rack contiene un aproximado de 27 neumáticos, lo que, haciendo un cálculo simple, un contenedor se carga con un promedio de 730 neumáticos. A su vez se obtiene la distribución de este proceso de acuerdo al tiempo que demora la recolección de racks junto al tiempo de carga del contenedor. La distribución es uniforme y es de la siguiente forma: UNIF (120, 146).
Dispose	Módulo que representa el término del proceso de exportación de contenedores. Se representa como "Llegada a destino" O "Aforo en el caso de que el contenedor salga rechazado.
Process	Los procesos estándar representan los procesos del sistema real, a continuación, se presentan los procesos estándar del sistema con sus respectivas distribuciones (punto 4.6.1.1.3.4, datos para el modelo). <ul style="list-style-type: none"> ○ Sellado de contenedor: $0.09 + 0.019 * BETA(1.51, 2.11)$ ○ Pesamático: $0.37 + 0.45 * BETA(1.35, 1.31)$ ○ Facturación: $NORM(0.825, 0.124)$
Decide	Los instantes de decisiones dependen si en el proceso de carga de contenedores existe o no aforo (error en la carga), identificándose como ¿Peso correcto? Cabe mencionar que, según los datos recolectados del año 2014, aproximadamente el 11% de las cargas de contenedor son aforos.
Assign	Este módulo se utilizará en el modelo para representar la figura de la entidad, en este caso, de los racks y camiones de transporte de contenedor.
Record	Las estadísticas que se registrarán serán los números de aforos, racks que circulan y contenedores correctamente cargados.
Resource	Son los mencionados anteriormente en recursos del sistema. Cabe destacar que tienen una capacidad fija. Para este caso, se tiene como recurso a la persona encargada de sellar y pesar el contenedor, además de un facturador.
Schedule	El centro de distribución funciona en turnos de 8 horas todos los días.
Batch	Este módulo se utiliza para juntas todos los racks que llegan al centro de distribución y agruparlos en el contendor.
Delay	Módulo del panel avanzado que en este caso se usará con el propósito de representar el transporte de un lugar a otro, con su respectiva distribución.

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Verificación y conclusión del modelo

Para demostrar que el modelo es una representación concordante con el sistema estudiado, es necesario realizar la simulación en la herramienta Arena y alimentarlo con los datos establecidos en el modelo conceptual.

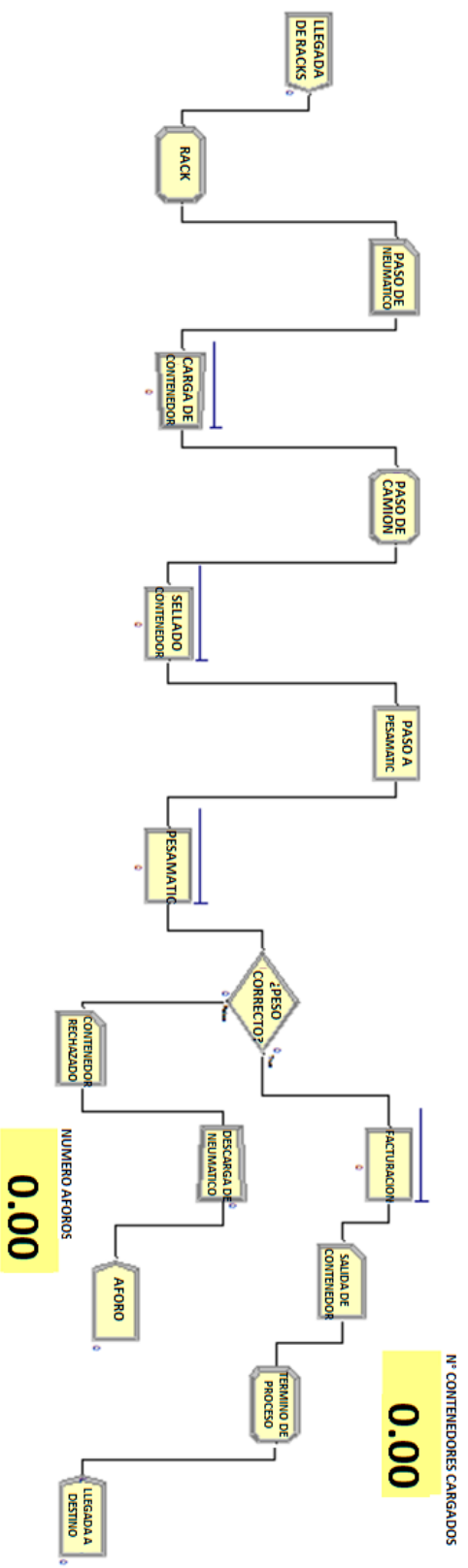
Es así como en el modelo computacional se agregaron las entidades identificadas como racks, donde se consideran 27 para poder cargar un contenedor. Cada rack posee 27 neumáticos y de acuerdo con esto podemos desprender que, para llenar un contenedor, se necesitan 730 neumáticos aproximadamente. Sin embargo, este número es variable. Además, todos los procesos incluidos en el modelo conceptual se encuentran incluidos en el computacional, de manera que representan al sistema real.

Por último, se ingresaron las variables y los atributos mencionados en el modelo conceptual al modelo computacional.

Finalmente, al generar esta simulación con la inclusión de las distribuciones obtenidas luego del análisis de los datos, se verifica que el modelo concuerda con la realidad, puesto que el programa las acepta y se ejecuta de manera correcta.

Para validar la simulación realizada, es necesario observar que sea una representación fiel del sistema estudiado. Esto se realiza a través del desarrollo del modelo computacional y el análisis de los resultados de éste. La ilustración 26 muestra el modelo en estudio:

Ilustración 26: Modelo computacional de estudio



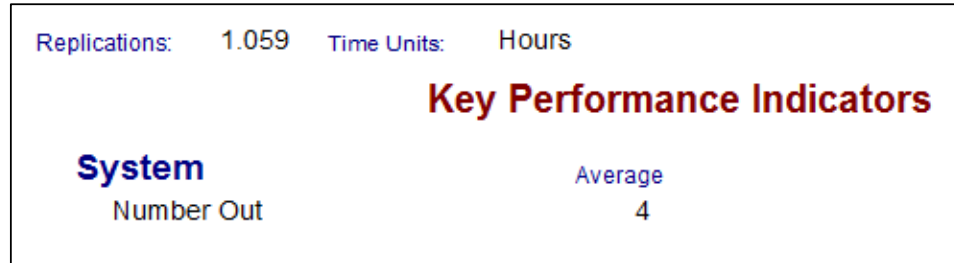
Fuente: Software Arena

Cabe destacar que en este caso se estima un porcentaje de error aceptable de $\pm 5\%$ en los indicadores del modelo y que se realizaron 1059 réplicas de este.

De los informes obtenidos de la simulación realizada en Arena se tiene que:

Se hicieron 1059 réplicas de la simulación, donde la unidad de medida del proceso está en horas, que corresponde a las ocho horas por turno de trabajo. El indicador Number Out se refiere a la cantidad de contenedores cargados durante un turno y se muestra en la ilustración 27. El promedio de este es de 4 contenedores.

Ilustración 27: Indicador Number Out – Informe software Arena



Fuente: Informe Simulación Arena

Al ser un proceso en donde debe acabar una etapa para posteriormente pasar a la otra, no se genera tiempos de espera, a su vez cada proceso de carga es independiente, por lo que no hay generación de colas. En el caso de que exista un aforo y llega otro contenedor para ser cargado, siempre habrá una cuadrilla disponible para realizar dicha labor. La ilustración 28, muestra la información que se menciona:

Ilustración 28: Informe simulación software Arena

Queue						
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Carga de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Facturacion.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesamatic.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other						
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Carga de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	27.0000
Facturacion.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesamatic.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Informe Simulación Arena

La ilustración 29, muestra la utilización de los recursos disponibles en el proceso. No se consideran los cargadores de los contenedores porque para la realización del proceso de carga de contenedores, se debe contar siempre en un 100% de ellos. Se desprende de la información que cada vez que se cargó un contenedor se utilizó un sellador y un encargado de pesaje, sin embargo, el facturador se utilizó casi en un 90% de las oportunidades, esto se debe, a que cada vez que se generó un aforo, el contenedor no pasó por el proceso de facturación.

Ilustración 29: Utilización de los recursos disponibles en el proceso

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Encargado de Pesaje	4.0000	0,00	4.0000	4.0000
Facturador	3.5930	0,04	0.00	4.0000
Sellador	4.0000	0,00	4.0000	4.0000



Fuente: Informe Simulación Arena

La ilustración 30 tiene que ver con el contador de acontecimientos que iban ocurriendo dentro del proceso. Se puede observar que hay tres eventos que considera este proceso: contenedor erróneo, que corresponde a los aforos producidos durante las réplicas, contenedores correctos, que son los contenedores que pasaron por el proceso de facturación sin problemas y llegaron a destino y los racks circulando, que tiene relación con los racks que circularon durante el turno. Se aprecia que hay un promedio de 0,4070 contenedores erróneos, lo que en porcentaje equivale a un poco más del 10% del total de contenedores cargados. Para el caso de los contenedores correctos, equivalen a casi el 90% de los contenedores que estuvieron en el proceso. Los racks circulando hacen un total de 108,

y hace relación a los 27 racks que se necesitan por contenedor multiplicado por los 4 contenedores que se cargan por turno.

Ilustración 30: Contador de acontecimientos

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Contenedor Erroneo	0.4070	< 0,04	0.00	4.0000
Contenedores Correctos	3.5930	< 0,04	0.00	4.0000
Racks Circulando	108.00	< 0,00	108.00	108.00



Fuente: Informe Simulación Arena

Con esto se tiene que el proceso está validado debido a su proximidad con la realidad del sistema estudiado. Además, se tiene que los patrones de comportamiento esperados del modelo se cumplen, ya que hubo generación de diversos aforos en el proceso.

En el Anexo VI se presentan los informes obtenidos de la simulación en Arena para la situación actual.

4.7.1. Conclusiones generales del proceso

Luego de realizar la simulación de la situación actual de la empresa, se desprende lo siguiente:

- La descripción y el estudio de la situación actual del proceso de carga de contenedores de exportación es fundamental, ya que ayuda a comprender los procesos realizados,

para qué se utiliza cada recurso y conocer las actividades que realiza cada trabajador en el área. A su vez, permite identificar problemáticas que afectan el normal funcionamiento de la organización y brinda la posibilidad de proponer cambios que generen mejoras al proceso actual.

- El proceso presenta ciertas actividades, donde no existe el control necesario y no están las condiciones adecuadas para que la labor se realice satisfactoriamente. Esto produce problemas generadores de pérdidas económicas y atrasos en las entregas que afectan también a los trabajadores que deben tener una carga extra de trabajo.
- El problema principal se relaciona con los aforos que representan el 10,95% del total de contenedores cargados. También existe desorden a nivel de inventario, ya que los neumáticos almacenados no siempre corresponden a lo que está establecido por sistema. En el momento en que los neumáticos comienzan a ser cargados, la revisión no se realiza de manera adecuada, lo que conlleva a hacer un reproceso producto del aforo generado y la carga laboral aumenta.
- La generación de soluciones para los problemas, se enfocan en disminuir la cantidad de aforos hasta el mínimo, tomando en cuenta dos factores fundamentales:
 - Control de inventario.
 - Revisión del producto de entrega.

Una vez que se controlen estos factores, se soluciona un tercer elemento importante del proceso: la carga extra de trabajo, debido a que, controlando los aforos, no se producirá un reproceso. Se espera proponer mejoras que impacten positivamente, eliminando la generación de costos producto de atrasos en las entregas producidas por aforos.

El proceso de simulación de la situación actual se realiza de manera que muestre el proceso de carga de contenedores en el presente y exponga en los informes el porcentaje de aforos relacionado al proceso de acuerdo con los datos entregados en las tablas con la representación de aforos por mes. De esta manera, una vez que se simule la situación donde se aborden los factores fundamentales antes mencionados, se puede hacer una

comparación de ambas simulaciones, indicando las variaciones en el tiempo de proceso y la diferencia entre los aforos que se generan en los informes, de esta manera, así es como se diferencia la simulación de la situación actual con el escenario propuesto.

5. Propuesta de mejora

5.1. Factores del problema

De acuerdo con las herramientas utilizadas para detectar las problemáticas presentes en el proceso, se obtienen los factores de error de carga más importantes, los cuales son:

- Factor 1: Diferencia entre inventario sistémico y real.
- Factor 2: Errores por sistema de carguío manual.

Para las propuestas de mejora, se debe establecer metas que permitan tener una referencia sobre el proceso, donde se comparará el resultado obtenido entre el trabajo que se ejecuta en el presente y el que se pretende implementar. En el caso de los aforos, la meta es reducirlos hasta que sean menores del 1% (respecto del valor de sigma), Además, se espera reducir los tiempos de proceso de carga de contenedor, ya que las mejoras apuntan a mejorar las condiciones laborales para los trabajadores. La reducción se espera que sea del 20%, considerando el proceso de recolección y carga de contenedor.

5.1.1. Plan resumido de mejoras

Las mejoras que se plantean a realizar son las siguientes:

✓ Control de inventario utilizando la herramienta ABC. Se determina cuáles son los elementos dentro de la bodega que tienen más importancia en relación al precio/demanda y se agrupan en secciones, dejando los de mayor valor agregado, cercanas a la zona de carga de contenedores. Se asigna una ubicación específica para cada rack dentro de la bodega, dependiendo el tipo de neumático y se realiza diariamente el control de todos los racks para actualizar el stock sistémico.

✓ Posteriormente, se implementa un sistema en la zona de carga que consta de una cinta transportadora con un lector de códigos de barra en la parte superior de esta. Este mecanismo cumple con la función de trasladar el neumático desde que se descarga del rack, hasta la entrada del contenedor. En el trayecto, el producto es revisado y al

pasar por el lector, se determina si corresponde a la guía de despacho que se ingresa al sistema y se descuenta automáticamente del inventario sistémico. Una vez que cumple con las condiciones de estar acorde a la guía y no presentar fallas, llega al final de la cinta para ser ubicado dentro del contenedor.

✓ De forma paralela se capacita a los trabajadores indicando las nuevas funciones que debe realizar cada cuadrilla, donde todos los trabajadores requieren tener la capacidad para realizar todas las actividades, incluyendo las del encargado de conducir la grúa horquilla. Las nuevas labores son:

- Ubicar rack desde la bodega a la zona de carga
- Descarga de neumático desde el rack hacia la cinta.
- Revisión de neumático y verificar que esté acorde a guía de despacho.
- Posicionar neumático en el contenedor.

✓ Finalmente se aplica el concepto de las 5s, explicando de esta manera los pasos a seguir en el proceso de implementación de cintas transportadoras con lector de código y la influencia en cada nueva acción a realizar.

5.1.2. Procedimientos para solucionar los factores del problema

Al identificar los factores con sus respectivas metas, se genera la posibilidad de producir métodos de tratamiento, que tienen la misión de corregir y mejorar el proceso. A continuación, se presentan los procedimientos para solucionar cada factor.

5.1.2.1. Tratamiento para corregir el factor 1: Control de inventario

Un elemento importante para analizar y controlar un inventario es determinar cuáles son los artículos que representan la mayor parte del valor, esto quiere decir, cuáles son los neumáticos que más valor agregan al inventario desde el punto de vista monetario.

Estos elementos no representan necesariamente, el que tiene el mayor precio unitario, ni los que se demandan en mayor proporción, sino aquellos en donde sus valorizaciones (precio unitario por demanda), constituyen porcentajes elevados dentro del valor del inventario total. Generalmente sucede que el 20% del total de los artículos, representan el 80% del valor del inventario, mientras que el 80% restante de artículos, representan el 20% del valor del inventario total.

La herramienta ABC, permite graficar esta relación e identificar cuáles son los artículos que tienen mayor valor, y de esta forma se pueden optimizar los recursos de inventario y tomar decisiones de manera más eficiente.

