

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Diseño de un modelo de capacidad para la optimización de procesos en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew, para el tercer cuatrimestre del 2016”

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Estudiante: Yarith Barrantes Rodríguez

Tutor: Ing. Jacqueline Brenes Granados

Febrero, 2017

DECLARACIÓN JURADA

Yo **Vilma Yarith Barrantes Rodríguez**, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número **2-0715-0714** egresado de la carrera de **Ingeniería Industrial** de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de **Bachillerato en Ingeniería Industrial**, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Diseño de un modelo de capacidad para la optimización de procesos en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew, para el tercer cuatrimestre del 2016**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los **29** días del mes de **mayo** del año dos mil **diecisiete**.



Firma del estudiante
Cédula **2-0715-0714**

CARTA DEL TUTOR

San José, 24 de Marzo del 2017

*Departamento de Registro
Carrera: Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana*

Estimado señor:

La estudiante Yarith Barrantes Rodríguez, cédula de identidad 2-0715-0714, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado número "Diseño de un modelo de capacidad para la optimización de procesos en el área de empaque de Arthrocare S.R.L. una compañía de Smith&Nephew para el tercer cuatrimestre del 2016", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

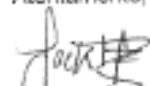
En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	15
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	20
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	15
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL		80

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



Nombre: Jacqueline Brenes Granados
Cédula Identidad: 701380274
Carné Colegio Profesional IPI: 27267

CARTA DE LECTOR

Universidad Hispanoamericana
Sede Heredia
Carrera Ingeniería Industrial

Estimado señor

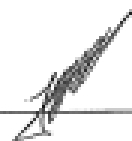
El estudiante Yarith Barrantes Rodríguez, cédula de identidad: 2-0715-0714, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Diseño de un modelo de capacidad para la optimización de procesos en el área de empaque de Arthrocare S.R.L. una compañía de Smith&Nephew para el tercer cuatrimestre del 2016", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

Firma



Nombre George Dany Ramirez Vega

Cédula 1-1458-0986

Carta de aprobación del Filólogo

27 de mayo del 2017, Heredia.

Señores
Lectores
Presente

Estimados:

En carácter de filóloga yo, G. Karina Montero Fernández con cédula 1-1367-0502, integrante de la Asociación Costarricense de Filólogos con carné número 0109, encargada de la revisión de la investigación presentada por Yarith Barrantes Rodríguez y cuyo trabajo se tituló: "Diseño de un modelo de capacidad para la optimización de procesos en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith & Nephew, para el tercer cuatrimestre del 2016"; certifico que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designó.

Hago constar que se hicieron las correcciones pertinentes, las verificaciones morfológicas, sintácticas, de coherencia, cohesión, puntuación y de ortografía sin encontrar plagio en la investigación.



G. Karina Montero Fernández
Ced. 1-1367-0502.
ACFL, carné 0109.

Dedicatoria

Dedico este proyecto de universidad primero a Dios quién es el pilar de mi vida, a mi familia por el apoyo incondicional en todo momento, a todos los profesores que han logrado acompañarme por este camino, a mis amigos y compañeros de universidad por toda la ayuda y todas las palabras de aliento para seguir adelante y nunca darme por vencida. Y un especial agradecimiento a mi abuelita “Mami Vilma”, que aunque ya no está conmigo físicamente, siempre la llevo en mi corazón; ella siempre estuvo pendiente de mis estudios, gracias Mami Vilma por tanto amor.

Un profundo y gran agradecimiento a todas estas personas que han estado conmigo en todo momento.

Agradecimientos

Le agradezco primeramente a Dios por darme la vida y acompañarme en todo momento, a mis padres por guiarme por el camino correcto y a todos los profesores que de una u otra forma han estado presentes durante el camino del aprendizaje.

Tabla de contenido

Declaración Jurada	i
Carta del Tutor	ii
Carta de Lector	iii
Carta de aprobación del Filólogo	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos.....	vi
Acrónimos y siglas	xiv
Resumen.....	xv
CAPÍTULO I:	1
Introducción.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción de la Organización	2
1.2.1. Visión.....	3
1.2.2. Valores	3
1.2.3. Política de Calidad	3
1.2.4. Esquema Organizacional	4
1.2.5. Descripción del Proceso.....	6
1.2.6. Familias de productos.....	7
1.3 Definición del problema	8
1.4 Justificación del proyecto	9
1.5 Objetivos	11
1.5.1 Objetivo General.....	11
1.5.2 Objetivos Específicos.....	11
1.6 Alcances y limitaciones	12
1.6.1. Alcances	12
1.6.2. Limitaciones	12
CAPÍTULO II:	14
Marco Teórico	14
2.1. Marco conceptual general.....	15
2.1.1. Capacidad y utilización	15
2.1.2. Productividad.....	17

2.1.3.	Manufactura esbelta.....	19
2.1.4.	Heijunka	19
2.1.5.	SMED	19
2.1.6.	Takt time	20
2.1.7.	Estadística	20
2.2.	Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto.....	23
2.2.1.	Metodología DMAIC.....	23
2.3.	Marco conceptual referente al impacto del proyecto	39
Capítulo III:		40
Marco metodológico.....		40
1.1.	Metodología para la definición del problema	41
1.1.1.	Técnicas e instrumentos para recolectar información	41
1.1.2.	Instrumento para un diagnóstico.....	41
1.1.3.	Sujetos o fuentes de información.....	42
1.1.4.	Metodología.....	44
1.2.	Metodología para la medición y respaldo cuantitativo de proyecto.....	48
Capítulo IV:.....		49
Línea base y análisis de causas		49
4.1.	Descripción de la situación actual	50
4.3.	Recolección de datos, características, prototipo.....	61
4.3.1.	Estudio de tiempos.....	61
4.3.2.	Balances de Línea.....	73
4.3.3.	Análisis Causa Efecto.....	74
Capítulo V:.....		85
Diseño e implementación de la solución		85
5.1.	Modelo de Capacidad.....	86
5.2.	Análisis del proceso propuesto	90
5.2.1.	Mejoras realizadas al proceso de empaque	91
5.2.2.	Materiales	95
5.2.3.	Medición.....	96
5.2.4.	Distribución propuesta del área de empaque	104
5.3.	Prueba Piloto del Modelo de capacidad	107

5.4. Control “Daily Tracker”	109
5.5. Análisis de costo/beneficio.....	110
5.6. Diagrama Gantt	113
Capítulo VI:.....	115
Conclusiones y recomendaciones	115
Conclusiones.....	116
Recomendaciones:	118
Bibliografía.....	119
Glosario y abreviaturas.....	122
Desperdicio.....	122
Agregar Valor	122
Manejo Visual (Visual Managment).....	122
Tiempo de entrega (lead time)	122
Anexos	123

Índice de tablas

Tabla 1. Familias de productos establecidas por la casa matriz	7
Tabla 2. Sujetos de información	42
Tabla 3. Información del diagrama de Gantt.....	46
Tabla 4. Distribución de familias por cuartos limpios	56
Tabla 5. Resumen de familias del área de Empaque.....	60
Tabla 6. Tiempo ciclo Familia Wands Simple.....	64
Tabla 7. Tiempo ciclo Familia Ambient.....	66
Tabla 8. Tiempo promedio de las operaciones para la Familia Wands Simple.....	67
Tabla 9. Tiempo promedio de las operaciones para la Familia Ambient.....	67
Tabla 10. Tiempo normal de las operaciones para la Familia Wands Simple.....	68
Tabla 11. Tiempo normal de las operaciones para la Familia Ambient.....	68
Tabla 12. Porcentajes de suplementos	69
Tabla 13. Tiempo estándar de las operaciones para la Familia Wands Simple	70
Tabla 14. Tiempo estándar de las operaciones para la Familia Ambient.....	71
Tabla 15. Balance de línea actual Familia Wands Simple.....	73
Tabla 16. Balance de línea actual Familia Ambient.....	74
Tabla 17. Diagrama de actividades Familia Wands Simple	78
Tabla 18. Diagrama de actividades Familia Ambient	79
Tabla 19. Resumen de datos de la limpieza de línea.....	80
Tabla 20. Tiempos de limpieza de línea.....	81
Tabla 21. Priorización de causas.....	82
Tabla 22. Tiempos estándar Familia Wands Simple	83
Tabla 23. Tiempos estándar Familia Ambient	83
Tabla 24. Paros programados por turno.....	87
Tabla 25. Cuadro comparativo de las mejoras del proceso de empaque	90
Tabla 26. Familia Wands Simple.....	95
Tabla 27. Familia Ambient.....	95
Tabla 28. Tiempo ciclo Familia Wands Simple.....	98
Tabla 29. Tiempo ciclo Familia Ambient.....	99
Tabla 30. Cálculo de tiempos promedio Familia Wands Simple.....	100
Tabla 31. Cálculo de tiempos promedio Familia Ambient.....	100
Tabla 32. Cálculo de tiempo normal Familia Wands Simple.....	101
Tabla 33. Cálculo de tiempo normal Familia Ambient.....	101
Tabla 34. Cálculo de tiempo estándar Familia Wands Simple.....	101
Tabla 35. Cálculo de tiempo estándar Familia Ambient.....	101
Tabla 36. Comparación de tiempos estándar Familia Wands Simple	102
Tabla 37. Comparación de tiempos estándar Familia Ambient.....	102
Tabla 38. Balance de línea Familia Wands Simple - Diagnóstico.....	103
Tabla 39. Balance de línea Familia Wands Simple - Propuesto.....	103
Tabla 40. Balance de línea Familia Ambient - Diagnóstico.....	104
Tabla 41. Balance de línea Familia Ambient - Propuesta.....	104

Índice de gráficos

<i>Gráfico 1. Volumen de producción</i>	13
---	----

Índice de figuras

Figura 1. Esquema Organizacional Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew	4
Figura 2. Departamento Ingeniería de Manufactura Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew	5
Figura 3. Organigrama área de Empaque	6
Figura 4. Diagrama del proceso general de todos los productos fabricados en Smith&Nephew	7
Figura 5. Productividad	18
Figura 6. Simbología de un Diagrama de proceso	24
Figura 7. Ejemplo de Diagrama de proceso	25
Figura 8. Ejemplo de tabla con la información necesaria para elaborar un diagrama pareto	26
Figura 9. Ejemplo de diagrama de pareto	27
Figura 10. Ejemplo de interpretación diagrama de pareto	27
Figura 11. Ejemplo diagrama de pareto	28
Figura 12. Cómo se descompone el tiempo de trabajo	29
Figura 13. Preparación y aplicación de la lluvia de ideas	34
Figura 14. Diagrama Ishikawa	36
Figura 15. Ejemplo de balance de línea	37
Figura 16. Diagrama de Gantt: Progreso del proyecto universitario	39
Figura 17. Metodología DMAIC	45
Figura 18. Diagrama de Gantt	47
Figura 19. Diagrama de proceso	52
Figura 20. Volumen de producción	53
Figura 21. Diagrama de proceso de empaque de las dos familias en estudio	54
Figura 22. Primer piso planta Arthrocare S.R.L. una compañía de Smith&Nephew, Global Park	57
Figura 23. Áreas de empaque	58
Figura 24. Área de Empaque, cuarto 7	59
Figura 25. Operación armar caja	62
Figura 26. Operación pegar gammas	62
Figura 27. Proceso de producción de la Familia Wands Simple	64
Figura 28. Proceso de producción de la Familia Ambient	65
Figura 29. Diagrama Hombre máquina Familia Wands Simple	71
Figura 30. Diagrama Hombre máquina Familia Ambient	72
Figura 31. Diagrama Espina de pescado del área de Empaque	75
Figura 32. Distribución actual del área de Empaque	76
Figura 33. Distribución actual del área de Empaque	76
Figura 34. Diagrama de recorrido actual	77
Figura 35. Programación semanal - Modelo de Capacidad	88
Figura 36. Real producción semanal - Modelo de Capacidad	89
Figura 37. Delta semanal - Modelo de Capacidad	89
Figura 38. Diagrama del proceso propuesto	92
Figura 39. Diagrama Hombre máquina Familia Wands Simple	93
Figura 40. Diagrama Hombre máquina Familia Ambient	94
Figura 41. Diagrama de actividades de la limpieza de línea	97
Figura 42. Área de empaque	105
Figura 43. Nuevas instalaciones del área de Empaque	106

<i>Figura 44. Diagrama de recorrido propuesto</i>	107
<i>Figura 45. Programado para WK 02</i>	108
<i>Figura 46. Real procesado en WK 02</i>	108
<i>Figura 47. Capacidad no utilizada</i>	109
<i>Figura 48. Control de Rendimiento Empaque - Daily Tracker</i>	110
<i>Figura 49. Información del Diagrama Gantt para completar el estudio en Empaque</i>	113
<i>Figura 50. Diagrama Gantt estudio completo en Empaque</i>	114

Acrónimos y siglas

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

SMED: Single Minute Exchange of Die.

T1: Turno 1.

T2: Turno 2.

MPI: Manufacturing Process Instructions.

MI: Manufacturing Instructions.

LC: Line Cleaning.

WO: Work Order.

IFU: Instructions For Use.

DHR: Device History Record.

BOM: Bill Of Material.

Picklist: Lista de componentes que se requieren para trabajar una orden.

P/N: Part Number.

NCR: Non Conforming Report.

WK: Week.

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar de un modelo de capacidad para la optimización de procesos en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew.

El proceso del proyecto inicia desde el estudio de los procesos actuales, creación de familias por configuración de Empaque, toma de tiempos, estudio de cargas de trabajo, estudio de movimientos, creación del modelo de capacidad, hasta la propuesta de implementación y el control del mismo. Además se realiza bajo la metodología DMAIC y el mismo se desarrolla con la ayuda de algunas herramientas como lo son: Diagramas de proceso, diagrama de Pareto, estudio de tiempos, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, 5 S, balances de líneas y herramientas de control.

Actualmente se visualiza el área de Empaque, el proceso de producción, la documentación y distribución del área; también se detalla sobre la creación de familias de acuerdo a la forma de empaque. Adicional se describe la recolección de datos, características y prototipos del área, esto hace referencia al estudio de tiempos que realiza balances de línea con el fin de tener la información necesaria para crear el modelo de capacidad. También se analizan diferentes causas y efectos mediante un diagrama de Ishikawa sobre el proceso actual, tales como ambiente, hombre, proceso, medición, máquina y material.

Con los datos recopilados se crea el modelo de capacidad, se reducen los tiempos de las limpiezas de línea, se hace una redistribución del personal con el fin de aumentar la producción, se describe un proceso propuesto considerando la solicitud y asignación de materiales, se hace una prueba piloto donde también se realizan estudios y se comparan contra los expuestos en el diagnóstico, se crean nuevos balances de línea y se implementa una herramienta de control como lo es el Daily Tracker y se hace un análisis general donde se comparan los ciclos del proceso, los cuales fueron reducidos.

CAPÍTULO I: Introducción

1.1 Introducción

La presente investigación tiene como objetivo diseñar un modelo de capacidad en el área de Empaque de la empresa Arthrocare, una compañía de Smith&Nephew, esta se enfocará en el 80% de la producción, esto por motivo del desarrollo del proyecto.

En el capítulo I se aborda el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación, los alcances y limitaciones de la misma. En el capítulo II se trata el marco teórico, el cual sustenta los conceptos relacionados con los conceptos teóricos relacionados con el estudio de tiempos, metodología DMAIC y algunas herramientas para desarrollar esta metodología. En el capítulo III se puede encontrar la metodología que se utilizará a lo largo de esta investigación para la recolección de datos y el análisis de la situación actual del proceso.

En el capítulo IV se expresa el análisis de la situación actual del proceso, así como el estudio de tiempos del área en estudio. En el capítulo V se aborda la implementación del plan piloto con el fin de lograr obtener un modelo de capacidad en el área de Empaque, que sea capaz de brindarme la información necesaria para poder cumplir con la producción de manera eficiente y eficaz. En el capítulo VI se encuentran las conclusiones y recomendaciones relacionadas con los objetivos de la presente investigación.

1.2 Descripción de la Organización

Arthrocare Costa Rica S.R.L. es una empresa privada dentro de la industria de fabricantes de instrumentos médicos y quirúrgicos en La Aurora, Heredia. La organización es ubicada en Parkway 502 Global Park, se fundó en el año 2001. La empresa mundial de tecnología médica Smith&Nephew anunció el 29 de mayo del 2014 la finalización de la adquisición de Arthrocare S.R.L. Smith&Nephew se une así al clúster de Ciencias de la Vida de Costa Rica.

Esta adquisición llevó abrir una nueva planta en la zona franca Coyol de Alajuela, donde se espera la transferencia total de la empresa para finales del 2017. Producto de la fusión el nombre adquirido es Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew. Esta empresa se rige por los más altos estándares de calidad y manufactura, por lo que día con día busca la mejora continua y la manera más eficiente para llevar a cabo sus procesos.

Olivier Bohuon, consejero delegado de Smith&Nephew, aseguró que la adquisición de la empresa es una transacción que acelera la estrategia para reequilibrar la compañía hacia segmentos de crecimiento más altos. Es así como empieza la construcción de una nueva planta en la Zona Franca Coyol, Alajuela. Aún no se define el traspaso total de la población, sin embargo se esperan grandes cambios para esta fusión.

1.2.1. Visión

De acuerdo a la visión de la compañía, nos dice que:

“Como empresa, nuestro compromiso es ayudar a la gente a recuperar su calidad de vida. Sabemos que esto sólo puede llevarse a cabo estableciendo relaciones que sean beneficiosas para todas las partes involucradas: pacientes, profesionales de la salud y empleados.” Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew (2017)

1.2.2. Valores

- Yo Ejecuto
- Yo Innovo
- Yo Gano la Confianza

1.2.3. Política de Calidad

Arthrocare S.R.L. una compañía de Smith&Nephew está comprometida a proveer productos que satisfagan las necesidades del cliente, garantizan la seguridad del paciente y adhieran a los requisitos reglamentarios y legales.

Esto se logra a través de:

- Mejora continua de los sistemas relacionados con el diseño, manufactura y entrega al cliente, y;
- Manteniendo un sistema efectivo de gestión de calidad.

1.2.4. Esquema Organizacional

El Director General de la compañía es Andrés Salazar Boza.

Actualmente la empresa se divide en los siguientes departamentos:

- Departamento de Recursos Humanos
- Departamento de Calidad
- Departamento de Producción, Directa o Indirecta
- Departamento de Ingeniería en Manufactura
- Departamento de Materiales

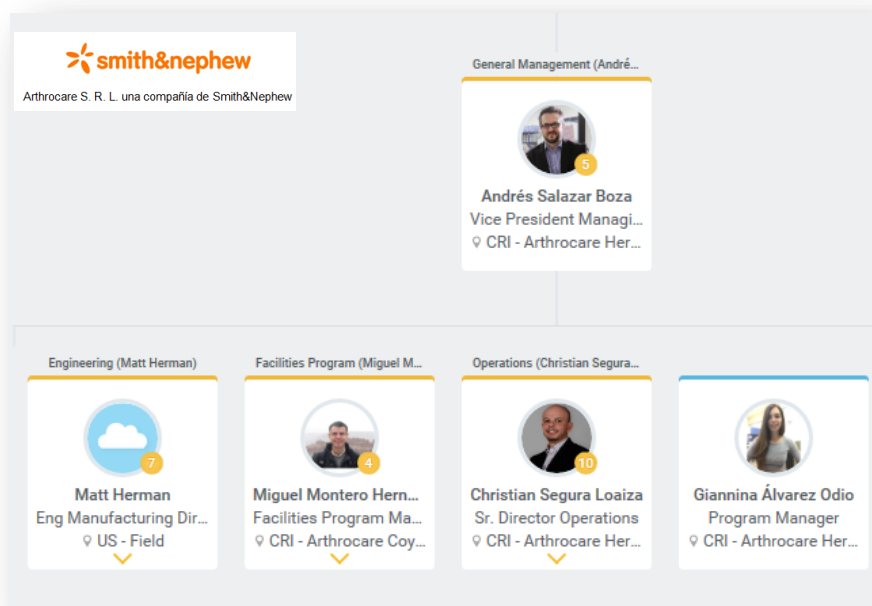


Figura 1. Esquema Organizacional Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew

Fuente: Departamento de Recursos Humanos.

Este proyecto se realiza en el departamento de Ingeniería Industrial, liderado por el Director de Ingeniería en Manufactura Matt Herman, el gerente del área José Adrián Ramírez Chaves.

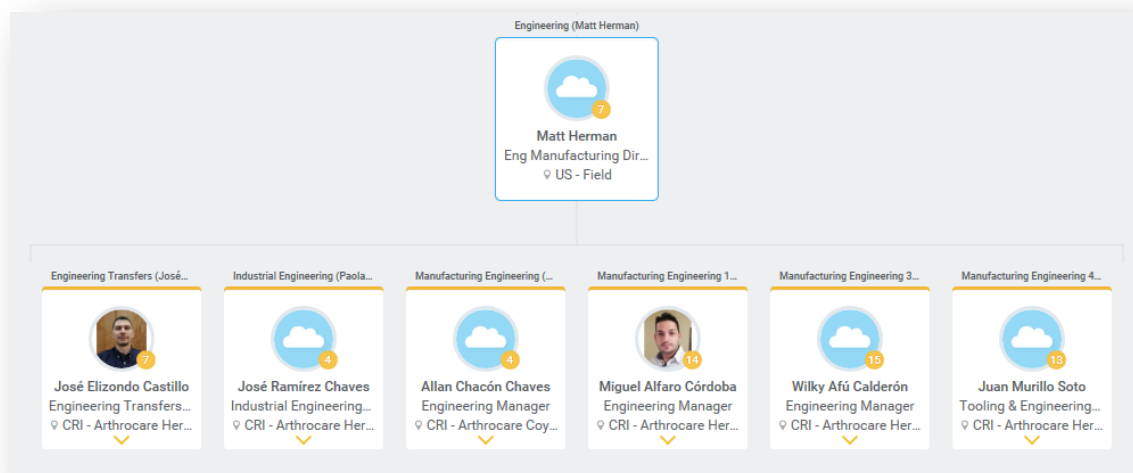


Figura 2. Departamento Ingeniería de Manufactura Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew

Fuente: Departamento de Recursos Humanos.

El estudio es realizado en todo el área de Empaque, la misma pertenece al departamento de producción, encabezado por el Director de Operaciones Christian Segura Loaiza, el Gerente de Producción a cargo es Marlon Romanini Di Palma, seguido por dos supervisores encargados del área, César Barrientos en el T1 y Ramón Monteagudo en T2. El área de Empaque está conformada por cuatro líderes y treintaidós operarios, distribuidos en dos turnos de trabajo.

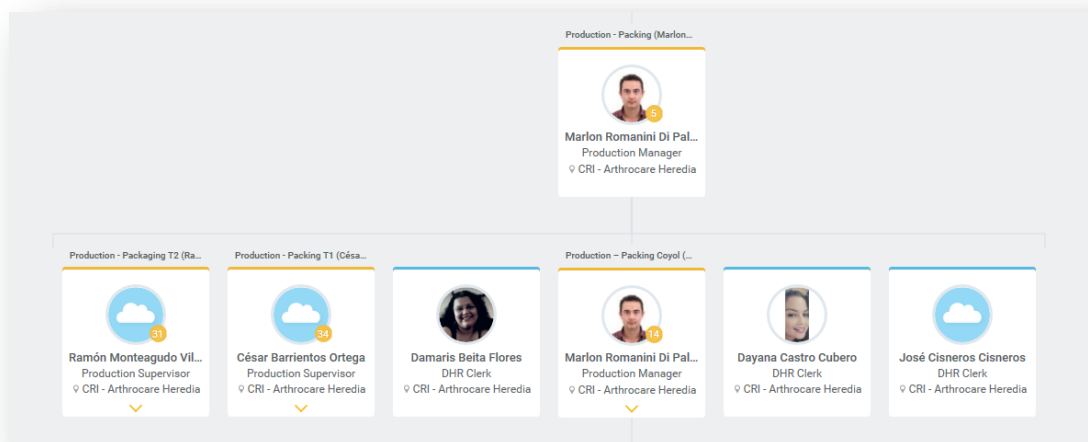


Figura 3. Organigrama área de Empaque

Fuente: Departamento de Recursos Humanos.

Aparte del dispositivo fabricado en la compañía, el empaque también juega un papel importante para brindar información sobre el producto. El embalaje exterior puede contener instrucciones sobre cómo utilizar el producto, adicional a esto dentro del mismo se incluyen todas las instrucciones de uso.

1.2.5. Descripción del Proceso

El departamento de planeamiento se encarga de programar la producción según la demanda, esta se divide en lotes, en su mayoría son de quinientas o mil unidades. Esta programación la comparten con el departamento de producción, que se divide en seis cuartos limpios y un cuarto de sub ensambles, donde se fabrican piezas que se utilizan en los demás cuartos de producción. Luego de ensamblar los diferentes dispositivos se realiza un preempacado dentro de los cuartos limpios, las piezas son colocadas en unas bandejas plásticas o paquetes especiales, dependiendo del producto, que cubren en su totalidad las unidades.

Por último, las unidades son trasladadas de los cuartos limpios al área de Empaque, con el fin de realizar el paso final; desde el empacado de cada unidad, preparar las cajas con todas las unidades, hasta enviar el producto a bodega para que el mismo sea despachado a su destino planeado. Este proceso aplica para

todos los productos fabricados por Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew.

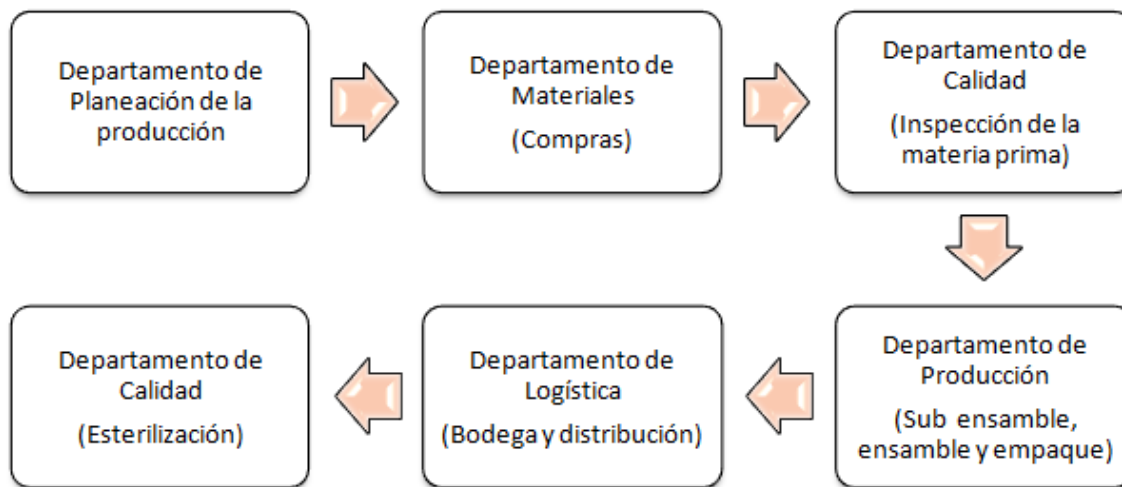


Figura 4. Diagrama del proceso general de todos los productos fabricados en Smith&Nephew

Fuente: Elaboración Propia.

1.2.6. Familias de productos

La empresa Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew cuenta con una clasificación general a nivel organizacional de distintas familias según los productos fabricados, donde existe similitud en componentes o en su proceso de manufactura; sin embargo como parte del proyecto se aportará la clasificación para el de empaque, ya que no existe alguna clasificación enfocada para el área Empaque con el fin que cuando se realice el estudio de tiempos sea aplicado por familia y no por cada producto, de esta manera será más eficiente.

Tabla 1. Familias de productos establecidas por la casa matriz

Familia	Abreviatura
STV	STV
Sport Mix	SMX1
Sport Mix 2	SMX2
Spine	SPN
Evac Family	EVC

Familia	Abreviatura
Reflex/mix	RFX
Implants	IMP
Connectors	CONN
Sutures	SUT
Atlantech	ATL
Saphyres SNN	SNN
Stammberger	STA
Epistaxis	EPX
Laser	

Fuente: Elaboración propia.

1.3 Definición del problema

Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew busca estandarizar todos los procesos productivos en sus diferentes áreas de la compañía, con la finalidad de satisfacer las necesidades de los clientes, considerando la importancia de diseñar dispositivos médicos para uso humano. Entonces, ¿son estándares los procesos de producción en Empaque en la planta de Global Park y Coyal para ambos turnos de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew?

En la compañía de Smith&Nephew se producen alrededor de 199 productos diferentes, cada uno de ellos con características distintas. Existen familias de productos, las cuales ya están establecidas por la casa matriz y se producen en cuartos diferentes. En el área de empaque los procesos productivos son diferentes, sin embargo existen similitudes en los procesos de algunos productos, por lo que es importante realizar una agrupación y definir las familias para el área de Empaque.

¿Cómo se forman las familias de productos según los materiales que se utilicen en el proceso y su estructura de Empaque en Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew? En la compañía el principal objetivo es producir para satisfacer la demanda, de este modo, es de suma importancia la utilización adecuada de los

recursos, para que se puedan alcanzar las metas de la compañía y no generar ningún atraso en la entrega de los productos a los clientes en el tiempo acordado.

Anualmente la casa matriz de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew programa la producción para la planta de Costa Rica según la demanda, esta se revisa mensualmente con el departamento de Planning, quien se encarga de realizar la distribución semanal de lo que se debe producir. Para esta labor es de suma importancia conocer la capacidad de elaboración de cada área de trabajo, para poder cumplir con la demanda.

¿Cuál es la capacidad de producción semanal en el área de Empaque en Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew y cuánto personal se necesita para poder suplir las necesidades de producción en esta área? ¿Cómo mejorar técnicamente los procesos de producción en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew?

La mejora continua es importante, se pueden reducir tiempos de duración en un proceso, eliminar actividades que no agreguen valor al producto final, entre otras actividades que hagan más eficiente el proceso productivo. La evolución en todos los procesos de producción es obligatorio debido a la gran competitividad en la industria médica y para esto se requiere medición constante y control de los procesos productivos.