De acuerdo con el método, se puede identificar distintas clases, donde cada una de ellas representa una prioridad dentro del inventario. Generalmente se identifican tres clases, aunque no necesariamente se da de esa manera, ya que puede haber las clases que sean necesarias dependiendo la cantidad de artículos existentes en inventario. Los artículos se clasifican en:

- Artículos A: Los más importantes a los efectos del control.
- Artículos B: Aquellos artículos de importancia secundaria.
- Artículos C: Los de importancia reducida.

Los factores más importantes son los dos extremos: unos pocos artículos significativos y un gran número de artículos de relativa importancia. Esta herramienta ha demostrado ser muy útil y sencilla de aplicar en la gestión empresarial. Permite concentrar la atención y esfuerzos sobre las causas más importantes de lo que se quiere controlar y mejorar.

Para el caso de Goodyear, se pretende determinar cuáles son los artículos más importantes para controlarlos de manera rigurosa y también para establecer una ubicación específica dentro de la bodega, con el fin de tener acceso de manera más sencilla y rápida a los neumáticos más demandados.

Se debe determinar la participación monetaria de cada neumático en el valor total del inventario. Para ello se construye la tabla 10, 11 y 12 en base a la siguiente información:

- Columna 1: Corresponde al neumático
- Columna 2: Los porcentajes de participación de cada neumático en la cantidad total de artículos existentes en inventario.
- Columna 3: Representa la valorización de cada neumático. Se multiplica el precio unitario por el consumo.
- Columna 4: Muestra el porcentaje que representa cada una de las valorizaciones en el valor total del inventario.

Tabla 10: Paso N°1 para la construcción del gráfico ABC (Parte 1)

Modelo	Participación (%)	Valorización (CLP)	Valorización (%)
Assurance Triplefred 195 60 R15	2,381%	10.420.128.295	0,975%
Assurance Triplefred 195 65 R15	2,481%	10.859.531.296	1,016%
Assurance Triplefred 205 55 R16	1,778%	29.837.556.122	2,792%
Assurance Triplefred 205 60 R15	1,879%	32.365.330.526	3,028%
Assurance Triplefred 205 60 R16	2,395%	40.318.846.740	3,772%
Assurance Triplefred 205 65 R15	1,563%	9.210.562.893	0,862%
Assurance Triplefred 215 60 R16	1,219%	27.225.281.142	2,547%
Assurance Triplefred 215 60 R17	1,076%	32.955.225.030	3,083%
Assurance Triplefred 215 65 R16	1,004%	26.645.848.614	2,493%
Assurance Triplefred 215 70 R15	0,889%	4.091.437.462	0,383%
Assurance Triplefred 225 60 R16	1,004%	5.802.372.954	0,543%
Eagle Excellence 175 65 R14	1,262%	5.523.923.434	0,517%
Eagle Excellence 185 60 R15	2,366%	65.065.444.290	6,088%
Eagle Excellence 185 65 R15	1,477%	21.800.344.099	2,040%
Eagle Excellence 205 55 R16	1,248%	5.461.151.576	0,511%
Eagle Excellence 205 65 R15	1,477%	21.800.344.099	2,040%
Eagle Excellence 215 60 R17	1,491%	6.528.273.149	0,611%
Eagle F1 Asymmetric 225 40 R18		41.012.556.239	3,837%
	2,381%		
Eagle F1 Asymmetric 235 40 R16	2,467%	35.297.098.164	3,303%
Eagle F1 Asymmetric 235 45 R17	1,420%	21.511.432.602	2,013%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Paso N°1 para la construcción del gráfico ABC (Parte 2)

Modelo	Participación (%)	Valorización (CLP)	Valorización (%)
Eagle F1 GSD3 195 55 R15	2,510%	10.985.075.010	1,028%
Eagle F1 GSD3 205 45 R16	2,510%	10.985.075.010	1,028%
Eagle F1 GSD3 205 50 R16	2,122%	9.290.234.866	0,869%
Eagle F1 GSD3 205 55 R16	2,452%	10.733.987.581	1,004%
Eagle F1 GSD3 215 40 R17	0,832%	23.104.872.054	2,162%
Eagle F1 GSD3 225 45 R17	0,918%	27.349.215.322	2,559%
Eagle F1 GSD3 225 50 R16	0,889%	3.891.855.146	0,364%
Eagle F1 GSD3 225 55 R16	1,248%	39.908.415.366	3,734%
Eagle F1 GSD3 225 55 R17	1,033%	20.743.684.502	1,941%
Eagle GT 205 70 R15	1,233%	39.449.697.948	3,691%
Eagle GT 195 55 R15	1,491%	6.528.273.149	0,611%
Eagle GT 195 60 R15	1,477%	21.468.779.930	2,009%
Eagle GT 195 65 R15	1,104%	4.833.433.004	0,452%
Eagle GT 205 50 R16	2,510%	10.985.075.010	1,028%
Eagle GT 205 55 R16	2,524%	11.614.403.117	1,087%
Eagle GT 205 60 R15	2,510%	10.985.075.010	1,028%
Eagle GT 205 60 R16	2,524%	11.047.846.867	1,034%
Eagle GT 205 65 R15	2,524%	11.047.846.867	1,034%
Eagle GT 215 45 R17	1,477%	24.618.639.533	2,303%
Eagle GT 215 50 R17	0,832%	3.640.767.718	0,341%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Paso N°1 para la construcción del gráfico ABC (Parte 3)

Modelo	Participación (%)	Valorización (CLP)	Valorización (%)
Eagle GT 215 55 R17	1,190%	5.477.246.924	0,512%
Eagle GT 215 60 R16	1,463%	23.969.192.242	2,243%
Eagle GT 225 40 R18	0,645%	2.969.591.706	0,278%
Eagle GT 225 45 R17	1,491%	6.528.273.149	0,611%
Eagle GT 225 50 R16	1,119%	4.896.204.862	0,458%
Eagle GT 225 50 R17	1,248%	5.461.151.576	0,511%
Eagle GT 225 55 R16	1,348%	7.791.757.967	0,729%
Eagle GT 225 55 R17	1,233%	30.313.978.423	2,836%
Eagle GT 225 60 R16	1,076%	20.823.356.475	1,948%
Eagle GT 235 45 R17	2,495%	52.651.102.378	4,926%
Eagle GT 235 55 R17	1,549%	9.126.062.316	0,854%
Eagle GT 235 60 R18	1,033%	26.538.009.782	2,483%
Eagle GT 245 35 R20	2,381%	40.344.599.297	3,775%
Eagle GT 245 40 R18	1,176%	6.797.065.460	0,636%
Eagle GT 245 45 R18	1,549%	9.039.147.437	0,846%
Eagle GT 246 40 R17	1,147%	5.279.274.144	0,494%

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se deben reordenar las columnas 1 y 4, tomando las participaciones de cada neumático en sentido decreciente, lo que dará origen a la tabla 13, 14 y 15:

- Columna 1: Corresponde al neumático
- Columna 2: Los porcentajes de participación de cada neumático en la cantidad total de artículos existentes en inventario.
- Columna 3: Los porcentajes de participación acumulada.
- Columna 4: Muestra el porcentaje que representa cada una de las valorizaciones en el valor total del inventario, ordenados de mayor a menor.

- Columna 5: Los porcentajes de valorización acumulada.

Tabla 13: Paso N°2 para la construcción del gráfico ABC (Parte 1)

Modelo	Participación (%)	Valorización (%)	Participación acum. (%)	Valorización acum. (%)
Fortera Comfortred 255 75 R15	2,366%	6,088%	2,366%	6,088%
Wrangler MT/R Kevlar 255 75 R17	2,495%	4,926%	4,862%	11,014%
Fortera Tripletred 275 60 R17	2,381%	3,837%	7,242%	14,852%
Fortera Tripletred 235 65 R18	2,381%	3,775%	9,623%	18,627%
Eagle GT 235 45 R17	2,395%	3,772%	12,018%	22,399%
Eagle GT 275 55 R20	1,248%	3,734%	13,265%	26,133%
Wrangler AT/S 265 75 R16	1,233%	3,691%	14,499%	29,824%
Wrangler MT/R Kevlar 315 35 R17	2,467%	3,303%	16,965%	33,127%
Wrangler MT/R Kevlar 295 50 R15	1,879%	3,028%	19,920%	39,239%
Eagle LS2 255 55 R18	1,233%	2,836%	21,153%	42,075%
Eagle GT 235 60 R18	1,778%	2,792%	22,931%	44,867%
Fortera Comfortred 255 70 R16	0,918%	2,559%	23,849%	47,426%
Wrangler HP 255 55 R18	1,219%	2,547%	25,068%	49,973%
Eagle GT 225 40 R18	1,004%	2,493%	26,072%	52,466%
Eagle GT 235 55 R17	1,033%	2,483%	27,105%	54,949%
Fortera Tripletred 265 65 R17	1,477%	2,303%	28,582%	57,253%
Eagle F1 Asymmetric 225 40 R18	1,463%	2,243%	30,044%	59,496%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Paso N°2 para la construcción del gráfico ABC (Parte 2)

Modelo	Participación (%)	Valorización (%)	Participación acum. (%)	Valorización acum. (%)
Fortera Tripletred 215 70 R16	1,477%	2,040%	32,353%	63,697%
Eagle GT 245 45 R18	1,477%	2,040%	33,830%	65,737%
Wrangler HP 255 65 R17	1,420%	2,013%	35,250%	67,750%
Wrangler MT/R Kevlar 285 70 R17	1,477%	2,009%	36,727%	69,759%
Wrangler AT/S 265 70 R15	1,076%	1,948%	37,803%	71,707%
Wrangler MT/R Kevlar 245 70 R17	1,033%	1,941%	38,836%	73,648%
Fortera Comfortred 235 70 R16	2,524%	1,087%	41,360%	74,735%
Eagle GT 245 40 R18	2,495%	1,074%	43,855%	75,809%
Eagle F1 Asymmetric 235 40 R16	2,524%	1,034%	46,379%	76,843%
Eagle GT 225 60 R16	2,524%	1,034%	48,903%	77,876%
Fortera Tripletred 235 60 R17	2,510%	1,028%	51,413%	78,904%
Eagle F1 Asymmetric 235 45 R17	2,510%	1,028%	53,922%	79,932%
Fortera Tripletred 225 65 R17	2,510%	1,028%	56,432%	80,960%
Eagle GT 245 35 R20	2,510%	1,028%	58,942%	81,988%
Eagle Excellence 235 60 R16	2,510%	1,028%	61,451%	83,015%
Wrangler HP 255 55 R19	2,495%	1,022%	63,947%	84,037%
Wrangler F1 255 60 R17	2,481%	1,016%	66,428%	85,054%
Wrangler HP 255 60 R18	2,452%	1,004%	68,880%	86,058%
Wrangler Adventure 255 75 R15	2,381%	0,975%	71,261%	87,033%
Wrangler Silent Armor 265 75 R15	2,122%	0,869%	73,383%	87,902%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Paso N°2 para la construcción del gráfico ABC (Parte 3)

Modelo	Participación (%)	Valorización (%)	Participación acum. (%)	Valorización acum. (%)
Wrangler MT/R Kevlar 265 70 R15	1,549%	0,854%	76,495%	89,618%
Wrangler SR/A 235 65 R17	1,549%	0,846%	78,044%	90,464%
Eagle Excellence 215 60 R17	1,348%	0,729%	79,392%	91,193%
Wrangler HP 255 70 R15	1,176%	0,636%	80,568%	91,829%
Fortera Comfortred 265 70 R16	1,491%	0,611%	83,551%	93,050%
Fortera Tripletred 235 65 R17	1,491%	0,611%	85,042%	93,661%
Eagle GT 246 40 R17	1,491%	0,611%	86,534%	94,272%
Wrangler Silent Armor 275 65 R18	1,004%	0,543%	87,538%	94,815%
Wrangler MT/R Kevlar 275 65 R18	1,262%	0,517%	88,800%	95,332%
Wrangler HP 255 65 R16	1,190%	0,512%	89,990%	95,844%
Assurance Tripletred 215 60 R17	1,248%	0,511%	91,238%	96,355%
Eagle GT 215 50 R17	1,248%	0,511%	92,485%	96,866%
Wrangler HP 265 70 R15	1,147%	0,494%	93,633%	97,360%
Wrangler RT/S 205 75 R15	1,119%	0,458%	94,751%	97,818%
Wrangler Adventure 235 70 R16	1,104%	0,452%	95,855%	98,270%
Wrangler Adventure 268 70 R15	0,889%	0,383%	96,745%	98,653%
Assurance Tripletred 225 60 R16	0,889%	0,364%	97,634%	99,017%
Wrangler RT/S 235 60 R16	0,889%	0,364%	98,523%	99,381%
Wrangler MT/R Kevlar 265 70 R17	0,832%	0,341%	99,355%	99,722%
Fortera Tripletred 265 70 R17	0,645%	0,278%	100,000%	100,000%

Fuente: Elaboración propia

De la tabla n°13, 14 y 15, podemos desprender la información resumen que se encuentra en la tabla 16, identificando las zonas A, B y C.

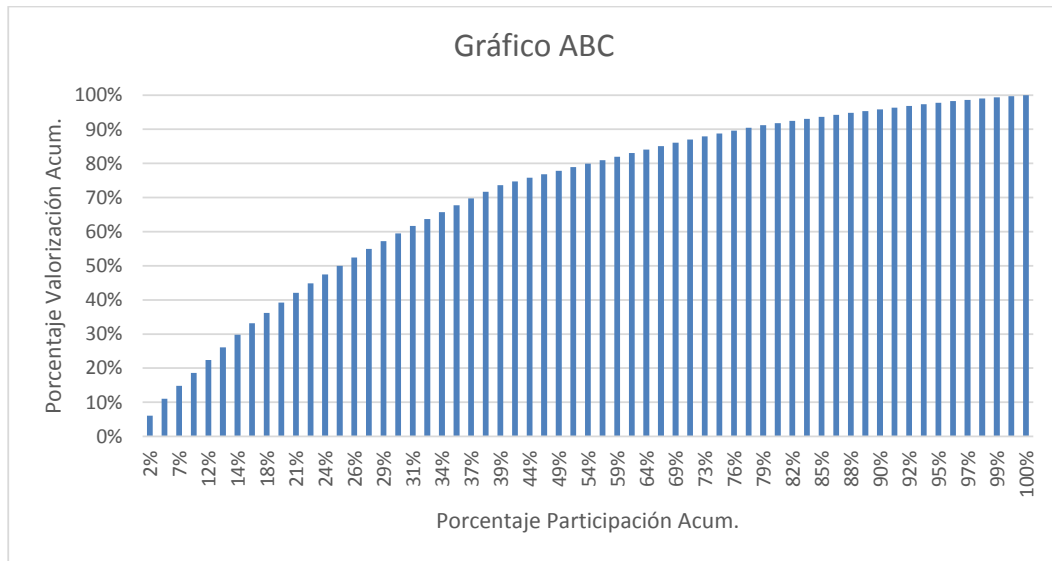
Tabla 16: Identificación de zonas A, B y C

Modelo	Participación (%)	Valorización (%)	Participación acum. (%)	Valorización acum. (%)	Zona
Eagle F1 Asymmetric 225 40 R18	1,463%	2,243%	30,044%	59,496%	A
Fortera Tripletred 225 65 R17	2,510%	1,028%	56,432%	80,960%	B
Fortera Tripletred 265 70 R17	0,645%	0,278%	100,000%	100,000%	C

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se construye el gráfico 12 y se determinan las zonas ABC:

Gráfico 12: Gráfico ABC



Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos de la tabla 16 y el gráfico 12 se puede observar que unos pocos neumáticos son los de mayor valorización. Si solo se controlaran estrictamente los primeros diecinueve neumáticos, se estaría controlando aproximadamente el 60% del valor del inventario.

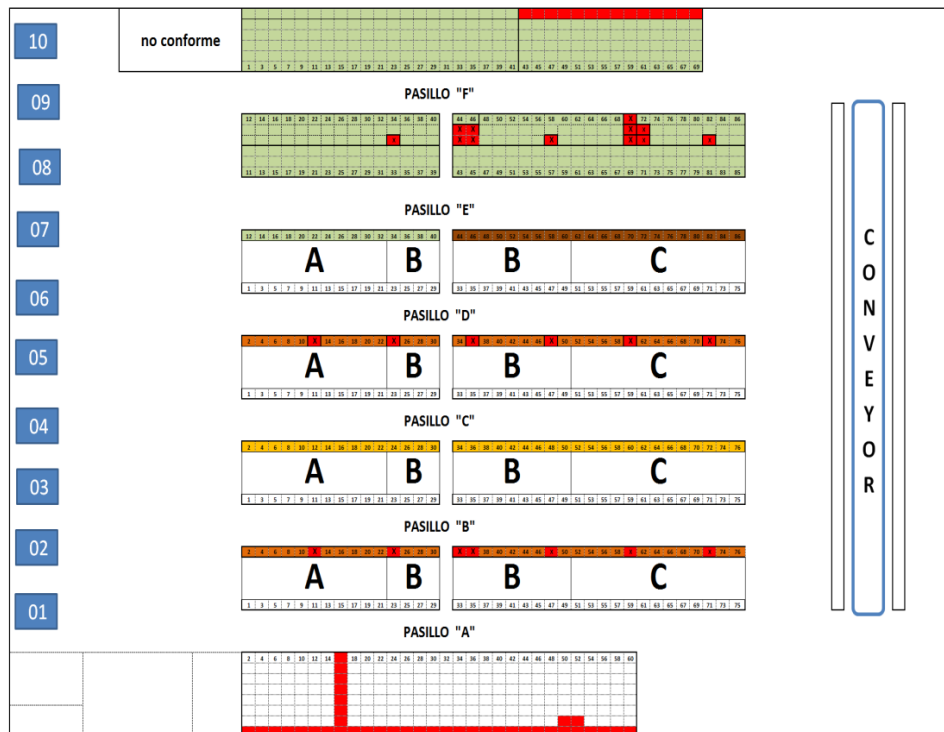
Asignamos la zona A para estos neumáticos. Controlando también los neumáticos del veinte al treinta idos, se estaría controlando, en forma aproximada, el 80% del valor del

inventario. (Zona B). Se ve claramente en la gráfica que el 30% del inventario justifica el 60% del valor, mientras que el 56% del mismo justifica el 80% de dicho valor; a su vez, el 40% del inventario justifica el 20% del valor. Si se tiene en cuenta los costos de mantenimiento y de control de estos últimos, se llega a la conclusión que no es necesario controlarlos estrictamente, ya que son de poca valorización, y que debe mantenerse el mínimo stock posible de los mismos.

La asignación de las zonas A, B y C en la gráfica que estamos analizando se realizó en función del alto porcentaje de valorización de los diecinueve primeros artículos. De esta forma, controlando el 30% del inventario (zona A) se estaría controlando aproximadamente el 60% del valor del mismo.

La ilustración 31 muestra el lay-out del centro de distribución en el cual se identifican las zonas A, B y C definidas anteriormente.

Ilustración 31: Lay-Out esquema de trabajo



Fuente: Elaboración propia

5.1.2.2. Tratamiento para corregir el factor 2: Errores por sistema de carga de contenedores

Para la implementación de la mejora, es necesario precisar que se espera reducir los errores al momento de cargar los contenedores, pero también se busca realizar un proceso más eficiente que involucre una mejor estabilidad en las condiciones laborales y el proceso se realice de manera más controlada y ordenada. La propuesta de esta mejora consta de dos fases:

- a) Implementar cintas transportadoras de neumáticos con lectura de código.
- b) Utilización de herramienta 5s para mejorar las condiciones de la organización.

Se espera que luego de esto, el número de aforos se reduzca prácticamente a cero y con esto eliminar los costos adicionales que se generan producto del proceso erróneo.

a) Implementar cintas transportadoras con lectura de código

Las cintas transportadoras son aparatos mecánicos que contienen una correa con movimiento continuo, en este caso, para transportar específicamente neumáticos. La correa en su desplazamiento forma un circuito cíclico sobre rodillos o deslizaderas de metal, donde la energía la proveen los motores que operan a velocidades constantes o variables. Son importantes para una distribución automatizada y para el manejo más cuidadoso de los productos. Esto permite disminuir gastos, ya que se puede movilizar gran cantidad de neumáticos de una manera más ordenada y rápida. Los beneficios que se esperan de esta implementación son los siguientes:

- Mejorar las condiciones de trabajo
- Controlar cada neumático que entra a los contenedores
- Realizar el proceso de manera más ordenada
- Reducir los tiempos de carga de los contenedores

Para implementar el uso de cintas transportadoras con lectura de código, es preciso mencionar las etapas por el cuál debe pasar este proceso, ya que se debe explicar la necesidad de mejorar el trabajo y las condiciones laborales de los trabajadores.

A continuación, se presentan las etapas para una correcta implementación.

- Explicar la necesidad de la implementación y uso de las cintas transportadoras con lectura de código de neumático:

El trabajo realizado por el personal encargado de cargar los contenedores es de suma importancia dentro de la empresa, puesto que el producto que está en juego es de carácter de exportación. Se debe entregar neumáticos en condiciones óptimas, con la menor cantidad de errores posibles y dentro del tiempo estimado.

Tener una cinta transportadora en el área de carga permite tratar a los neumáticos con mayor cuidado, ya que en estos no debe existir desperfectos de ningún tipo. Hay que tener presente que el producto lo utilizan vehículos de distintos rubros y deben circular con neumáticos de gran calidad. También ayuda a disminuir la carga laboral, ya que los trabajadores no deben trasladar manualmente los neumáticos para su revisión. Adicionalmente a esta cinta, va a poseer sensores que van a leer el código de cada neumático, que van a estar directamente relacionados con la guía de despacho. Esta se ingresa en el sistema y a medida que el sensor va leyendo cada código asociado al neumático, automáticamente se va descontando de la guía de despacho.

Goodyear trabaja con el sistema SAP, por lo que se establece la conexión necesaria para que vaya realizando esta labor y se tenga el control sobre cada neumático que va ingresando al contenedor. Esto permite que los errores por concepto de ingreso de un neumático que no corresponde a la guía de despacho sean nulos.

Si bien este proceso hará tardar un poco más la carga del contenedor, permitirá asegurarse que el producto ingresado es exactamente el especificado y no incurrirá en aforos.

Cabe recordar que cuando se genera un aforo, se realiza un reproceso de carga, donde además de descargar el contenedor, se debe volver a cargar y analizar la causa que lo produjera. He ahí la importancia de detallar a los trabajadores lo que se espera lograr, para familiarizarlos y explicarles que el trabajo será más metódico, con disminución de errores y más cómodo.

- Características de la cinta transportadora y su ubicación dentro de la bodega

Una cinta que cumpla con las especificaciones para realizar un trabajo correcto debe poseer el largo necesario para que pueda estar en una sección de la bodega, donde se puedan depositar los neumáticos de manera ordenada y sin generar molestia para las demás labores, ancho de la cinta que permita depositar los neumáticos por completo de manera que no exista riesgo de causarle algún tipo de daño al producto y no generar ningún tipo de daño a los trabajadores y debe poseer la posibilidad de inclinación para poder descargar los neumáticos de manera más sencilla desde los racks.

A continuación, se presenta la tabla 17 que muestra las características de la cinta que cumple con las especificaciones requeridas:

Tabla 17: Características de la cinta transportadora

Característica	Especificación
Dimensiones (LxAxA)	288" x 21" x 11" (7315 x 533 x 279) mm
Capacidad	12/min
Capacidad de carga	500lb. / 230Kg.
Peso	957lb. / 435Kg.
Ancho	21" (450mm.)
Electricidad	240V, 10.73A, 1500W, 1 Fase, 60Hz
Tapones	PVC de 4" de altura y 60" de centro a centro
Rulemán	Bolillero con sellado de precisión (no requiere mantenimiento)
Motor	2 HP
Cinta	18" x 3/8" – 2 capas (8mm9
Velocidad	58 pies/min
Controles	(On) / Apagado (Off) / Reversa (Reverse) en cada extremo

Fuente: Página web Martins Industries

- Características del sensor para lectura de código de neumático

Un sensor que cumpla con las especificaciones debe poder ser capaz de leer el código que posee cada neumático a medida que va avanzando por la cinta transportadora, por lo que tiene que ser un producto de alta calidad que brinde seguridad al momento de realizar la carga de contenedores. Esto va a permitir que una vez que el sensor detecte el código presente en el neumático, automáticamente se descuente ese neumático de la guía de despacho, lo que va a permitir llevar un conteo preciso de la cantidad de neumáticos que debe llevar el contenedor y el tipo de este.

A continuación, se presenta la tabla 18, la cual muestra una serie de características que debe poseer el sensor para cumplir con la labor correctamente:

Tabla 18: Características del sensor de lectura de códigos

Característica	Especificación
Tasa de lectura	Algoritmos que proporcionan una tasa de lectura muy buena
Sensor DS1000 Series 3D	Leer caracteres estampados sobre superficies curvas y oscuras a velocidades de hasta una revolución por segundo
Tecnología de visión OCRMax™	Excelentes resultados de lectura aun con un alto o bajo contraste
Software	Conjuntos de herramientas de visión 2D y 3D para capacidades adicionales de inspección

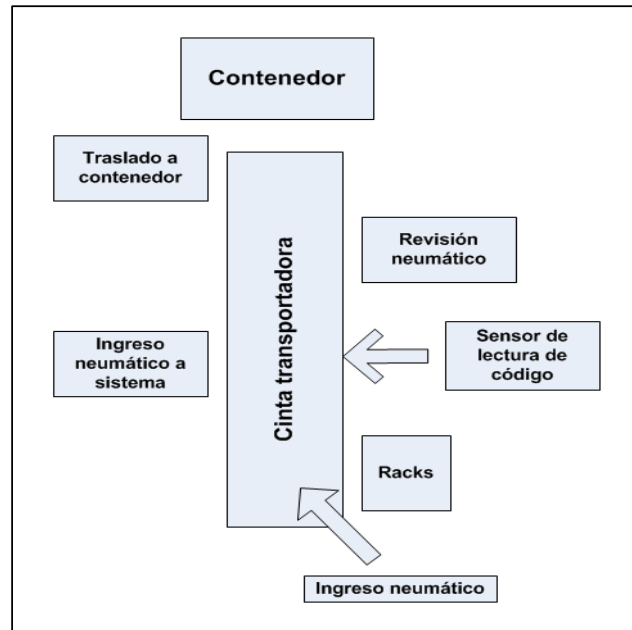
Fuente: Página web Cognex

b) Utilización de herramienta 5s para mejorar las condiciones de la organización.

Actualmente las cuadrillas de trabajo (5 trabajadores), dividen su labor donde tres de ellos se dedican a la carga de contenedores, más un control de despacho y el operador de grúa. Lo que ocurre con esta modalidad es que no se revisan los neumáticos al momento de ingresar a los contenedores, por lo que se necesita un control más exhaustivo de cada producto que ingresa al contenedor, que es lo que se pretende conseguir con esta reestructuración de labores con la cinta transportadora y el lector de código.

A continuación, se presenta la ilustración 32, la cual muestra el esquema de trabajo que consta con las labores que deberá realizar cada trabajador:

Ilustración 32: Lay-Out esquema de trabajo



Fuente: Elaboración propia

- Racks: La persona que está destinada a ubicar todos los racks necesarios para el ingreso de los neumáticos al contenedor es el encargado de conducir la grúa. Este proceso no va a sufrir ninguna modificación, ya que la labor que esta persona realiza cumple con el orden del reproceso, la realiza de forma establecida y posee las aptitudes para ejecutar dicha función. De tal manera, los racks se ubican a un costado de la cinta transportadora para comenzar con el ingreso del neumático.
- Ingreso neumático: Anteriormente, tres personas estaban destinadas a sacar los neumáticos de los racks e ingresarlos al contenedor. Para este caso, solo una persona se ubicará a quitar los neumáticos de los racks para posicionarlos en la cinta transportadora. Con el paso de las horas esta labor va a requerir mucho esfuerzo físico por lo que toda la cuadrilla tiene que estar capacitada para ocupar cualquiera de las posiciones para el proceso de carga, con el fin de que el esfuerzo físico sea repartido para todos los trabajadores por igual. La designación de la cantidad de tiempo que tenga que estar cada trabajador en un puesto va a depender del encargado de turno.

- Ingreso de neumático al sistema: Una vez que comienza a circular el neumático por la cinta, pasa por el sensor que lee el código de barra que tiene asociado. En esta estación el trabajador debe verificar que el neumático que pasa, cumpla con las especificaciones de la guía de despacho. En el caso que se trate de un neumático que no cumpla, debe quitarse de la cinta y ubicarse en un rack para su posterior reintegración hacia la bodega de productos terminados.
- Revisión del neumático: Antes de ingresar al contenedor, el neumático tiene que estar en condiciones óptimas para la exportación, ya sea, sin desperfectos producto del proceso de manufactura ni por el traslado dentro de la bodega. Esta revisión es visual, por lo que la persona encargada de esta tarea tiene que ser rápida y poseer conocimientos sobre los diversos neumáticos que hay para detectar las diversas fallas que pueda poseer.
- Contenedor: Una vez el neumático pasa por el proceso anterior, el trabajador designado toma el neumático y lo posiciona dentro del contenedor. La forma de ubicar el neumático es en forma de trenza como se explica anteriormente.

Una vez que ya se tiene pleno conocimiento de lo que se pretende realizar implementando la cinta transportadora más el sensor con lectura de código, se complementa con una herramienta que brinde mayores beneficios al proceso de mejora, esta es la herramienta 5s, que es efectiva y sencilla de implementar, combinando el compromiso personal, la limpieza, seguridad e higiene.

A continuación, se presentan las etapas de la herramienta y los pasos de cada una de ellas respecto del proceso de carga de neumáticos:

- Eliminar o Seleccionar (Seiri): Se reubican las posiciones de cada uno de los trabajadores y se designa un trabajador para cada lugar. Se elimina el trabajo de los tres cargadores de contenedor, donde ahora solo dejará a un solo trabajador en esa posición, con rotación de trabajo a medida que transcurre el turno, ya que surgen nuevas actividades que no incurren en tanto esfuerzo físico como otras.

- Ordenar (Seiton): El trabajo se realiza de tal forma que parece una línea de ensamble. Una vez que el neumático llega en los racks, una persona lo saca y lo ubica en la cinta transportadora. A medida que va corriendo, el sensor lee el código del producto y se verifica en el sistema que corresponda a la guía de despacho. Posteriormente el neumático llega a final de la cinta, donde es retirado y ubicado estratégicamente dentro del contenedor.
- Limpieza (Seiso): Periódicamente se llevaba el registro de los neumáticos que iban a ser cargados en los racks en guías, donde se toma el control de ingreso. Todos los controles manuales son eliminados, ya que es el sensor el encargado de leer cada neumático entrante, todo esto conectado al sistema que verifica que el producto cargado sea el correcto. No se genera error humano y el control es exacto, en comparación con el registro manual que es esporádico y poco consistente.
- Estandarización (Seiketsu): Una vez explicado y conocido el nuevo procedimiento a ejecutar, ayudará a familiarizarse mejor con el proceso, elementos visuales que permitan llevar a cabo las labores de manera más sencilla, puesto que brindará mayor seguridad a los trabajadores, sobre todo a los que no poseen la experiencia necesaria. Se proponen letreros que delimiten cada área de trabajo, especificando las acciones que se debe realizar por los trabajadores. En el caso del área de carga de contenedores habrá, por ejemplo, un letrero que indique el área de “Racks”, donde la especificación de la labor es “Traslado de racks desde bodega para posterior utilización en la carga de contenedores de exportación”, y así con todas las actividades que se realizan en el proceso. Además, se especifica un área al lado de los racks para ubicar los neumáticos que salgan rechazados. El letrero indicará “Neumáticos Rechazados”, donde además habrá una separación, ya que se producen rechazos por dos motivos esenciales; uno generado por la imprecisión de ubicar neumáticos en racks diferentes, y el otro por fallas de manufactura.