1.4 Justificación del proyecto

Este proyecto es de suma importancia para Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew debido a que se encuentra en la lista de prioridades del departamento de Ingeniería Industrial. En pro de mejorar no solo sus procesos, sino ser competitivos en el mercado, el área de Empaque aún no cuenta con un modelo de capacidad. Se han realizado proyectos universitarios, buscando el diseño de capacidad de producción adecuado para optimizar los recursos, conocer la capacidad de producción y controlar las operaciones realizadas en Empaque; pero aún no han acertado. Se espera que en esta ocasión se pueda cumplir con el objetivo, dejando una base sólida para esta área.

Empaque tiene un proceso productivo crítico, debido a que acoge el último ciclo de manufactura. Por política de calidad todos los productos deben pasar por esta fase antes de ser enviados a almacenamiento. Como en toda cadena productiva una etapa no puede comenzar sin que su antecesora haya concluido su participación en la elaboración de los productos, así Empaque recibe de los cuartos limpios, productos terminados, con la debilidad de no saber el tiempo por unidad empacada.

La demanda de productos tiene una tendencia creciente en la empresa; Empaque no podría atender todas las solicitudes si continúa con el sistema actual, pues hay una inadecuada utilización de los recursos tanto materiales de trabajo como humanos, así mismo existe una coordinación incorrecta, que conlleva a atrasos en la producción, además de gran cantidad de tiempos muertos, retrabajos y problemas de comunicación.

La empresa cuenta con información recopilada del año 2015 y tienen registro del porcentaje de eficiencia en una hoja en Excel; sin embargo esa información es un estimado de los tiempos del procesamiento de un lote, actualmente se encuentra desactualizada con base a la demanda actual de producción. Debido a esto se espera estudiar todas las familias de productos fabricados, con el fin de calcular los tiempos reales de procesamiento, y adicional a esto, implementar mejoras en el área, así el proceso sería más eficiente.

Este proyecto pretende generar un impacto positivo a Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew con un diseño del modelo de capacidad para el área de Empaque que mejore la coordinación en el plan de producción semanal y la utilización de sus recursos, realizar una redistribución del área mediante un estudio de cargas de trabajo. Todo esto tendrá como resultado la reducción de costos y un aumento en la productividad del área en mención.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de capacidad para optimización de procesos que permita a la empresa Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew contar con información de los tiempos reales de las familias de producto con mayor rotación y demanda en Empaque, y así los recursos requeridos que se deben tomar en cuenta en el plan de producción.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la forma actual en como se lleva a cabo el proceso productivo, su capacidad, distribución de los recursos para cumplir con el plan de producción y el desempeño de los procesos del área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew.
- Determinar las principales causas que afectan el proceso de Empaque y las oportunidades de mejora que sirvan de insumo para el diseño del modelo de capacidad.
- Diseñar un modelo de capacidad que optimice los procesos de producción en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew.
- Determinar el costo/beneficio de las propuestas de mejora.
- Realizar una prueba piloto del modelo de capacidad en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew y un diagrama Gantt de implementación que indique los tiempos previstos para el cumplimiento de las actividades establecidas.

1.6 Alcances y limitaciones

1.6.1. Alcances

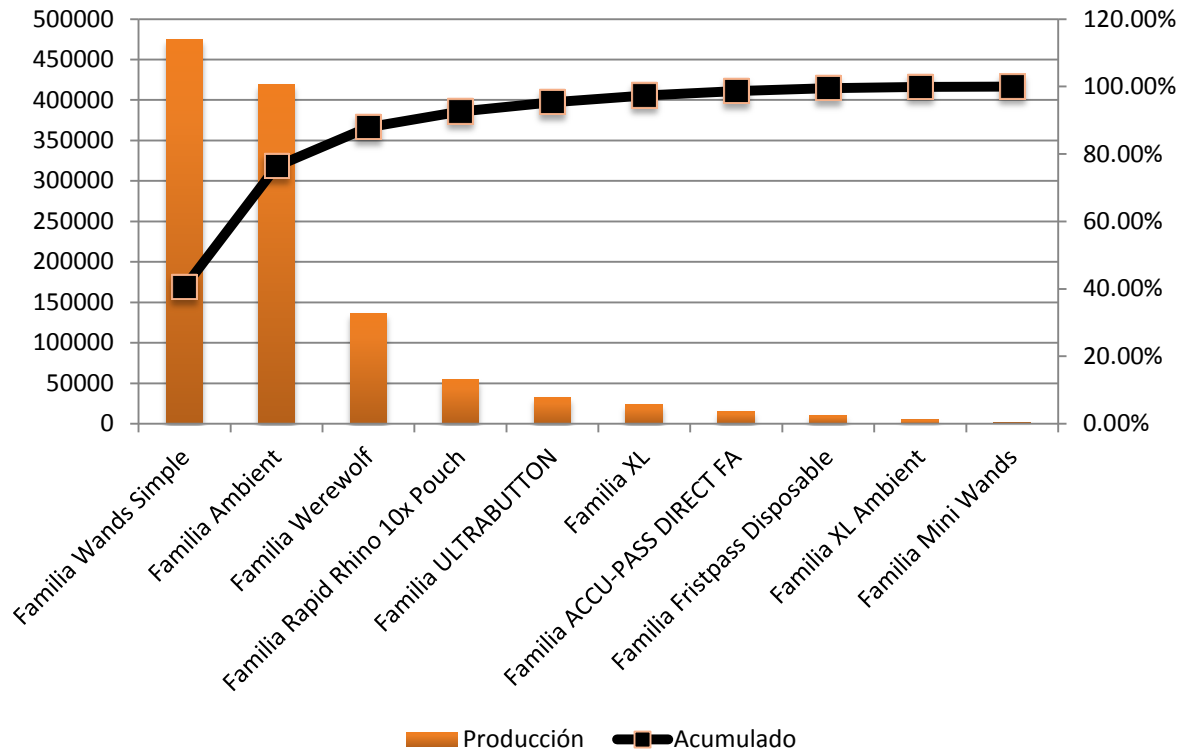
Esta investigación busca crear entradas para el diseño de un modelo de capacidad en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew, ya que esto es necesario para el desarrollo y competitividad de la empresa. El proceso del proyecto inicia desde el estudio de los procesos actuales, creación de familias por configuración de este, toma de tiempos, estudio de cargas de trabajo, estudio de movimientos, creación del modelo de capacidad, hasta la propuesta de implementación y el control del mismo.

Abarca un área específica como lo es el proceso de empaque final de los productos médicos, del departamento de producción de la empresa Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew. El estudio se realizará en esta área debido a que en ella aún no se cuenta con un modelo de capacidad y este sería muy importante para saber lo que es posible trabajar por tiempo y con personal determinado.

1.6.2. Limitaciones

Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew es una empresa transnacional que hace poco fue fusionada, manteniendo algunos de sus procedimientos y adquiriendo nuevos de parte de la directriz. Actualmente se solicita confidencialidad en cuanto a sus productos, costos, precios de venta y especificaciones en el proceso productivo. El Pareto que se realiza para el análisis del volumen de producción, por ende, se enfocará en el 80% de las familias con mayor demanda y rotación por factor tiempo para la conclusión de este proyecto, las cuales son la Familia Wands Simple y la Familia Ambient.

Gráfico 1. Volumen de producción



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II: Marco Teórico

2.1. Marco conceptual general

2.1.1. Capacidad y utilización

Cuando se realizan mejoras en un área de producción y se ven reducidos los tiempos improductivos del proceso, la eficiencia se impacta directamente, la cual refleja la capacidad del proceso. La planificación de la producción en una empresa es la base para cumplir con la demanda que se exige en un periodo; pero para planificar adecuadamente se debe conocer la capacidad que tiene una planta. Como menciona González (2006):

“La finalidad de todo proceso de producción consiste en suministrar las cantidades de productos finales que se demandan en cada momento” [...] “La capacidad es la cantidad que se puede obtener por unidad de tiempo en el proceso utilizando al máximo los recursos disponibles”.

Y es también de gran importancia conocer el tiempo que tarda un producto en ser procesado, para determinar la capacidad de la empresa o planta productiva, Bello (2006) afirma:

“Aplicación del tiempo estándar, éste permite definir la capacidad de una operación, actividad o proceso en términos de un lapso de tiempo que se indica de acuerdo con las condiciones de trabajo establecidas por la empresa”.

Existen dos tipos de capacidades en una planta, la capacidad de diseño y la capacidad efectiva, la primera como mencionan Heizer y Barry (2004) se refiere a la producción teórica máxima de un sistema bajo condiciones ideales, la capacidad efectiva es la capacidad que una empresa espera alcanzar dadas las restricciones operativas actuales.

Heizer y Barry (2004) también mencionan dos medidas de desempeño que reflejan los dos conceptos anteriores. La utilización y la eficiencia, la primera se refiere al porcentaje de la capacidad de diseño que realmente se logra, la segunda

se refiere al porcentaje de la capacidad efectiva que se alcanza. Por lo tanto definen dos fórmulas para cuantificar estos indicadores.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Capacidad de diseño}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Capacidad Efectiva}}$$

Domínguez y José (1995) también estudian estos conceptos, y definen la ecuación de utilización y la de capacidad disponible.

$$\text{Utilización} = \frac{\# \text{ de horas productivas}}{\# \text{ de horas reales}}$$

Las horas productivas no contemplan no productividades, por ejemplo necesidad de mantenimiento periódico de equipos, paradas por desayuno o aseo, absentismo, roturas de máquinas.

Capacidad Disponible = Horas reales por semana X Factor utilización X factor eficiencia.

“Capacidad de manufactura: Una planta de manufactura consiste en un conjunto de procesos y sistemas (y desde luego trabajadores) diseñados para transformar una cierta clase limitada de materiales en productos con valor agregado. Estos tres pilares – materiales, procesos y sistemas – constituyen la esencia de la manufactura moderna. Existe una gran interdependencia entre estos factores. La eficacia de la manufactura se refiere a las limitaciones físicas y técnicas de la empresa manufacturera y de cada una de sus plantas. Podemos identificar varias varias dimensiones de esta capacidad y aptitud: 1) capacidad y aptitud tecnológica de proceso, 2)

tamaño físico y peso del producto, y 3) capacidad de producción.” Groover (1997).

Este proyecto se enfoca en la dimensión de capacidad de producción, ya que de aquí parte el desarrollo del modelo de capacidad. A continuación se detalla lo que es la capacidad de producción según Groover (1997).

“Capacidad de producción: Una tercera limitación sobre la capacidad y aptitud de la planta es la cantidad de producción que puede ser generada en un periodo establecido (mes o año por ejemplo). Esta limitación en cantidad es llamada comúnmente capacidad de planta o capacidad de producción, y se define como la máxima velocidad de producción que una planta puede lograr bajo condiciones dadas de operación. Las condiciones de operación se refieren al número de turnos de trabajo por semana, horas por turno, niveles de mano de obra directa en la planta, etcétera. Estos factores representan insumos de la planta manufacturera. Dados estos insumos, ¿Cuánta producción puede generar la planta?

La capacidad de la planta se mide generalmente en términos de unidades producidas, tales como toneladas de acero producidas por una acería, o el número de carros producidos por una planta ensambladora. En estos casos los productos son homogéneos; en otros, donde las unidades producidas no son homogéneas, hay factores más apropiados de medida como las horas hombre de capacidad disponible en un taller mecánico que produce una variedad de partes.” (Groover, 1997, p. 9)

2.1.2. Productividad

Toda mejora en cualquier sistema de producción siempre va a tener un impacto en la productividad. Esta puede considerarse de forma general como la relación que existe entre lo producido y los medios empleados para hacerlo. Así pues, puede decirse que la productividad es el resultado que se obtiene al dividir la producción entre alguno de sus factores. De esta forma es posible hablar de productividad del

capital, de la inversión o de la materia prima, según si lo que se produjo se toma en cuenta con respecto del capital a la inversión, o a la cantidad de materia prima.

El término de productividad, con frecuencia se confunde con el término de producción. Esto se debe a que muchas personas piensan que una mayor producción, implica una mayor productividad, lo cual no es necesariamente cierto, ya que ambas difieren en sus significados, como se verá a continuación:

Producción: Se refiere a la actividad de producir bienes y servicios.

Productividad: Se refiere a la utilización eficiente de los recursos (insumos) al producir bienes y servicios (productos).

“Es la porción de outputs (bienes y servicios) dividida por los inputs (recursos como el capital o el trabajo).” Heizer, R. (2001)

“La productividad es la relación entre producción e insumo (Terrenos, Edificios, Materiales, Energía, Máquinas y Equipo, Recursos Humanos).

La utilización que se hace de todos los insumos antes mencionados determina la productividad de la empresa.” (Kanawaty, 1996, pág. 4)

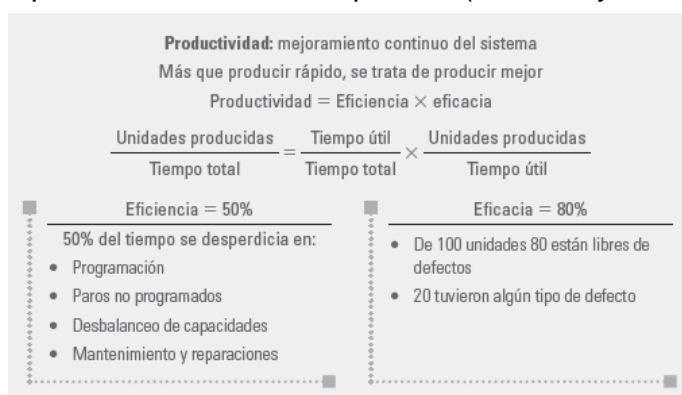


Figura 5. Productividad

Fuente: Humberto Gutiérrez Pulido, Calidad Total y Productividad (3ra Edición), 2010

2.1.3. Manufactura esbelta

La manufactura esbelta o mejor conocida en inglés como “lean manufacturing”, es una metodología basada en la eliminación de desperdicios, los cuales son: sobreproducción, desperdicio de talento humano, movimientos innecesarios, desplazamiento innecesario, retrabajos, alto inventario en proceso, tiempos de espera e insuficiencia en la calidad del producto. Esta fue creada en la empresa Toyota, Bernárdez (2009) la define como:

“Un sistema de producción cuya base es la absoluta eliminación del desperdicio. Los dos pilares necesarios para sustentar este sistema son: just-in-time y autonomation, o automatización con un toque humano”.

En el pensamiento esbelto están incluidos: “Heijunka”, “visual factory” o controles visuales”, “takt time”, balances de línea y “SMED”.

2.1.4. Heijunka

En el pensamiento están incluidos por ejemplo el “Heijunka”, el cual permite realizar un aprovechamiento mejor de los recursos humanos cuando hay una mezcla grande de productos que deben ser manufacturados, y se basa en la eliminación de tiempo muerto.

Cabrera (s.f) define este pensamiento como:

“... es una técnica que busca equilibrar las líneas de producción para flexibilizar el sistema productivo, permitiendo una mezcla de productos que vienen a satisfacer las variantes requeridas por los diferentes clientes.”

2.1.5. SMED

El SMED puede ser utilizado dentro de un balance de línea, para realizar por ejemplo un cambio rápido entre lotes de producción.

SMED fue una técnica desarrollada alrededor del año 1950 por Shigeo Shingo, significa Single Minute Exchange of Die, por sus siglas en inglés. Cabrera lo define como:

“un conjunto de técnicas para desarrollar operaciones de desinstalación y montaje de partes (o modificando configuraciones) de equipo o maquinaria en un tiempo reducido, para mejorar la eficiencia operativa de un proceso que repercute en el sistema global y en la OOE (Overall equipment Efficiency).”

2.1.6. Takt time

Como menciona Galgano (2004), “takt” es un término alemán que significa compás, y el término fue exportado a Japón.

El “takt time” es el ritmo promedio en que las unidades deberían ser procesadas, según la demanda del cliente. Si se produce más rápido que este ritmo, se tendrá tiempo ocioso, pues no se puede producir más, debido a falta de materia prima o no se desea acumular inventario final de producto terminado o el producto no puede ser colocado en el mercado objetivo. Galgano (2004) indica que si en un periodo la demanda disminuye, el “takt time” debe aumentar, pues si no habrá sobreproducción, el cual es un “muda” indeseable; si se produce más lento que el ritmo, no se satisface la demanda, por lo que se pueden perder clientes y oportunidades de crecer y ser estable en el mercado.

2.1.7. Estadística

La estadística es importante para describir un conjunto de datos, para resumirlo, interpretar y presentar su comportamiento. Estas son utilizadas para calcular tiempos estándar de tareas u operaciones, debido a que en estos estudios se toma una gran cantidad de datos, y estos deben ser abreviados.

2.1.7.1. Moda, media y mediana

A continuación se presentan algunas medidas de tendencia central utilizados para los datos que se recolecten. Ferrer (2005) indica:

“Las medidas de tendencia central permiten condensar, en un único valor, los resultados obtenidos para la totalidad de la muestra y en relación con cada una de las variables consideradas.”

Las medidas de tendencia central son: moda, el cual es el valor más frecuente en una serie de datos, media es el valor promedio de la serie, y mediana es el valor medio de la serie (el 50% de los datos se encuentran por debajo de este valor). La fórmula de la media y la mediana son respectivamente:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

$$M_e = x_{(n+1)/2} \text{ si } n \text{ es impar y } M_e = (x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1})/2 \text{ si } n \text{ es par}$$

2.1.7.2. Tamaño de muestra

Es importante determinar un tamaño de muestra, es decir cantidad de veces o número de elementos que se tomarán en cuenta para afirmar e inferir sobre una población; debido a que en ocasiones medir la población es imposible o muy caro ya que resulta ser muy grande. Walpole, Myers, Myers & Ye (2007) afirman que tanto la muestra como la estadística inferencial nos permiten obtener conclusiones acerca de la población.

La normalidad debe probarse, pues de esta forma se podrá determinar un tamaño de muestra que cumpla con el nivel de confianza que se desea y con margen de error aceptable. Para probar esta normalidad se realiza una prueba denominada hipótesis. En la hipótesis nula los datos se comportan normalmente, y en la alternativa los datos no se comportan normalmente. El valor P indica la posibilidad de ocurrencia cuando una hipótesis nula es verdadera. Como menciona Montgomery (2005): “El valor P es el nivel de significación menor que llevaría al rechazo de la hipótesis nula”. Si el valor P es menor al nivel de significancia se rechaza la hipótesis nula.

Cuando no se tienen datos históricos, hay que empezar a crearlos, no se van a tener promedios ni desviaciones estándar; por lo tanto se debe iniciar con una muestra pequeña, para estimar estadísticos. Cuando el tamaño de muestra es menor que 30, se recomienda utilizar la distribución-t. Walpole, Myers, Myers & Ye (2007) mencionan:

“Si el tamaño de muestra es suficientemente grande, digamos $n \geq 30$, la distribución de T no difiere mucho de la normal estándar. Sin embargo, para $n < 30$, es útil tratar con la distribución exacta de T”.

Por lo tanto con la siguiente fórmula (Gutiérrez & De La Vara, 2009), se calcula un tamaño de muestra para obtener un nivel de confianza deseado y un error aceptable utilizando la distribución-t.

$$n = \left(\frac{t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-1\right)} * S}{E} \right)^2$$

De acuerdo con Salazar (s.f) se debe desarrollar un estudio de la consistencia de los datos, pues hay unos que varían mucho y afectan drásticamente los valores estadísticos, por lo tanto se debe analizar y determinar cuál es su origen. Si se debe a la naturaleza de los elementos, se mantienen; si no se deben a la naturaleza pero las lecturas anteriores y posteriores tienen variación consistente, entonces se pueden eliminar las variaciones extremas y sólo conservar las normales. Si las lecturas anteriores y posteriores no tienen variación consistente, entonces se analiza si el número de casos extremos es mínimo y se eliminan, sino lo mejor es repetir el estudio.

2.1.7.3. Muestreo del trabajo

En ocasiones realizar observaciones mediante muestreos de trabajo, brinda conclusiones importantes, por ejemplo aprovechamiento del tiempo en diferentes actividades. El muestreo del trabajo lo definen Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2005) como: “...implica observar una porción o muestra de la actividad del trabajo. Después, con base en los descubrimientos de esta muestra, pueden hacerse declaraciones acerca de la actividad”.

Con un muestreo del trabajo también es posible determinar el tiempo estándar por pieza, con la fórmula número cuatro de los mismos autores. Pero mencionan que tiene la desventaja de no proporcionar un desglose tan completo de los elementos como el estudio de tiempos.

$$\begin{aligned}
 \text{Tiempo estándar por pieza} = & \frac{(\text{Tiempo total en minutos}) \times (\text{proporción del tiempo de trabajo}) \times (\text{índice del desempeño})}{\text{número total de piezas producidas}} \\
 & \times \frac{1}{1 - \text{tolerancias}}
 \end{aligned}$$

2.2. Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

2.2.1. Metodología DMAIC

La metodología DMAIC es una herramienta derivada de Seis Sigma, enfocada en aumentar las mejoras de los procesos existentes. Esta herramienta es basada en estadística que da énfasis a la recolección de datos y a la credibilidad de los mismos con la finalidad de obtener una mejora en los procesos. Acuña, J. (2012) nos definirá las etapas de esta metodología, con el fin de obtener resultados esperados.

2.2.1.1. Definir

“Esta es la primera fase de la metodología DMAIC y consiste en definir el problema correcto de estudio. Para lograr esta definición se debe responder a las preguntas: ¿Qué?, ¿cuál?, ¿dónde?, ¿cómo? En esta etapa se define la Y a mejorar, y el objetivo debe ser cuantificable. Una vez que se ha definido el problema, se procede a delimitar los objetivos y alcances del proyecto, así como los beneficios que se obtendrán al finalizarlo, los cuales pueden ser financieros, al incrementar ventas, o reducción en el uso de materia prima, entre otros”. Acuña, J. (2012)

También puede ser un beneficio en busca de la satisfacción del cliente, donde se mejora la calidad del servicio brindado y se superan las expectativas del este. El trabajo en equipo es sumamente importante y en esta primera fase se concreta quién será el líder del proyecto, así como el resto de colaboradores conocedores del problema y con experiencia en el campo.

2.2.1.1.1. Diagrama de procesos

Este diagrama es una representación visual de cada paso de un proceso específico, donde cada actividad es representada con un símbolo definido de acuerdo con su significado, para facilitar la comprensión y tener una visión más clara de la acción en estudio. Este diagrama se utiliza para obtener mayor productividad y encontrar cuellos de botella que afectan el buen funcionamiento del proceso. En el siguiente cuadro se muestran las figuras utilizadas en un diagrama de procesos y su significado. Benjamín, N. & Andris, F. (2004).







Actividad	Símbolo	Resultado Predominante
Operación		Se produce o se realiza algo.
Transporte		Se cambia de lugar o se mueve un objeto.
Inspección		Se verifica la calidad o la cantidad del producto.
Demora		Se interfiere o se retrasa el paso siguiente.
Almacenaje		Se guarda o se protege el producto o los materiales.
Actividad combinada		Operación combinada con una inspección.

Figura 6. Simbología de un Diagrama de proceso

Fuente: Benjamín, N. & Andris, F., Ingeniería industrial Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. México: Alfaomega Grupo Editor, 2004

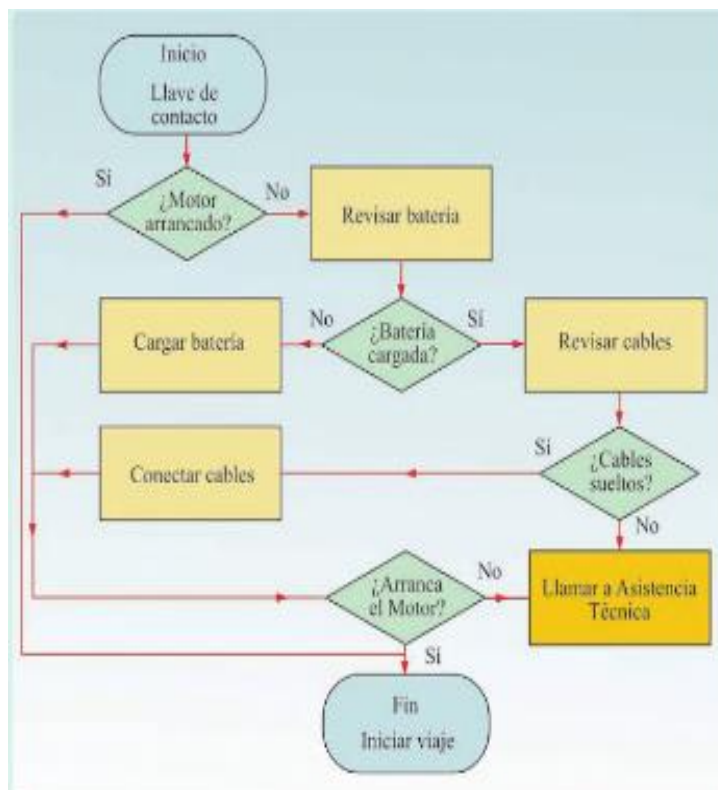


Figura 7. Ejemplo de Diagrama de proceso

Fuente: Alcalde, Pablo Alcalde San Miguel, Calidad, Editorial Paraninfo, 2007

2.2.1.2. Medir

“La segunda etapa dentro del DMAIC consiste en la medición del proceso actual y en la recolección de datos fiables que se documentan como referencia a lo largo del proyecto, y se utilizarán al final para comparar y comprobar los resultados obtenidos. En esta etapa se debe determinar una línea base para conocer la capacidad del proceso, esta debe plantearse para poder demostrar que hubo mejorías en el proceso al final del proyecto. Es importante también complementar esta etapa de medición con un mapa de flujo del proceso, para conocer cuáles son las fases o entradas críticas del proceso y poder mejorarlo”. Acuña, J. (2012)

2.2.1.2.1. Diagrama Pareto

El Diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación va ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales, diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es

valiosa en la asignación de prioridades a los problemas, en el diagnóstico de causas y en la solución de éstas. Puede definirse como: “Forma gráfica de identificación de los pocos elementos claves existentes en la contraposición con los numerosos elementos, cuya importancia es menor.” (Heizer, 2001, p. 194).

DEFECTOS	MESES				TOT.
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	
JUNTA ROTA	/	/	/	//	5
PIEZAS FALTANTES	////	//////	////////	////	22
PIEZAS ERRONEAS	xx/xx//	yy////////	xxx//	xxxx//	147
MONTAJE DEFECTUOSO	////	x	////	x//	34
RUGOSIDAD SUPERFICIAL	//////	x	////	////	16
REVESTIMIENTO ARAÑADO	yy\///	xxx//	xxx//	////	112
COMPONENTE A DEFECTUOSO	/	/		/	3
COMPONENTE B DEFECTUOSO	/	//	/	//	6
COMPONENTE C DEFECTUOSO	/	/	/	/	4
COMPONENTE D DEFECTUOSO	/				1
TOTAL	92	91	86	81	350

Figura 8. Ejemplo de tabla con la información necesaria para elaborar un diagrama pareto

Fuente: Alberto Galgano, Los siete instrumentos de la calidad total, Ediciones Díaz de Santos, 1995

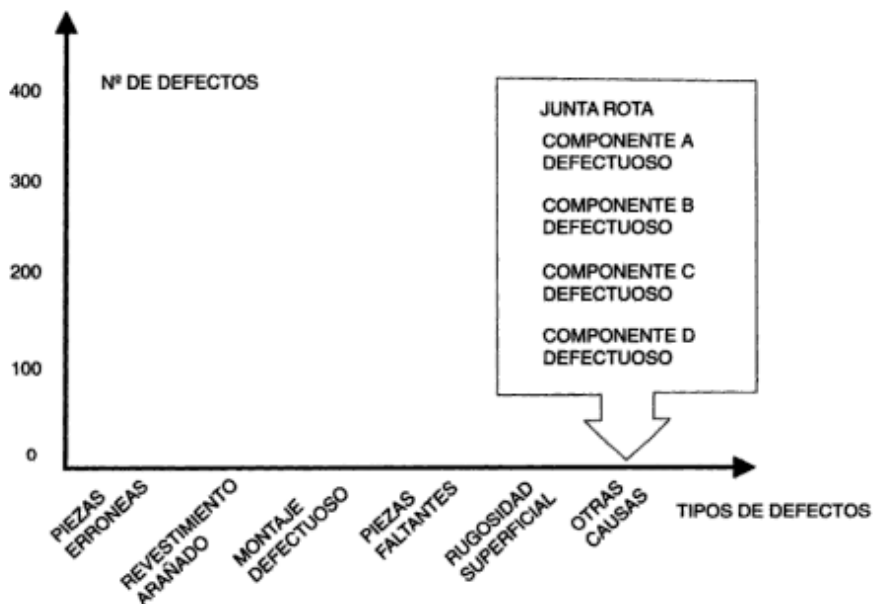


Figura 9. Ejemplo de diagrama de Pareto

Fuente: Alberto Galgano, *Los siete instrumentos de la calidad total*, Ediciones Díaz de Santos, 1995

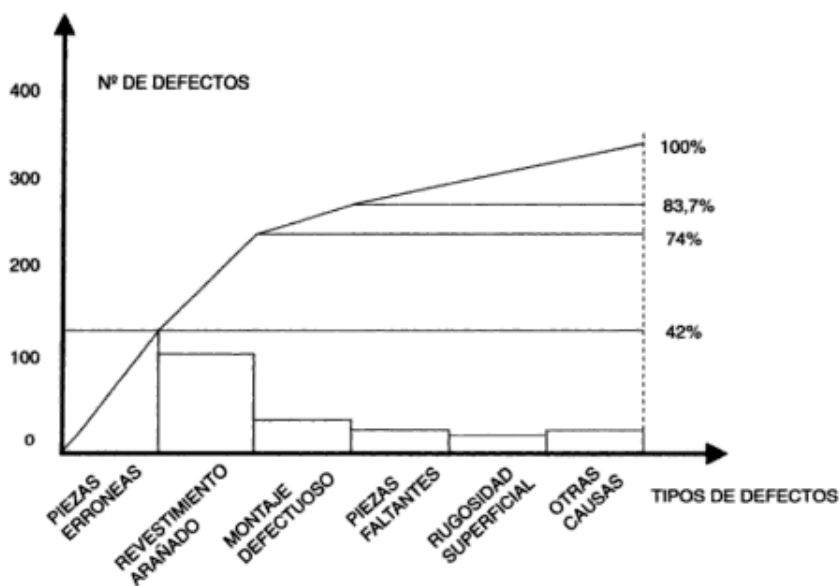


Figura 10. Ejemplo de interpretación diagrama de Pareto

Fuente: Alberto Galgano, *Los siete instrumentos de la calidad total*, Ediciones Díaz de Santos, 1995

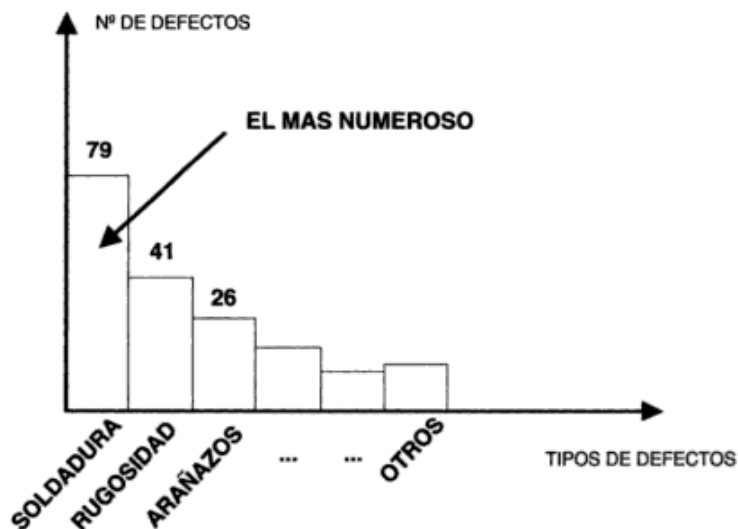


Figura 11. Ejemplo diagrama de Pareto

Fuente: Alberto Galgano, Los siete instrumentos de la calidad total, Ediciones Díaz de Santos, 1995

2.2.1.2.2. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos y movimientos es de gran provecho para las organizaciones, una vez realizado es posible combinar los datos y generar estadísticas que facilitarán la determinación de indicadores para las áreas en estudio, sobre estos se podrá tomar decisiones sobre cambios en el diseño de los procesos de la empresa para mejorar los indicadores y disminuir costos de producción.