En la ilustración 33 se muestra un ejemplo de cómo sería un letrero informativo de área:

Ilustración 33: Ejemplo letrero informativo



Fuente: Elaboración propia

- Compromiso y Disciplina (Shitsuke): Esto incurre en la necesidad de realizar un buen trabajo, mejorando las condiciones laborales, fomentando el trabajo en equipo y la comunicación entre los trabajadores. De acuerdo a los puntos antes mencionados, se debe lograr un funcionamiento correcto, ya que se orienta a cada trabajador hacia lo que se quiere lograr, incentivándolos a realizar un trabajo más minucioso disminuyendo la carga laboral, haciéndolos partícipes del proceso, realizando distintas labores comprendiendo de manera más completa el proceso de carga de contenedores.

5.2. Simulación de la situación de mejora

De acuerdo con la información arrojada por la situación actual, el modelo de Arena presenta en sus informes, datos (expuestos en las ilustraciones 27, 28, 29 y 30), que permiten el análisis comparativo respecto de la propuesta de mejora. Para identificar si el modelo propuesto, cumple con las características, se toma en cuenta el promedio de contenedores cargados, las colas generadas, recursos utilizados, la cantidad de contenedores cargados correctamente, los aforos y los racks cargados en los contenedores. A continuación, se muestra la información arrojada por la simulación propuesta:

Al igual que en la situación inicial, se realizaron 1059 réplicas, teniendo en consideración que la unidad de medida del proceso está en horas, que son las ocho horas a las que están expuestos los trabajadores diariamente en un turno.

El indicador Number Out en este caso, muestra una información distinta a la de la simulación inicial, ya que este indica un promedio de 5 contenedores. Esto se debe a que, con la simulación propuesta, el tiempo de recolección y carga disminuye en un 20%, permitiéndole a las cuadrillas poder cargar un contenedor extra en el turno.

Esto indica que el trabajo es más efectivo y de acuerdo a la demanda, los trabajadores tienen una mayor capacidad de respuesta. Sin embargo, uno de los motivos por el cual se pretende instaurar esta mejora, es porque se quiere disminuir la carga laboral, por lo que se pueden cargar los mismos 4 contenedores, pero en un menor tiempo.

Ilustración 34: Indicador Number Out



Fuente: Informe Simulación Arena

De igual manera que en el proceso inicial, no existen tiempos de espera, por lo que no se generan colas. La ilustración 35 muestra la ocurrencia del suceso:

Ilustración 35: Cuadro comparativo de modelos de simulación

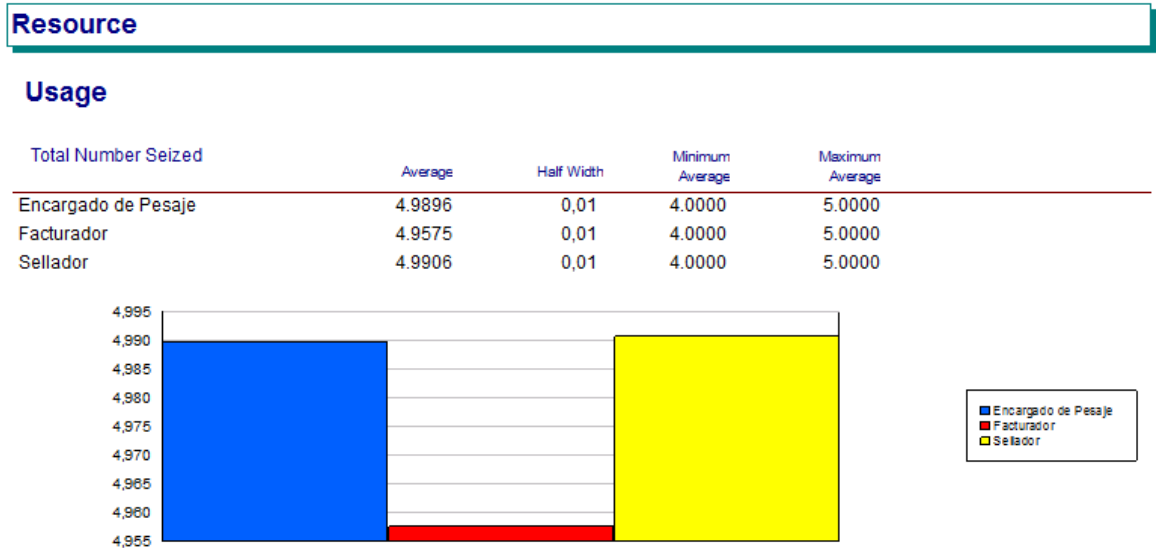
17:37:25		Category Overview			marzo 6, 2017	
<i>Values Across All Replications</i>						
Unnamed Project						
Replications:	1.059	Time Units:	Hours			
Queue						
Time						
Waiting Time						
	<i>Average</i>	<i>Half Width</i>	<i>Minimum Average</i>	<i>Maximum Average</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
Carga de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Facturacion.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesamatic.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other						
Number Waiting						
	<i>Average</i>	<i>Half Width</i>	<i>Minimum Average</i>	<i>Maximum Average</i>	<i>Minimum Value</i>	<i>Maximum Value</i>
Carga de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	27.0000
Facturacion.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesamatic.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Informe Simulación Arena

A continuación, se presenta la ilustración 36, que hace relación al recurso utilizado, lo que indica el aprovechamiento del personal en el proceso. Como se mencionó en la simulación de la situación actual, no se consideran los cargadores en el proceso ya que se utilizan en un 100% cada vez que se carga un contenedor, sin embargo, esta vez la distribución de los cargadores es diferente, ya que, si bien también se utilizan en un 100%, realizan labores diversas y rotativas.

Para el caso del sellador, encargado de pesaje y facturador, realizan su labor prácticamente en un 100% y las diferencias se debe a los atributos que tiene el modelo que produce un porcentaje de aforo cercano al 1%:

Ilustración 36: Cuadro comparativo de modelos de simulación



Fuente: Informe Simulación Arena

Finalmente, el modelo arroja la información del contador de eventos que se van generando en el proceso. De igual manera que en el modelo anterior, se considera los contenedores cargados correctamente, los aforos y la cantidad de racks que circulan durante un turno de trabajo.

A continuación, se muestra la ilustración 37, la cual presenta un resumen de los resultados:

Ilustración 37: Resumen de resultados

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Contenedor Erroneo	0.02832861	< 0,01	0.00	1.0000
Contenedores Correctos	4.9547	< 0,01	4.0000	5.0000
Racks Circulando	134.75	< 0,16	108.00	135.00



Fuente: Informe Simulación Arena

A modo de resumen, se presenta la tabla 19, comparando los resultados más significativos de la simulación de la situación actual versus la situación propuesta, esto con el fin de validar el proceso de mejora de manera consistente:

Tabla 19: Tabla comparativa resultados de simulación

Parámetro	Situación Actual	Situación Propuesta
Salidas		
Contenedores cargados	4	5
Tiempos de espera		
Carga Contenedor	0	0
Sellado	0	0
Pesamático	0	0
Facturación	0	0
Número de Espera		
Carga Contenedor	27	27
Sellado	0	0
Facturación	0	0
Pesamático	0	0
Número Recurso Utilizado		
Sellado	4	4,99
Pesamático	4	4,99
Facturación	3,59	4,95
Contador		
Contenedor Erróneo	0,407	0,02832
Contenedor Correcto	3,593	4,9538
Racks Circulando	108	135

Fuente: Elaboración Propia

5.2.1. Control de la propuesta de mejora

Para controlar las soluciones propuestas se desarrollan los KPI's planteados en la tabla 20 y el nivel sigma. Con esto se pretende mantener en el tiempo los indicadores esperados, de manera de asegurar el control de aforos.

Tabla 20: Cumplimiento de resultados

KPI	Cálculo	Meta	Cumple
Aforo	$\frac{1}{1059} \times 100 = 0,09\%$	$\leq 1\%$	Si
Cumplimiento Recolección	132,92 min	107 min	Si
Cumplimiento Sellado	4,57 min	4,57 min	Si
Cumplimiento Pesamático	16,07 min	16,07 min	Si
Cumplimiento Facturación	22,27 min	22,27 min	Si

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información, se calcula el nuevo nivel de sigma para el proceso que corresponde a 236,07176 errores por millón de oportunidades. De la tabla de “conversión de fracciones defectuosas a nivel sigma” (Anexo II), se obtiene que el sigma de este proceso corresponde a $4,9\sigma$, quiere decir que el 99,96% de los contenedores cargados se hacen de manera correcta. Se considera un aforo en la implementación de la mejora, para efectos de cálculo, sin embargo, el valor puro tiene que ser 0 y el nivel de sigma del proceso tendría tendencia al 6σ .

$$DPU = \frac{1 \text{ Error de carga de contenedores}}{1059 \text{ Contenedores cargados}} = 0,000944 \frac{\text{Errores}}{\text{Contenedor}}$$

Ecuación 9: Cálculo de defectos por unidad

$$DPO = \frac{0,000944}{4 \text{ Oportunidades}} = 0,00023607 \frac{\text{Errores}}{\text{Oportunidad}}$$

Ecuación 10: Cálculo de errores por oportunidad

$$DPMO = 0,00119048 \times 10^6 = 236,07176 \frac{\text{Errores por millón}}{\text{de oportunidades}}$$

Ecuación 11: Cálculo de errores por millón de oportunidades

5.2.1.1. Medición de indicadores

5.2.1.1.1. Control de aforos

Para la medición de este indicador, se toma la información necesaria para armar una base de datos que permita el control de aforos. Los campos requeridos son: fecha, mes, turno, cuadrilla, motivo (motivo de aforo), observación (solo en caso necesario) y jefe de turno:

- Fecha: Indica el día, mes y año en que ocurrió el aforo. Este campo se rellena de manera manual en la base de datos.
- Mes: Campo que muestra el mes donde ocurrió el aforo. Aparece automáticamente, una vez que se ingresa la fecha en que ocurrió.
- Turno: Indica el turno en que sucedió el aforo. Aparece un combo box, en el cuál se puede escoger entre el turno A, B o C. No se puede rellenar con ninguna información adicional, ya que aparece una pestaña de error, indicando que solo se puede registrar un turno de la lista.
- Cuadrilla: Cada cuadrilla tiene asignado un número, el cual se registra mediante un combo box al igual que el campo turno. En este caso, la lista viene con números del 1 al 9, que identifica a cada grupo.
- Motivo: Causas posibles de los aforos mencionados en el punto 4.2.1. mediante un combo box.
- Observación: En el caso que, en el motivo de los aforos, la selección sea otro, automáticamente aparecerá la celda con fondo rojo con el texto: "Ingrese Motivo de Aforo", para ser más específico. Para cualquier otro caso, la celda estará en blanco para ingresar cualquier comentario presente en el proceso.
- Jefe de Turno: Mediante combo box, estará disponible la elección de los jefes de turnos encargados del proceso de carga.

Además, existen cuatro botones en los cuales, haciendo clic, abre hojas donde se detalla gráficamente los aforos por mes, aforos por jefe de turno, aforos por motivo y aforos por turno y cuadrilla. Estos están descritos en las ilustraciones 38, 39, 40 y 41.

Ilustración 38: Base de datos del control de aforos

CONTROL AFOROS						
FECHA	MES	TURNO	CUADRILLA	MOTIVO	OBSERVACION	JEFE TURNO
15-01-2016	enero	C	1	Otro	Ingresar Motivo de Aforo	Rodrigo González
02-02-2016	febrero	A	1	Inexperiencia por rotación laboral	Cuadrilla con poca experiencia	Juan Pérez
20-02-2016	febrero	B	2	Error humano		Esteban Amigo
21-03-2016	marzo	A	3	Error humano		Juan Pérez
13-04-2016	abril	A	3	Error humano		Esteban Amigo
19-05-2016	mayo	B	3	Dif. entre inventarios		Rodrigo González
12-06-2016	junio	C	2	Dif. entre inventarios		Juan Pérez
17-06-2016	junio	A	3	Otro	Ingresar Motivo de Aforo	Juan Pérez
28-06-2016	junio	A	1	Poca iluminación	Quema de bombillas por corte energético	Rodrigo González
09-07-2016	julio	B	2	Dif. entre inventarios		Rodrigo González
08-08-2016	agosto	C	3	Error humano		Rodrigo González
21-08-2016	agosto	A	2	Grúa horquilla en mal estado	Las otras grúas estaban ocupadas	Rodrigo González
01-09-2016	septiembre	A	2	Dif. entre inventarios		Esteban Amigo
20-10-2016	octubre	B	3	Error humano		Esteban Amigo
24-10-2016	octubre	C	1	Dif. entre inventarios		Rodrigo González
30-10-2016	octubre	C	1	Falta de EPP		Rodrigo González
05-11-2016	noviembre	B	2	Otro	Ingresar Motivo de Aforo	Rodrigo González
14-12-2016	diciembre	A	3	Dif. entre inventarios		Rodrigo González

Aforos por Mes

Aforos por Jefe de Turno

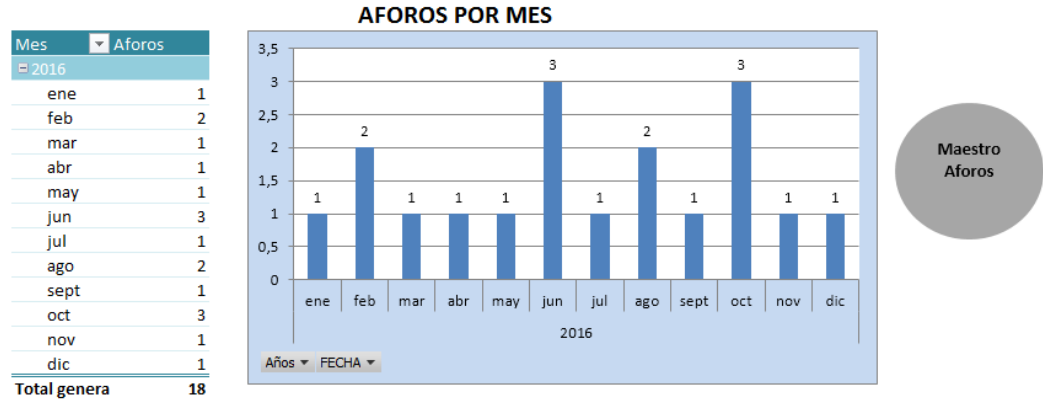
Aforos por Motivo

Aforos por Turno y Cuadrilla

Fuente: Elaboración propia

Aforos por mes: de acuerdo con la información de la base de datos, se crea una tabla dinámica, en los cuales se selecciona el mes y la cuenta de aforos. Esta se grafica y de esta forma se puede apreciar el comportamiento mensual de acuerdo a los aforos que se generan. Además, la hoja posee un botón que permite regresar a la hoja de control.

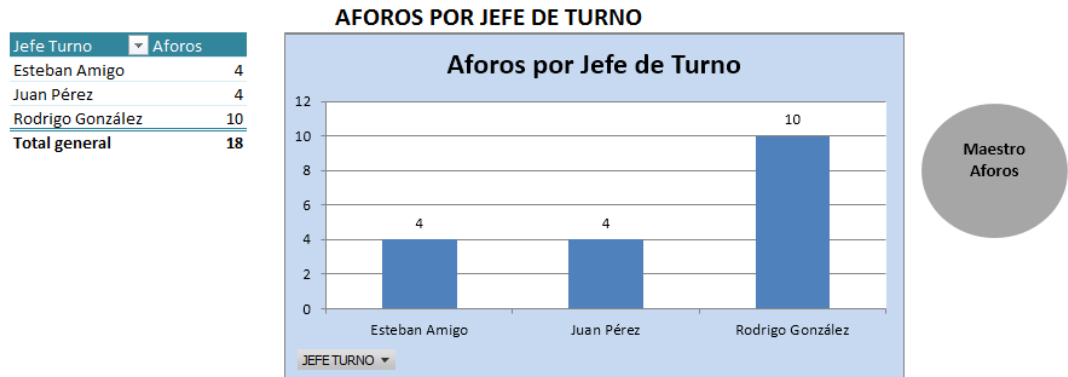
Ilustración 39: Aforos por mes



Fuente: Elaboración propia

Aforos por Jefe de Turno: para obtener este gráfico, se considera una tabla dinámica con los jefes de turno y la cuenta de aforo. El objetivo de este gráfico es determinar la eficiencia de los jefes en el trabajo realizado. Al igual que el gráfico mostrado en la ilustración 39, también tiene un botón para volver a la hoja de control.