Cuando se realiza un análisis de la situación actual de una empresa se evalúan puntos importantes para poder hacer mejoras, estos podrían ser distribuciones de planta, estudio de indicadores, de actividades y tiempos. A partir de él se pueden obtener otro tipo de herramientas que generan una visión general de un área en específico, por ejemplo en su utilización correcta (refiriéndose a los recursos); gracias a estas conclusiones se pueden identificar factores problemáticos, los cuales pueden ser evaluados para realizar propuestas de mejora.

Es por esto que George Kanawaty, *Introducción al estudio del trabajo*, Cuarta edición revisada 1996 dice lo siguiente: “El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para ejecutar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando.”

Así mismo Kanawaty menciona cómo está constituido el tiempo total de un trabajo, ya que se puede considerar el tiempo que tarda una máquina o un trabajador en realizar una tarea o producir una cantidad determinada de algún producto. Ver figura 12.

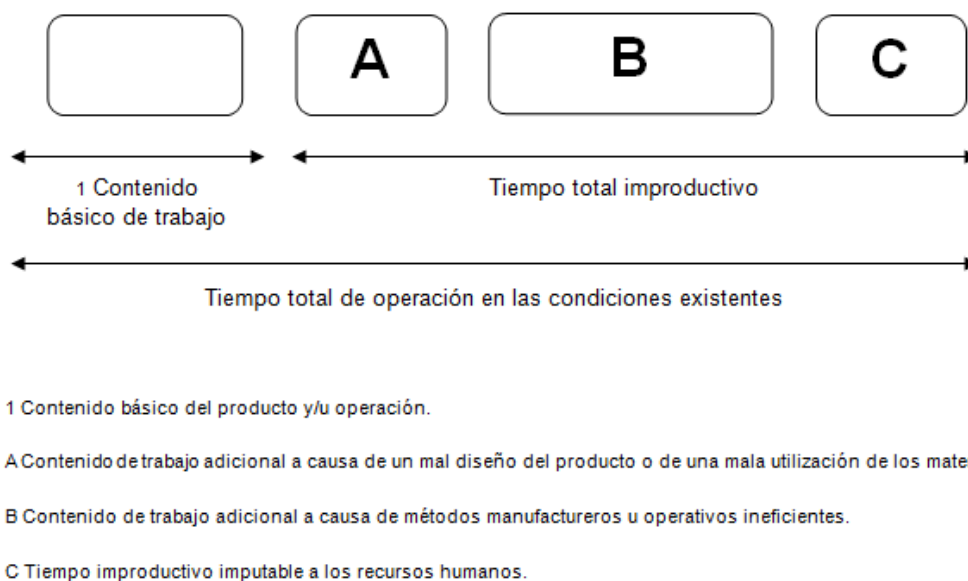


Figura 12. Cómo se descompone el tiempo de trabajo

Fuente: George Kanawaty, Introducción al estudio del trabajo, Cuarta edición revisada 1996.

En la figura 12, basada en el libro de George Kanawaty, se menciona sobre el contenido de trabajo, este se refiere a la hora de trabajo de una persona y/o la hora de funcionamiento de una máquina o una instalación. También se habla sobre el contenido básico de trabajo, que es el tiempo mínimo irreductible que se necesita teóricamente para obtener una unidad de producción. El tiempo total improproductivo está dividido en tres partes, las cuales son:

- A. El cuál se refiere al tiempo y desechos innecesarios que pueden atribuirse de diversas formas a deficiencias del diseño del producto o de sus partes o a un control incorrecto de calidad, que producen un aumento al costo del producto.
- B. El método de trabajo deficiente que produzca movimientos innecesarios de las personas o los materiales, esto puede ocasionar tiempos improductivos y así mismo aumento en los costos.
- C. Este punto está relacionado con el personal, ya que los trabajadores de una empresa pueden influir voluntariamente o involuntariamente en el tiempo de las operaciones, ya sea por absentismo y falta de puntualidad, mala ejecución del trabajo o riesgos de accidentes y lesiones profesionales. Kanawaty, G. (1996)

Adicional al estudio del trabajo se debe considerar realizar un estudio de tiempos, debido a que puede generar un impacto positivo en las empresas.

“1. ¿Qué es el estudio de tiempos?

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.”

2. El estudio de tiempos exige cierto material fundamental, a saber:

- Un cronómetro;
- Un tablero de observaciones;
- Formularios de estudio de tiempo;...” (Kanawaty, 1996, pág. 280)

Es muy importante considerar ciertos puntos para la selección del trabajo de los tiempos que se estudiarán. Lo mismo que en el estudio de métodos, lo primero que hay que hacer en el de tiempos es seleccionar la labor en la que se va a enfocar. La selección rara vez se hace sin motivo preciso, que de por sí obliga a elegir determinada tarea; por ejemplo:

1. Novedad de la tarea, no ejecutada anteriormente (cuando son nuevos el producto, el componente, la operación, o la serie de actividades);
2. Cambio de material o de método, que requiere un nuevo tiempo tipo;
3. Quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo tipo de una operación;
4. Demoras causadas por una operación lenta, que retrasa las siguientes, y posiblemente las anteriores, por acumularse los trabajos que no siguen su curso;
5. Fijación de tiempos tipo antes de implantar un sistema de remuneración por rendimiento;
6. Bajo rendimiento o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas;
7. Preparación para un estudio de métodos o para comparar las ventajas de dos métodos posibles;
8. Costo aparentemente excesivo de algún trabajo, tal como queda puesto de manifiesto por un análisis, por ejemplo, como el de Pareto.” (Kanawaty, 1996, pág. 280)

División del trabajo para ser medido

Para analizar un proceso, realizar mejoras y medir estados actuales de la producción, es necesario clasificar las tareas que se ejecutan. Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009) afirman que el trabajo objeto de estudio se debe dividir en partes o elementos medibles y el tiempo de cada uno de ellos es

cronometrado. Los procesos se dividen en etapas, las etapas agrupan las actividades. Como lo menciona Chase, Jacobs y Aquilano (2005): “El término etapa se utiliza para indicar que han agrupado múltiples actividades para propósitos de análisis”.

Desde el punto de vista ingenieril, una empresa tiene un proceso que a su vez la está formada por bloques que forman el proceso, estos se dividen en procedimientos, que a su vez se pueden fraccionar en actividades. Las actividades a su vez agrupan las tareas, y ellas se pueden realizar con una “lista de chequeo”, una guía de usuario o un manual con el fin de considerar un nivel más en el grado de detalle.

Cálculo de tiempo estándar

El valor cronometrado en el área de trabajo para un operador en una tarea específica es considerado el tiempo observado, pero este no se puede definir como un estándar de trabajo, pues no todos los operarios trabajan al mismo nivel de desempeño, y además el estudio no contempla demoras que son necesarias en el turno de producción. Niebel y Freivalds (2009) mencionan:

“Como el tiempo real requerido para ejecutar cada elemento del estudio depende en un alto grado de la habilidad y esfuerzo del operario, es necesario ajustar hacia arriba el tiempo normal del operario bueno y hacia abajo el del operario deficiente hasta una nivel estándar”.

Por lo tanto este valor es tratado según operaciones matemáticas sencillas que son estándares y que pueden ser aplicadas, lo que se respalda en la experiencia de muchos ingenieros alrededor del mundo que las utilizan, así como la mención que hacen de estas operaciones múltiples autores, tales como Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009) quienes las definen de la siguiente forma:

Tiempo normal = Tiempo del desempeño observado por unidad x índice del desempeño

Tiempo estándar = Tiempo normal + (Tolerancias x tiempo normal)

Entonces se debe agregar un porcentaje de suplementos al tiempo normal, para que dé como resultado el tiempo estándar.

2.2.1.3. Analizar

“En la tercera etapa del DMAIC se analiza la situación actual del proceso con base en los datos recolectados en la etapa anterior de medición. Se determinan las causas que ocasionan el problema dentro del proceso, así como la comprobación de las hipótesis sobre causa-efecto del problema. En esta etapa se establecen el “cómo, cuándo y por qué” ocurren las fallas del proceso. Es importante definir las áreas de mejora y analizar los pasos del proceso actual que no generan valor alguno y los que sí agregan valor al mismo”. Acuña, J. (2012)

2.2.1.3.1. Lluvia de ideas

El artículo Licenciatura en RR.HH. Universidad de Champagnat. (2002) nos explica el concepto de la lluvia de ideas:

“Es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. La lluvia de ideas, es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado”.

La lluvia de ideas es una herramienta que se considera muy importante al desarrollar un proyecto, buscar oportunidades de mejora y para organizar diferentes situaciones, ya que son un conjunto de ideas que se complementan para resolver situaciones, desarrollar e implementar nuevos proyectos.

Así mismo también la Universidad de Champagnat. (2002) nos habla sobre la historia de la lluvia de ideas.

“Esta herramienta fue creada en el año 1941, por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente; dando oportunidad de sugerir sobre un determinado asunto y aprovechando la capacidad creativa de los participantes. ¿Cuándo se utiliza?

Se deberá utilizar la lluvia de ideas cuando exista la necesidad de:

- Liberar la creatividad de los equipos
- Generar un numero extensos de ideas
- Involucrar oportunidades para mejorar”

Según la Universidad de Champagnat. (2002), nos permite plantear y resolver los problemas existentes, plantear posibles causas del problema u oportunidad de mejora, también nos ayuda a buscar soluciones alternativas, desarrolla la creatividad, con esta herramienta es posible discutir sobre varios conceptos nuevos, superar el conformismo y así mismo la monotonía. Adicional a esto, la técnica *Brainstorming*, puede ser utilizada a través de 3 diferentes manera, como lo es: no estructurado (flujo libre), estructurado (en círculo) y la forma silenciosa (lluvia de ideas escritas).

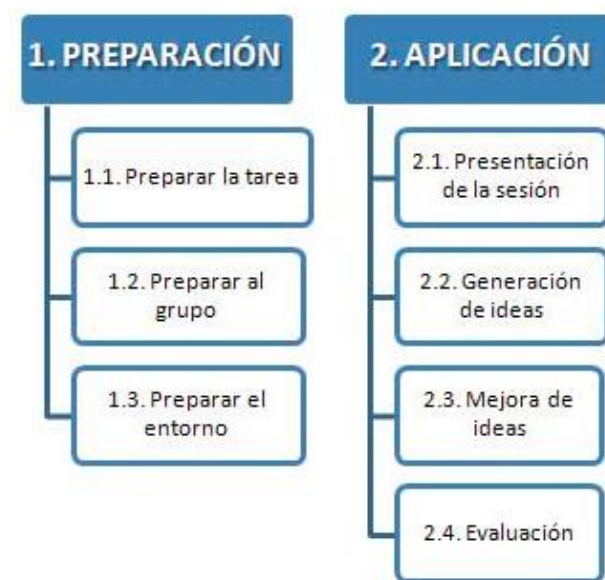


Figura 13. Preparación y aplicación de la lluvia de ideas

Fuente: Licenciatura en RR.HH. Universidad de Champagnat. (2002, Octubre 11). Brainstorming: lluvia o tormenta de ideas.

2.2.1.3.2. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también es conocido como diagrama causa-efecto o diagrama espina de pescado, y se utiliza para buscar solución a un problema o encontrar una oportunidad de mejora. En este diagrama se detallan las causas del problema o de la oportunidad de mejora, con el fin de buscar soluciones que ataquen directamente al problema o a la mayoría de sus causas, minimizando así el impacto en el problema u oportunidad de mejora, obteniendo una solución.

“El grado de dispersión de una variable es un aspecto que se debe controlar y tratar de reducir al mínimo posible, con el objeto de evitar el riesgo de producir partes inadecuadas para su uso, por el hecho de que sus dimensiones se alejan de los límites de tolerancia especificados, teniendo siempre en mente la idea de mejorar la calidad del producto, en la medida en que se satisfacen mejor las necesidades del cliente. Esta variabilidad puede tener su origen en las 5 “M’s”: Materias primas, la Maquinaria o equipo, Métodos de trabajo, Mano de obra y el Medio ambiente.

El Diagrama de Causa y Efecto por su forma recibe el nombre de “esqueleto de pescado”, en el que la espina dorsal es el camino que conduce a la cabeza del pescado que es donde se coloca el problema que se desea analizar; las espinas o flechas que la rodean indican las causas y sub-causas que lo provocan como se muestra en la siguiente figura” Gándara, F. (2014).

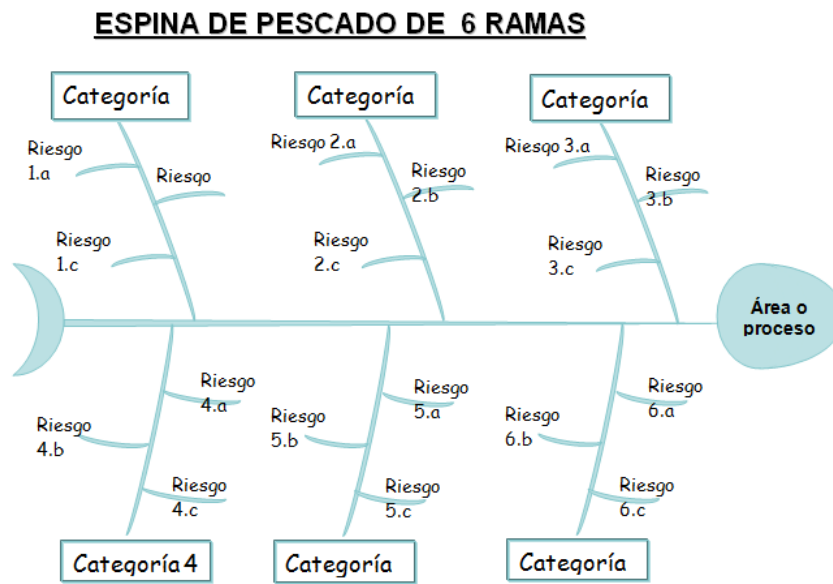


Figura 14. Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.4. Mejorar

En la cuarta etapa de la metodología DMAIC, denominada “Mejora”, se desarrolla, implementa y validan las alternativas que corrijan el proceso. Esto se consigue generando una lluvia de ideas para lograr un modelo donde el proceso funcione de la manera esperada. Las mejoras se validan por medio de un plan piloto donde se aplican estas nuevas ideas para optimizar el proceso actual y generar un nuevo flujo en él, que a su vez se acompañe de un análisis costo-beneficio, con el cual garantice una mejora realizable e impecable.

2.2.1.4.1. Balance de Línea

Luego del estudio y la recolección de los tiempos de cada operación del proceso, se procede a ejecutar un balance de línea que busque asignar el personal disponible en las operaciones del proceso, para que esté equilibrado según el tiempo de cada acción. En Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew, el departamento de ingeniería industrial es el encargado de realizar los balances de línea de cada cuarto limpio. La finalidad es saber realmente la capacidad de cada área y es lo que se espera diseñar en el área de Empaque.

A continuación se profundiza el significado de balance de línea según Fred E. Meyers (2000).

“El balance o balance es una de las herramientas más importantes para el control de la producción, dado que de una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como los son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción. El objetivo fundamental de un balance de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso. Establecer una línea de producción balanceada requiere de una juiciosa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas. Por ende, vale la pena considerar una serie de condiciones que limitan el alcance de un balanceo de línea, dado que no todo proceso justifica la aplicación de un estudio del equilibrio de los tiempos entre estaciones. Tales condiciones son: cantidad y continuidad.”

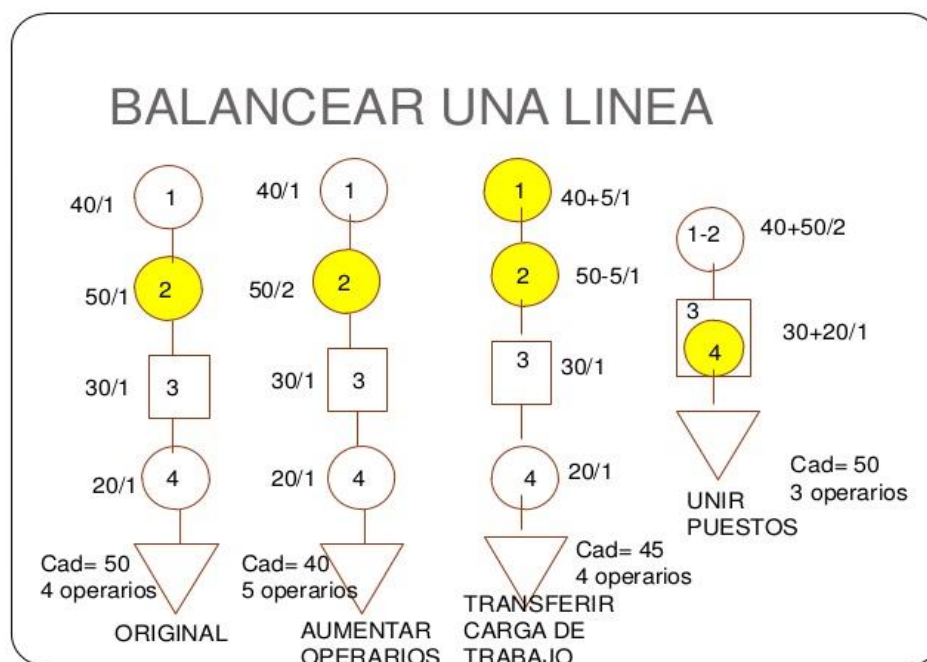


Figura 15. Ejemplo de balance de línea

Fuente: Fred E. Meyers, estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil, segunda edición.

2.2.1.4.2. 5S

El concepto de seleccionar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener es fundamental para implementar y sostener un espacio de trabajo organizado. El método de 5S mejora la utilización de la mano de obra, porque se asocia al hecho de la reducción considerable del esfuerzo y tiempo al buscar herramientas y materiales. (Lane, 2007 p. 134).

2.2.1.5. Controlar

La quinta y última etapa del DMAIC, “Controlar”, se basa en documentar los controles necesarios para que los cambios realizados en el proceso perduren a través del tiempo, una vez que se hayan implementado las mejoras. En esta fase se comprueba y demuestra la mejoría del proceso y se revelan los beneficios del proyecto, ya sean tangibles o intangibles.

2.2.1.5.1. Visual factory o controles visuales

El control visual es parte de la manufactura esbelta, se basa en los controles y comunicación visual; esta va dirigida no solo a participantes directos de un área, sino también a personas externas que deseen involucrarse o entender el escenario en un instante. Por ejemplo pizarras para el control de la producción o rótulos que indiquen cierto estado en el sistema.

“Paralelamente a las 5 S, existe un mecanismo que ayuda a mantener el funcionamiento de las 5 S como parte de la rutina diaria. A este concepto se le conoce como: Control visual. El objetivo del control visual es hacer que los problemas o posibles problemas sean visibles en el lugar de trabajo. En otras palabras, consiste en hacer obvio de una sola ojeada el nivel de las condiciones de las áreas de trabajo al momento que se aplican las 5 S.”
Suárez Barraza, M. F. (2007)

2.2.1.5.2. Diagrama de Gantt

“La gráfica de Gantt es quizá la primera técnica de planeación y control de proyectos que surgió durante la década de 1940 en respuesta de

administrar mejor los complejos proyectos y sistemas de defensa. Una gráfica de gantt muestra sencillamente el tiempo de terminación planeado para las distintas actividades del proyecto como barras graficadas contra el tiempo en un eje horizontal”. (Benjamín, 2004, p. 25)

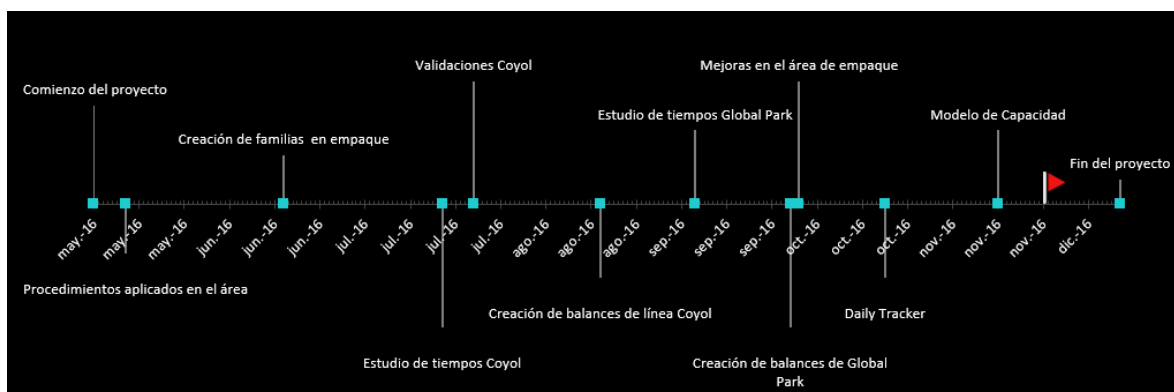


Figura 16. Diagrama de Gantt: Progreso del proyecto universitario

Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.6. Indicadores

Los indicadores son una forma de cuantificar un área. Según Anónimo (2001) el indicador puede definirse de la siguiente manera: “...como una medida utilizada para cuantificar la eficiencia y/o eficacia de una actividad o proceso”. Algunos indicadores de ingeniería industrial son: “takt time”, tiempo muerto, porcentaje de tiempo dedicado a una actividad específica, porcentajes de utilización de un área. También se puede realizar otro tipo de mediciones, por ejemplo número de lotes que ingresan a un área, número de unidades promedio por lote, cantidad de retrabajos. Es cualquier medición que muestre algún resultado de un área.

2.3. Marco conceptual referente al impacto del proyecto

Este proyecto generará un impacto positivo a Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew con un diseño del modelo de capacidad para el área de Empaque, que mejore la coordinación en el plan de producción semanal, la utilización de los recursos y realiza una redistribución del área de trabajo mediante un estudio de

cargas de trabajo. Todo esto tendrá como resultado la reducción de costos y aumento en la productividad del área en mención.

El alcance temporal de este proyecto es longitudinal prospectivo, ya que se analizan los datos a medida que ocurren a través de un periodo de tiempo, que puede tardar algunos meses e inclusive años, debido al seguimiento y actualización de la información que se le deba dar a este proyecto. Y su finalidad es aplicada o práctica, debido a que se generan nuevas teorías, se modifican algunas ya existentes o se actualizan los datos y se resolverán problemas prácticos inmediatos con las herramientas de la ingeniería industrial; es decir; se conoce del problema, se investiga, se detalla, se buscan posibles soluciones y luego se toman decisiones para poder resolverlo.

Capítulo III: Marco metodológico

1.1. Metodología para la definición del problema

1.1.1. Técnicas e instrumentos para recolectar información

En este proyecto las técnicas que se usarán para el desarrollo del trabajo de campo son las siguientes:

Entrevista: Esta técnica se utiliza para conocer la opinión que los sujetos de información en cada área involucrada tienen con respecto a la carencia de un modelo de capacidad de producción en el área de Empaque. La herramienta es una guía temática, con preguntas abiertas que ayuden a tener claro la percepción de cada una de las personas entrevistadas. La información recolectada será valiosa para la toma de decisiones y creación del modelo de capacidad de esta área.

Taller: Por medio de la investigación, lluvia de ideas, aprendizaje según las experiencias de los demás compañeros del área, acceso a la información directa que conlleva el labor de campo, el trabajo en equipo y metodologías que mejoran los procesos de producción. Este proyecto beneficiará en conocer las opiniones de las personas participantes en el taller, esto con el fin de tener varios puntos de vista acerca de un solo tema y ser amplio ante esta situación.

Observación: Este proyecto al ser una innovación en el área de Empaque, se considera de suma importancia la observación, es por eso que la mayoría parte del desarrollo de este trabajo será de campo. Todo esto es un tema de percepción y el análisis de las situaciones diarias con la finalidad de procesar la información y tomar decisiones. Los instrumentos utilizados serán los diagramas de proceso, guías, hojas de registro de tiempos, cronómetros y cámaras digitales para la toma de fotografías y videos; entre otras herramientas que me muestren cómo realmente se hace o cómo se podría hacer una operación en un proceso.

1.1.2. Instrumento para un diagnóstico

Para la elaboración del análisis de los procesos productivos de la organización, se utilizaron distintos métodos para la recolección de la información tal y como lo es

el método visual, interacción con el personal operativo y administrativo del área, con el fin de obtener la información necesaria para el análisis correspondiente.

1.1.3. Sujetos o fuentes de información

1.1.3.1. Sujetos de información

En mención al personal y las divisiones según la importancia para este proyecto se consideran las siguientes áreas funcionales:

- Departamento de Ingeniería Industrial
- Departamento de Producción - Área Empaque

Se aplicaron los criterios de conocimientos técnicos en el tema tratado, años de experiencia laboral, profesión. De las once personas del área se les consultará a seis de ellas que fueron elegidas por su experiencia y conocimiento del proceso; los seleccionados tienen las siguientes características:

Tabla 2. Sujetos de información

Puesto en la compañía	Nombre	Profesión	Experiencia Laboral
Gerente del departamento de ingeniería industrial	José Adrian Ramírez Chaves	Ingeniero Industrial	10 años
Ingeniero Industrial	Alejandro Sánchez Hernández	Ingeniero Industrial	6 años
Ingeniero Industrial	Andrea Brenes Mora	Ingeniera Industrial	4 años
Gerente del departamento de Producción – Empaque	Marlon Romanini Di Palma	Ingeniero Industrial	25 años
Supervisor de Producción – Empaque	Ramón Monteagudo Villalta	Ingeniero Químico	15 años
Supervisor de Producción – Empaque	César Barrientos Ortega	Ingeniero Industrial	10 años

Fuente: Elaboración propia.

Esta elección del personal se calificó por el conocimiento y experiencia en el área de estudio, siendo así la información más confiable y correcta para cumplir con los objetivos principales de este proyecto.

1.1.3.2. Fuentes de información

El trabajo de campo será la parte más importante para recolectar la información requerida; se hará uso de las siguientes fuentes de información:

Políticas de calidad: Estos documentos son controlados y son muy comunes en empresas médicas, ya que todo el personal debe cumplir con ciertas reglas a la hora de laborar en estas áreas o ya sea solo ingresar en ellas, por ejemplo, no es permitido hacerlo con maquillaje, algún tipo de joyería o utilizando ropa donde deje al descubierto alguna parte del cuerpo. Estas políticas las establece y da seguimiento el departamento de calidad.

Documentación de los procesos de producción: Estos documentos también controlados. En ellos se establecen los procedimientos detallados de la manufactura del dispositivo médico, todo proceso debe realizarse de acuerdo al documento establecido para llevar a cabo esa operación.

Base de datos: Se utiliza la base de datos de todos los productos que se en la compañía con su número de parte correspondiente. También se tiene acceso a la del personal del área de Empaque.

Clasificación de los datos recolectados

Datos de primera mano: se consideran así a todo aquel que deba ser recolectado, ya que no existe o no se ha interpretado. En este proyecto los datos de primera mano, serán todos los tiempos que se tomen en el momento de las operaciones, ya que no existe registro de este.

Datos de segunda mano; son toda información que ya se ha procesado en un momento determinado. En este trabajo se consideran datos de segunda mano a toda la información de los productos que se manufacturan en el área de

producción, toda la documentación de los procesos de producción del área de Empaque, así como la base de datos con la información de los empleados.

Fuentes primarias

Menor: Documentos con información de costos, procesos de producción detallados o registros de vigencia muy limitada. Estas fuentes serán utilizadas como conocimiento del impacto que puede traer los cambios en la documentación, procedimientos, costos, control de gastos, entre otros; en la estabilidad de un proceso, área productiva u organización.

Mayor: Documentos que forman parte de la compañía, vigencia mayor a los 3 años. Este tipo de fuente se considera por el grado de importancia, ya que son parte de las estrategias de la empresa y cultura. Se usarán los documentos controlados de los procedimientos que debe seguir cada empleado para realizar su trabajo.

1.1.4. Metodología

El desarrollo del proyecto se realizará bajo la metodología DMAIC, orientada a la mejora de los procesos ya existentes. DMAIC es una metodología que se escoge con el fin de seguir una serie de pasos que conduzcan a encontrar un problema y posteriormente dar una solución. A continuación ver imagen donde se observan las palabras correspondientes a sus siglas.



Figura 17. Metodología DMAIC

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Definir:** El departamento de Ingeniería Industrial tiene identificada que esta área no cuenta con un modelo de capacidad de producción y se concluye la necesidad de crearlo. Se debe analizar mediante un diagrama de proceso las etapas del área de Empaque para poder identificar lo que genera no contar con un modelo de capacidad en esta. Posteriormente, se estudian los procedimientos en su totalidad.
- ✓ **Medir:** Se recopila la información necesaria para poder analizar y entender el impacto del problema delimitado en la fase anterior. Medir, podría decirse que está presente en todas las etapas del proyecto, pues cada mejora o análisis generado tiene un impacto el cual debe indicarse por medio de sus herramientas. En esta periodo del proyecto se realiza un diagrama de Pareto para identificar la parte mayoritaria y así enfocarnos en esta, luego se ejecuta un estudio de tiempos, según lo que me indica el diagrama dicho.
- ✓ **Analizar:** Una vez recolectados los datos necesarios para el estudio del problema, es indispensable depurar la información del proceso, la cual debe ser analizada para determinar oportunidades de mejora a través de herramientas tales como lluvia de ideas y diagrama de Ishikawa, que permitan el desarrollo de propuestas de solución al problema planteado en el presente proyecto.

- ✓ **Mejorar:** En esta fase se debe diseñar una propuesta de solución factible para la compañía. El descarte previo para desarrollarla es fundamental para la utilización correcta de los recursos. En esta etapa se utiliza la herramienta de 5S, el Balance de línea para el desarrollo de actividades y mapear cuánto se mejora el proceso en las diferentes variables que determinan la efectividad del proceso de acuerdo a la capacidad real una vez implementado.
- ✓ **Control:** Es fundamental definir el control que se debe llevar a cabo para dar seguimiento a las propuestas definidas con el fin de que sean sostenibles en el tiempo. Se dará seguimiento mediante revisiones constantes del proceso y por medio de la auditoría de la utilización del tiempo del proceso de empaque con una herramienta en Excel llamada “Daily Tracker” que posee el departamento de Ingeniería Industrial, este fue implementado en las demás áreas de producción. Se realizará una variación a esta auditoría que incluya los parámetros mínimos para el control y se hará uso de herramientas de control visual.

Tabla 3. Información del diagrama de Gantt

Actividades	Fecha de inicio	Fecha final	Asignado a	% Avance
Reunión con los supervisores y gerente del área de Empaque	05/12/16	05/12/16	Yarith Barrantes	100%
Implementación de la hoja de control de rendimiento de empaque	06/12/16	07/03/17	Yarith Barrantes	100%
Capacitación a los operarios sobre la hoja de control de rendimiento	07/12/16	14/12/16	Yarith Barrantes	100%
Prueba piloto	14/12/16	04/02/17	Yarith Barrantes	100%
Revisión de datos	06/02/17	20/02/17	Yarith Barrantes y Dpto. Ingeniería Industrial	100%
Seguimiento de la hoja de control de rendimiento	20/02/17	20/03/17	Área de Empaque	90%
Revisión semanal de la hoja de rendimiento del área de Empaque	20/02/17	20/03/17	Área de Empaque e Ingeniería Industrial	90%
Análisis de datos	20/03/17	27/03/17	Dpto. Ingeniería Industrial	0%
Control de rendimiento del área de Empaque	27/03/17	29/04/17	Área de Empaque	0%

Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. Diagrama de Gantt

Fuente: Elaboración propia.

1.2. Metodología para la medición y respaldo cuantitativo de proyecto

Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultados esperados
Diagnosticar la forma actual en cómo se lleva a cabo el proceso productivo, su capacidad, como se distribuyen los recursos para cumplir con el plan de producción, el desempeño de los procesos del área de Empaque de Arthrocare S.R.L. una compañía de Smith&Nephew.	Observación del proceso. Consultas a los involucrados en los procesos. Revisión de los procedimientos del área. Identificación de los productos y creación de familias según el proceso de empaque.	Diagrama de proceso.	Oportunidades de mejora del proceso las cuales se deben priorizar para determinar las propuestas de solución.
Determinar las principales causas que afectan el proceso de empaque y las oportunidades de mejora que sirvan de insumo para el diseño del modelo de capacidad.	Mapeo de los procesos de producción del área y los diferentes factores que impiden el desarrollo de un modelo de capacidad. Ejecución de una lluvia de ideas Análisis de los tiempos.	Diagrama de Pareto. Diagrama Ishikawa. Medición del tiempo.	Identificación de la mayor área afectada y las principales causas que afectan el no tener un modelo de capacidad en el área de Empaque.
Diseñar un modelo de capacidad que optimice los procesos de producción en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L. una compañía de Smith&Nephew.	Toma de tiempos a las familias de empaque que conforman el 80% de los productos con mayor demanda. Balance de línea por familia de empaque. Implementación de las 5 S.	Estudio de tiempos. Lluvia de ideas. Balance de línea. 5 S. Medición del tiempo.	Modelo propuesto de capacidad para el área de Empaque que impacte el porcentaje de utilización y la eficiencia de producción.
Determinar el costo/beneficio de las propuestas de mejora.	Análisis costo-beneficio para determinar factibilidad de las propuestas planteadas.	Análisis de costo beneficio	Beneficio económico de las propuestas.
Efectuar una prueba piloto del modelo de capacidad en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L. una compañía de Smith&Nephew y un diagrama Gantt de implementación que indique los tiempos previstos para el cumplimiento de las actividades establecidas.	Observación del proceso según los cambios realizados. Llevar el "Daily Tracker" por área. Creación de un diagrama de Gantt para dar seguimiento.	Control visual. Herramienta en Excel "Daily Tracker". Diagrama Gantt	Validar las propuestas y seguimiento a través de un diagrama de Gantt de implementación.

Fuente: *Elaboración propia.*

Capítulo IV:

Línea base y análisis de causas

4.1. Descripción de la situación actual

El análisis de la situación actual en el proceso de producción, área de Empaque de la empresa Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew sirve como base del presente proyecto para poder identificar las oportunidades de mejora que se presentan en el proceso de empaque.

4.1.1. Diagrama de proceso

El proceso inicia cuando se asigna el material en el cuarto de producción correspondiente almacenado en un rack, se solicita el “DHR” o *travel*, este documento ingresa a Empaque y se puede dar inicio a las etapas de esta área; se realiza una limpieza total en la mesa donde se ejecutan las operaciones y se acomodan materiales sobrantes, se hace la identificación con letreros y *bines*, seguidamente se preparan los documentos y materiales; los cuales son entregados por la cadena de apoyo, el “material handler” y el encargado de impresión de etiquetas. Después el encargado de mesa y el líder realizan la limpieza de línea, línea debe ser verificada por un inspector de calidad, luego se completa el “DHR” con las firmas de las personas involucradas en el proceso.

Una vez finalizadas estas etapas, se ingresa el producto al área donde se ejecuta la operación de empaque, lo cual se cumple en cajas individuales y éstas luego van dentro de una más grande de “shipping”. Al final de la orden se efectúa una reconciliación para cerrar las cantidades de instructivos, etiquetas y material que sea para desecho; luego se da inicio a otro lote. Seguidamente los compañeros deben realizar verificaciones, por lo tanto el “DHR” se traslada al área del “DHR clerk” para que lo cierre, es aquí donde el área de producción finaliza el lote. Pero el área de calidad aún necesita revisar lo elaborado por el “DHR clerk” y liberar las tarimas listas pegando una etiqueta de pre-esterilización; una vez liberadas se trasladan a la bodega de la planta.

La atención en las etiquetas es un tema de mucha cautela, pues se está registrando el producto que llevan las cajas de producto individual o las cajas de “shipping”. El encargado de impresión de etiquetas es quien imprime las

etiquetas de producto individual, las etiquetas de “shipping” las imprime un operario entrenado en esta operación. Hay un grado alto de control sobre las etiquetas por las consecuencias drásticas que podría tener una mala identificación de algún producto, desde una incorrecta esterilización, hasta un daño para el consumidor. Las etiquetas son revisadas por el encargado de impresión de etiquetas, calidad y los operarios; los operarios se encargan de contarlas al inicio del lote, y al final realizan la respectiva reconciliación.

Cuando se empaca en cajas de “shipping”, se debe asignar un código de esterilización según el producto y el tipo que destine el departamento de planeación, así como la documentación en “Agile”. Existen tres tipos de esterilización y varios códigos asociados al mismo. Este código se escribe digitalmente sobre etiquetas. Si el tipo de esterilización es por rayos Gamma, las cajas incompletas se deben pesar, para anotar la densidad de la caja de “shipping”; pero si el tipo de esterilización es por “E-Beam”, las cajas incompletas se llenan con balastros (piezas que son exactamente iguales a las normales del lote, pero no cumplen con las especificaciones, por lo que se utilizan de relleno).

En la figura 19 se muestra el diagrama de proceso del área de Empaque en su respectivo orden, este proceso aplica para todas las familias de productos empacadas ahí, el punto donde varía es en el proceso de empacar producto terminado en cajas y con sus respectivas etiquetas, esto de acuerdo a lo que indican los documentos.

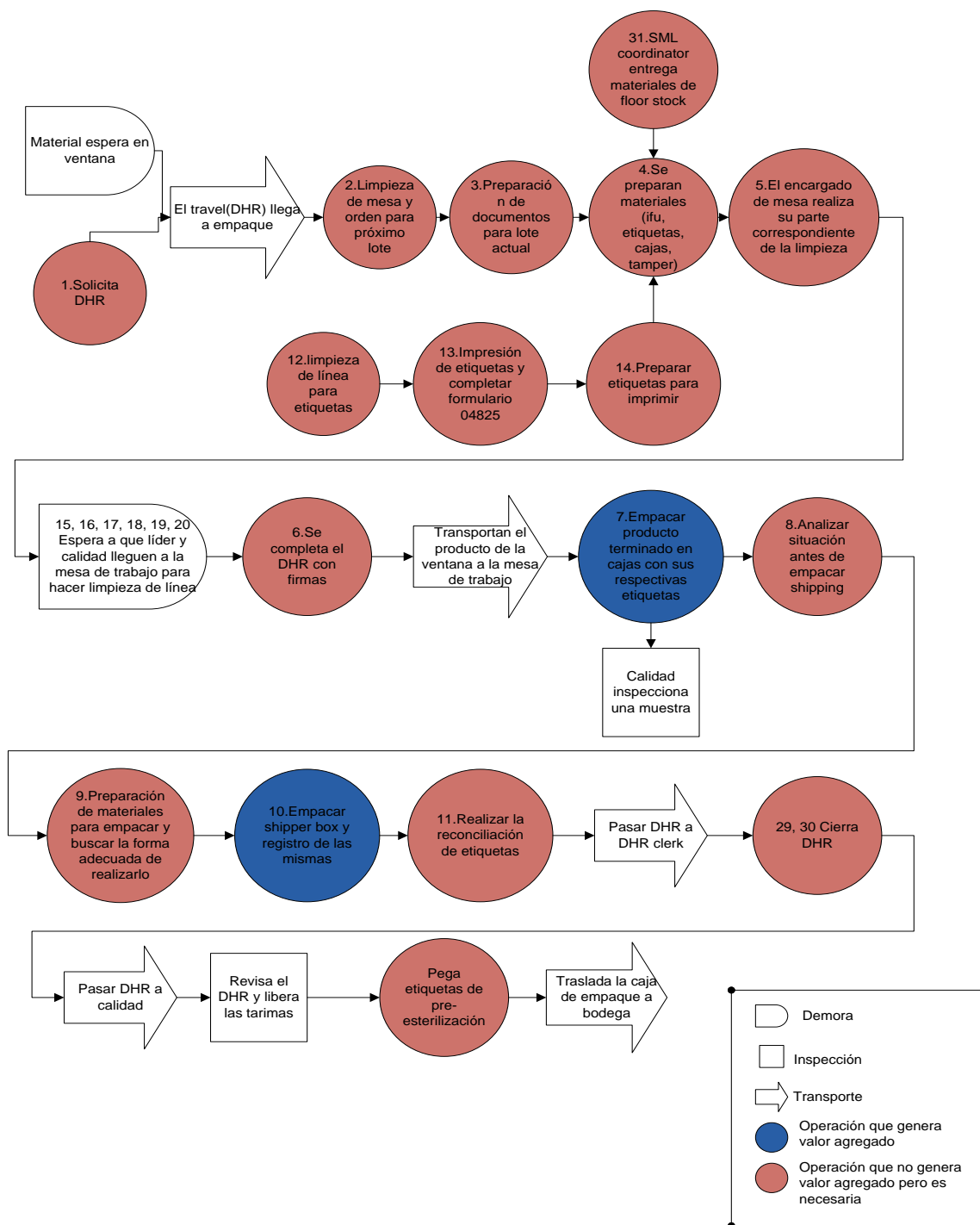


Figura 19. Diagrama de proceso

Fuente: Elaboración propia.

Se determina mediante un gráfico Pareto las familias de producto que representan el 80% del volumen de producción y costo y en las cuales se enfocará el presente

proyecto, por lo que se determina que son la familia Wands Simple y Familia Ambient.

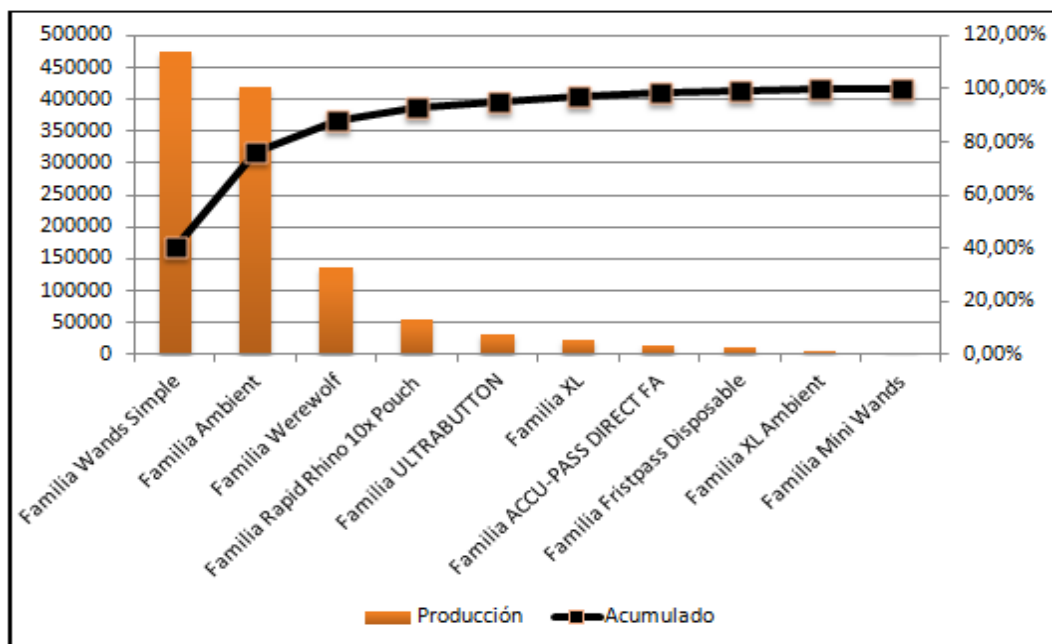


Figura 20. Volumen de producción

Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificado el 80% de los productos de mayor volumen, se procede a analizar el área de producción, se observan detenidamente las actividades que se realizan dependiendo del producto que se trabaje y con la información recolectada se ejecuta un diagrama de proceso, donde se definen las operaciones del área de Empaque y su recorrido.

El proceso de empaque de la familia Wands Simple y Familia Ambient lo muestra la figura 21. Se especifican las operaciones de cada proceso de estas dos familias muy similares, lo diferente en ellas es el producto como tal y su finalidad, y en que la Familia Ambient lleva adicional unas *gammas* (calcomanías). Cada operación la realiza un operario, sin embargo no se tiene ningún estándar de esto, por lo que una persona puede iniciar armando cajas y luego cambiar con un compañero para introducir piezas, esto no es lo conveniente ya que podría incurrir en errores durante el proceso de producción.

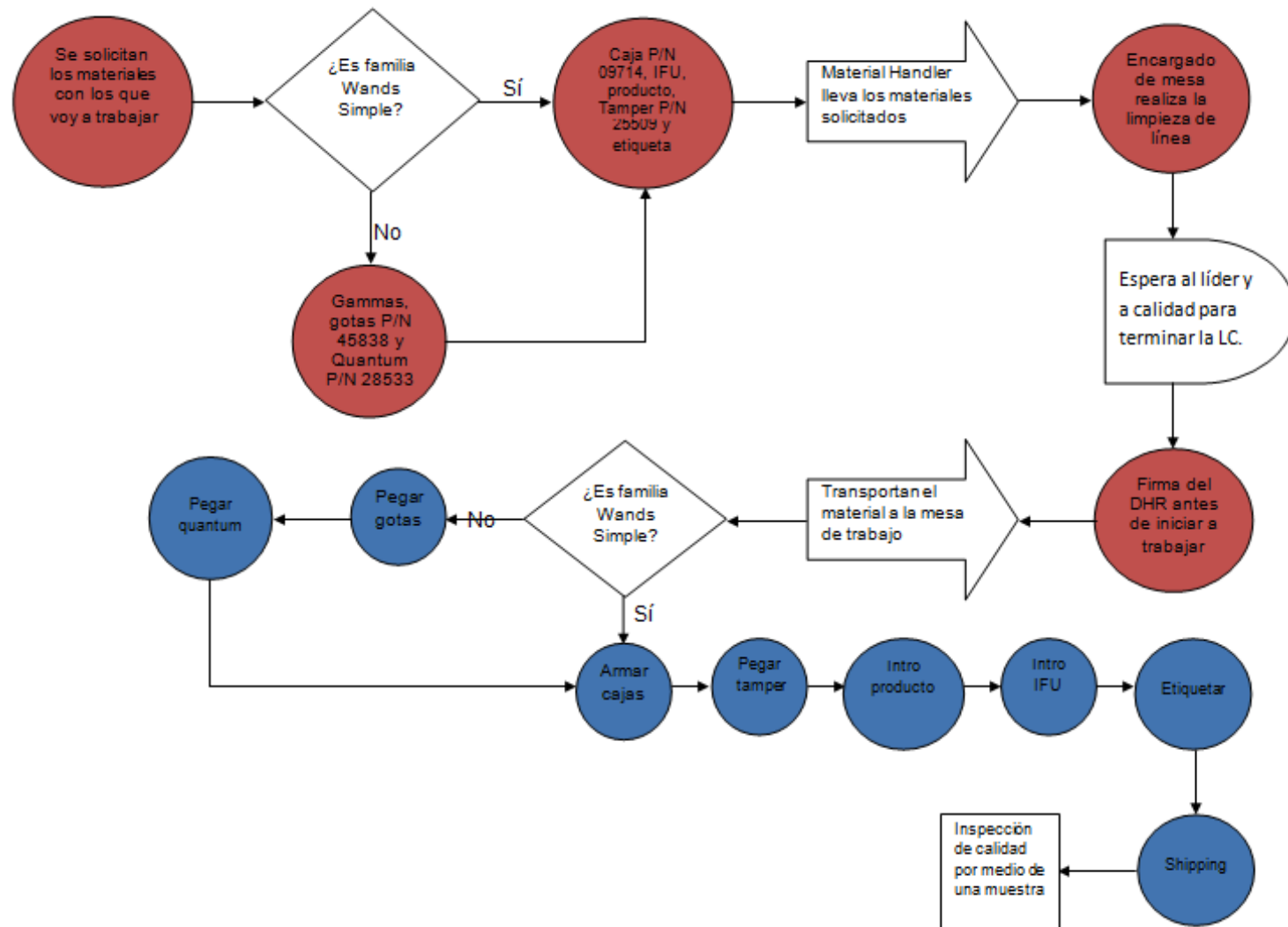


Figura 21. Diagrama de proceso de empaque de las dos familias en estudio

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Documentación del área

En el área de Empaque se poseen procedimientos estándar de calidad del proceso, los cuales contemplan todas las familias de productos que fabrica la empresa, con el fin de que el resultado final sea el mismo para cada una, sin embargo no se estandarizan movimientos ni tareas. Todos los productos, componentes, revisiones y procedimientos se documentan digitalmente en un programa llamado “Agile”, en el cual también se ingresan cambios de ingeniería, registros de acciones correctivas y preventivas. Los MPI y MI describen el procedimiento para procesar un producto en Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew. En Empaque se hace referencia a los documentos para empacarlos.

El DHR o también llamado “travel”, es un fólter físico con documentación que se abre en subensamble por cada nuevo lote, es pasado por todas las áreas; en este se registran firmas de los operarios según procedimientos realizados, se controlan los equipos y químicos utilizados. Los inspectores de calidad registran sus hallazgos y revisiones, contiene un documento llamado “BOM” y “picklist”, en el cual se registran todos los componentes que se utilizarán para los productos del lote así como su respectiva revisión. Sobre este documento se pueden realizar cambios de revisión, las cuales son numeradas en orden alfabético, cambios de ingeniería que podrían afectar o no el lote que se está procesando.

4.1.3. Distribución del área de Empaque

El área de empaque se encarga de empacar todos los productos que son procesados en los cuartos limpios que están controlados y que ensamblan las piezas por lotes de trabajo. La planta en Global Park tiene seis cuartos limpios, cada uno trabaja familias de productos específicas como se muestra en la tabla 4. (Sin embargo en ciertas circunstancias podría variar, algún producto podría ser fabricado en un cuarto limpio al que generalmente no le corresponde).

Tabla 4. Distribución de familias por cuartos limpios

Cuarto	Familia	Abreviatura
1	STV	STV
1	Sport Mix	SMX1
2	Spine	SPN
2	Saphyres SNN	SNN
4	Sport Mix 2	SMX2
5	Implants	IMP
5	Connectors	CONN
5	Sutures	SUT
5	Atlantech	ATL
5	Laser	LASER
6	Stammberger	STA
6	Epistaxis	EPX
7	Evac Family	EVC
7	Reflex/mix	RFX

Fuente: Elaboración propia.

En los cuartos limpios se trabaja lo siguiente: el cuarto uno trabaja productos de alta demanda, tiene dos líneas de producción, el cuarto dos llamado Smith&Nephew, trabaja productos para empresas contratistas, el cuarto cuatro trabaja productos variados y tiene una línea piloto. El cuarto cinco, llamado Opus, tiene el más alto “mix” de productos, tiene dos líneas de producción; el cuarto seis llamado Rapid Rhino y el cuarto siete trabajan productos variados, ambos tienen dos líneas productivas.

El área de Empaque se encuentra tácticamente localizada en la primera planta, ya que se ubica prácticamente en el centro de los cuartos limpios, para facilitar el flujo de los materiales. Es un área semi-controlada, para la cual se requiere de una vestimenta adecuada para ingresar al área, así como condiciones ambientales controladas.

En la figura 22, se observa cómo se divide en Empaque 1 (color verde) y Empaque 2 (color amarillo), ambos están ubicados en el primer piso de la planta de Arthrocare S. R. L., una compañía de Smith&Nephew.

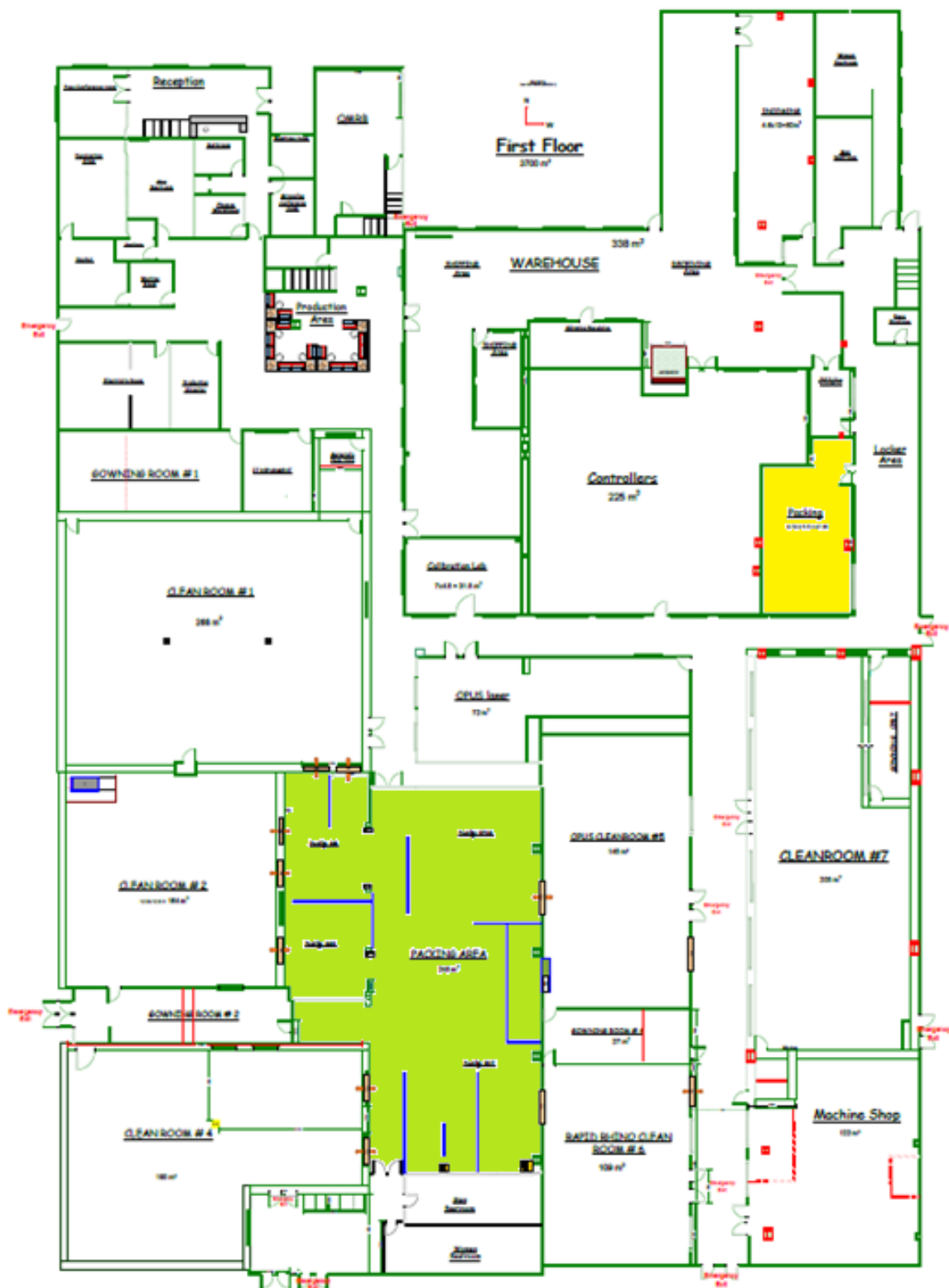


Figura 22. Primer piso planta Arthrocare S.R.L. una compañía de Smith&Nephew, Global Park

Fuente: Departamento de Mantenimiento y Facilidades.

Actualmente el área de Empaque cuenta con 245 m², de los cuales se dividen en 7 cuartos de empaque, donde se procesan las diferentes familias de productos. Las dos familias en estudio, Familia Wands Simple y Familia Ambient se empaican en el cuarto 1 del área de Empaque, tal y como se puede observar en la figura 23. En toda esta área trabajan 38 personas, distribuidas en dos turnos, también se tiene un área específica para colocar tarimas con materiales, adicional de las mesas de trabajo, muebles y demás equipos de trabajo, esto genera que cuente con poco espacio para empaicar y hace que el área se vea desordenada de primera impresión.

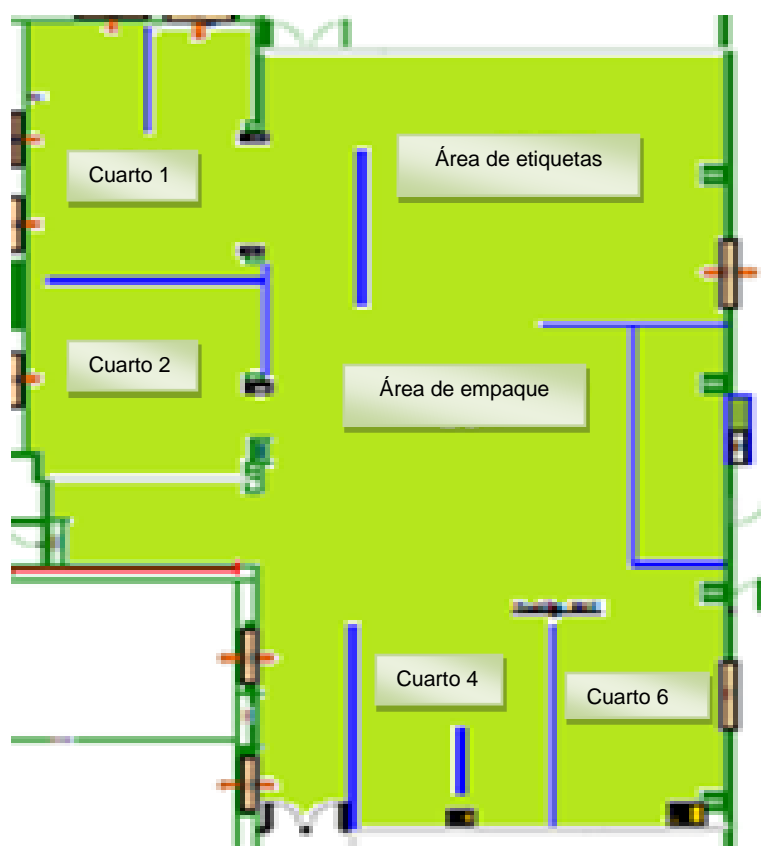


Figura 23. Áreas de empaque

Fuente: Departamento de Mantenimiento y Facilidades.



Figura 24. Área de Empaque, cuarto 7

Fuente: Departamento de Mantenimiento y Facilidades.

4.2. Familias de productos en Empaque

Existen alrededor de 199 productos, los cuales se dividen en diferentes familias diseñadas por la casa matriz, sin embargo estas ya existentes no agregan valor al estudio realizado, debido a que el proceso en Empaque es muy diferente a los cuartos limpios. Esto quiere decir que según la configuración en esta área y los componentes que se requieran, se forman familias nuevas, con el fin de que los tiempos que se tomen por cada una apliquen para todos los productos pertenecientes a la misma.

Se ejecuta una clasificación de familias en el área de Empaque para facilitar la toma de tiempos, debido a la cantidad de productos que se manufacturan en esta empresa; así la toma de tiempos y los análisis respectivos se realizan según la familia de productos y no por cada uno de los que haya. Los criterios que consideraron para formar estas familias son respecto a los procesos de producción y los componentes que se necesitan para elaborar cada orden.