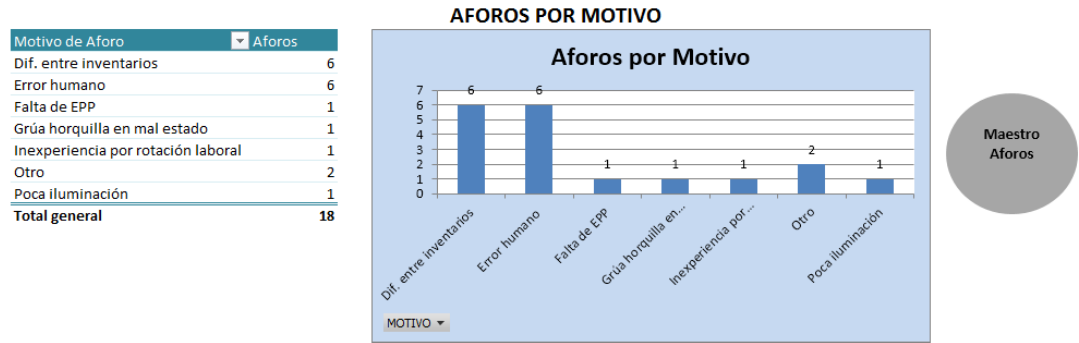
Ilustración 40: Aforos por jefe de turno



Fuente: Elaboración propia

Aforos por Motivo: Este gráfico se obtiene por la ocurrencia por cada causa de aforo. Al igual que los gráficos anteriores, tiene un botón para volver a la base de datos de control.

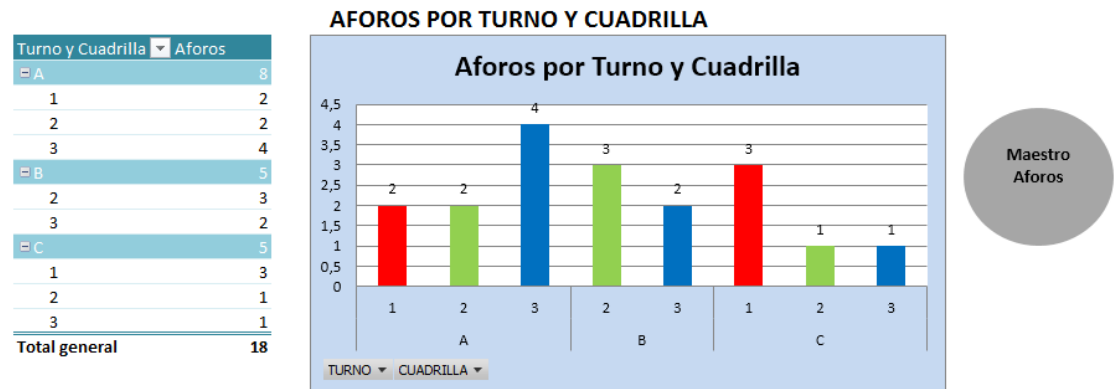
Ilustración 41: Aforos por motivo



Fuente: Elaboración propia

Aforos por Turno y Cuadrilla: Este gráfico se genera a partir de la tabla dinámica, considerando los campos turno, cuadrilla y aforos. En los aforos considera la cuenta de cada uno. Se agrupan de tal manera que muestre la cantidad de aforos que presenta cada turno y la cuadrilla específica. De esta forma se puede determinar que turno son lo que más se ven afectados por los aforos y además, saber la cuadrilla específica que tuvo el error de carga. De igual manera, posee un botón para volver a la base de datos de control.

Ilustración 42: Aforos por turno y cuadrilla



Fuente: Elaboración Propia

5.2.1.1.2. Control de tiempos del proceso

Para la medición de este indicador, se toma la información necesaria para armar una base de datos que permita el control de aforos. Los campos requeridos son: fecha, mes, turno, cuadrilla, contenedor, tiempo proceso, tiempo estándar, margen, cumplimiento, observación y jefe de turno:

- Fecha: Indica el día, mes y año en que ocurrió el aforo. Este campo se rellena de manera manual en la base de datos.
- Mes: Campo que muestra el mes donde ocurrió el aforo. Aparece automáticamente, una vez que se ingresa la fecha en que ocurrió.
- Turno: Indica el turno en que sucedió el aforo. Aparece un combo box, en el cuál se puede escoger entre el turno A, B o C. No se puede rellenar con ninguna información adicional, ya que aparece una pestaña de error, indicando que solo se puede registrar un turno de la lista.
- Cuadrilla: Cada cuadrilla tiene asignado un número, el cuál se registra mediante un combo box al igual que el campo turno. En este caso, la lista viene con números del 1 al 9, que identifica a cada grupo.
- Motivo: Causas posibles de los aforos mencionados en el punto 4.2.1. mediante un combo box.
- Contenedor: Muestra el código que posee el contenedor cargado.
- Tiempo Proceso: Tiempo que demora la carga de contenedores; desde que inicia el proceso de recolección, hasta que culmina en el proceso de facturación.
- Tiempo estándar: Tiempo calculado de acuerdo a la disminución del 20% en el promedio de tiempo de proceso de la situación actual del proceso.
- Margen: Para calcularlo se considera 1 menos el cociente entre el tiempo de proceso y el tiempo estándar.
- Cumplimiento: Campo dependiente del margen. De acuerdo al margen arrojado, es el mensaje que arroja la celda. En el caso de que el margen sea mayor o igual a 0, el mensaje que arroja es "CUMPLE CON ESTÁNDAR", mientras que, si el margen es menor que cero, el mensaje que arroja es "NO CUMPLE CON ESTÁNDAR".
- Observación: Campo para rellenar en el caso de que exista algún comentario en el proceso.

- Jefe de Turno: Mediante combo box, estará disponible la elección de los jefes de turnos encargados del proceso de carga.

Además, existe un botón en el cual, haciendo clic, abre una hoja donde se detalla gráficamente el cumplimiento de estándar por turno y cuadrilla y por jefe de turno. Estos están descritos en las ilustraciones 39, 40, 41 y 42.

Ilustración 43: Base de datos tiempos de proceso

CONTROL TIEMPO DE PROCESO												
FECHA	MES	TURNO	CUADRILLA	CONTENEDOR	TIEMPO PROCESO	TIEMPO ESTANDAR	MARGEN	CUMPLIMIENTO	OBSERVACION	JEFE TURNO		
15-01-2016	enero	A	1	CN-1001		112	120	7%	CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	1	CN-1002		114	120	5%	CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	1	CN-1003		118	120	2%	CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	1	CN-1004		126	120	-5%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	2	CN-1005		109	120	9%	CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	2	CN-1006		114	120	5%	CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	2	CN-1007		120	120	0%	CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	2	CN-1008		126	120	-5%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	3	CN-1009		114	120	5%	CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	3	CN-1010		121	120	-1%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	3	CN-1011		126	120	-5%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	A	3	CN-1012		131	120	-9%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Juan Perez		
15-01-2016	enero	B	1	CN-1013		103	120	14%	CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	1	CN-1014		111	120	8%	CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	1	CN-1015		111	120	8%	CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	1	CN-1016		115	120	4%	CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	2	CN-1017		112	120	7%	CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	2	CN-1018		120	120	0%	CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	2	CN-1019		118	120	2%	CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	2	CN-1020		121	120	-1%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	3	CN-1021		114	120	5%	CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	3	CN-1022		120	120	0%	CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	3	CN-1023		121	120	-1%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	B	3	CN-1024		126	120	-5%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Rodrigo González		
15-01-2016	enero	C	1	CN-1025		131	120	-9%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	1	CN-1026		115	120	4%	CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	1	CN-1027		118	120	2%	CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	1	CN-1028		118	120	2%	CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	2	CN-1029		114	120	5%	CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	2	CN-1030		114	120	5%	CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	2	CN-1031		125	120	-4%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	2	CN-1032		127	120	-6%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	3	CN-1033		107	120	11%	CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	3	CN-1034		111	120	8%	CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	3	CN-1035		119	120	1%	CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		
15-01-2016	enero	C	3	CN-1036		125	120	-4%	NO CUMPLE CON ESTANDAR	Esteban Amigo		

Fuente: Elaboración propia

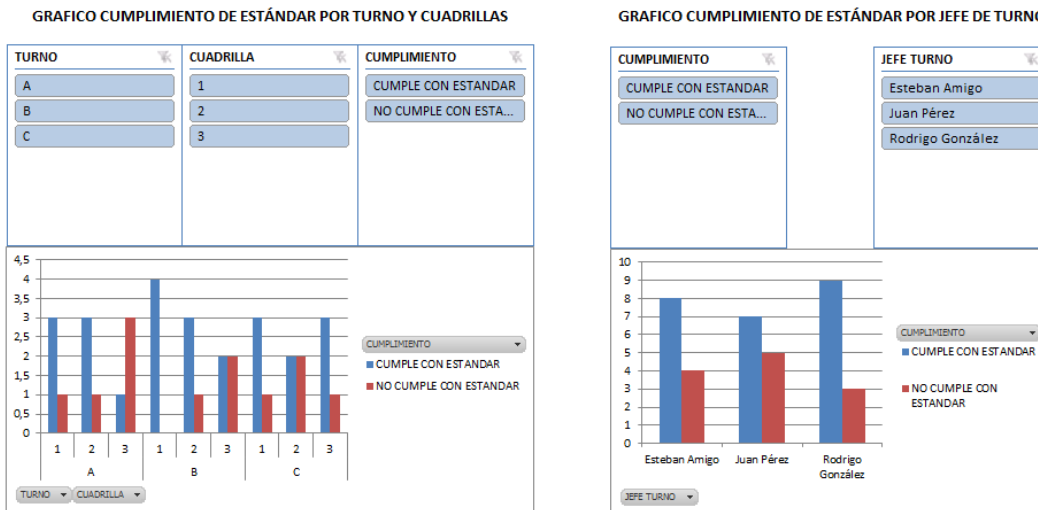
Cumplimiento estándar por turno y cuadrillas: Gráfico dinámico en el cuál considera las columnas turno, cuadrilla y la cuenta de cumplimiento de estándar de estos.

La ilustración 44, muestra cómo está creado el gráfico y con botones que indican la información correspondiente.

Cumplimiento de estándar por jefe de turno: gráfico dinámico en el cuál muestra la cantidad de contenedores que cumplen o no con el estándar, en base al jefe de turno que estaba en el proceso. De esta forma, permite controlar a los jefes en su desempeño en el control de los tiempos de proceso.

Además, se puede apreciar en la ilustración 44, un botón que permite volver a la tabla de control de tiempos de proceso.

Ilustración 44: Gráficos de control de tiempos de proceso



Fuente: Elaboración Propia

Volver a Maestro Tiempos de Proceso

6. Análisis de costos

Se requiere evaluar la propuesta de mejora de acuerdo a los costos asociados en cada situación. Debido a que el detalle de los ingresos mensuales es de carácter confidencial dentro de la empresa Goodyear, se hace necesario realizar una comparación de costos de implementación de la mejora, respecto de los costos de aforos.

6.1. Análisis de costos de la situación actual

De acuerdo con la información proporcionada por la empresa respecto del costo de aforos, se tiene un historial mensual del año 2014, con el detalle de costos por cada proceso por el que debe pasar el contenedor, una vez que el pesaje sale rechazado. A continuación, se presenta la tabla 21 con la información detallada:

Tabla 21: Análisis de costos de la situación actual

MES	CONT. CARG.	AFORO	% C/R TOTAL	HRS ESTAD. PLANTA	\$ POR HORA	\$ TOTAL ESTAD PLANTA	DÍAS ESTAD SEAL	\$ POR DÍA	TOTAL ESTAD SEAL	SELLOS ADIC.	\$ VALOR SELLO	\$ TOTAL SELLO	\$ TOTAL
ENERO	880	93	10.57%	284	12.139	\$ 3.447.476	25	\$ 50.000	\$ 1.250.000	465	\$ 4.235	\$ 1.969.275	\$ 6.666.751
FEBRERO	765	84	10.98%	257	12.139	\$ 3.119.723	19	\$ 50.000	\$ 950.000	420	\$ 4.235	\$ 1.778.700	\$ 5.848.423
MARZO	843	98	11.63%	301	12.139	\$ 3.653.839	27	\$ 50.000	\$ 1.350.000	490	\$ 4.235	\$ 2.075.150	\$ 7.078.989
ABRIL	824	94	11.41%	292	12.139	\$ 3.544.588	26	\$ 50.000	\$ 1.300.000	470	\$ 4.235	\$ 1.990.450	\$ 6.835.038
MAYO	849	97	11.43%	295	12.139	\$ 3.581.005	32	\$ 50.000	\$ 1.600.000	485	\$ 4.235	\$ 2.053.975	\$ 7.234.980
JUNIO	801	84	10.49%	253	12.139	\$ 3.071.167	29	\$ 50.000	\$ 1.450.000	420	\$ 4.235	\$ 1.778.700	\$ 6.299.867
JULIO	822	89	10.83%	279	12.139	\$ 3.386.781	34	\$ 50.000	\$ 1.700.000	445	\$ 4.235	\$ 1.884.575	\$ 6.971.356
AGOSTO	812	83	10.22%	250	12.139	\$ 3.034.750	28	\$ 50.000	\$ 1.400.000	415	\$ 4.235	\$ 1.757.525	\$ 6.192.275
SEPTIEMBRE	771	90	11.67%	272	12.139	\$ 3.301.808	24	\$ 50.000	\$ 1.200.000	450	\$ 4.235	\$ 1.905.750	\$ 6.407.558
OCTUBRE	865	96	11.10%	287	12.139	\$ 3.483.893	25	\$ 50.000	\$ 1.250.000	480	\$ 4.235	\$ 2.032.800	\$ 6.766.693
NOVIEMBRE	818	88	10.76%	271	12.139	\$ 3.289.669	28	\$ 50.000	\$ 1.400.000	440	\$ 4.235	\$ 1.863.400	\$ 6.553.069
DICIEMBRE	785	91	11.59%	277	12.139	\$ 3.362.503	29	\$ 50.000	\$ 1.450.000	455	\$ 4.235	\$ 1.926.925	\$ 6.739.428
TOTAL	9835	1087	11%	3318	12.139	\$40.277.202	326	\$ 50.000	\$16.300.000	5435	\$ 4.235	\$23.017.225	\$79.594.427

Fuente: Elaboración propia

6.2. Análisis de costos de la propuesta de mejora

Se debe considerar cada factor en la propuesta de mejora para realizar un correcto análisis de costos. Primero se debe tomar en cuenta, los implementos necesarios, en este caso se requiere de cuatro cintas transportadoras y de cuatro lectores con sensor de código de barra. A su vez estos tienen costos de instalación asociados. Por otra parte, se debe considerar una capacitación para todos los trabajadores involucrados en el área. Deben comprender el funcionamiento de las máquinas, como también se debe aprender a ingresar la guía de despacho en el sistema con la capacidad de verificar los neumáticos que van pasando por la cinta una vez que el sensor los detecta. También debe existir conocimiento sobre la manipulación de la cinta, ya que, al ser reclinable, su manipulación debe ser de manera muy cuidadosa. También se considera la actualización del software, puesto que se realizará una nueva labor, que antes no se ejecutaba, donde se emplearán horas hombre en la puesta en marcha del nuevo proceso.