A continuación se muestra una tabla resumida con las familias de productos según la configuración de Empaque. Para poder realizar la selección y agrupar en estas familias, se efectuó un estudio de los materiales que se utilizan a la hora de

empacar el producto y adicional a esto se consideró el proceso como tal. Es importante mencionar que solo se tiene el costo aproximado de las familias de mayor demanda debido a la limitante de información y por ser información sensible para la compañía.

Tabla 5. Resumen de familias del área de Empaque

Familia	Productos	Demanda
Familia Wands Simple	36	474.671
Familia Ambient	5	419.428
Familia Werewolf	1	136.091
Familia Rapid Rhino 10x Pouch	11	54.404
Familia ULTRABUTTON	1	31.992
Familia XL	8	23.553
Familia ACCU-PASS DIRECT FA	5	15.175
Familia Fristpass Disposable	2	10.371
Familia XL Ambient	2	4.700
Familia Mini Wands	7	941
Familia de los Saphyre y Vulcan	13	0
Familia de OEMS	7	0
Familia Magnum	6	0
Familia SPEEDLOCK	4	0
Familia SPEED	3	0
Familia SMARTSTITCH	4	0
Familia Plus	10	0
Familia LABRAFIX	3	0
Familia Atlantech	1	0
Familia Titanium	16	0
Familia First Pass	1	0
Familia Speedstitch	1	0
Familia Smartstich Individual	9	0
Familia Smartstich Six Pack – Combinado	11	0
Familia Rapid Rhino Stammberger	1	0
Familia Rapid Rhino 20x Pouch	4	0

Familia	Productos	Demanda
Familia Ankle Distractor Strap	1	0
Familia Sinu Knit Dissolvable Dressing	1	0
Familia Loose	6	0
Familia 7	14	0
Familia Procise Max	1	0
Familia PERC	2	0
Familia PERC DC	1	0
Familia CIQ PERC	3	0

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Recolección de datos, características, prototipo

4.3.1. Estudio de tiempos

Para cada tarea se realizó un estudio de tiempos. En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la duración de estas en el área de Empaque. Se obtienen de los datos necesarios (tiempos tomados con cronómetro), según el estudio ejecutado del 80% de productos de mayor demanda, y los restantes se proyectan basado en los datos existentes y la experiencia de las personas que desempeñan los diferentes puestos.

Las tareas fueron clasificadas de la siguiente manera:

1. La primera clasificación abarca las tareas de empaque que generan valor agregado, estas son realizadas por operarios y varían por familias de productos. Los datos para las tareas de empaque que generan valor agregado fueron tomados con cronómetro a operarios que trabajaran a un ritmo representativo del área. Un ejemplo de una operación aplicada para todas las familias y que genera valor agregado al producto es amar caja.

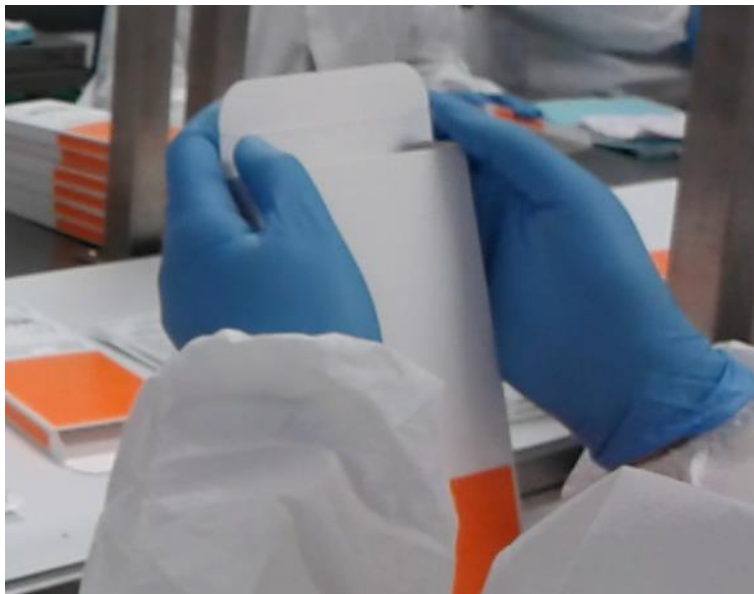


Figura 25. Operación armar caja

Fuente: Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew

Otro ejemplo de una operación aplicada a la Familia Ambient y que agrega valor al producto es pegar gammas.



Figura 26. Operación pegar gammas

Fuente: Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew

2. La segunda clasificación comprende tareas de preparación y fin de lote, estas no varían por familia de productos, varían por cuarto de empaque. Son labores que no generan valor agregado al producto final, pero que sin embargo son

necesarias para obtener el valor final. El ejemplo aplicado a cualquier familia es la limpieza de línea, siempre se debe hacer antes de iniciar un lote y no agrega valor al producto final.

3. La tercera clasificación está basada en las tareas que realiza la cadena de apoyo, estas se presentarán por puesto de trabajo y dentro se encuentran las actividades como impresiones de etiquetas, manejos del material por el “material handler”, apoyo del líder de línea en las limpiezas de línea y el proceso de cerrar *travels* por el DHR Clerk. Ejemplo aplicado a cualquier familia es la revisión de entrenamientos, dentro del proceso de la limpieza de línea el líder de producción debe revisar si los operarios que van a trabajar en cualquiera de los productos están entrenados en los procedimientos que este así lo requiera.

El departamento de Ingeniería Industrial de la compañía estandarizó el tamaño de la muestra, siendo de treinta observaciones y tiempos registrados para los procesos de producción, para las limpiezas de línea se consideran 10 muestras de tiempos. La escogencia de esta muestra es aleatoria y representativa, ya que se toma en cuenta los dos turnos de producción y el estudio se realiza durante todos los días de la semana.

4.3.1.1. Familia Wands Simple

Esta familia está conformada por la mayoría de los productos que se manufacturan en la compañía. Esta familia es considerada como la de mayor demanda y bajo mix, es decir, todos los productos son similares, sin embargo son los que más se producen. Dentro de las operaciones en el área de empaque se encuentran las siguientes:

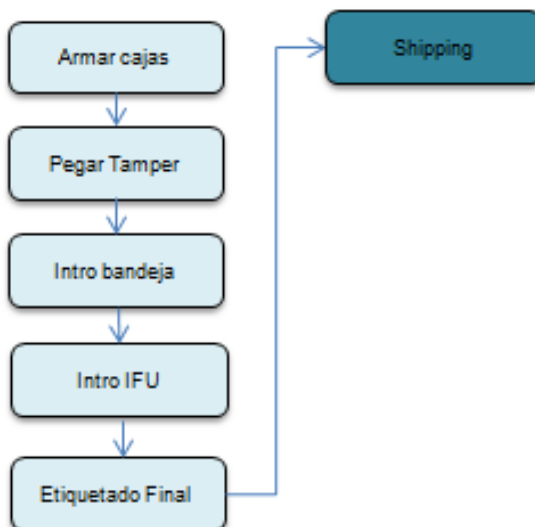


Figura 27. Proceso de producción de la Familia Wands Simple

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se detallan las 30 muestras de los tiempos registrados de cada operación de la familia Wands Simple.

Tabla 6. Tiempo ciclo Familia Wands Simple

Cycle Time											
Operation 1 Armar cajas		Operation 2 Pegar Tamper		Operation 3 Introducir pieza		Operation 4 Introducir IFU		Operation 5 Etiquetar		Operation 6 Shipping	
T1	3,54	T1	4,42	T1	5,11	T1	3,24	T1	3,25	T1	4,12
T2	3,74	T2	3,96	T2	5,54	T2	3,44	T2	3,04	T2	3,64
T3	3,55	T3	4,06	T3	5,84	T3	3,64	T3	2,98	T3	4,09
T4	3,57	T4	3,82	T4	5,15	T4	3,28	T4	3,66	T4	3,79
T5	3,32	T5	4,71	T5	5,53	T5	3,33	T5	2,84	T5	3,83
T6	3,61	T6	4,41	T6	5,06	T6	3,22	T6	2,73	T6	4,11
T7	3,75	T7	4,03	T7	5,07	T7	3,15	T7	2,93	T7	3,99
T8	3,89	T8	3,87	T8	5,56	T8	4,81	T8	3,87	T8	4,01
T9	4,01	T9	3,93	T9	5,58	T9	3,95	T9	2,94	T9	4,15
T10	4,6	T10	3,76	T10	5,73	T10	3,86	T10	3,96	T10	3,56
T11	4,37	T11	3,74	T11	5,71	T11	3,76	T11	3,32	T11	3,66
T12	3,82	T12	3,94	T12	5,43	T12	3,34	T12	3,52	T12	4,26
T13	3,42	T13	4,52	T13	5,56	T13	4,3	T13	3,55	T13	3,85
T14	4,06	T14	3,97	T14	5,89	T14	3,61	T14	3,58	T14	4,77
T15	5,03	T15	4,08	T15	5,61	T15	3,8	T15	3,11	T15	4,05
T16	5,09	T16	3,91	T16	5,76	T16	3,66	T16	4,01	T16	4,86
T17	4,8	T17	3,85	T17	5,93	T17	3,68	T17	3,52	T17	3,91
T18	3,68	T18	4,11	T18	5,82	T18	3,53	T18	3,74	T18	4,25

Cycle Time											
Operation 1 Armar cajas		Operation 2 Pegar Tamper		Operation 3 Introducir pieza		Operation 4 Introducir IFU		Operation 5 Etiquetar		Operation 6 Shipping	
T19	4,03	T19	4,11	T19	5,33	T19	3,38	T19	3,74	T19	3,55
T20	4,33	T20	4,44	T20	5,75	T20	4,15	T20	3,72	T20	4,18
T21	3,83	T21	4,53	T21	5,96	T21	3,86	T21	3,69	T21	3,62
T22	4,35	T22	4,17	T22	5,9	T22	4,14	T22	3,37	T22	3,41
T23	4,22	T23	4,13	T23	5,46	T23	3,61	T23	4,12	T23	4,08
T24	4,36	T24	4,94	T24	5,64	T24	3,78	T24	3,75	T24	3,48
T25	4,63	T25	4,18	T25	5,6	T25	3,25	T25	3,04	T25	3,55
T26	5,11	T26	3,89	T26	5,18	T26	3,74	T26	3,4	T26	3,69
T27	5,37	T27	4,00	T27	5,75	T27	3,65	T27	3,4	T27	4,02
T28	4,75	T28	4,11	T28	5,28	T28	3,58	T28	3,41	T28	3,93
T29	5,01	T29	4,24	T29	5,76	T29	3,92	T29	3,84	T29	4,33
T30	5,19	T30	4,04	T30	5,74	T30	3,05	T30	3,44	T30	4,21
Σ Tiempos muestras	127,03		123,87		167,23		109,71		103,47		118,95

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2. Familia Ambient

Esta familia está conformada por tan solo cinco productos de los que se manufacturan en la compañía. Esta familia se encuentra en segundo lugar con la de mayor demanda considerándose bajo mix, es decir, los productos también son similares. Dentro de las operaciones en el área de empaque se encuentran las siguientes:



Figura 28. Proceso de producción de la Familia Ambient

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se detallan las 30 muestras de los tiempos registrados de cada operación de la familia Ambient.

Tabla 7. Tiempo ciclo Familia Ambient

Cycle Time															
Operation 1 Pegar Gotas		Operation 2 Pegar Quantum		Operation 3 Armar cajas		Operation 4 Pegar tamper		Operation 5 Intro pieza		Operation 6 Intro IFU		Operation 7 Etiquetar		Operation 8 Shipping	
T1	3,46	T1	2,31	T1	6,13	T1	3,41	T1	2,97	T1	4,96	T1	3,39	T1	4,39
T2	4,41	T2	2,43	T2	5,76	T2	4,72	T2	3,01	T2	4,53	T2	3,29	T2	3,71
T3	4,28	T3	2,89	T3	4,77	T3	3,17	T3	3,29	T3	4,30	T3	3,56	T3	3,68
T4	5,32	T4	2,99	T4	4,51	T4	3,89	T4	3,77	T4	4,46	T4	4,36	T4	3,93
T5	5,43	T5	2,99	T5	4,29	T5	4,72	T5	3,08	T5	5,40	T5	4,87	T5	4,19
T6	4,65	T6	2,85	T6	4,76	T6	2,67	T6	3,24	T6	3,40	T6	3,79	T6	4,12
T7	4,89	T7	2,55	T7	5,08	T7	3,62	T7	2,20	T7	3,80	T7	3,41	T7	3,64
T8	5,11	T8	3,18	T8	3,89	T8	3,55	T8	2,69	T8	5,11	T8	3,74	T8	4,09
T9	6,59	T9	3,07	T9	4,43	T9	3,66	T9	3,25	T9	4,67	T9	4,61	T9	3,79
T10	3,56	T10	3,41	T10	5,31	T10	3,50	T10	3,25	T10	4,60	T10	3,83	T10	3,83
T11	4,20	T11	2,55	T11	4,98	T11	5,85	T11	2,96	T11	6,06	T11	4,01	T11	4,11
T12	4,77	T12	2,90	T12	4,32	T12	4,26	T12	2,58	T12	6,49	T12	4,16	T12	3,99
T13	4,93	T13	3,12	T13	5,67	T13	3,56	T13	3,23	T13	4,44	T13	4,32	T13	4,01
T14	4,56	T14	2,88	T14	6,03	T14	2,98	T14	3,01	T14	5,49	T14	3,61	T14	4,15
T15	4,63	T15	2,75	T15	4,85	T15	3,86	T15	3,22	T15	4,16	T15	4,28	T15	3,56
T16	4,49	T16	3,52	T16	4,73	T16	4,54	T16	2,78	T16	4,01	T16	3,85	T16	3,66
T17	5,06	T17	2,17	T17	5,07	T17	2,69	T17	2,47	T17	4,35	T17	3,75	T17	4,26
T18	5,42	T18	2,26	T18	4,71	T18	3,54	T18	2,70	T18	3,73	T18	4,36	T18	3,85
T19	4,41	T19	2,72	T19	5,35	T19	3,36	T19	3,51	T19	4,31	T19	4,71	T19	4,77
T20	5,51	T20	3,04	T20	4,50	T20	3,89	T20	3,95	T20	4,00	T20	4,12	T20	4,05
T21	4,20	T21	2,34	T21	4,94	T21	2,92	T21	3,05	T21	7,00	T21	4,15	T21	4,86
T22	4,85	T22	3,43	T22	5,53	T22	3,92	T22	3,37	T22	5,39	T22	3,55	T22	3,91
T23	5,17	T23	2,38	T23	5,80	T23	5,02	T23	3,07	T23	5,14	T23	3,93	T23	4,25
T24	4,44	T24	2,06	T24	5,01	T24	3,57	T24	3,27	T24	4,34	T24	4,14	T24	3,69
T25	4,69	T25	2,45	T25	5,99	T25	4,39	T25	2,86	T25	5,60	T25	4,93	T25	4,02
T26	5,41	T26	1,50	T26	4,22	T26	3,46	T26	3,15	T26	6,43	T26	3,49	T26	3,93
T27	4,51	T27	2,82	T27	4,19	T27	3,54	T27	2,99	T27	4,66	T27	3,40	T27	4,33
T28	5,08	T28	1,79	T28	3,40	T28	4,10	T28	3,15	T28	4,04	T28	3,45	T28	4,21
T29	3,98	T29	1,66	T29	4,53	T29	3,56	T29	2,48	T29	3,53	T29	3,92	T29	3,91
T30	4,79	T30	1,83	T30	4,29	T30	3,43	T30	3,06	T30	5,78	T30	3,89	T30	4,25
Σ Tiempos muestras	142,8		78,84		147,0		113,3		91,61		144,2		118,9		121,1

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.3. Tiempo promedio

Los tiempos promedios de cada operación son la suma de todos los tiempos de las muestras, divididos entra la cantidad de muestras.

$$\text{Tiempo promedio} = \sum T1:T30 / 30$$

Tabla 8. Tiempo promedio de las operaciones para la Familia Wands Simple

Operaciones	Sumatoria de tiempos	Cantidad de muestras	Tiempo promedio
1	127,03	30	4,23
2	123,87	30	4,13
3	167,23	30	5,57
4	109,71	30	3,66
5	103,47	30	3,45
6	118,95	30	3,97

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Tiempo promedio de las operaciones para la Familia Ambient

Operaciones	Sumatoria de tiempos	Cantidad de muestras	Tiempo promedio
1	142,80	30	4,76
2	78,84	30	2,63
3	147,04	30	4,90
4	113,35	30	3,78
5	91,61	30	3,05
6	144,18	30	4,81
7	118,87	30	3,96
8	121,14	30	4,04

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.4. Tiempo normal

El tiempo normal de cada operación es el tiempo del desempeño observado por unidad multiplicado por el índice del desempeño. El departamento de Ingeniería Industrial ha designado la siguiente fórmula para el cálculo del tiempo normal:

$$\text{Tiempo promedio} \times (\text{valor estándar} / \text{valor atribuido})$$

El mismo departamento ha determinado el valor atribuido y el valor estándar para el cálculo del tiempo normal.

Valor atribuido = 95

Valor estándar = 100

Tabla 10. Tiempo normal de las operaciones para la Familia Wands Simple

Operaciones	Tiempo promedio	Valor estándar	Valor atribuido	Tiempo normal
1	4,23	100	95	4,46
2	4,13	100	95	4,35
3	5,57	100	95	5,87
4	3,66	100	95	3,85
5	3,45	100	95	3,63
6	3,97	100	95	4,17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Tiempo normal de las operaciones para la Familia Ambient

Operaciones	Tiempo promedio	Valor estándar	Valor atribuido	Tiempo normal
1	4,76	100	95	5,01
2	2,63	100	95	2,77
3	4,90	100	95	5,16
4	3,78	100	95	3,98
5	3,05	100	95	3,21
6	4,81	100	95	5,06
7	3,96	100	95	4,17
8	4,04	100	95	4,25

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.5. Suplementos

Para calcular el tiempo estándar por unidad, es necesario obtener el porcentaje de suplementos. El departamento de Ingeniería Industrial se basa en la Organización Internacional de Trabajo para calcularlos, esto incluye el cálculo de los suplementos para el área de Empaque.

Tabla 12. Porcentajes de suplementos

Suplementos	Porcentajes
Necesidades personales	6%
Fatiga	4%
Concentración intensa	2%
Tensión mental	1%
Monotonía	1%
Tedio	1%
Total	15%

Fuente: Elaboración propia.

Se sugiere aumentar a 18% para operaciones de inspección (la tensión mental aumenta a 4%).

Necesidades personales: Dentro de este punto se consideran las idas al baño, a tomar agua, diferentes trámites personales, entre otras actividades que requiera el personal.

Fatiga: Este cansancio se experimenta después de un intenso y continuo esfuerzo físico o mental, la mayoría de operaciones requieren más trabajo mental, sin embargo la operación de shipping combina ambas.

Concentración intensa: Al ser una empresa donde se fabrican productos médicos de uso humano, es importante que todo cumpla con los estándares de calidad, para esto se requiere mucha concentración en todas las estaciones de trabajo, ya que cualquiera mala ejecución en el proceso podría afectar al paciente final.

Tensión mental: Este suplemento va muy de la mano con atención al detalle, ya que durante el proceso de empaque se debe verificar que todo esté en orden, es decir, la caja no puede estar rota, manchada o arrugada y siempre debe llevar tamper; en ambas familias estudiadas, la pieza y el IFU deben ir dentro de la caja de una forma específica. Lo anterior se debe verificar contra un plano, ya que de ir de una manera incorrecta afecta el proceso de esterilización. En la operación de etiquetar debe revisarse la información impresa y que coincida con la información de la pieza y del el lote en general.

La operación de shipping, se considera como último filtro del proceso, en esta la persona debe revisar cada pieza empacada y adicional debe hacer el proceso de shipping, introducir las piezas dentro de la “shipper box” y para esto hay una específica, una cantidad de piezas por cada una y una posición de las piezas dentro de ella que ya es establecida.

Monotonía: Todos los productos que conforman la Familia Wands Simple se realizan igual, los procesos son monótonos y al igual que todos los productos que conforman la Familia Ambient; por esta razón estas dos familias carecen de variedad y esto produce aburrimiento o cansancio.

Tedio: Al ser el trabajo algo que debemos hacer para obtener una remuneración, genera una sensación de malestar o fastidio, provocada por la falta de diversión o de interés por algo.

4.3.1.6. Tiempo estándar

El tiempo estándar de cada operación es el tiempo normal más la multiplicación del tiempo normal por los suplementos. El departamento de Ingeniería Industrial ha designado la siguiente fórmula para el cálculo del tiempo estándar: **Tiempo normal + (tiempo normal x suplementos)**

Tabla 13. Tiempo estándar de las operaciones para la Familia Wands Simple

Operaciones	Tiempo normal	Suplementos	Tiempo estándar
1	4,46	15%	5,13
2	4,35	15%	5,00
3	5,87	15%	6,75
4	3,85	15%	4,43
5	3,63	15%	4,18
6	4,17	15%	4,80

Fuente: Elaboración propia.

Se determina que para empacar la Familia Wands Simple, primero un operario arma la caja, luego un segundo operario pega el tamper, se arman filas de diez cajas y luego se le coloca el tamper a esas diez cajas, otro operario introduce la pieza dentro de la caja, otra persona introduce el instructivo de uso y cierra la caja,

para que luego pase a etiquetado y finalmente pasa a Shipping, durante todo el proceso mantienen las filas de diez unidades, para efectos de tomas de tiempo y estudio de movimientos se realizó por unidad; como referencia se realiza un diagrama hombre máquina para esta familia, el cual se muestra en la figura 29.

Actividad	Tiempo	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Operario 6
Armar cajas	1	5.13					
	2						
	3						
	4						
	5						
Pegar tamper	6		5.00				
	7						
	8						
	9						
	10						
Introducir bandeja	11			6.75			
	12						
	13						
	14						
	15						
Introducir IFU y cerrar caja	16				4.43		
	17						
	18						
	19						
	20						
Etiquetar	21					4.18	
	22						
	23						
	24						
	25						
Shipping	26						4.80
	27						
	28						
	29						
	30						
	31						

Figura 29. Diagrama Hombre máquina Familia Wands Simple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Tiempo estándar de las operaciones para la Familia Ambient

Operaciones	Tiempo normal	Suplementos	Tiempo estándar
1	5,01	15%	5,76
2	2,77	15%	3,18
3	5,16	15%	5,93
4	3,98	15%	4,57
5	3,21	15%	3,70
6	5,06	15%	5,82
7	4,17	15%	4,80
8	4,25	15%	4,89

Fuente: Elaboración propia.

Se determina que para empacar la Familia Ambient, primero un operario pega las gotas y quantum, tratan de iniciar apenas esté lista la limpieza de línea, para no tener paros por esta operación, otro operario arma cajas, el mismo operario luego de realizar la primera operación pega el tamper, de igual manera se arman filas de diez cajas y luego se le coloca el tamper a esas diez cajas, otro operario introduce la pieza dentro de la caja, otra persona introduce el instructivo de uso y cierra la caja, para que luego pase a etiquetado y finalmente pasa a Shipping, durante todo el proceso mantienen las filas de diez unidades, para efectos de tomas de tiempo y estudio de movimientos se realizó por unidad; como referencia se realiza un diagrama hombre máquina para esta familia, el cual se muestra en la figura 30.

Actividad	Tiempo	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Operario 6
Pegar Gotas	1	5.76					
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
Pegar Quantum	7	3.18					
	8						
	9						
Armar cajas	10		5.93				
	11						
	12						
	13						
	14						
	15						
Pegar tamper	16		4.57				
	17						
	18						
	19						
Introducir bandeja	20			3.70			
	21						
	22						
	23						
	24						
Introducir IFU y cerrar caja	25				5.82		
	26						
	27						
	28						
	29						
	30						
Etiquetar	31					4.80	
	32						
	33						
	34						
	35						
Shipping	36						4.89
	37						
	38						
	39						
	40						

Figura 30. Diagrama Hombre máquina Familia Ambient

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Balances de Línea

Con los datos tomados y analizados de las operaciones del proceso de empaque se realizan los balances de línea, esto ayuda a identificar cual operación tarda más tiempo y así saber cuál es el cuello de botella con el fin de reacomodar a los recursos disponibles para que el proceso sea más eficiente. En el balance se coloca la cantidad de personas que se van a ubicar por operación, se pone la operación y el tiempo en segundos por cada una, luego una suma de los tiempos por operación divididos entre la cantidad de personas disponibles para realizar la misma (en este caso no aplica, ya que se tiene a una persona por operación) y también se detalla el balance visual, esto consiste en poder determinar visualmente cuál es la operación que dura más tiempo.

La idea es poder observar el cuello de botella, es decir la operación que genera más tiempo, esto con el fin de hacer una redistribución para que no me impacten las demás operaciones. Actualmente en la Familia Wands Simple está en la operación de introducción de bandeja dentro de la caja, esto genera atrasos en las demás operaciones, como lo son introducir IFU y cerrar caja, etiquetado final y shipping.

Tabla 15. Balance de línea actual Familia Wands Simple

Cant. Personas	Operación1	Seg Op. 1	Σ Seg / Crew	Balance Visual
1	Armar cajas	5.13	5.13	.....
1	Pegar tamper	5.00	5.00	.....
1	Intro bandeja	6.75	6.75	.....
1	Intro IFU dentro de la caja y cerrarla	4.43	4.43	.....
1	Etiquetado Final	4.18	4.18	.....
1	Shipping	4.80	4.80	.....

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente en la Familia Ambient el cuello de botella está en la primera operación, pegar gotas y quantums (calcomanías), esto genera atrasos en las demás operaciones, como lo son armar cajas, pegar *tamper*, introducir pieza, IFU, cerrar caja, etiquetar y hacer *shipping*.

Tabla 16. Balance de línea actual Familia Ambient

Cant. personas	Operación1	Operación2	Seg Op. 1	Seg Op. 2	Σ Seg / Crew	Balance Visual
1	Pegar Gotas	Pegar Quantum	5.76	3.18	8.94	.....
1	Armar cajas		5.93		5.93	.....
1	Pegar Tamper		4.57		4.57	.....
1	Intro pieza		3.70		3.70	.....
1	Into IFU		5.82		5.82	.....
1	Etiquetar	Shipping	4.80	3.37	8.17	.....

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Análisis Causa Efecto

Se analizan varios factores que están ligados con la ausencia de un modelo de capacidad en el área de Empaque, es por esta razón que se crea un diagrama de causa – efecto o también conocido como diagrama de espina de pescado, figura 31.

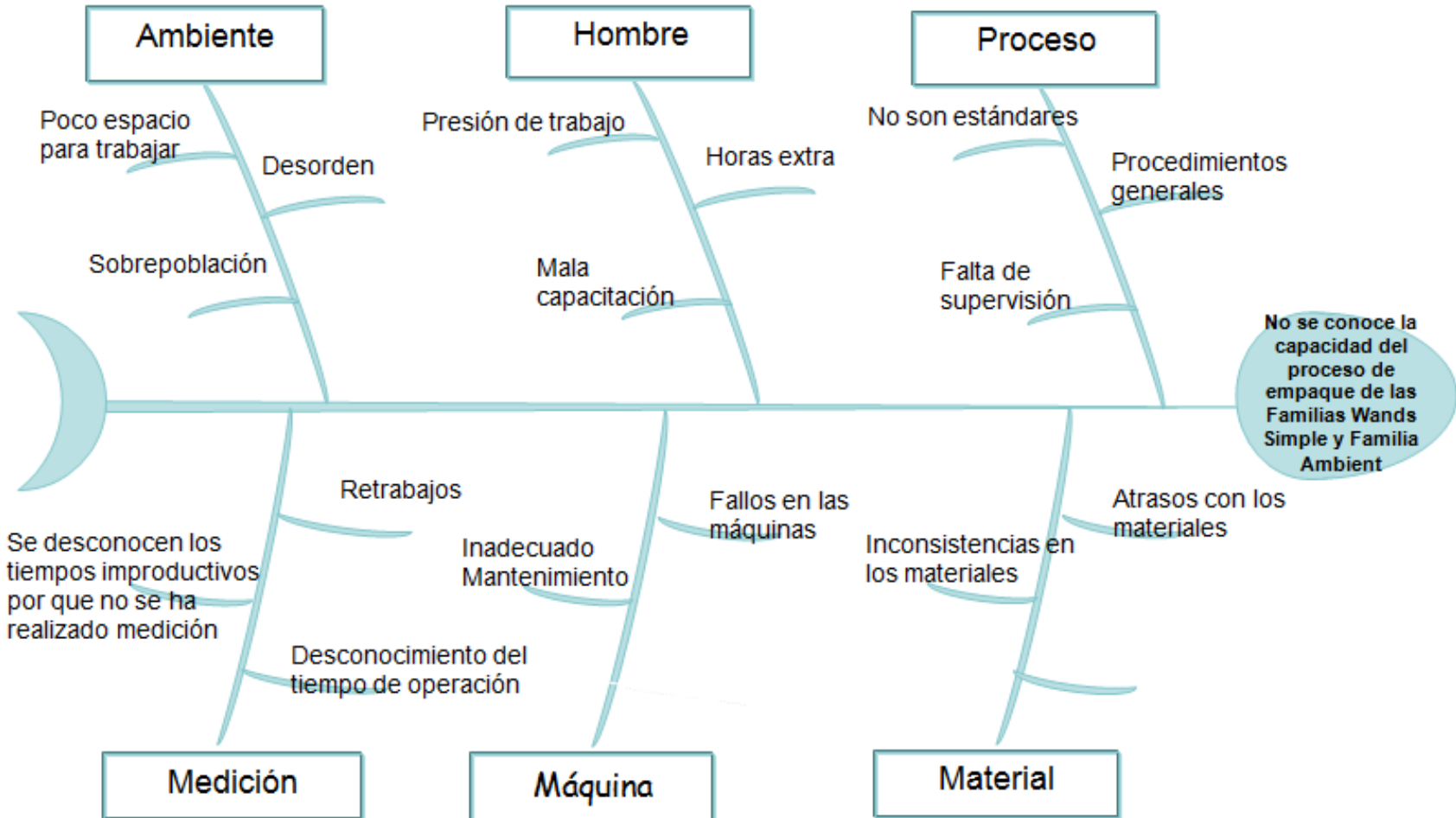


Figura 31. Diagrama Espina de pescado del área de Empaque

Fuente: Elaboración propia.

Ambiente: El ambiente es muy importante para poder realizar cualquier trabajo, por lo que al disponer de poco espacio o tener el área desordenada es frustrante; esto es exactamente lo que se ha observado en el área de Empaque. Esta actualmente mide 245m² y hay treinta y dos operarios distribuidos en dos turnos, cuatro líderes y dos supervisores; considerándose también el espacio de las tarimas con producto terminado.

Como se observa en la figura 32 y 33 el espacio actual del área de Empaque es muy reducido, y las mesas donde se trabajan son pequeñas para los tamaños de los lotes de producción.



Figura 32. Distribución actual del área de Empaque

Fuente: Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew



Figura 33. Distribución actual del área de Empaque

Fuente: Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew

En la figura 34 muestra un diagrama de recorrido actual del área de empaque y de las áreas con las que trabaja directamente la Línea 1 (empaque), quienes son los que empaacan la Familia Wands Simple y Familia Ambient. En este diagrama se muestra que para poder empezar a empaacar un lote de producción, primeramente se debe ir al Cuarto limpio 1 por el producto, este cuarto es quién produce las dos familias en estudio, luego se debe llevar el material a empaque (línea 1), seguidamente se debe ir a bodega por los componentes a utilizar, esto por lo general lo realiza el Material Handler, luego los materiales se dirigen al área de empaque, se retiran las etiquetas que se van a utilizar, según el lote de producción y se regresa a la línea 1, con el fin de terminar la limpieza de línea.

La falta de espacio genera el no poder tener cerca el producto, los componentes que se van a utilizar a la hora de empaacar y las etiquetas; es decir, no se puede adelantar en tener en espera lo mencionado anteriormente, esto produce más desplazamiento dentro del área de Empaque y demás áreas involucradas. Actualmente para poder empezar a empaacar un lote de producción se camina alrededor de 30 m.

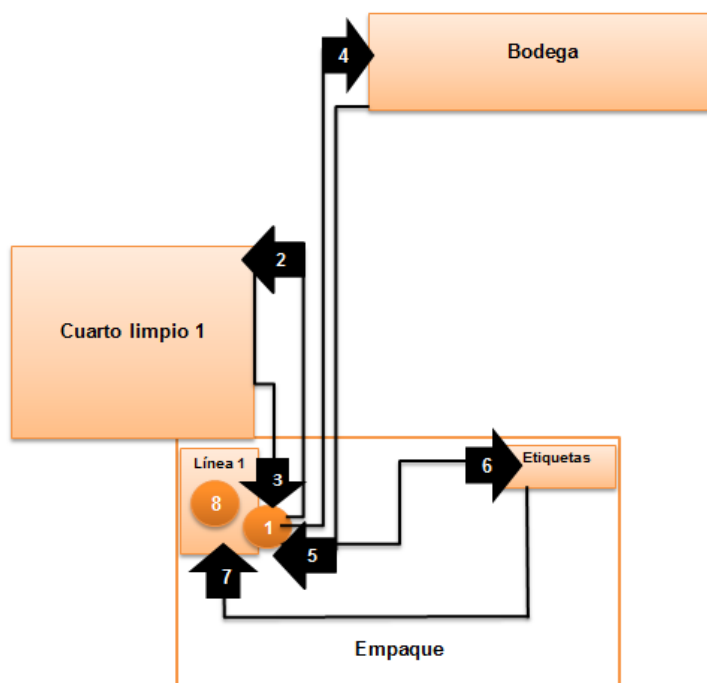


Figura 34. Diagrama de recorrido actual

Fuente: Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew

Recurso Humano: En el área de Empaque se observa una inadecuada comunicación, lo que ocasiona que muchos operarios no tengan claro lo que les corresponde hacer y esto crea confusión. Esto viene de la mano con la falta de capacitación que al ingresar nuevo personal no se les designa a alguien para que les asesore, esto podría generar errores durante el proceso de producción. El líder es la persona encargada de comunicar a los operarios las tareas que deben cumplir, sin embargo la comunicación no es directa; el líder informa al encargado de la mesa (puede ser cualquier operario) y este comunica a los demás lo que deben realizar.

Proceso: Los procesos en el área de Empaque no están estandarizados, aunque existan procedimientos estos no son tan específicos, por lo que las personas hacen las cosas como creen que sean mejor y todos trabajan de formas diferentes, de manera que se afecta que exista una claridad de las tareas a ejecutar por cada uno y que se logre la meta de producción.

Al inicio de una WO un operario es el encargado de hacer la limpieza de línea, después de concluirla se cuentan los IFUs, una vez realizada esta actividad se inicia a trabajar en las operaciones; en total son 6 operarios por mesa. Toda esta información aplica para ambas familias estudiadas.

El ciclo de la Familia Wands Simple se completa en 30,29 segundos; es importante recalcar que aunque una persona comience cumpliendo una operación en específico, al final puede cambiarla durante el proceso con otro compañero de trabajo.

Tabla 17. Diagrama de actividades Familia Wands Simple

Hombre	Tiempo en segundos	Proceso
Armar Caja	5,13	5,13
Pegar tamper - Dispensadora de tamper	5,00	5,00
Introducir pieza	6,75	6,75
Introducir IFU	4,43	4,43
Etiquetar - Dispensadora de etiqueta	4,18	4,18
Shipping - Selladora de shipper box	4,80	4,80
Total	30,29	

Fuente: Elaboración propia.

El ciclo de la Familia Ambient se completa en 37,13 segundos. También es importante recalcar que aunque una persona comience realizando una operación en específico, al final puede cambiar de acción durante el proceso con otro compañero de trabajo.

Tabla 18. Diagrama de actividades Familia Ambient

Hombre	Tiempo en segundos	Proceso	
Pegar Gotas	5,76		
Pegar Quantum	3,18		8,94
Armar Caja	2,97		14,12
Pegar tamper - Dispensadora de tamper	2,29		16,37
Armar Caja	2,97		18,62
Pegar tamper - Dispensadora de tamper	2,29		21,32
Introducir pieza	3,70		24,02
Introducir IFU	5,82		27,72
Etiquetar - Dispensadora de etiqueta	4,80		32,54
Shipping - Selladora de shipper box	3,37		37,34
Total	37,13		40,71

Fuente: Elaboración propia.

Medición: Actualmente en el área de Empaque en Global Park, Heredia, no se lleva ningún tipo de medición del tiempo de ciclo de los productos en el proceso de empaque, de la producción generada en un turno de trabajo, el tiempo que se pierde con las actividades que no agregan valor al producto, o el requerido para realizar un retrabajo.

Para este proyecto se efectuaron mediciones para valorar la situación actual y con las mejoras poder comparar y evaluar el progreso. Se mide el tiempo estándar de las familias de mayor demanda del proceso productivo y el tiempo requerido para ejecutar las limpiezas de las líneas, para lo cual se tiene una lista de tareas que deben verificarse y revisarse antes de iniciar una WO, en total son 8 actividades.

Actualmente las limpiezas de línea se efectúan al finalizar el proceso de empaque de un lote de producción y antes de iniciar la siguiente WO. Estas LC las ejecuta un operario que haya sido debidamente entrenado y esté dentro del grupo de personas autorizadas para cumplir la labor, sin embargo los demás compañeros

de la mesa pueden ayudar al desarrollo de la limpieza. Se logra determinar que un operario dura alrededor de 44,59 minutos realizando una limpieza de línea.

Tabla 19. Resumen de datos de la limpieza de línea

Tareas	Segundos	Minutos
1	275,69	4,59
2	751,61	12,53
3	269,30	4,49
4	304,24	5,07
5	271,98	4,53
6	484,30	8,07
7	0,00	0,00
8	318,56	5,31
Total	2675,68	44,59

Fuente: Elaboración propia.

Máquina: Suceden paros no programados por fallas de equipos, sin embargo el tiempo de respuesta de la persona que realiza el mantenimiento no es el mejor, por lo que causa atrasos con la producción; si bien es cierto existe un plan de mantenimiento preventivo, pero estos paros programados suceden en cualquier momento y aún no se ha podido solucionar esta situación junto con el departamento de Mantenimiento.

Material: En el área de Empaque existe una persona encargada de suministrar los componentes que se requieren para poder iniciar la orden de trabajo, se requieren aproximadamente diez minutos antes de iniciar una orden, sin embargo en ocasiones el tiempo de respuesta de la persona encargada no es inmediata, por lo que genera atrasos en la producción y en otros casos el material entregado no viene en buen estado, ya sea por problemas con el proveedor o con el manejo del mismo dentro de la compañía, lo que implica más tiempo a la hora de ir a cambiar los materiales a bodega. Los operarios revisan los materiales durante la limpieza de línea (antes de ser usados), sin embargo igual genera tiempo de espera.

Tabla 20. Tiempos de limpieza de línea

No.	Tareas	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6	Tiempo 7	Tiempo 8	Tiempo 9	Tiempo 10	Tiempo promedio (s)	Tiempo promedio (min)
1	Verificación en Agile.	274,46	283,76	240,68	229,82	326,88	203,20	352,31	241,30	305,96	298,56	275,69	4,59
2	Verificación de registros de entrenamiento.	789,30	653,18	854,33	833,24	666,84	700,25	697,36	762,15	802,16	757,33	751,61	12,53
3	Verificación de materiales y componentes e identificación general.	230,94	393,12	205,28	275,58	207,93	200,45	302,24	285,46	325,26	266,69	269,30	4,49
4	Verificación de instrucciones de trabajo.	360,16	332,36	335,56	286,31	290,75	250,34	301,52	269,82	288,53	327,07	304,24	5,07
5	Limpieza y despeje.	368,45	243,16	247,78	261,81	204,43	228,38	350,22	285,23	255,33	274,99	271,98	4,53
6	Verificación de equipos, herramientas y fixtures.	414,06	539,52	508,64	432,43	437,74	552,36	491,23	455,96	487,33	523,74	484,30	8,07
7	Verificación de productos químicos.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	Revisión de calidad.	325,31	268,30	366,25	298,63	349,66	299,44	286,54	345,33	354,63	291,46	318,56	5,31

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tarea de verificación de productos químicos no aplica para el área de Empaque, es por esta razón que los tiempos están en 0.

Se realiza una priorización de las causas que afectan la falta de un modelo de capacidad en el área de Empaque, esta información se analizó según la criticidad del proceso. Se utiliza una escala que va del 5 al 1, donde el 5 es lo más importante y el 1 el menos importante. Para efectos de este proyecto nos enfocaremos en las causas más importantes.

Tabla 21. Priorización de causas

Situación	Criticidad del proceso				
	5	4	3	2	1
Espacio de trabajo es reducido	X				
Desorden en el área de trabajo	X				
Procedimientos generales		X			
Falta de supervisión		X			
Se desconocen los tiempos improductivos	X				
Retrabajos		X			
Desconocimiento del tiempo de operación	X				
Inadecuado mantenimiento del equipo				X	
Fallos en las máquinas			X		
Atrasos por materiales defectuosos	X				

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó distintas causas que afectan el desarrollo del proceso de empaque, tales como falta de estándares, desconocimiento de los tiempos de operación, desconocimiento de los tiempos improductivos, espacio de trabajo reducido, atrasos con los materiales, procesos muy largos y asignados a solo una persona, no se planifica en la entrega de materiales que impacta en el tiempo de producción y no se tienen contemplados los paros no programados.

4.3.4. Conclusiones

Se realizó un diagnóstico del proceso productivo, su capacidad, como se distribuyen los recursos para cumplir con el plan de producción de la Familia Wands Simple y la Familia Ambient, así como también el desempeño de los procesos del área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew.

Se clasificaron los productos en distintas familias, según la similitud de componentes y proceso de empaque, esto agrega valor y ayuda al desarrollo del estudio de tiempos. De la clasificación dicha se realiza un Pareto de acuerdo con la demanda de producto de todas las familias que pasan por él, por lo que se considera enfocarse en el 80% que solo representa a la Familia Wands Simple y a la Familia Ambient.

Se obtuvo los tiempos estándares de las 2 familias que se estudiaron:

Tabla 22. Tiempos estándar Familia Wands Simple

Operaciones	Tiempo estándar
1	5,13
2	5,04
3	6,75
4	4,43
5	4,18
6	4,80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Tiempos estándar Familia Ambient

Operaciones	Tiempo estándar
1	5,76
2	3,18
3	5,93
4	4,57
5	3,86
6	5,82
7	5,20
8	4,89

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se crearon los balances de línea, con el fin de visualizar más fácilmente los cuellos de botella (en los cuadros 22 y 23, señalados en color rojo), en la Familia Wands Simple es la operación de introducir producto dentro de la caja y en la Familia Ambient es la operación de pegar gotas y *quantums* (calcomanías que llevan estos productos) y así se determina que para ambas familias de productos se requiere más personal para lograr la producción programada.

Como parte de las oportunidades de mejora se identifica reducir los tiempos improductivos, como lo es la limpieza de línea. No existe un modelo de capacidad que identifique los paros programados, hay atrasos por entrega de materiales y también se tiene inconvenientes con materiales defectuosos y falta de estandarización de los procesos; se debe mejorar la comunicación en el departamento, aprovechar el espacio, tomando en cuenta que la empresa está en proceso de transferencia a unas nuevas instalaciones.

Capítulo V:

Diseño e implementación de la solución

En el presente capítulo se presenta el diseño e implementación de propuestas basadas en las oportunidades de mejora con respecto al poco espacio para trabajar, el desorden en las áreas de trabajo, la sobrepoblación, los procesos no estandarizados, el desconocimiento de los tiempos improductivos, no se sabe el tiempo por operación, inconsistencia y atrasos en los componentes de trabajo.

Lo primordial es la creación de un modelo de capacidad para el área de Empaque, el cual ayude a visualizar desde una perspectiva más amplia la utilización del área en general, administración de recursos disponibles, reacomodo, distribución del área y pequeños cambios en el proceso sin alterar lo establecido en los procedimientos de manufactura. Se analiza el proceso propuesto, reducciones de tiempos que no agregan valor al producto final como lo son las limpiezas de líneas, análisis de tiempos y balances de línea propuestos, se realiza también una prueba piloto del modelo de capacidad y finalmente se hace un análisis de costo beneficio sobre este proyecto.

5.1. Modelo de Capacidad

Se diseña un modelo de capacidad en Excel para el área de Empaque y con ello determinar si realmente se tiene la capacidad necesaria para producir según el programa semanal otorgado a las líneas de manufactura, para que esto no impacte el proceso de fabricación de los dispositivos médicos. Este modelo de capacidad considera ciertos paros programados por turno, estos fueron asignados por distintas áreas, como lo son:

Ejercicios para el personal de producción: Esto con el fin de mantener saludables y fuera de lesiones a los colaboradores, por directriz emitida se asignan diez minutos por turno, dividido en dos tramos, para ejecutar ejercicios, estos los realiza el departamento de Seguridad y Salud ocupacional.

Limpieza de línea: Proceso que se debe ejecutar antes de iniciar un lote de producción, revisiones y verificaciones de todos los elementos que se van a utilizar durante el proceso de empaque; se asignaron veinte minutos como máximo para cada limpieza de línea.

Conteo de IFU: Este proceso se realiza después de la limpieza y antes de iniciar a empacar las piezas, es importante para darle trazabilidad a los componentes, saber cuántos se utilizaron, se desecharon, se dañaron, se cambiaron, entre otras situaciones que pueden ocurrir. En la reconciliación no se considera ningún tiempo, ya que más adelante se detalla lo que se espera que pase con él.

Comidas: El tiempo para café, almuerzo o cena se considera lo estipulado por la compañía.

Programa 5S: Se implementa la metodología de las 5S en el área de Empaque a partir de enero del presente año, por lo que se otorgan cinco minutos antes de terminar turno, con el fin de ordenar, limpiar, organizar y dejar todos los componente y máquinas en su lugar original.

Todos estos paros programados hacen un total de 115 minutos, considerar que la limpieza de línea y el conteo de IFU, depende de la cantidad de WO que se trabajen por turno.

Tabla 24. Paros programados por turno

Paros Programados	Tiempo – min
Ejercicios	10
Limpieza de línea	20
Conteo de IFUs	15
Reconciliación	0
Café/Almuerzo	65
5 S	5
SUM	115
HORAS PAROS PROG.	1.92

Fuente: Elaboración propia.

El modelo de capacidad se divide en 3 partes; la primera parte es la programación semanal, donde se registran las órdenes de trabajo designadas por el departamento de Planning. En el archivo de Excel, debajo de lo programado se indica el porcentaje de utilización esperado para esa semana, con el fin de saber si el departamento cumple con la meta con los recursos disponibles. Lo que se debe completar en el modelo de capacidad es el P/N del producto que se está programando y la cantidad de unidades que se espera trabajar por turno. Esto va

El modelo de capacidad se valida con las familias de mayor demanda, la Familia Wands Simple y la Familia Ambient para luego ser utilizado para el resto de en el área de Empaque, asimismo como con el análisis de tiempos estándar, debido a que no se contaba con información histórica y no se realizaba ningún tipo de medición anteriormente.

5.2. Análisis del proceso propuesto

A continuación se explican las mejoras realizadas al proceso considerando la nueva infraestructura de la empresa, también se cuenta con una banda transportadora de material con la que no se contaba cuando se ejecutó el diagnóstico.

Tabla 25. Cuadro comparativo de las mejoras del proceso de empaque

Mejoras del proceso		
	Diagnóstico	Propuesto
Proceso de empaque	En el proceso de empaque no se trabaja con un método estándar.	Se estandariza el método, con el fin de que todos trabajen de la misma manera y así evitar pérdidas de tiempo.
Materiales	Se solicitan los materiales al Material Handler por medio de un MTR, una vez que se trabaja esa orden en ese mismo momento se realiza esta solicitud, por lo que en varias ocasiones no se pueden prever ciertas situaciones que pueden retrasar el proceso de producción. Se asignan los materiales durante la limpieza de línea.	Se solicitan los materiales al Material Handler por medio de un MTR, antes de que se procese la orden a la que se le están solicitando los componentes, con el fin de prever ciertas situaciones que pueden retrasar el proceso de producción. Se asignan los materiales antes de la limpieza de línea.
Medición	Se desconocen los tiempos improductivos porque no se ha realizado medición. Se desconocen los tiempos de las operaciones. Los operarios deben esperar al líder para empezar la limpieza de línea. La limpieza de línea la ejecutaba solo un operario.	Se ejecutan estudios de tiempos y diferentes mediciones para tener conocimiento del proceso y cada una de sus operaciones.
Infraestructura	Poco espacio para trabajar 245m ² . Desorden. Sobrepoblación.	Debido al cambio de instalaciones, se cuenta 500m ² . Se asignaron 5 min para realizar las 5 S antes de salir del trabajo.

Fuente: Elaboración propia

5.2.1. Mejoras realizadas al proceso de empaque

Luego del traslado de la compañía a las nuevas instalaciones, se cuenta con un espacio para el área de Empaque de 500m² y se cuenta con una banda transportadora de material, dispensadores de tampers, pantallas, computadoras, racks pequeños y grandes y bines para el transporte del producto y materiales. Aprovechando estos recursos se realiza una redistribución de personal, nueva toma de tiempos y algunos cambios en las diferentes operaciones.

Se realiza un diagrama del proceso propuesto para la Familia Wands y Familia Ambient, como se puede ver en la figura 38, primeramente se solicitan los materiales por medio de un MTR, si es Familia Wands Simple se solicitan cajas P/N 09714, IFU, tamper P/N 25509 y si es Familia Ambient se solicitan los mismos componentes, solo se agregan las calcomanías, gotas P/N 45838 y quantum P/N 28533, luego de que el Material Handler se lleva el MTR, alista los materiales y los lleva al área de empaque, donde se le solicita a un operario que asigne y revise los componentes, con el fin de adelantar parte de la limpieza y prever situaciones que pueden ocurrir, como que haga falta algún componente o que nos hayan traído un componente equivocado o entre otros eventos.

Luego de la asignación, los materiales y el producto estarán en espera para ser procesados, cuando ya ha llegado el momento de empacar la WO en espera, se realiza la limpieza de línea, después se cuentan los IFUs, se firma el DHR antes de iniciar e inmediatamente se enciende la banda. Se empiezan a empacar las unidades, donde las operaciones agregan valor al producto, tal y como lo son, para la Familia Wands Simple, alimentar banda, armar caja, introducir producto e instructivo de uso, etiquetar y finalmente Shipping; para la Familia Ambient se realiza el mismo proceso de la Familia Wands Simple, solo se agrega una operación luego de alimentar la banda, que es pegado de calcomanías, gotas P/N 45838 y quantum P/N 28533; es importante mencionar que durante el proceso de empaque, calidad realiza una inspección por medio de una muestra de la WO, con el fin de que se realice tal y como lo indican los documentos MPI.

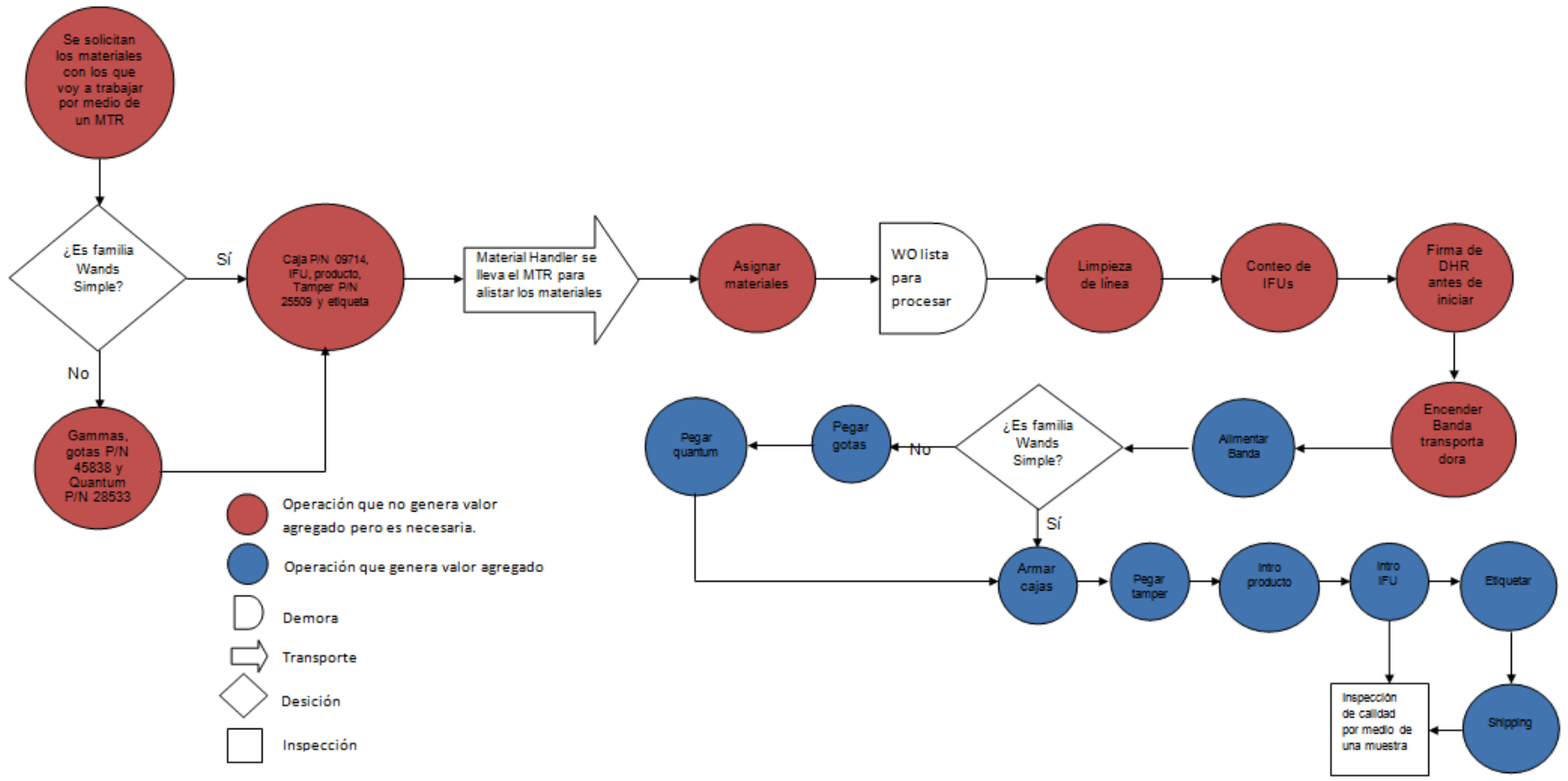


Figura 38. Diagrama del proceso propuesto

Fuente: *Elaboración propia.*

Se realizan dos diagramas de hombre máquina propuestos, uno para la Familia Wands Simple y otro para la Familia Ambient.

En la propuesta para empacar la Familia Wands Simple, se debe agregar una operación que es alimentar la banda, se unen las dos operaciones de armado de caja y pegado de tamper, así mismo se elimina el stock, es decir lo que se va haciendo se va colocando en la banda en el mismo momento, acelerando así el flujo del proceso; es importante considerar que esta estación se colocan dos operarios. También se une las operaciones de introducir la pieza dentro de la caja, el instructivo de uso y cerrar la caja, para que luego pase a etiquetado y finalmente pasa a Shipping; como referencia se realiza un diagrama hombre máquina para esta familia, el cual se muestra en la figura 39.

Actividad	Tiempo	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Operario 6	Operario 7	Operario 8
Alimentar banda	1	5.13							
	2								
	3								
	4								
Armar caja y pegar tamper	5		5.00						
	6								
	7								
	8								
	9								
Introducir bandeja y IFU	10				9.31				
	11								
	12								
	13								
	14								
	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
Etiquetar	20						4.18		
	21								
	22								
	23								
Shipping	24								4.80
	25								
	26								
	27								
	28								

Figura 39. Diagrama Hombre máquina Familia Wands Simple

Fuente: Elaboración propia.

Adicional de unir operaciones y hacer una redistribución del personal, se realiza un cambio en la forma en cómo se introduce la pieza y el IFU, antes lo hacían de forma vertical, luego de un estudio ergonómico se llegó a la conclusión que la mejor forma de realizarlo era en forma horizontal, luego de validar los tiempos para la Familia Wands Simple se determinó que se pasó de durar 11,18 segundos a 9,31 segundos. También es importante mencionar que gracias a la inversión de

la dispensadora de tampers, la operación pasó de durar 10,13 segundos a 5,00 segundos para la Familia Wands Simple.

Al igual que en la Familia Wands Simple, para la propuesta de la Familia Ambient se debe agregar una operación, que es alimentar la banda, ya que es parte importante del proceso; en la primera operación que es pegar gotas y quantum, se mantiene la estación, solo que se propone que hayan dos personas realizando esta operación, también se unen las dos operaciones de armado de caja y pegado de tamber, de igual manera se elimina el stock, considerando que en esta estación se colocan dos operarios. También se une las operaciones de introducir la pieza dentro de la caja, el instructivo de uso y cerrar la caja, colocando a dos personas en esta operación, para que luego pase a etiquetado, donde solo habrá una persona y finalmente pasa a Shipping; como referencia se realiza un diagrama hombre máquina para esta familia, el cual se muestra en la figura 40.

Actividad	Tiempo	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Operario 6	Operario 7	Operario 8	Operario 9
Alimentar banda	1	3.80								
	2									
	3									
	4									
	5									
Pegar Gotas y Quantum	6		5.88							
	7									
	8									
	9									
	10									
Armar cajas y pegar tamber	11				6.94					
	12									
	13									
	14									
	15									
Introducir pieza y IFU	16						7.03			
	17									
	18									
	19									
	20									
Etiquetar	21									
	22									
	23									
	24									
	25									
Shipping	26									3.82
	27									
	28									
	29									
	30									
31										
32										
33										

Figura 40. Diagrama Hombre máquina Familia Ambient

Fuente: Elaboración propia.

Adicional de unir operaciones y hacer una redistribución del personal, se realiza un cambio en la forma en cómo se introduce la pieza y el IFU, antes lo hacían de forma vertical, luego de un estudio ergonómico se llegó a la conclusión que la

mejor forma de realizarlo era en forma horizontal, luego de validar los tiempos se determinó que para la Familia Ambient se pasó de durar 9,52 segundos a 7,03 segundos. También es importante mencionar que gracias a la inversión de la dispensadora de tampers, la operación pasó de durar 10,50 segundos a 6,94 segundos para la Familia Ambient.

A continuación se muestran los cuadros resumen de las mejoras en las unidades por hora y en la productividad de la Familia Wands Simple y Familia Ambient.

Tabla 26. Familia Wands Simple

	Cantidad Total de personas	Uds/Hrs	Productividad
Actual	6	533	89
Propuesta	8	750	94

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Familia Ambient

	Cantidad Total de personas	Uds/Hrs	Productividad
Actual	6	402	67
Propuesta	9	756	84

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Materiales

La propuesta con respecto a la solicitud de los componentes que se van a utilizar en una WO, de igual manera se realiza por medio de un MTR, el Material Handler alista el material de acuerdo a lo solicitado por el MTR, luego regresa con el material en un carrito debidamente identificado. Se le indica a uno de los operarios que asigne el material, esto para prever eventos futuros, por ejemplo que los materiales vayan en mal estado o que falte algún componente, todo esto se cumple antes de que la WO se vaya a procesar. Uno de los operarios de la línea de producción debe realizar la rotulación para la identificación de la WO y una vez que todo se encuentre listo, el producto y los componentes se colocan en un carrito que queda a la espera hasta ser procesados.

La idea es que se vaya adelante, es decir, que al menos tenga dos carritos de materiales y producto listos para procesar siempre e ir solicitando el tercero, de

esta manera no se tendrán atrasos por falta, atrasos o cambios de materiales, de igual forma se van adelantando pasos de la limpieza de línea, como lo es la revisión de los componentes e identificación de los mismos por medio de rótulos.

5.2.3. Medición

Reducción de tiempos en la limpieza de línea

La propuesta es asignar a cinco personas para que ayuden con la limpieza de línea para que las actividades se realicen paralelamente y así se puedan disminuir estos tiempos. Como se muestra en la imagen las actividades son asignadas a un responsable y los tiempos reflejados son los promedios en minutos que se determinaron en el diagnóstico.