La tabla 22 indica los costos asociados a cada proceso:

Tabla 22: Análisis de costos de la propuesta de mejora

Elemento	Valor US\$	Peso (\$)	Cantidad	Total
Cinta transportadora	7.800	5.101.200	4	20.404.800
Instalación cinta	500	327000	1	327.000
Instalación Lector con sensor	3.800	2.485.200	4	9.940.800
Implementación lector	700	457.800	1	457.800
Capacitación	20	13.080	600	7.848.000
Actualización Software	15	9.810	15	147.150
				39.125.550

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que en el cuadro los datos correspondientes a capacitación y actualización de software, hace referencia en valor al costo por hora, y en cantidad es el producto de la cantidad de horas necesarias para realizar el proceso y el número de trabajadores que están involucrados. Para el caso de la capacitación, el resultado en 600, y es el producto de 20 horas de capacitación por 30 trabajadores. Para que el caso de la

actualización de software se requiere de 7,5 horas por 2 trabajadores encargándose de la modificación del software.

6.3. Payback de la propuesta de mejora del proyecto

Payback tiene directa relación con el tiempo que demora la recuperación de inversión que genera el proyecto, esto quiere decir, cuanto tiempo tarda la recuperación de dinero por concepto de la propuesta de mejora. De acuerdo a esto, es que se va a considerar como ingresos, los costos asociados a los aforos, ya que se usa el supuesto de que estos se eliminan en un 100%. Y se comparan con el gasto que se requiere de inversión para llevar a cabo la propuesta.

A continuación, se presenta la tabla 23, que representa el payback de la propuesta de mejora del proyecto.

Tabla 23: Payback de la propuesta de mejora del proyecto

MES	0	1	2	3	4	5	6
INVERSIÓN							
Cinta transportadora	-\$ 20.404.800						
Instalación cinta	-\$ 327.000						
Instalación Lector con sensor	-\$ 9.940.800						
Implementación de lector	-\$ 457.800						
Capacitación	-\$ 7.848.000						
Actualización Software	-\$ 147.150						
COSTOS SITUACIÓN ACTUAL		\$ 6.666.751	\$ 5.848.423	\$ 7.078.989	\$ 6.835.038	\$ 7.234.980	\$ 6.299.867
TOTAL INVERSIÓN	-\$ 39.125.550						
SALDO		-\$ 32.458.799	-\$ 26.610.376	-\$ 19.531.387	-\$ 12.696.349	-\$ 5.461.369	\$ 838.498

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 23 se desprende que la inversión producto de la mejora produce saldos negativos durante los primeros meses, sin embargo, a partir del mes siete se comienza a apreciar que los saldos son positivos. Cabe mencionar que no se consideran gastos por concepto de mantenimiento de los equipos ni del software, esto se debe a que la mantención se realiza en un periodo de tiempo posterior al estudiado, no obstante, esto se realiza periódicamente y no mensual, lo que afectaría los saldos de solo algunos meses.

6.4. Evaluación económica

La evaluación económica de proyectos de cooperación tiene por objetivo identificar las ventajas y desventajas asociadas a la inversión en un proyecto antes de la implementación del mismo. Es un método de análisis útil para adoptar decisiones racionales ante diferentes alternativas.

La información exacta acerca de las ventas realizadas por la empresa es información confidencial, por lo que se realizará la evaluación económica considerando sólo la inversión realizada en la mejora propuesta y los costos adicionales generados por los errores producidos en la carga de contenedores.

Cabe destacar, que como se mencionó con anterioridad en el modelo de la situación mejorada, al realizar esta inversión los costos adicionales desaparecen, por lo que se pueden considerar como un nuevo ingreso a la empresa.

Otro punto importante que considerar es que las ventas de neumáticos de la empresa han aumentado en aproximadamente un 10% anual dentro de los últimos 3 años, dentro de los cuales la cantidad de costos adicionales generados en la operación han aumentado un 10% aproximadamente cada año. Esta misma información se utiliza para realizar la proyección.

La tabla 24, representa la proyección realizada sobre el aumento de los costos adicionales en los años futuros, que como se menciona anteriormente, crecen en un 10% anual al igual que las ventas de la empresa.

Tabla 24: Proyección de costos adicionales futuros

Tipo costo adicional / Año	2015	2016	2017	2018
		(+10%)	(+10%)	(+10%)
COSTOS ADICIONALES	\$ 79.594.427	\$ 87.553.870	\$ 96.309.257	\$ 105.940.182
Estadía en planta	\$ 40.277.202	\$ 44.304.922	\$ 48.735.414	\$ 53.608.956
Estadía Seal	\$ 16.300.000	\$ 17.930.000	\$ 19.723.000	\$ 21.695.300
Sellos adicionales	\$ 23.017.225	\$ 25.318.948	\$ 27.850.842	\$ 30.635.926

Fuente: Elaboración propia

La proyección de estos costos (años 2016, 2017 y 2018) se considerarán como ingreso para efectos de la evaluación económica, ya que al implementar la solución propuesta estos costos son eliminados por lo que se consideran como un “ahorro” o “ingreso” para la compañía.

La alternativa de solución propuesta tiene un costo de mantención mensual (maquinaria, sistemas, etc) el cual asciende a los \$78.410, obteniendo un costo anual de mantención igual a \$940.920, lo que será considerado en la evaluación económica realizada.

En la tabla 25, se muestra el flujo de caja realizado con la información detallada anteriormente.

Tabla 25: Flujo de caja

	AÑO			
	2015	2016	2017	2018
INGRESOS	-			
AHORRO COSTOS ADICIONALES		\$ 87.553.870	\$ 96.309.257	\$ 105.940.182
Estadía en planta	\$ 44.304.922	\$ 48.735.414	\$ 53.608.956	
Estadía Seal	\$ 17.930.000	\$ 19.723.000	\$ 21.695.300	
Sellos adicionales	\$ 25.318.948	\$ 27.850.842	\$ 30.635.926	
COSTOS				
COSTOS ADICIONALES	-\$ 79.594.427			
Estadía en planta	-\$ 40.277.202			
Estadía Seal	-\$ 16.300.000			
Sellos adicionales	-\$ 23.017.225			
INVERSION	-\$ 39.125.550			
Cinta transportadora	-\$ 20.404.800			
Instalación cinta	-\$ 327.000			
Instalación lector	-\$ 9.940.800			
Implementación lector	-\$ 457.800			
Capacitación	-\$ 7.848.000			
Actualización Software	-\$ 147.150			
Mantención		-\$ 940.920	-\$ 940.920	-\$ 940.920
FLUJO DE CAJA NETO	-\$ 118.719.977	-\$ 32.107.027	\$ 63.261.309	\$ 168.260.572

Fuente: Elaboración propia

La información contenida en la tabla representa lo siguiente:

- Costos adicionales: representan los costos adicionales producidos por los errores cometidos en la carga de contenedores.
- Inversión: inversión necesaria para poder realizar la mejora propuesta con anterioridad.
- Al realizar la inversión, los costos adicionales serán \$0.
- Los costos adicionales aumentaron en un promedio anual de 10%, durante los últimos 5 años, por lo que se sigue este patrón para proyectar los costos adicionales a futuro.
- Los costos adicionales a futuro serán considerados como un ingreso, ya que luego de la mejora estos costos se vuelven \$0, lo que lleva a tener este ahorro a la compañía.
- Mantenimiento: costo de mantenimiento mensual de la solución propuesta (maquinaria, sistema, etc.).

6.4.1. Cálculo del VAN y TIR para la propuesta de mejora del proyecto

En un proyecto empresarial es muy importante analizar la posible rentabilidad del proyecto y sobre todo si es viable o no. Cuando se forma una empresa hay que invertir un capital y se espera obtener una rentabilidad a lo largo de los años. Esta rentabilidad debe ser mayor al menos que una inversión con poco riesgo.

Dos parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno). Ambos conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa.

El valor actual neto (VAN) es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros o en determinar la equivalencia en el tiempo de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial.

Para el cálculo del VAN del proyecto primero es necesario obtener la Tasa de descuento, una medida financiera que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro.

Para calcular el valor de la Tasa de descuento, se utiliza el Modelo de fijación de precios de activos de capital (CAPM), un modelo para calcular el precio de un activo y pasivo o una cartera de inversiones.

La ecuación 12, se utiliza para calcular el CAPM, equivalente a la tasa de descuento a utilizar:

$$CAPM = Rf + \beta (Rm - Rf)$$

Ecuación 12: Fórmula para calcular el CAPM

Donde Rf corresponde a la rentabilidad de un activo que no ofrece riesgo, Rm es la rentabilidad del mercado y β es la cantidad de riesgo con respecto al Portafolio de Mercado.

Para el cálculo de la rentabilidad del mercado (Rm) se utiliza el promedio de las variaciones del Índice del precio selectivo de acciones (IPSA), registradas en los últimos 5 años.

La tabla 26, muestra los porcentajes de variación del IPSA en los últimos 5 años:

Tabla 26: Índice del Precio Selectivo de Acciones IPSA

Fecha	Open	High	Low	Close	Variación
03-01-2011	3581,418	3624,342	3566,866	3620,698	36,49%
30-12-2011	4888,105	4929,743	4884,063	4927,532	
03-01-2012	4927,532	4971,749	4927,531	4967,509	-15,33%
28-12-2012	4171,945	4181,898	4158,601	4177,531	
03-01-2013	4158,062	4192,010	4154,182	4163,156	3,28%
30-12-2013	4294,500	4301,609	4283,157	4301,383	
03-01-2014	4349,052	4361,431	4339,792	4356,795	7,95%
30-12-2014	4694,686	4730,126	4684,343	4369,115	
03-01-2015	4732,662	4768,102	4722,319	4381,435	1,14%
30-12-2015	4786,712	4822,152	4776,369	4393,755	

Fuente: Bolsa de comercio de Santiago

Por lo tanto, la rentabilidad del mercado (R_m) será igual a 6,7%, correspondiendo este valor al promedio de las variaciones registradas en los últimos 5 años.

La rentabilidad del activo sin riesgo (R_f) se obtuvo de la Asociación de bancos e instituciones financieras, donde el BCP, para un horizonte de 5 años es igual al R_f que se necesita para calcular el CAPM, obteniéndose por lo tanto un R_f igual al 4,43% (valor correspondiente al año 2016).

El β que se utilizó, corresponde a la empresa Cooper Tires, empresa de Estados Unidos que cuenta con una casa matriz en Chile, y que se dedica a la fabricación de neumáticos al igual que Goodyear. El β para esta empresa es 1,320.

En la ecuación 13 se muestra el cálculo del CAPM, según la información entregada anteriormente.

$$CAPM = 0,443 + 1,32 (0,67 - 0,443)$$

Ecuación 13: Cálculo de CAPM

Por lo tanto, la tasa de descuento calculada a través del método CAPM es igual a 0,743 o 7,43%, que corresponde a la tasa de descuento utilizada.

Con esta información, es posible calcular los indicadores VAN y TIR, los cuales se muestran en la tabla 27.

Tabla 27: Indicadores VAN y TIR

INDICADORES	
VAN	\$ \$ 41.915.053
TIR	18,61%
Tasa de descuento	7,43%

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior podemos concluir que el proyecto es rentable, ya que su VAN es positivo con un TIR de 18,61%.

La tabla 28, muestra la evaluación económica realizada anteriormente:

Tabla 28: Evaluación económica

	AÑO			
	2015	2016	2017	2018
INGRESOS	-			
AHORRO COSTOS ADICIONALES	\$ 87.553.870	\$ 96.309.257	\$ 105.940.182	
Estadía en planta	\$ 44.304.922	\$ 48.735.414	\$ 53.608.956	
Estadía Seal	\$ 17.930.000	\$ 19.723.000	\$ 21.695.300	
Sellos adicionales	\$ 25.318.948	\$ 27.850.842	\$ 30.635.926	
COSTOS				
COSTOS ADICIONALES	-\$ 79.594.427			
Estadía en planta	-\$ 40.277.202			
Estadía Seal	-\$ 16.300.000			
Sellos adicionales	-\$ 23.017.225			
INVERSION	-\$ 39.125.550			
Cinta transportadora	-\$ 20.404.800			
Instalación cinta	-\$ 327.000			
Instalación lector	-\$ 9.940.800			
Implementación lector	-\$ 457.800			
Capacitación	-\$ 7.848.000			
Actualización Software	-\$ 147.150			
Mantenión		-\$ 940.920	-\$ 940.920	-\$ 940.920
FLUJO DE CAJA NETO	-\$ 118.719.977	-\$ 32.107.027	\$ 63.261.309	\$ 168.260.572
VAN (7,43%)	\$ 41.915.053			
TIR	18,61%			

Fuente: Elaboración propia

7. Conclusiones y recomendaciones

Al finalizar el trabajo de memoria realizado para el proceso de carga de contenedores de la empresa Goodyear Chile S.A.I.C., planta Maipú, se desprenden las siguientes conclusiones:

Como se explicó en un comienzo, alcanzar una ventaja competitiva para una empresa es de vital importancia. A base de esto nace este proyecto, puesto que se propone implantar una mejora continua en la línea de carga. De esta forma, la mejora propuesta en este trabajo contribuye a que la empresa mejore sus condiciones laborales y disminuya sus costos en base a realizar los procedimientos sin cometer errores.

Bajo la metodología Six Sigma, se logró identificar el comportamiento del proceso y determinar los potenciales agentes que producen aforos. De ello se obtuvieron los principales factores causales del problema, los cuales son: errores de carga por poseer un sistema manual sin control y diferencias entre inventario teórico y real.

Además, se logró confirmar con la simulación realizada en Arena, las condiciones reales que presenta el proceso, esto es, representar el porcentaje de aforos que equivale a un 11% aproximadamente en relación al total de contenedores cargados, simulando un turno de 8 horas y los contenedores cargados por una cuadrilla.

Finalmente, y de acuerdo a la propuesta de mejora que se pretende implementar, se logra establecer un orden dentro del centro de distribución de acuerdo a la participación en el mercado de cada producto, esto es, el que mayor incidencia tiene respecto del precio y demanda utilizando la herramienta ABC, se ubican más cerca de la zona de carga, disminuyendo los tiempos de recolección y carga alrededor de un 20%.

Además, la revisión de los racks es más exhaustiva dentro del centro, con registros periódicos lo que genera un mayor control de inventario y eliminando las diferencias entre el inventario teórico y real.

Adicionalmente, se cambia el proceso de carga de contenedor, añadiendo una cinta transportadora que va desde la ubicación donde se dejan los racks, hasta la entrada del contenedor. Se ubican los neumáticos en ella y en el trayecto pasan por un sistema de lectura de código de barra, que indica el tipo de neumático que va pasando y se corrobora si pertenece a la guía de despacho. También se descuenta automáticamente del stock teórico. El grupo de trabajo cambia la modalidad de funcionamiento y se ubican en estaciones como línea de ensamble, donde cada uno cumple una función específica.

Cada trabajador debe manejar todas las estaciones de trabajo, puesto que estas son rotativas durante el turno, debido a que cada labor posee distinto esfuerzo físico. El encargado de turno es el responsable de equilibrar los tiempos en que cada trabajador permanece en cada estación de trabajo. Esto tiene que ver con la implementación de la herramienta 5s, que ordena a cada trabajador con el fin de realizar el proceso de manera más efectiva. Además, los instruye perfeccionándolos en su labor y se crean herramientas visuales informativas que complementen el conocimiento.

Posterior a esto, se realiza una nueva simulación, con las mejoras propuestas, que pretende eliminar los aforos. El resultado es positivo y queda demostrado que los aforos representan menos del 1% de los contenedores cargados. El nivel de sigma es de $4,9\sigma$, quiere decir que el 99,96% de los contenedores cargados, no tienen aforo.

En relación al análisis económico utilizamos el payback, el cual tiene directa relación con el tiempo que demora la recuperación de inversión que genera el proyecto, esto quiere decir, cuanto tiempo tarda la recuperación de dinero por concepto de la propuesta de mejora. Al realizar este cálculo se obtuvo un payback 6, lo que se traduce en que la demora de recuperación de inversión son 6 meses a partir del mes en que esta se realiza.

El valor actual neto (VAN) es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Para este proyecto el VAN es igual a \$ 41.915.053.

La tasa interna de retorno (TIR) de una inversión es la tasa de descuento con la que el valor actual neto (VAN) es igual a cero. Para este caso, el valor de la TIR obtenido es igual a 18,61%.