En la figura 41 hay una flecha trazada en medio de los tiempos, esto se refiere a las actividades de la limpieza de línea del lote siguiente que se pueden ir adelantando mientras se hace el proceso de reconciliación del lote actual, los cuadros en los tiempos que están divididos en tres partes, hacen referencia a que todas las actividades que estén en la misma posición para abajo (con color) pueden hacerse paralelamente, esto haría que el tiempo de la limpieza se logre en la suma de los tiempos más altos de los tres cuadros, es decir, la suma de $12.53 + 4.53 + 5.31$ (tiempos mayores) esto me da un total de 22.40 minutos por toda la limpieza de línea, se suman solo estos 3 tiempos ya que son los más altos, las demás actividades al realizarse paralelamente esos tiempos los absorbe los tiempos mayores.

Este proceso se logró reducir de 40 minutos a 20 minutos aproximadamente, todo se desarrolló con una asignación de tareas a los demás compañeros, ya que anteriormente no participaban en este proceso.

Limpieza de Línea			
Actividad	Responsable	Tiempo (min)	
Verificación en Agile.	Operario 1	4,59	
Verificación de registros de entrenamiento. Agile / SAP	Lider de Línea o Supervisor	12,53	
Verificación de materiales y componentes e identificación general.	Operario 2		4,49
Verificación de instrucciones de trabajo.	Operario 1	5,07	
Limpieza y despeje.	Operario 3 - 4		4,53
Verificación de equipos, herramientas y fixtures.	Operario 5	8,07	
Verificación de productos químicos.	N/A		N/A
Revisión de la Limpieza de Línea.	Calidad		5,31

Figura 41. Diagrama de actividades de la limpieza de línea

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tarea de verificación de productos químicos no aplica para el área de Empaque, es por esta razón que los tiempos están en 0.

Redistribución del personal

En el diagnóstico se identificó que para producir quinientas treinta y tres unidades por hora de la Familia Wands Simple se requerían seis personas, realizando un reacomodo del personal, ahora utilizando ocho personas se incrementó la producción en un 40%. El diagnóstico también dedujo que para originar cuatrocientas dos unidades por hora de la Familia Ambient se demandaban seis personas, cumpliendo un reajuste de colaboradores ahora se utilizan nueve personas y se aumentó la producción en un 88%.

Análisis de tiempos

Es importante el análisis de los tiempos, considerando las propuestas de mejora, es por esta razón que se realizó un nuevo estudio de tiempos considerando la nueva infraestructura y la banda transportadora, ya que con ella se debe colocar

una operación adicional que sería la de “alimentar banda”, esto aplica para las dos familias en estudio, Familia Wands Simple y Familia Ambient.

Para la familia Wands Simple se realizó la unión de dos operaciones, como lo son la de armar caja y pegar tamper, introducir pieza e IFU, los resultados son los siguientes:

Tabla 28. Tiempo ciclo Familia Wands Simple

Time Cycle									
Operación 1 Alimentar banda		Operación 2 Armar caja + pegar Tamper		Operación 3 Introducir pieza + IFU		Operación 4 Etiquetar		Operación 5 Shipping	
T1	2,83	T1	4,13	T1	7,24	T1	3,25	T1	4,12
T2	2,35	T2	4,94	T2	7,44	T2	3,04	T2	3,64
T3	3,22	T3	4,18	T3	7,64	T3	2,98	T3	4,09
T4	2,36	T4	3,89	T4	7,28	T4	3,66	T4	3,79
T5	2,63	T5	4,00	T5	7,33	T5	2,84	T5	3,83
T6	2,11	T6	4,41	T6	7,22	T6	2,73	T6	4,11
T7	2,37	T7	4,03	T7	7,15	T7	2,93	T7	3,99
T8	2,75	T8	3,87	T8	7,81	T8	3,87	T8	4,01
T9	3,01	T9	3,93	T9	7,95	T9	2,94	T9	4,15
T10	3,19	T10	4,53	T10	7,86	T10	3,96	T10	3,56
T11	2,37	T11	4,17	T11	7,76	T11	3,32	T11	3,66
T12	2,82	T12	4,42	T12	8,34	T12	3,52	T12	4,26
T13	3,42	T13	3,96	T13	8,3	T13	3,55	T13	3,85
T14	3,06	T14	4,06	T14	7,61	T14	3,58	T14	4,77
T15	3,03	T15	3,82	T15	7,8	T15	3,11	T15	4,05
T16	3,09	T16	4,71	T16	7,66	T16	4,01	T16	4,86
T17	3,8	T17	4,11	T17	7,68	T17	3,52	T17	3,91
T18	2,68	T18	4,24	T18	7,53	T18	3,74	T18	4,25
T19	3,07	T19	4,04	T19	7,38	T19	3,74	T19	3,55
T20	3,33	T20	3,76	T20	8,15	T20	3,72	T20	4,18
T21	3,54	T21	3,74	T21	7,86	T21	3,69	T21	3,62
T22	3,74	T22	3,94	T22	8,14	T22	3,37	T22	3,41
T23	3,55	T23	4,52	T23	7,61	T23	4,12	T23	4,08
T24	3,57	T24	3,97	T24	7,78	T24	3,75	T24	3,48
T25	3,32	T25	4,08	T25	7,25	T25	3,04	T25	3,55
T26	3,61	T26	3,91	T26	7,74	T26	3,4	T26	3,69
T27	3,75	T27	3,85	T27	7,65	T27	3,4	T27	4,02
T28	3,89	T28	4,11	T28	7,58	T28	3,41	T28	3,93
T29	3,01	T29	4,11	T29	7,92	T29	3,84	T29	4,33

Time Cycle									
Operación 1 Alimentar banda		Operación 2 Armar caja + pegar Tamper		Operación 3 Introducir pieza + IFU		Operación 4 Etiquetar		Operación 5 Shipping	
T30	3,6	T30	4,44	T30	8,05	T30	3,44	T30	4,21
Σ Tiempos muestras	93,07		123,87		230,71		103,47		118,95

Fuente: Elaboración propia.

Para la familia Ambient se unificaron tres operaciones, como lo son la de pegar gotas y quantum, armar caja, pegar *tamper* e introducir pieza y IFU, los resultados son los siguientes:

Tabla 29. Tiempo ciclo Familia Ambient

Cycle Time											
Operación 1 Alimentar Banda		Operación 2 Pegar Gotas y Quantum		Operación 3 Armar cajas y pegar tamper		Operación 4 Introducir pieza + IFU		Operación 5 Etiquetar		Operación 6 Shipping	
T1	3,54	T1	4,2	T1	5,94	T1	5,96	T1	3,71	T1	2,39
T2	3,74	T2	4,77	T2	5,53	T2	5,53	T2	4,12	T2	2,71
T3	3,55	T3	4,93	T3	5,8	T3	5,30	T3	4,15	T3	2,68
T4	3,57	T4	4,56	T4	5,01	T4	5,46	T4	3,55	T4	2,93
T5	3,32	T5	4,63	T5	5,99	T5	5,40	T5	3,93	T5	3,19
T6	3,11	T6	4,46	T6	6,22	T6	6,4	T6	4,14	T6	2,62
T7	2,37	T7	4,41	T7	5,08	T7	5,8	T7	4,93	T7	3,41
T8	2,75	T8	5,28	T8	5,89	T8	6,11	T8	3,49	T8	3,08
T9	3,01	T9	5,32	T9	5,43	T9	5,67	T9	3,62	T9	3,48
T10	3,19	T10	5,43	T10	5,31	T10	6,6	T10	3,83	T10	3,55
T11	2,37	T11	4,49	T11	5,98	T11	6,06	T11	4,01	T11	2,69
T12	2,82	T12	5,06	T12	5,32	T12	6,49	T12	4,16	T12	3,02
T13	3,42	T13	5,42	T13	5,67	T13	5,44	T13	4,32	T13	3,93
T14	3,06	T14	4,41	T14	6,03	T14	5,49	T14	3,61	T14	3,33
T15	3,03	T15	5,51	T15	6,13	T15	6,16	T15	4,28	T15	3,21
T16	2,83	T16	4,2	T16	5,76	T16	6,01	T16	3,85	T16	3,12
T17	3,35	T17	4,51	T17	5,77	T17	5,35	T17	3,75	T17	3,64
T18	3,22	T18	5,08	T18	5,51	T18	5,73	T18	4,36	T18	3,09
T19	2,36	T19	4,98	T19	5,29	T19	5,31	T19	4,39	T19	3,79
T20	2,63	T20	4,79	T20	5,76	T20	5,26	T20	3,29	T20	3,83
T21	3,61	T21	4,65	T21	6,19	T21	6,86	T21	3,56	T21	3,11
T22	3,75	T22	4,89	T22	6,4	T22	5,39	T22	4,36	T22	2,99
T23	3,89	T23	5,11	T23	5,53	T23	5,14	T23	4,87	T23	3,01
T24	3,01	T24	5,59	T24	6,29	T24	5,34	T24	3,79	T24	3,15

Cycle Time											
Operación 1 Alimentar Banda		Operación 2 Pegar Gotas y Quantum		Operación 3 Armar cajas y pegar tamper		Operación 4 Introducir pieza + IFU		Operación 5 Etiquetar		Operación 6 Shipping	
T25	3,60	T25	4,85	T25	5,85	T25	5,6	T25	3,41	T25	3,56
T26	3,09	T26	5,17	T26	5,73	T26	6,43	T26	3,74	T26	2,66
T27	2,80	T27	4,44	T27	5,07	T27	5,66	T27	3,4	T27	3,26
T28	2,68	T28	4,69	T28	5,71	T28	6,04	T28	3,45	T28	2,85
T29	3,07	T29	5,41	T29	5,35	T29	6,53	T29	3,92	T29	2,77
T30	3,33	T30	4,56	T30	6,5	T30	5,78	T30	3,89	T30	3,55
Σ Tiempos muestras	94,07		145,80		172,04		174,30		117,88		94,60

Fuente: Elaboración propia.

Se realiza el cálculo de los tiempos promedios de la propuesta de mejora para la Familia Wands Simple y Familia Ambient.

Tabla 30. Cálculo de tiempos promedio Familia Wands Simple

Operaciones	Suma muestras de tiempo	Cantidad de muestras	Tiempo promedio
1	93,07	30	3,10
2	123,87	30	4,13
3	230,71	30	7,69
4	103,47	30	3,45
5	118,95	30	3,97

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Cálculo de tiempos promedio Familia Ambient

Operaciones	Suma muestras de tiempo	Cantidad de muestras	Tiempo promedio
1	94,07	30	3,14
2	145,80	30	4,86
3	172,04	30	5,73
4	174,30	30	5,81
5	117,88	30	3,93
6	94,6	30	3,15

Fuente: Elaboración propia.

Se elabora el cálculo de los tiempos normales de la propuesta de mejora para la Familia Wands Simple y Familia Ambient.

Tabla 32. Cálculo de tiempo normal Familia Wands Simple

Operaciones	Tiempo promedio	Valor estándar	Valor atribuido	Tiempo normal
1	3,10	100	95	3,27
2	4,13	100	95	4,35
3	7,69	100	95	8,10
4	3,45	100	95	3,63
5	3,97	100	95	4,17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Cálculo de tiempo normal Familia Ambient

Operaciones	Tiempo promedio	Valor estándar	Valor atribuido	Tiempo normal
1	3,14	100	95	3,30
2	4,86	100	95	5,12
3	5,73	100	95	6,04
4	5,81	100	95	6,12
5	3,93	100	95	4,14
6	3,15	100	95	3,32

Fuente: Elaboración propia.

Se efectúa el cálculo de los tiempos estándar de la propuesta de mejora para la Familia Wands Simple y Familia Ambient.

Tabla 34. Cálculo de tiempo estándar Familia Wands Simple

Operaciones	Tiempo normal	Suplementos	Tiempo estándar
1	3,27	15%	3,76
2	4,35	15%	5,00
3	8,10	15%	9,31
4	3,63	15%	4,18
5	4,17	15%	4,80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Cálculo de tiempo estándar Familia Ambient

Operaciones	Tiempo normal	Suplementos	Tiempo estándar
1	3,30	15%	3,80
2	5,12	15%	5,88
3	6,04	15%	6,94
4	6,12	15%	7,03
5	4,14	15%	4,76
6	3,32	15%	3,82

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 36 se presenta la comparación de los datos, en ella se observa que en la Familia Wands Simple se reducen las operaciones, en el diagnóstico eran seis de estas y en la propuesta pasan a ser cinco, el tiempo de ciclo en el diagnóstico era de 30,31 segundos y se logró reducir a 27,04 segundos.

Tabla 36. Comparación de tiempos estándar Familia Wands Simple

Diagnóstico		Propuesta	
Familia Wands Simple		Familia Wands Simple	
Operaciones	Tiempo estándar	Operaciones	Tiempo estándar
1	5,13	1	3,76
2	5,04	2	5,00
3	6,75	3	9,31
4	4,43	4	4,18
5	4,18	5	4,80
6	4,80		27,04
	30,31		

Fuente: Elaboración propia.

En la Familia Ambient se reducen las operaciones, en el diagnóstico eran ocho, pero en la propuesta ahora son seis, el tiempo de ciclo en el diagnóstico era de 39,21 segundos y se logró reducir a 32,23 segundos.

Tabla 37. Comparación de tiempos estándar Familia Ambient

Diagnóstico		Propuesta	
Familia Ambient		Familia Ambient	
Operaciones	Tiempo estándar	Operaciones	Tiempo estándar
1	5,76	1	3,80
2	3,18	2	5,88
3	5,93	3	6,94
4	4,57	4	7,03
5	3,86	5	4,76
6	5,82	6	3,82
7	5,20		32,23
8	4,89		
	39,21		

Como se logra observar, en la Familia Wands Simple se comparan los balances de línea y se concluye que el cuello de botella en la propuesta pasa a ser la operación de shipping, pero en el diagnóstico era la operación introducir pieza; siendo así es un beneficio que pasara a ser la última operación ya que no va a

generar ningún atraso en la acción anterior, por lo que el proceso como tal logra ser más fluido.

Tabla 38. Balance de línea Familia Wands Simple - Diagnóstico

Cant. Personas	Operación1	Seg Op. 1	Σ Seg / Crew	Balance Visual
1	Armar cajas	5.13	5.13	.....
1	Pegar tamper	5.00	5.00	.....
1	Intro bandeja	6.75	6.75	.....
1	Intro IFU dentro de la caja y cerrarla	4.43	4.43	.....
1	Etiquetado Final	4.18	4.18	.....
1	Shipping	4.80	4.80	.....

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Balance de línea Familia Wands Simple - Propuesto

Cant. Personas	Operación1	Seg Op. 1	Σ Seg / Crew	Balance Visual
1	Alimentar banda	3,76	3,76	.....
2	Armar cajas + pegar Tamper	5,00	2,50	....
2	Introducir pieza y IFU	9,31	4,65	.....
2	Etiquetar	4,18	4,18	.....
1	Shipping	4,80	4,80	.....

Fuente: Elaboración propia.

También se logra entender la comparación de los balances de línea de la Familia Ambient, donde en la propuesta el cuello de botella pasa a ser la operación de etiquetado, siendo en el diagnóstico la primera operación de pegar gotas y quantums (calcomanías); la persona que hace shipping podría participar en la acción de etiquetado para que no se le genere un atraso, sin embargo el flujo mejora impactando en el tiempo de ciclo.

Tabla 40. Balance de línea Familia Ambient - Diagnóstico

Cant. personas	Operación1	Operación2	Seg Op. 1	Seg Op. 2	∑ Seg / Crew	Balance Visual
1	Pegar Gotas	Pegar Quantum	5.76	3.18	8.94	.....
1	Armar cajas		5.93		5.93	.....
1	Pegar Tamper		4.57		4.57	.....
1	Intro pieza		3.70		3.70	.....
1	Into IFU		5.82		5.82	.....
1	Etiquetar	Shipping	4.80	3.37	8.17	.....

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Balance de línea Familia Ambient - Propuesta

Cant. Personas	Operación1	Seg Op. 1	∑ Seg / Crew	Balance Visual
1	Alimentar banda	3,80	3,80	.....
2	Pegar Gotas y Quantum	5,88	2,94	.....
2	Armar cajas y pegar tamper	6,94	3,47	.....
2	Introducir pieza + IFU	7,03	3,52	.....
1	Etiquetar	4,76	4,76	.....
1	Shipping	3,82	3,82	.....

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. Distribución propuesta del área de empaque

El área de Empaque en la nueva planta se encuentra tácticamente localizada en la primera planta, se ubica prácticamente en el centro de los dos únicos cuartos limpios, para facilitar el flujo de los materiales. Es un área semi-controlada, para la cual se requiere de una vestimenta adecuada para ingresar al área, así como condiciones ambientales controladas.

En la figura 42, se observa el área de Empaque la cual se encuentra demarcada en color rojo, dicha área se ubica en el primer piso de la planta de Arthrocare S. R. L., una compañía de Smith&Nephew, Zona Franca, Coyoil de Alajuela.

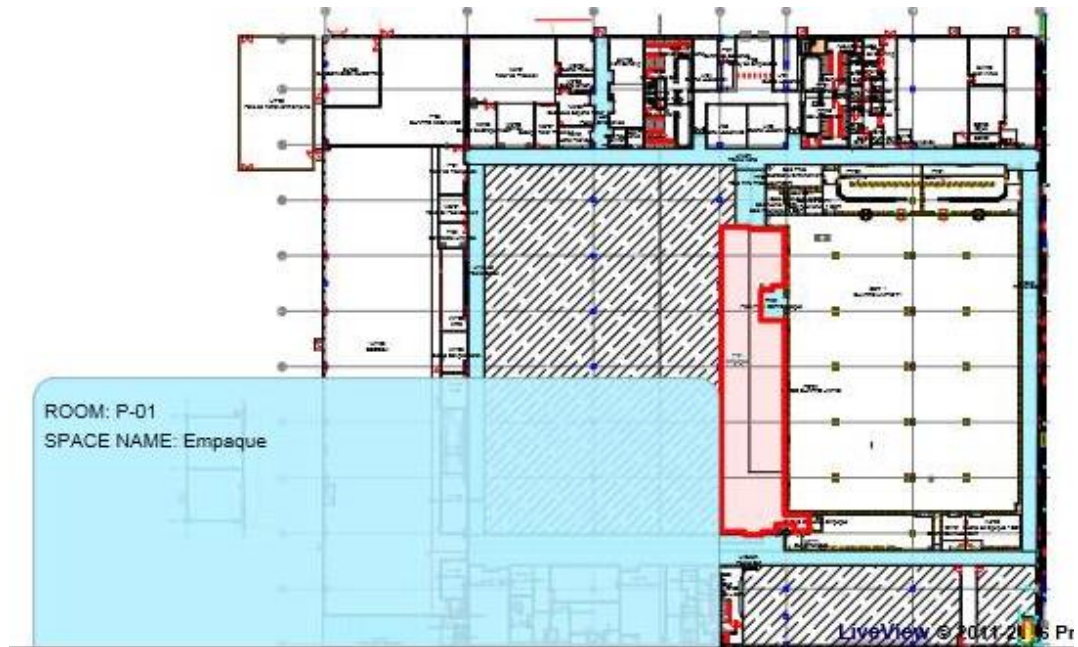


Figura 42. Área de empaque

Fuente: Departamento de Mantenimiento y Facilidades.

Esta nueva área de Empaque cuenta con 500 m², de los cuales se dividen en 3 líneas de empaque, donde se procesan las diferentes familias de productos. Las dos familias en estudio, Familia Wands Simple y Familia Ambient se empaquetan en la línea 1 del área de Empaque. En toda esta área trabajarán 38 personas, distribuidas en dos turnos, también se tiene destinada un área específica para almacenar tarimas con materiales, la cual es pequeña, ya que se cuenta con espacio adicional para esto en la bodega de la empresa, donde apenas se procesa un lote, el material (tarima) se lleva a la bodega. También se cuenta con bandas transportadoras de materiales, muebles y demás equipos de trabajo y con racks pequeños donde se tienen los componentes de las órdenes que se procesarán, esto hace que el proceso fluya más rápido.

En la figura 43 se muestra la línea 1 del área de Empaque en las nuevas instalaciones de la compañía, como se puede observar, la banda transportadora de materiales, los operarios trabajando y un amplio espacio para empaquetar las unidades suministradas por el cuarto limpio.



Figura 43. Nuevas instalaciones del área de Empaque

Fuente: Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew

En la figura 44 se muestra un diagrama de recorrido propuesto para el área de Empaque y las áreas con las que trabaja directamente la Línea 1 (empaque) en las nuevas instalaciones, en esta línea se empacan ambas familias en estudio. En este diagrama se muestra que con el espacio que se cuenta, se puede designar un área específica para el parqueo de los racks con producto, los cuales son pasados por el cuarto limpio y así mismo tener un área exclusiva de racks pequeños con todos los materiales y componentes que se requieren a la hora de empacar una orden de producción.

Lo que se espera es que en cuanto se termine un lote de producción, inmediatamente el próximo sea montado en la línea, para así no tener ningún tiempo desocupado o que haya algún atraso durante el proceso de empaque. Según la propuesta para poder empezar a empacar un lote de producción se caminaría alrededor de 8 m.

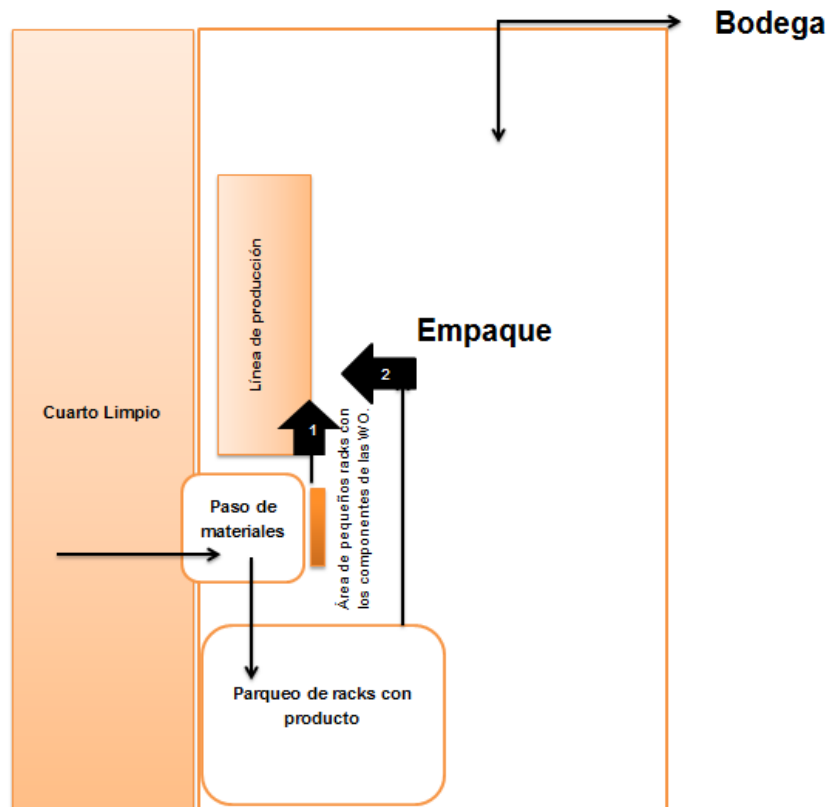


Figura 44. Diagrama de recorrido propuesto

Fuente: Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew

Para mantener el orden en el área de Empaque, se propone otorgar 5 minutos como paro programado al final de cada turno, con el fin de que todos los operarios involucrados en el proceso puedan acomodar, recoger las herramientas que se están utilizando, botar la basura, guardar lo que ya no se va a necesitar y dejar la banda limpia, sin materiales o si queda una WO, dejar todo debidamente identificado y ordenado.

5.3. Prueba Piloto del Modelo de capacidad

Se realiza una prueba piloto del modelo de capacidad en el área de Empaque en enero del presente año, donde se valida la información. Esto se hace en la nueva compañía, se debe considerar que por el estudio que se realizó solo se mostrarán datos de la Familia Wands Simple y Familia Ambient. Es significativo considerar que en algunas ocasiones programan una WO, sin embargo es posible que le hagan un NCR, esto detiene la orden en el cuarto limpio, es uno de los motivos

por los que no se procesa una orden. Adicional a esto también es importante tomar en cuenta que las WO son de números cerrados, pero pueden haber piezas para desecho, por eso en la mayoría de los casos en ellas no cierran exactas las piezas tal y como las asigna Planning. Para la semana 02 se obtuvo en promedio un 92% de utilización.

WK 02														
P/N	09-ene		10-ene		11-ene		12-ene		13-ene		14-ene		15-ene	
	QTY	HRS	QTY	HRS	QTY	HRS	QTY	HRS	QTY	HRS	QTY	HRS	QTY	HRS
28365	1000	1,32	1000	1,32	800	1,06	700	0,93	500	0,66	500	0,66		0,00
24984	1500	2,00	1500	2,00	1500	2,00	1500	2,00	500	0,67		0,00		0,00
12782	500	0,67	1000	1,33		0,00	1500	2,00	500	0,67	1500	2,00		0,00
10395	500	0,67		0,00	1500	2,00		0,00	2000	2,67	500	0,67		0,00
TOTAL	3500	5	3500	5	3800	5	3700	5	3500	5	2500	3	0	0
UTILIZATION	92%		92%		100%		97%		92%		108%		0%	

Figura 45. Programado para WK 02

Fuente: Elaboración propia.

WK 02														
P/N	09-ene		10-ene		11-ene		12-ene		13-ene		14-ene		15-ene	
	QTY	HRS	QTY	HRS	QTY	HRS	QTY	HRS	QTY	HRS	QTY	HRS	QTY	HRS
28365	963	1,27	989	1,31	965	1,28	487	0,64		0,00	962	1,27		0,00
24984	1456	1,94	485	0,65	978	1,30	1956	2,61	492	0,66	974	1,30		0,00
12782	487	0,65	1473	1,96	980	1,31	456	0,61	486	0,65	466	0,62		0,00
10395	480	0,64		0,00	981	1,31	974	1,30	1953	2,60		0,00		0,00
TOTAL	3386	5	2947	4	3904	5	3873	5	2931	4	2402	3	0	0
UTILIZATION	89%		77%		102%		102%		77%		104%		0%	

Figura 46. Real procesado en WK 02

Fuente: Elaboración propia.

Delta

Capacidad no utilizada	-3%	-15%	3%	5%	-15%	-4%	0%
------------------------	-----	------	----	----	------	-----	----

Figura 47. Capacidad no utilizada

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Control “Daily Tracker”

Para poder controlar las situaciones que suceden en el área de Empaque, se diseñó una herramienta llamada “Daily Tracker”, con ella se registran todos los eventos ocurridos durante el proceso de producción, esto ayudará a determinar la causa más probable de no cumplir con la capacidad de fabricación, así se atacará directamente el problema.

Este archivo se realizó en el departamento de Ingeniería Industrial, sin embargo se lograron modificar los tiempos de paros programados del área de Empaque, así como la capacidad por familia para poder obtener datos reales. Consiste en ir registrando lo que va pasando día a día, se registra el detalle de la WO que se va a trabajar, hora en que se inicia y finaliza cada orden, cantidad de unidades empacadas, comentarios, se registran los paros programados y los no programados, y también se registran las pérdidas de rendimiento. Este archivo se implementó en enero del presente año, se capacitó a los operarios y se les explicó la importancia de llevar este registro.

Control de Rendimiento Empaque CER ___ Fecha ___-___-___ Turno ___

W.O	P/N	W.O Quantity	Hora		Status		ALFASA		Comentarios
			Inicio	Final	Empacado	Pendiente	Open	Closed	

Paro de línea

W.O	PN	Causa	Hora de Paro	Hora de Reinicio

Perdida de rendimiento.

W.O	Causa	IN	OUT

Paros		Tipos de Tiempo Muerto	
1. Café Almuerzo	9. Reunión	1. Ausencia del Inspector de calidad	13. Retrabajos
2. Conteo de IFU	10.	2. Documentacion	14. Reunion
3. Documentación	11..	3. Fallos de Calidad	15. Training teorico o practico
4. Ejercicios	12.	4. Falta de personal	16. Retrabajos
5. Limpieza de Línea	13.	5. Falta de materiales	17. Inconformidad en proceso
6. Mantenimiento		6. Faltante de producto	18. Sin agile
7. Proceso de Reconciliación		7. Mantenimiento. (Falla de equipo)	19. Evacuacion
8. Training teórico o practico		8. Retraso en entrega de materiales	20.

Figura 48. Control de Rendimiento Empaque - Daily Tracker

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Análisis de costo/beneficio

El objetivo de esta sección es dar a conocer de forma estimada el costo/beneficio de este proyecto, donde se dividen en costos fijos en variables por mes. En costos fijos se consideran mantenimientos, electricidad, suministros para trabajar y mano de obra, donde a pesar de que se recomienda aumentar en cada familia no se invirtió en personal, sino que se realizó una redistribución de los recursos; los montos están a un periodo de un mes. También se consideran costos variables, es decir, se compra una banda transportadora que ayuda al flujo del proceso y una pantalla para visualizar los procedimientos dependiendo del producto que se trabaje. Se obtienen dispensadoras de tamber para optimizar las operaciones, racks y bins para transporte del material, entre otras variables. Esta inversión aplica para la Familia Wands Simple y Familia Ambient, ya que se trabajan en la misma estación por lo que la inversión es dividida en partes iguales.

Costos Fijos

	Costo Mensual	Cantidad	Costo Total
Mantenimiento de banda	\$ 2,500.00	1	\$ 2,500.00
Electricidad (500m2)	\$ 5,000.00	1	\$ 5,000.00
Mano de obra	\$ 900.00	34	\$ 30,600.00
Ingeniera Industrial	\$ 1,500.00	1	\$ 1,500.00
Suministros	\$ 200.00	1	\$ 200.00
Mantenimiento Aire Acondicionado	\$ 2,500.00	1	\$ 2,500.00
			\$ 42,300.00

Fuente: Elaboración propia.