BIBLIOGRAFÍA

Francisco Miranda, Introducción a la gestión de la calidad. (Madrid: Delta, 2007)

Arturo Ferrín Gutiérrez, Gestión de stocks en la logística de almacenes, Fc Editorial, Segunda Edición, Madrid.

Marcello Valeri y Guisepe Jaccarato, Java 5 Novedades del lenguaje, Italia, página 27.

Edmundo Guajardo Garza, Administración de la Calidad Total. Editorial Pax México, página 145.

Patrick Lyonnet, Los métodos de la calidad total, Ediciones Díaz de Santos, 1989, página 131.

Max Muller, Fundamentos de Administración de Inventarios, Editorial Norma, 2005.

Jay Heizer y Barry Render, "Principios de Administración de Operaciones ", Quinta edición, Pearson Educación, México, 2004, página 199.

Jorge López Herrera, +Productividad. Página 15

Andrés Giraldo. Charlas de Seguridad Industrial N°2. Capítulo 15, página 36.

Alfonso Urquía Moraleda, Carla Martín Villalba, Modelado y Simulación de eventos discretos. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid 2013. Cap. 4

Thomas McCarty, Lorraine Daniels, Michael Bremer, Praveen Gupta, John Heisey, Kathleen Mills, The Six Sigma Black Belt Handbook, Mc Graw Hill, 2004.

Thomas T. Goldsmith Jr. y Estle Ray Mann, Simulation-based Learning: The Learning-Forgetting-Relearning Process and Impact of Learning History, Computers & Education, April 2008, página 866.

Robert Shannon y James D. Johannes, "Systems simulation: the art and science", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1976, páginas 723 y 724.

Piedemonte Llanero, Modelo de Simulación; Sistema de producción bovino doble propósito. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria página 11

Alfonso Urquía Moraleda, Carla Martín Villalba, Modelado y Simulación de eventos discretos. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid 2013. Cap. 3.

Herramientas utilizadas en DMAIC: <http://www.laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>

Backer, Jacobsen y Ramírez Padilla: "Contabilidad de Costos - un enfoque administrativo y de gerencia". Ed. Mc.Graw Hill, México 1998.

Giménez Carlos M. y colaboradores - Costos para Empresarios - Ed. Macchi 1995

Hornigren Charles, Foster y Datar: "Contabilidad de Costos: Un enfoque gerencial". Prentice - Hall . México 10ª Edición 2002

Vázquez Juan Carlos: "Tratado de Costos" Ed. Aguilar Buenos Aires 1991.

ANEXO I: Las siete herramientas básicas de la calidad

Tabla 29: Herramientas básicas de la Calidad

Herramienta	Definición
Diagrama de causa y efecto o de Ishikawa	Es una técnica esquemática utilizada para identificar, clasificar y exponer las posibles causas de los problemas ya sea de calidad o no.
Hojas de control	Cualquier clase de formulario destinado a recopilar y registrar la información. Esta herramienta ayuda a responder las dudas planteadas e identificar hechos que puedan ayudar a análisis posteriores.
Histograma	Esta herramienta muestra el rango de valores de una medida y la frecuencia con la que se presenta. Se utiliza para ordenar los datos que son utilizados en las mediciones para la resolución de problemas.
Diagrama de Pareto	Gráfico que identifica y señala problemas o defectos, ordenándolos de forma descendente según su frecuencia de aparición (de izquierda a derecha). El diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice: "El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan".
Diagrama de dispersión	Gráfico que identifica y señala problemas o defectos, ordenándolos de forma descendente según su frecuencia de aparición (de izquierda a derecha). El diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice: "El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan".
Gráficos de control	Herramienta que se utiliza para medir si un proceso se encuentra dentro de los límites establecidos. Permite un control visual del proceso y suministra una base para generar la acción para resolver problemas encontrados.
Estratificación	Esta herramienta clasifica la información recopilada sobre una característica de calidad. La información debe ser encasillada de acuerdo a patrones individuales en máquinas específicas y así sucesivamente. Los criterios efectivos para la estratificación son: <ul style="list-style-type: none"> ○ Tipo de defecto. ○ Causa y efecto. ○ Localización del efecto. ○ Material, producto, fecha de producción, grupo de trabajo, operador, lote, etc.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Heitzer y Render, 2007).

ANEXO II: Niveles de desempeño Six Sigma

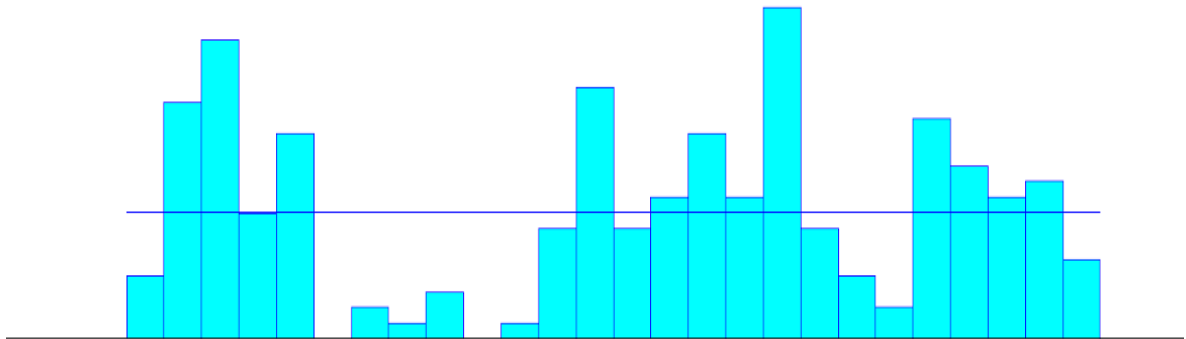
Tabla 30: Niveles de desempeño Six Sigma

TABLA DE CONVERSIÓN DE CAPACIDAD DEL PROCESO EN SIGMAS - METODO 1					
Sigma	DPMO	YIELD	Sigma	DPMO	YIELD
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			

Fuente: Página web <https://es.slideshare.net/MscMttoCohorte2014/pres-planif-estrategica>

ANEXO III: Distribución de probabilidad situación actual

Ilustración 45: Distribución de probabilidad para el proceso de Recolección y Carga

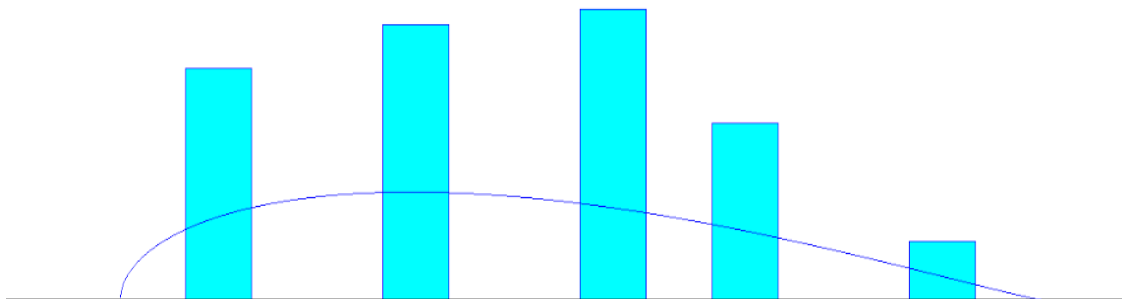


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de Planta Goodyear Chile

Distribution Summary

Distribution: Uniform
 Expression: UNIF (120 , 146)
 Square Error: 0.019770

Ilustración 46: Distribución de probabilidad para el proceso de Sellado

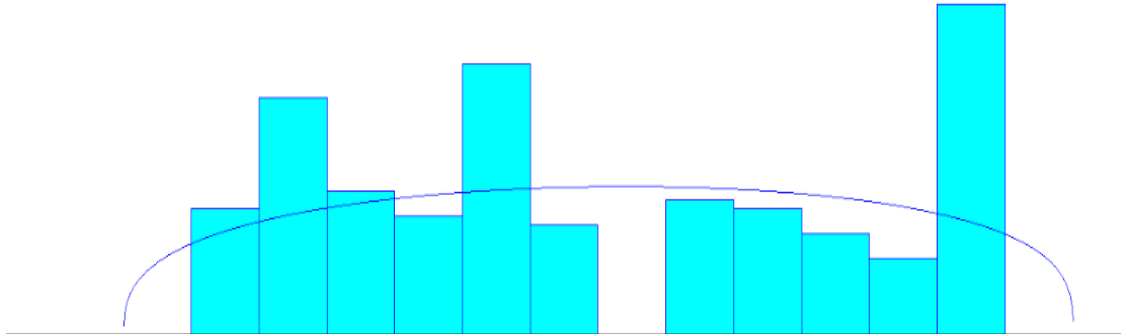


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de Planta Goodyear Chile

Distribution Summary

Distribution: Beta
 Expression: $0.09 + 0.019 * \text{BETA} (1.51 , 2.11)$
 Square Error: 0.148155

Ilustración 47: Distribución de probabilidad para el proceso de Pesamático



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de Planta Goodyear Chile

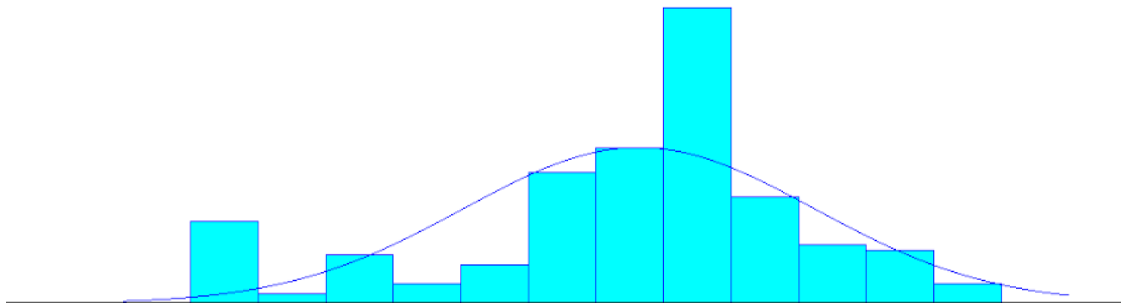
Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression: $0.37 + 0.45 * \text{BETA} (1.35, 1.31)$

Square Error: 0.036912

Ilustración 48: Distribución de probabilidad para el proceso de Facturación



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de Planta Goodyear Chile

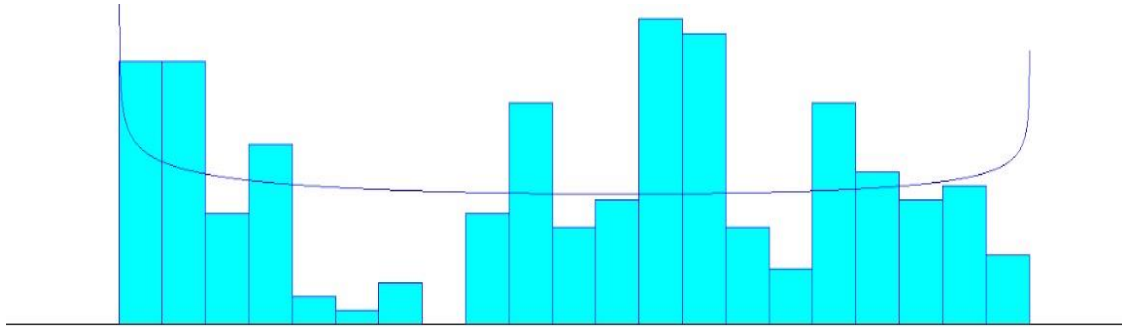
Distribution Summary

Distribution: Normal

Expression: $\text{NORM} (0.825, 0.124)$

Square Error: 0.036018

Ilustración 49: Distribución de probabilidad para el proceso de Recolección y Carga Mejora



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de Planta Goodyear Chile

Distribution Summary

Distribution: Beta

Expression: $95.5 + 21 * \text{BETA}(0.881, 0.903)$

Square Error: 0.029460

ANEXO IV: Tiempos de procesos

Tabla 31: Tiempos de Procesos sin Aforo (Parte 1)

Muestra	Recolección (min)	Sellado (min)	Pesamático (min)	Facturación (min)	Tiempo proceso (min)
1	122	3	12	22	159
2	124	4	12	22	162
3	133	5	13	21	172
4	120	4	11	22	157
5	143	3	12	27	185
6	122	3	21	22	168
7	141	5	12	21	179
8	123	4	11	24	162
9	128	3	21	22	174
10	140	4	14	19	177
11	122	5	21	22	170
12	121	4	15	22	162
13	123	3	16	21	163
14	132	5	21	22	180
15	131	5	21	16	173
16	124	5	17	22	168
17	134	5	18	17	174
18	138	4	21	22	185
19	132	3	19	22	176
20	122	4	15	24	165
21	121	3	13	18	155
22	123	5	15	19	162
23	142	3	15	22	182
24	141	3	17	21	182
25	121	6	14	20	161
26	123	3	20	21	167
27	142	7	15	22	186
28	141	3	21	24	189
29	132	4	11	21	168
30	145	5	12	22	184
31	132	6	12	25	175
32	122	5	15	25	167
33	132	4	11	25	172
34	142	3	11	25	181
35	141	4	13	25	183

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32: Tiempos de Procesos sin Aforo (Parte 2)

Muestra	Recolección (min)	Sellado (min)	Pesamático (min)	Facturación (min)	Tiempo proceso (min)
36	121	3	12	24	160
37	141	4	14	22	181
38	142	5	17	22	186
39	132	4	15	25	176
40	122	5	13	22	162
41	132	4	11	26	173
42	142	3	15	22	182
43	141	3	13	25	182
44	121	4	21	24	170
45	143	5	14	21	183
46	137	6	15	24	182
47	122	6	15	21	164
48	124	4	16	23	167
49	137	5	12	25	179
50	139	6	17	23	185
51	122	4	15	22	163
52	124	4	21	23	172
53	135	3	16	22	176
54	122	6	17	24	169
55	124	3	12	22	161
56	137	4	11	23	175
57	134	5	12	21	172
58	124	6	17	23	170
59	143	5	15	22	185
60	145	4	18	22	189
61	122	3	19	21	165
62	124	4	20	25	173
63	134	5	12	15	166
64	137	6	21	15	179
65	144	3	12	17	176
66	144	4	12	25	185
67	132	5	11	15	163
68	124	6	11	24	165
69	137	3	14	24	178
70	132	4	12	27	175

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33: Tiempos de Procesos sin Aforo (Parte 3)

Muestra	Recolección (min)	Sellado (min)	Pesamático (min)	Facturación (min)	Tiempo proceso (min)
71	135	5	15	15	170
72	122	6	21	24	173
73	124	7	12	17	160
74	131	5	13	24	173
75	131	6	21	15	173
76	138	3	12	21	174
77	144	4	14	24	186
78	132	5	13	27	177
79	124	6	15	24	169
80	120	5	16	15	156
81	137	4	12	21	174
82	135	3	13	24	175
83	143	4	17	27	191
84	131	5	18	17	171
85	135	3	21	15	174
86	133	3	12	24	172
87	124	5	19	24	172
88	134	3	21	27	185
89	137	4	20	26	187
90	131	5	21	25	182
91	121	6	21	14	162
92	143	5	11	15	174
93	144	4	21	24	193
94	137	3	21	24	185
95	138	6	12	21	177
96	120	3	13	22	158
97	137	4	21	22	184
98	145	3	12	22	182
99	141	4	15	21	181
100	121	3	13	22	159
101	143	4	15	21	183
102	144	5	15	22	186
103	137	6	17	21	181
104	138	5	14	24	181
105	132	4	14	22	172

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34: Tiempos de Procesos sin Aforo (Parte 4)

Muestra	Recolección (min)	Sellado (min)	Pesamático (min)	Facturación (min)	Tiempo proceso (min)
106	137	3	15	21	176
107	135	4	15	21	175
108	144	5	16	22	187
109	144	6	13	24	187
110	136	5	17	21	179
111	137	4	18	15	174
112	136	3	21	15	175
113	138	4	12	15	169
114	132	5	19	17	173
115	131	5	21	14	171
116	122	4	20	15	161
117	145	3	21	24	193
118	142	7	21	24	194
119	144	5	11	27	187
120	134	6	21	23	184
121	121	5	21	24	171
122	132	4	12	24	172
123	135	3	13	25	176
124	122	4	21	15	162
125	141	5	14	21	181
126	134	6	15	26	181
127	137	5	13	24	179
128	122	3	15	17	157
129	144	3	15	24	186
130	132	4	17	21	174
131	124	4	14	24	166
132	124	4	15	27	170
133	143	4	15	17	179
134	141	4	16	24	185
135	132	4	17	24	177
136	121	5	12	26	164
137	123	4	12	27	166
138	142	5	15	26	188
139	133	5	11	25	174
140	142	3	11	24	180

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35: Tiempos de Procesos sin Aforo (Parte 5)

Muestra	Recolección (min)	Sellado (min)	Pesamático (min)	Facturación (min)	Tiempo proceso (min)
141	141	4	12	15	172
142	121	6	18	20	165
143	132	3	12	24	171
144	135	5	17	20	177
145	122	4	15	21	162
146	131	3	19	22	175
147	134	4	11	26	175
148	137	5	15	24	181
149	141	3	13	25	182
150	144	7	12	28	191
151	139	4	15	23	181
152	133	4	13	21	171
153	137	5	21	25	188
154	143	3	20	24	190
155	121	6	21	26	174
156	135	7	17	24	183
157	128	6	18	24	176
158	136	6	15	21	178
159	136	5	11	24	176
160	135	4	12	24	175
161	123	3	21	25	172
162	138	5	13	28	184
163	137	6	18	24	185
164	122	4	19	23	168
165	135	3	21	24	183
166	136	5	14	24	179
167	137	4	21	23	185
168	121	6	18	21	166
169	123	6	16	24	169
170	142	7	15	25	189
171	133	6	16	29	184
172	142	3	16	27	188
173	141	5	17	24	187
174	121	5	21	21	168
175	142	4	18	18	182

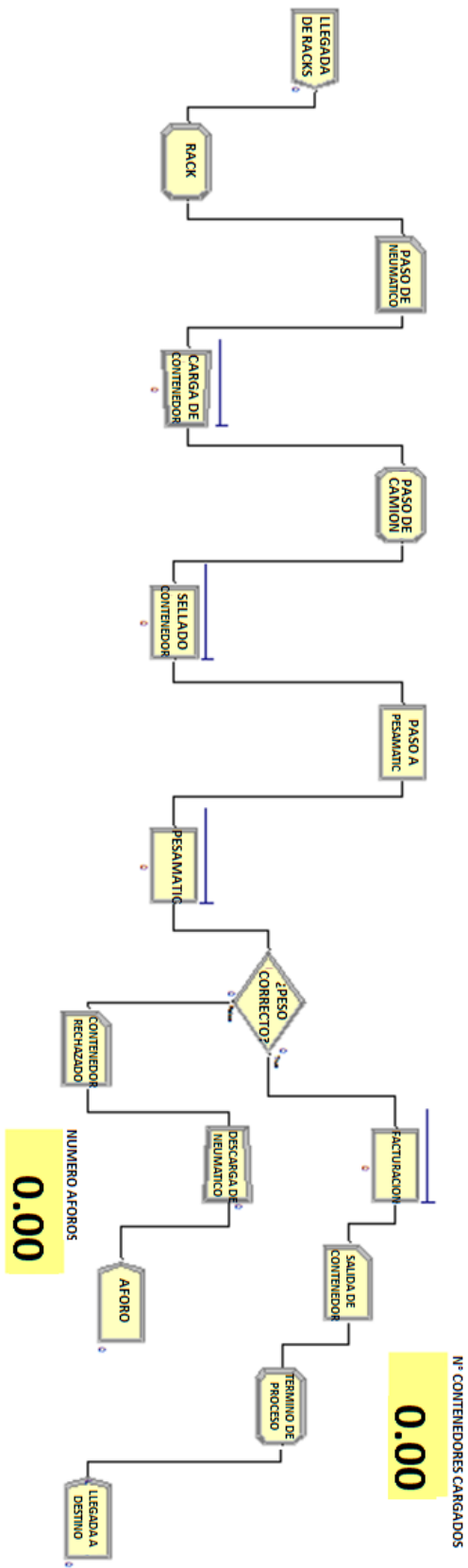
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36: Tiempos de Procesos sin Aforo (Parte 6)

Muestra	Recolección (min)	Sellado (min)	Pesamático (min)	Facturación (min)	Tiempo proceso (min)
176	139	5	19	26	189
177	122	5	20	19	166
178	141	4	19	24	188
179	130	3	15	17	165
180	137	6	18	26	187
181	141	7	19	24	191
182	120	5	21	26	172
183	139	6	17	23	185
184	133	3	16	24	176
185	137	4	21	25	187
186	143	5	21	14	183
187	121	6	20	16	163
188	135	7	18	26	186
189	128	5	19	25	177
190	136	6	21	24	187
191	136	3	20	24	183
192	135	6	21	25	187
193	123	5	14	23	165
194	138	5	14	27	184
195	137	5	13	25	180
196	122	6	16	19	163
197	145	5	18	20	188
198	136	7	21	18	182
199	137	3	14	27	181
200	140	6	20	25	191
201	134	5	18	29	186
202	126	7	21	23	177
203	133	7	15	24	179
204	135	6	17	21	179
205	127	5	19	24	175
206	122	6	16	22	166
207	121	6	18	17	162
208	134	5	16	26	181
209	126	7	18	18	169
210	136	4	19	17	176

Fuente: Elaboración propia

ANEXO V: Simulación Arena Centro de Distribución situación actual



ANEXO VI: Informes Arena situación actual

19:59:09

Category Overview

marzo 8, 2017

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 1.059 Time Units: HOURS

Key Performance Indicators

System

Number Out

Average

4

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.02526771	< 0,00	0.01353142	0.03111833	0.00841248	0.03597229
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.00333333	< 0,00	0.00333333	0.00333333	0.00333333	0.00333333
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.02860104	< 0,00	0.01686475	0.03445166	0.01174582	0.03930562

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Racks	112.00	0,00	112.00	112.00		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Racks	112.00	0,00	112.00	112.00		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.4004	< 0,00	0.2361	0.4823	0.00	28.0000

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Carga de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Facturacion.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesamatic.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Carga de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	27.0000
Facturacion.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesamatic.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

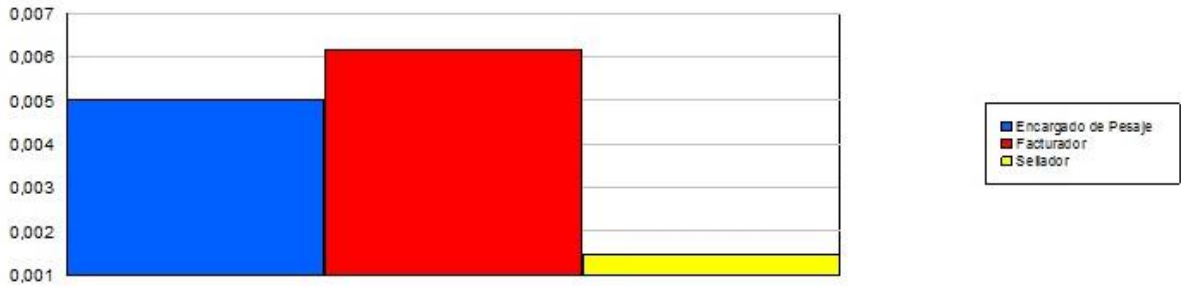
Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encargado de Pesaje	0.00500255	< 0,00	0.00343435	0.00662545	0.00	1.0000
Facturador	0.00617185	< 0,00	0.00	0.00834747	0.00	1.0000
Sellador	0.00145945	< 0,00	0.00085784	0.00213938	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encargado de Pesaje	0.00500255	< 0,00	0.00343435	0.00662545	0.00	1.0000
Facturador	0.00617185	< 0,00	0.00	0.00834747	0.00	1.0000
Sellador	0.00145945	< 0,00	0.00085784	0.00213938	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encargado de Pesaje	1.0000	< 0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Facturador	1.0000	< 0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Sellador	1.0000	< 0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

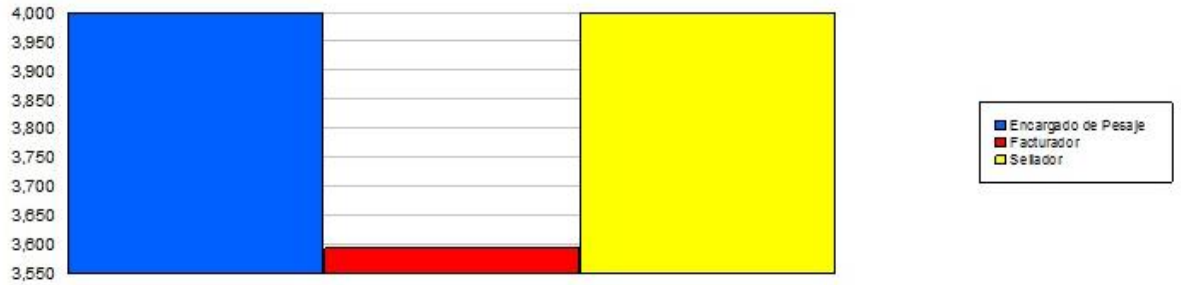
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Encargado de Pesaje	0.00500255	0,00	0.00343435	0.00662545
Facturador	0.00617185	0,00	0.00	0.00834747
Sellador	0.00145945	0,00	0.00085784	0.00213938



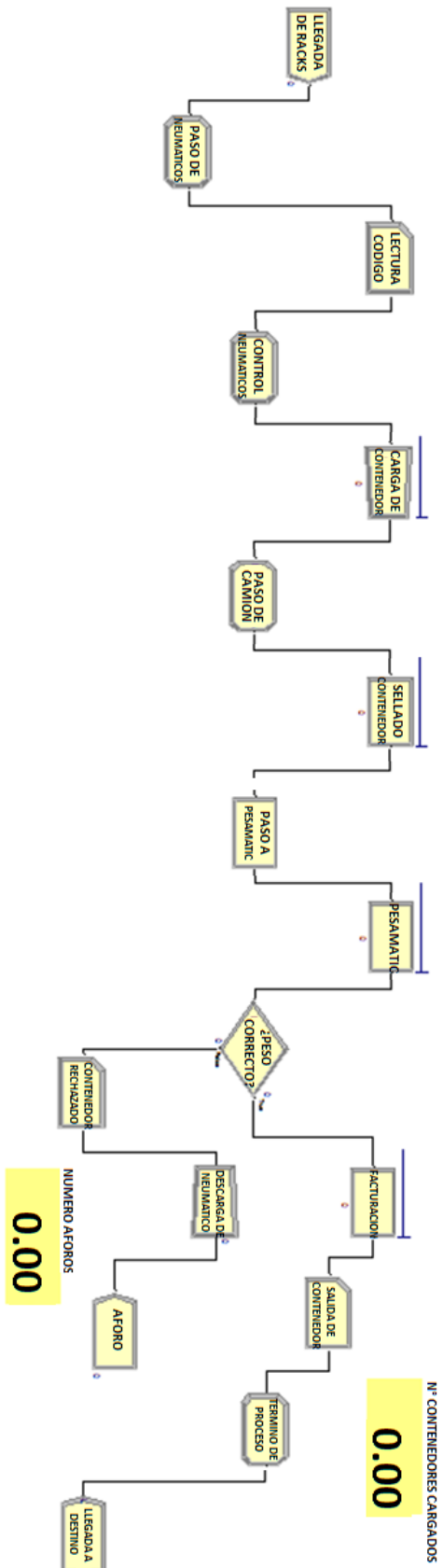
Resource

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Encargado de Pesaje	4.0000	0,00	4.0000	4.0000
Facturador	3.5930	0,04	0.00	4.0000
Sellador	4.0000	0,00	4.0000	4.0000



ANEXO VII: Simulación Arena CD situación propuesta



ANEXO VIII: Informes Arena propuesta de mejora

20:15:04

Category Overview

marzo 8, 2017

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 1.059 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System

Number Out

Average

5

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.02657436	< 0,00	0.02192191	0.03122248	0.00952736	0.03691362
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.00333333	< 0,00	0.00333333	0.00333333	0.00333333	0.00333333
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.02990769	< 0,00	0.02525524	0.03455581	0.01286069	0.04024695

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	139.74	0,16	112.00	140.00		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	139.52	0,22	112.00	140.00		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Racks	0.5220	< 0,00	0.3850	0.6047	0.00	28.0000

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Carga de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Facturacion.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesamatic.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Carga de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	27.0000
Facturacion.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesamatic.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sellado de Contenedor.Queue	0.00	< 0,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resource

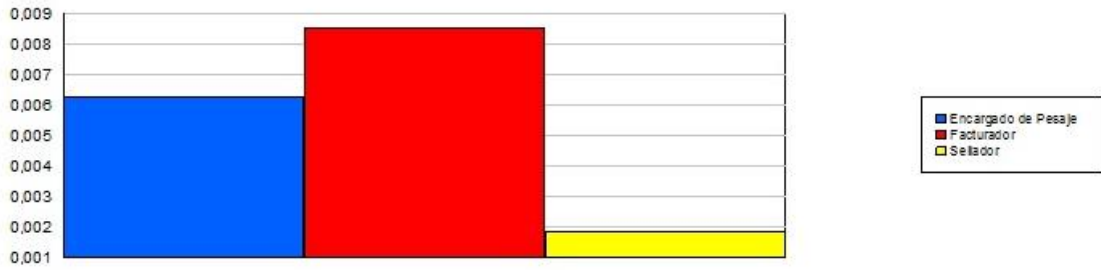
Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encargado de Pesaje	0.00622501	< 0,00	0.00419024	0.00778889	0.00	1.0000
Facturador	0.00851147	< 0,00	0.00600968	0.01039499	0.00	1.0000
Sellador	0.00182834	< 0,00	0.00092694	0.00254984	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encargado de Pesaje	0.00622501	< 0,00	0.00419024	0.00778889	0.00	1.0000
Facturador	0.00851147	< 0,00	0.00600968	0.01039499	0.00	1.0000
Sellador	0.00182834	< 0,00	0.00092694	0.00254984	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Encargado de Pesaje	1.0000	< 0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Facturador	1.0000	< 0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Sellador	1.0000	< 0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

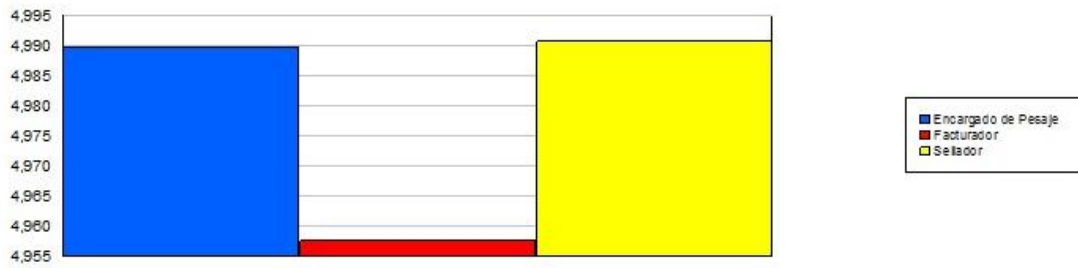
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Encargado de Pesaje	0.00622501	0,00	0.00419024	0.00778889
Facturador	0.00851147	0,00	0.00600968	0.01039499
Sellador	0.00182834	0,00	0.00092694	0.00254984



Resource

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Encargado de Pesaje	4.9896	0,01	4.0000	5.0000
Facturador	4.9575	0,01	4.0000	5.0000
Sellador	4.9906	0,01	4.0000	5.0000



User Specified**Counter**

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Contenedor Erroneo	0.02832861	< 0,01	0.00	1.0000
Contenedores Correctos	4.9547	< 0,01	4.0000	5.0000
Racks Circulando	134.75	< 0,16	108.00	135.00