Costos Variables

	Costo Mensual	Cantidad	Costo Total
Banda Transportadora	\$ 9,000.00	1	\$ 9,000.00
Racks	\$ 1,550.00	12	\$ 18,600.00
Racks pequeños	\$ 600.00	6	\$ 3,600.00
Bines	\$ 27.16	216	\$ 5,866.56
Dispensadora de tamper	\$ 595.00	2	\$ 1,190.00
Pantalla	\$ 500.00	2	\$ 1,000.00
Computadora para línea	\$ 1,000.00	1	\$ 1,000.00
Instalación de equipo	\$ 5,000.00	1	\$ 5,000.00
Costos de capacitación	\$ 200.00	1	\$ 200.00
Traslados del personal	\$ 150.00	1	\$ 150.00
Instalación Aire Acondicionado	\$ 5,000.00	1	\$ 5,000.00
Traslados del Mobiliario y equipo	\$ 700.00	1	\$ 700.00
			\$ 51,306.56

Fuente: Elaboración propia.

El incremento en la producción obtenida para las Familia Wands Simple y Familia Ambient, a partir de las mejoras realizadas al proceso, en cuanto a reducción de tiempos y la propuesta del modelo de capacidad para dar seguimiento al proceso de empaque.

Familia Wands Simple

	Cantidad Total de personas	Uds/Hr	Costo por unidad	Venta por unidad	Costo uds/hrs	Venta uds/hrs	Ganancia
Actual	6	533	\$ 125.00	\$ 215.00	\$ 66,625	\$ 114,595.00	\$ 47,970.00
Propuesta	8	750	\$ 125.00	\$ 215.00	\$ 93,750	\$ 161,250.0	\$ 67,500.00

Ganancia de unidades producidas por hora

\$19,530.00

Mensual \$1,562,400

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Familia Wands Simple aumentó **\$ 19,530.00 usd** de ingresos por hora de unidades producidas, si se toman en consideración los cambios en el proceso y las redistribuciones realizadas, siendo así un aumento de **\$ 1, 562,400.00 usd** de aumento de ganancia mensual, donde se consideran 4 horas trabajadas por los 5 días de la semana, no se consideran los sábados ya que se labora menos horas y se trabajan órdenes más pequeñas de otros productos.

Familia Ambient

	Cantidad Total de personas	Uds/Hr	Costo por unidad	Venta por unidad	Costo uds/hrs	Venta uds/hrs	Ganancia
Actual	6	402	\$ 250.00	\$ 350.00	\$ 100,500.00	\$ 140,700.00	\$ 40,200.00
Propuesta	9	756	\$ 250.00	\$ 350.00	\$ 189,000.00	\$ 264,600.00	\$ 75,600.00

Ganancia de unidades producidas por hora

\$35,400.00

Mensual \$2,832,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Familia Ambient aumentó **\$ 35,400.00 usd** de ingresos por hora en unidades producidas, si se toman en consideración los cambios en el proceso y las redistribuciones efectuadas, siendo así un aumento de **\$ 2,832,000.00 usd** de aumento de ganancia mensual, donde se consideran 4 horas trabajadas por los 5 días de la semana, no se consideran los sábados ya que se labora menos horas y se trabajan órdenes más pequeñas de otros productos.

En resumen, ambas familias trabajan en la misma banda y con las mismas máquinas, por lo que la inversión es compartida y se realizó a un plazo de un mes. A continuación se detalla un resumen del análisis costo beneficio, donde además de los gastos, se describen los ahorros de unidades producidas por hora de ambas familias, obteniendo así una ganancia.

Resumen Análisis Costo Beneficio

Costos Fijos	\$42,300.00
Costos Variables	\$51,306.56
Ganancia Familia Wands Simple	\$1,562,400.00

Ganancia Familia Ambient	\$2,832,000.00
Ganancia mensual	\$4,300,793.44

Fuente: Elaboración propia.

5.6. Diagrama Gantt

Se realiza un diagrama Gantt para el seguimiento después de este proyecto, donde se ven las diferentes etapas que hacen falta para la creación del modelo de capacidad para el área de Empaque de las demás familias de productos, ya que por motivos de tiempo no se logra concluir el estudio, siendo el enfoque principal las familias con mayor demanda. Entre las actividades principales se encuentran: estudio de tiempos de las demás familias de productos (actualmente este estudio se encuentra en proceso), balances de línea, creación del modelo de capacidad y prueba piloto.

Estado	Actividades	Fecha de Inicio	Fecha final	Asignado a	% Complet...	Durac...
	Estudio de tiempos	21/03/17	07/04/17			
●	Estudio de tiempos de las demás familias	21/03/17	31/03/17	Dpto. Ingen	50%	9d
●	Realizar prueba de normalidad con los tiempos obtenidos en las muestras	31/03/17	07/04/17	Dpto. Ingen		6d
	Balances de línea	04/04/17	18/04/17			11d
●	Creación de balances de línea con los tiempos tomados	04/04/17	18/04/17	Dpto. Ingen		11d
	Modelo de capacidad	18/04/17	23/06/17			49d
●	Actualizar el modelo de capacidad con los datos procesados	18/04/17	02/05/17	Dpto. Ingen		11d
	Prueba Piloto	05/06/17	23/06/17			15d
●	Realizar prueba piloto en empaque, con los nuevos datos	02/05/17	09/05/17	Dpto. Ingen		6d
	Capacitación del personal	05/06/17	23/06/17			15d
●	Capacitación de todos los colaboradores del área de empaque	09/05/17	16/05/17	Dpto. Ingen		6d

Figura 49. Información del Diagrama Gantt para completar el estudio en Empaque

Fuente: Elaboración propia.

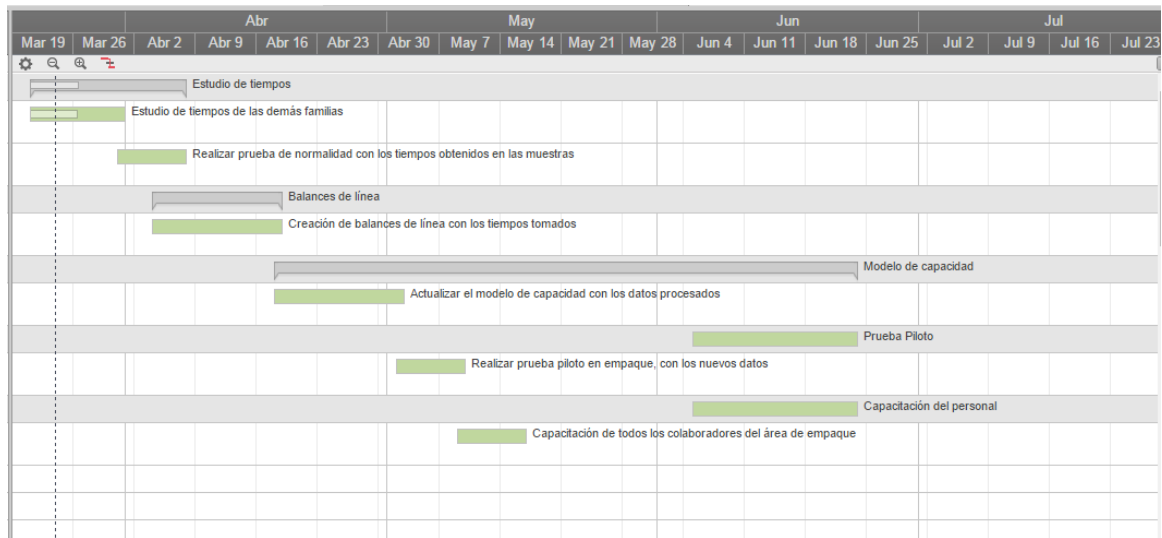


Figura 50. Diagrama Gantt estudio completo en Empaque

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Luego de analizar el proceso de producción se concluye:

- Se diseñó un modelo de capacidad que ayuda a administrar los recursos de los procesos de producción en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew.
- Se realiza una prueba piloto del modelo de capacidad en el área de Empaque de Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew. Antes la utilización en Empaque – Global Park, Heredia en Turno 1 era de un 42% en promedio y ahora la utilización en Empaque – Zona Franca Coyol, Alajuela en Turno 1 es de un 92% en promedio.
- Se hace una redistribución de la mano de obra, se crean nuevos balances de línea y se determina la reducción de los tiempos de ciclo para la Familia Wands Simple pasó de 30,31 segundos a 27,04 segundos y para la Familia Ambient pasó de 39,21 segundos a 32,23 segundos.
- Se realizó estudios de movimientos, donde el departamento de Seguridad y Salud Ocupacional determinó que las unidades e instructivos de uso deben introducirse dentro de la caja de forma horizontal y no vertical, esto generó más rapidez en esta operación, ya que para la Familia Wands Simple pasó de durar 11,18 segundos a 9,31 segundos y para la Familia Ambient pasó de durar 9,52 segundos a 7,03 segundos. Adicional a esto debido a la inversión en dispensadoras de tamper, se determinó que la operación de armado de caja y pegado de tamper, para la Familia Wands Simple pasó de durar 10,13 segundos a 5,00 segundos y para la Familia Ambient pasó de durar 10,50 segundos a durar 6,94 segundos.
- Se logró determinar según los balances de línea que en la Familia Wands Simple, el cuello de botella en la propuesta pasa a ser la operación de shipping, cuando en el diagnóstico era la operación introducir pieza. En la Familia Ambient, la propuesta indicaba que pasa a ser la operación de

etiquetado, cuando en el diagnóstico fue la primera operación de pegado de gotas y quantums (calcomanías). Estos cambios son un beneficio en el proceso, ya que no van a generar ningún atraso en la acción anterior, por lo que el proceso como tal logra ser más fluido.

- Se redujeron los tiempos de limpiezas de línea, de cuarenta minutos pasaron a ser solo veinte.
- Se coordina mejor el alisto de materiales y antes de iniciar el lote se realiza la asignación de los mismos, con el fin de prever con tiempo alguna discrepancia o daños de materiales.
- Se mejora en la infraestructura y ambiente laboral. Es importante reconocer que la transferencia a una nueva planta trae muchos beneficios, en este caso se incrementó el espacio, antes se contaba con 245 m² y en la nueva planta se cuenta con 500 m², además se adquirió nuevo equipo de trabajo como banda transportadora, dispensadores de etiquetas y dispensadores de tamper.
- Se implementa la metodología de 5S, antes de terminar el turno de producción, con el fin de que el área permanezca ordenada, limpia, organizada y cada herramienta tenga su lugar respectivo.
- Se determinó el costo/beneficio de las propuestas de mejora, donde se invierten \$ 93,606.56 usd según los costos fijos y variables en un plazo de un mes, obteniendo una ganancia de unidades producidas por mes, de la Familia Wands Simple \$ 1,562,400.00 usd, mientras que el de la Familia Ambient \$2,832,000.00 usd; por lo que se obtiene una ganancia total de \$4,300,793.44 usd por mes.
- En cuanto a beneficio se incrementó la producción, para la Familia Wands Simple en un 40% y para la Familia Ambient un 88%.

Recomendaciones:

- Seguir el proceso de producción propuesto, sin afectar las diferentes operaciones de la Familia Wands Simple y Familia Ambient.
- Registrar diariamente el daily tracker para ver los comportamientos de los procesos y poder atacar las causas que generan que no cumpla la capacidad de producción.
- Actualizar los tiempos de las operaciones, con el fin de contar con los datos actualizados para que el proceso de empaque pueda tener datos confiables y así dar seguimiento a la labor mediante un control con los balances de línea creados, que se pueden modificar según los requerimientos del área de Empaque.
- Mantener el área ordenada y aseada, esto evitará atrasos en la producción y crea un ambiente agradable.
- Estandarizar que las limpiezas de línea se hagan entre cinco personas, para aprovechar el tiempo asignado a cada actividad.
- El material que se utilizará para trabajar una WO debe asignarse antes de realizarse la limpieza de línea y de paso el material debe ser revisado, esto evitará contra tiempos a la hora de empezar a producir.
- Los empleados de Empaque deberán ser capacitados en el nuevo modelo de capacidad y su funcionamiento.
- Se deben crear o modificar los procedimientos con el nuevo modelo de capacidad y dar seguimiento a los indicadores, ya que si no se cumple la utilización, se debe analizar las causas para que no sea recurrente.
- Se debe realizar el estudio del resto de familias, hasta completarlas todas y así cargar los datos al modelo de capacidad.

Bibliografía

González, M. (2006). Gestión de la producción. Cómo planificar y controlar la producción industrial. España: Ideaspropias Ediatorial.

Bello, C. (2006). Manual de Producción. Aplicado a las PYME. Bogotá: Ecoe ediciones Ltda.

Heizer, J., & Barry, R. (2004). Principios de administración de operaciones. México: Pearson Educación.

Domínguez, M., & J. A. (1995). Dirección de operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw-Hill.

Groover, M. (1997). Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas, Pearson Educación.

Heizer, J., & Render, B. (2001). Dirección de la producción. Decisiones Estratégicas, 6ta edición.

Kanawaty, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo, Cuarta edición revisada.

Gutiérrez Pulido, H (2010). Calidad Total y Productividad, Tercera Edición.

Bernárdez, M. (2009). Desempeño Humano: Manual de Consultoría. Singapur: Global Business Press.

Cabrera, R. C. (s.f.). Lean Six Sigma TOC. Simplificado. PYMES. Recuperado el 05 de diciembre de 2016, de google books: http://books.google.com.mx/books?id=psDDitEx__gC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

Galgano, A. (2004). Las tres revoluciones. Caza del desperdicio: Doblar la productividad con la "Lean Production". Madrid: Diaz de Santos.

García Ferrer, G. (2005). Investigación comercial. Madrid: ESIC EDITORIAL.

Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2007). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. México: Pearson Educación.

Montgomery, D. (2005). Control Estadístico de la Calidad. México: Editorial Limusa Wiley, S.A.

Gutiérrez, H., & De La Vara, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma. México: McGraw-Hill Companies.

Salazar, B. (s.f.). Cálculo del tiempo estándar o tiempo tipo. Recuperado el 05 de diciembre de 2016, de Ingenieros Industriales JIMDO: <http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/c%C3%A1lculo-del-tiempo-est%C3%A1ndar-o-tipo/>

Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2005). Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. México: McGraw-Hill Interamericana.

Acuña, J. (2012) Control de Calidad, Cuarta Edición.

Benjamín, N. & Andris, F. (2004). Ingeniería industrial Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. México: Alfaomega Grupo Editor.

Alcalde, P., Alcalde, San Miguel (2007). Calidad, Editorial Paraninfo.

Galgano, A. (1995). Los siete instrumentos de la calidad total, Ediciones Díaz de Santos.

Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros. México: Mc-Graw Hill Companies.

Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. México: McGraw-Hill Companies.

Licenciatura en RR.HH. Universidad de Champagnat. (2002, Octubre 11). Brainstorming: lluvia o tormenta de ideas.

Gándara, F. (2014). "HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y EL TRABAJO EN EQUIPO PARA DISMINUIR LA REPROBACIÓN ESCOLAR". Conciencia Tecnológica.

Meyers, F. (2000). Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil, Pearson Educación, Segunda Edición.

Lane, Greg (2007). Made to Order Lean. New York, United States of America. Productivity Press

Suárez Barraza, M. F. (2007). El Kaizen: La filosofía de mejora continua e innovación incremental detrás de la administración por calidad total, Panorama Editorial.

Rubrich, Larry & Watson, Mattie (2004) Implementing World Class Manufacturing. Second Edition. United States of America. WCM Associates.

Moya, Marcos (1999) Investigación de Operaciones. Costa Rica, EUNED. Vc.

Arthrocare S.R.L., una compañía de Smith&Nephew (2017). Recuperado el 02 de enero de 2017, de la página de la compañía: <http://www.smith-nephew.com/espana/nosotros/informacion-corporativa/>

Glosario y abreviaturas

Desperdicio: Cualquier parte del proceso de manufactura que el cliente no estaría dispuesto a pagar. Cualquier operación que no agrega valor al producto. (Rubrich & Watson, 2004, p. 9)

Agregar Valor: Cualquier operación o proceso que el cliente esté dispuesto a pagar. Generalmente se refiere a transformación de un producto. (Rubrich & Watson, 2004, p. 9)

Manejo Visual (Visual Managment): Permite rápidamente enterarse de una situación o señal en un proceso en tiempo real. Se puede realizar de muchas maneras: planes de negocio o proyectos, trabajo estándar, horarios, cuadros de rendimiento de producción, luces, señales en general. (Lane, 2007, p. 1)

Tiempo de entrega (lead time): Se define como el tiempo que transcurre entre el momento en que se coloca una orden y en el que se recibe ese pedido, siempre y cuando la orden se haga por medio de una compra. (Moya, 1999, p.27)

Anexos

Anexo 1 Prioridades del departamento de Ingeniería Industrial

Prioridades de IE



Ramirez, Adrian

Hoy, 03:29 p.m.

Usted ↕

Adjunto algunas de las prioridades generales para el departamento de IE en este momento.

- Disminución de Scrap, aumento del yield.
- Transferencia a la planta nueva
- Respuesta de capacidad de áreas productivas
 - Desarrollo del modelo de capacidad del área de empaque
 - Cálculo de capacidad para el área de empaque - programación del plan
 - Input para el cálculo de compra de equipo
 - Input para el cálculo de hiring de HC
 - HC movement para la transferencia



José Adrián Ramírez C. | Industrial Engineer | Arthrocare Costa Rica |

Adrian.Ramirez@smith-nephew.com |

D 506-2508-2862

www.smith-nephew.com

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, 19 de setiembre del 2016.

Anexo 2. Familias de productos según el empaque

Familia	P/N	Producto
Familia Wands Simple	10395	FA CAPSURE 30 ICW
	16943	FA SHORT BEVEL 35 ICW
	11788	FA MICROBLATOR 30 ICW

Familia	P/N	Producto
	12782	FA PARAGON T2
	13379	FA SUPER MULTIVAC 50
	29375	FA STARVAC
	24984	FA SUPER TURBOVAC
	25048	FA SUPER TURBOVAC IFS
	22163	FA REFLEX ULTRA PTR – CII
	10370	FA COVAC ICW
	10375	FA ELIMINATOR ICW
	10389	FA TRISTAR 50 ICW
	16885	FA LOPRO 90 DEGREE ICW
	16941	FA BEVEL 45 ICW
	36398	FA SABER 30 ICW
	46603	FA REFLEX ULTRA PTR - CII
	46606	FA PROCISE EZ – CII
	10470	FA 3.5MM 90 DEGREE ICW
	16886	FA COVAC 70 ICW
	16942	FA DOME 60 ICW
	10394	FA RAZOR ICW
	18611	FA SUPER MULTIVAC 50 IFS
	21380	FA TOPAZ XL IFS
	21401	FA REFLEX ULTRA SP - CII
	42000	FINAL ASSEMBLY, C2 TURBINATOR WAND
	42100	FINAL ASSEMBLY, C2 TURBINATOR WAND
	44000	FA, CII HEAD & NECK COBLATION WAND
	46000	FA, CII HEAD & NECK COBLATION WAND
	46611	FA REFLEX ULTRA SP - CII
	29995	FA PROCISE EZ – CII
	37732	FA- TOPAZ EZ, SMC 138
	11363	FA MENIVAC ICW
	11787	FA TOPAZ XL ICW
	12769	FA COVATOR
	46604	CII PROCISE MAX
Familia Ambient	23581	FA SUPERMULTIVAC AMBIENT IFS
	28365	FA SUPER TURBOVAC AMBIENT

Familia	P/N	Producto
		IFS
	39388	FA, AMBIENT MEGAVAC 90 SMC 141
	30588	FA COVAC AMBIENT 50 IFS
	30589	FA COVAC AMBIENT 70 IFS
Familia XL	34581	FA, CII, MINI LARYNGEAL WAND
	25050	FA TURBOVAC 90 XL ICW
	46610	FA, CII, MINI LARYNGEAL WAND
	29508	FA SIDEWINDER
	29994	FA PROCISE LW – CII
	46609	FA, PROCISE LW – CII
	16940	FA MULTIVAC 50 XL ICW
	66383	FA, Flow 50
Familia XL Ambient	34236	FA, AMBIENT HIPVAC 50
Familia de los Saphyre y Vulcan	90500758	FA SNN VULCAN SAPHYRE II 90 3MM
	90500760	FA SNN VULCAN SAPHYRE II 60 3MM
	90500759	FA SNN VULCAN SAPHYRE II 90 HP
	90500761	FA SNN VULCAN SAPHYRE II 40
	90500763	FA SNN VULCAN SCULPTOR S 60 3MM
	90500764	FA SNN VULCAN SCULPTOR S 90 3MM
	90500765	FA SNN VULCAN SCULPTOR 90 3MM
	90500766	FA SNN VULCAN SCULPTOR 60 3MM
	90500762	FA SNN VULCAN SCULPTOR S 90 HP 3MM
	90500767	FA SNN VULCAN SCULPTOR 90 HP 3MM
	90500757	FA SNN SAPHYRE 90
	90500755	FA SNN SAPHYRE 90 HIGHPROFILE
	90500756	FA SNN SAPHYRE 60
Familia de OEMS	24408	FA SNN WHIRLWIND 90
	24412	FA SNN CURVE 45
	24410	FA SNN ABLATION 90

Familia	P/N	Producto
	24409	FA SNN CROSS 50
	26039	FA SNN DYNAMO 90
	24411	FA SNN BROADNOSE 90
	24414	FA SNN HOOK 30
Familia Mini Wands	01550	FA 2.5MM 90
	02447	FA 3.0MM 30 TURBO BEVEL
	02546	FA 3.0MM 60 TURBO BEVEL
	06283	FA MICROCAPS
	02468	FA 2.5MM 30 DEGREE
	02590	FA BEVEL 45
Familia Magnum	09678	FA STRAIGHT SABER
	15324	FA Magnum 2
	23071	FA Magnum X
	25725	FA Magnum M
	18273	FA Magnum PI
	26040	FA Magnum MP
Familia SPEEDLOCK	220000	FA Mini Magnum
	25444	FA SPEEDLOCK
	34770	FA SPEEDLOCK HIP
	48400	2.8MM SOFT SUTURE ANCHOR, FA
Familia SPEED	48401	1.8MM SOFT SUTURE ANCHOR, FA
	31407	FA OM-7525 SPEEDFIX SUTURE IMPLANT TOP A
	30646	FA SPEEDSCREW 5.5MM
Familia SMARTSTITCH	30647	FA SPEEDSCREW 6.5MM
	25110	FA SMARTSTITCH PP CONNECTOR
	206000	FA SMARTSTITCH M CONNECTOR
	17154	FA SMARTSTITCH PERFECTPASSER CONNECTOR
Familia Plus	30520	FA 22-4036EA NEEDLE AND SUTURE CAPTURE E
	16914	FA MAGNUM 2 PLUS SS MW BLUE COBRAID
	16913	FA MAGNUM 2 PLUS SS MW WHITE
	17645	FA MAGNUM 2 PLUS PP MW BLUE COBRAID

Familia	P/N	Producto
	31561	FA MAGNUM 2 PLUS SS MW BLACK COBRAID
	34474	FA MAGNUM 2 PLUS PP MW BLACK COBRAID
	17644	FA MAGNUM 2 PLUS PP MW WHITE
	14976	FA MINI MAGNUM PLUS, MW WHITE
	23239	FA MAGNUM X PLUS PP MW WHITE
	14977	FA MINI MAGNUM PLUS, MW BLUE COBRAID
	34497	FA MINI MAGNUM PLUS, MW BLACK COBRAID
Familia LABRAFIX	29552	FA LABRAFIX SPEEDLOCK PLUS (WHITE)
	29553	FA LABRAFIX SPEEDLOCK PLUS (BLUE)
	34894	FA LABRAFIX SPEEDLOCK PLUS (BLACK)
Familia Atlantech	25530	GRAFT FIXATION SCREW 7MM X 20MM
Familia Titanium	36525	FA 5.5MM TITANIUM SUTURE ANCHOR
	36527	FA 6.5MM TITANIUM SUTURE ANCHOR
	35666	FA 5.5MM SPARTAN, NON NDLD, FINAL ASSY
	35668	FA 6.5MM SPARTAN, NON NDLD, FINAL ASSY
	36526	FA 5.5MM TITANIUM SUTURE ANCHOR, NEEDLED
	36528	FA 6.5MM TITANIUM SUTURE ANCHOR, NEEDLED
	35218	FA 5.5MM SPARTAN, NEEDLE, FINAL ASSY
	35667	FA 6.5MM SPARTAN, NEEDLE, FINAL ASSY
	66970	FA, MULTIFIX S-ULTRA, 5.5 MM
	66971	FA, MULTIFIX S-ULTRA, 6.5 MM
	36873	FA Multifix P
	48214	FA DISPOSABLE KIT, 1.8MM HIP
	48221	FA DISPOSABLE KIT, 2.8MM

Familia	P/N	Producto	
		SHOULDER	
	49711	FA DISPOSABLE KIT, 1.8MM SHOULDER	
	46855	FA MULTIFIX S PEEK 5.5MM	
	48040	FA MULTIFIX S PEEK 6.5MM	
Familia First Pass	27631	FA 22-4036 FIRSTPASS NEEDLE AND SUTURE C	
Familia Speedstitch	14952	FA SPEEDSTITCH NEEDLE	
Familia Individual	Smartstich	16982	SMARTSTITCH PP MW BLUE COBRAID EA
		17351	FA SMARTSTITCH PP MW WHITE EA
		14101	FA SPEEDSTITCH SUTURE CRT MW WHITE EA
		14102	FA SPEEDSTITCH SUT CRT MW BLUE COB EA
		34491	FA SPEEDSTITCH SUTURE CRT MW BLACK COBR
		31067	FA SMARTSTITCH MW WHITE, EACH
		31068	FA SMARTSTITCH MW BLUE COBRAID, EACH
		31069	FA ,SMARTSTITCH MW BLACK COBRAID, EACH
		34730	FA SMARTSTITCH PP MW BLACK COBRAID EACH
Familia Smartstich Six Pack – Combinado	242101	FA SPEEDSTITCH MW WHITE 6PACK	
	242401	FA SPEEDSTITCH SUTURE CRT MW MIXED	
	17331	FA SMARTSTITCH PP MW BLUE COBRAID 6PACK	
	27101	FA SMARTSTITCH SUTURE CRT MW MIXED	
	34496	FA SPEEDSTITCH SUTURE CRT MW BLACK COBR	
	17357	FA SMARTSTITCH PP MW WHITE 6PACK	
	27060	FA SMARTSTITCH MW WHITE, 6PACK	
	27099	FA SMARTSTITCH MW BLUE COBRAID, 6PACK	
	34731	FA SMARTSTITCH PP MW BLACK	

Familia	P/N	Producto
		COBRAID 6PACK
	17358	FA SMARTSTITCH PP MW MIX
	242201	FA SPEEDSTITCH MW BLUE COB 6PACK
Familia Rapid Rhino Stammberger	27825	FA STAMMBERGER SINUS DRESSING
Familia Rapid Rhino 10x Pouch	24536	FA 5.5CM ANTERIOR
	24537	FA 7.5CM ANTERIOR/POSTERIOR
	24978	FA RR 900 TAMPONADE ANTERIOR/POSTERIOR
	24543	FA 5.5CM LUMEN BILATERAL ANTERIOR
	24534	FA 5.5CM RAPID PAC ANTERIOR PLANT 2100
	24535	FA 4.5CM ANTERIOR
	24538	FA 5.5CM BILATERAL ANTERIOR
	24544	FA 7.5CM LUMEN ANTERIOR/POSTERIOR
	24545	FA 7.5CM BILATERAL ANT/POST
	24539	FA 7.5CM BILATERAL ANTERIOR/POSTERIOR
Familia Rapid Rhino 20x Pouch	24542	FA 5.5CM LUMEN ANTERIOR
	24530	FA 3CM RIEMANN NASAL DRESSING PLANT 2100
	24531	FA 4CM RIEMANN NASAL DRESSING PLANT 2100
	24532	FA 5.5CM GOODMAN NASAL DRESSING PLANT 2100
	24533	FA 8CM NASAL DRESSING PLANT 2100
Familia Ankle Distractor Strap	43177	FA ANKLE DISTRACTOR STRAP
Familia Sinu Knit Dissolvable Dressing	21785	FA SINU KNIT DISSOLVABLE DRESSING
Familia Loose	33509	NEEDED LOOSE MGW SUT, WHITE, FA
	33510	NEEDED LOOSE MGW SUT, BLUE COBRAID, FA
	33512	NEEDED LOOSE MGW SUT, BLACK COBRAID, FA
	33839	OM-9041 WHITE MGW LOOSE SUT 12PK/BX

Familia	P/N	Producto	
	33840	OM-9042 BLACK COB MGW LOOSE SUT 12PK/BX	
	33841	OM-9043 BLUE COB MGW LOOSE SUT 12PK/BX	
Familia 7	12197	FA EVAC 70 XTRA – CII	
	29863	FA PROCISE XP – CII	
	15078	FA EVAC XTRA HP – CII	
	13609	FA REFLEX ULTRA 45 - CII	
	29884	FA PROCISE EZ VIEW - CII	
	46595	FA EVAC 70 XTRA – CII	
	46596	FA PROCISE XP – CII	
	46602	FA REFLEX ULTRA 45 - CII	
	11289	FA REFLEX ULTRA 55 - CII	
	42499	CII FA REFLEX ULTRA 45 _EULC	
	46104	CII FA EVAC XTRA HP - EULC	
	46607	FA, REFLEX ULTRA 55 - CII	
	46605	FA EVAC XTRA HP – CII	
	46612	FA PROCISE EZ VIEW - CII	
Familia Procise Max	26546	FA CII PROCISE MAX	
Familia PERC	16358	FA PERC DLR	
	16701	FA PERC DLG	
Familia PERC DC	22987	FA PERC DC	
Familia CIQ PERC	24820	FA CIQ PERC DLR	
	24821	FA CIQ PERC DLG	
	24822	FA CIQ PERC DC*	
Familia ULTRABUTTON	65203	FA, ULTRABUTTON ADJUSTABLE FIXATION	
Familia ACCU-PASS DIRECT FA	55494	CRESCENT, ACCU-PASS DIRECT FA	
	56086	CRSCENT XL, ACCU-PASS DIRECT FA	
	56087	90 DEGREE UP, ACCU-PASS DIRECT FA	
	56088	45 DEGREE UP, ACCU-PASS DIRECT FA	
	56089	45 DEGREE RIGHT, ACCU-PASS DIRECT FA	
Familia Disposable	Fristpass	57407	FA, FIRSTPASS, DISPOSABLE
		62897	FA, FPD, SUTURE PASSER,

Familia	P/N	Producto
		STANDARD
Familia Werewolf	44732	FA, SMC 139

Fuente: Elaboración Propia.