

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

Ingeniería Industrial

DISEÑAR UNA PROPUESTA DE MEJORA PARA ELIMINAR EL TIEMPO EXTRA PARA EL PRODUCTO XXE EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA EVN MEDICAL DURANTE AGOSTO-MARZO DEL 2017

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
BACHILLERATO

EYLIN VILLALOBOS NAVARRO

TUTOR

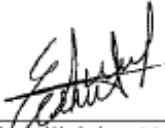
GEORGE DANY RAMÍREZ VARGAS

HEREDIA, MARZO, 2017

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Eylin Villalobos Navarro , mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 4-0202-0895 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 grado académico de Bachillerato de Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: "DISEÑAR UNA PROPUESTA DE MEJORA PARA ELIMINAR EL TIEMPO EXTRA PARA EL PRODUCTO XXE EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA EVN MEDICAL DURANTE AGOSTO-MARZO 2017", 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 Heredia, a los veinticinco días del mes de Mayo del año dos mil diecisiete.



Eylin Villalobos Navarro
Cédula: 4-0202-0895

CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 20 de Marzo del 2017.

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Eyllin Villalobos Navarro, cédula de identidad número 4-0202-0895, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Diseñar una propuesta de mejora para eliminar el tiempo extra para el producto XXE en el proceso de producción en la empresa EVN Medical durante Agosto-marzo 2017", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de bachillerato en Ingeniería Industrial.

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%	18%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		90%

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

Atentamente,


Nombre George Dany Ramirez Vargas
Cédula identidad N 1-1458-0986

CARTA DEL LECTOR

28 de abril de 2017

Señores
Universidad Hispanoamericana
Presente

Estimados señores:

Hago constar que he procedido a la lectura de la tesina para optar por el grado de bachiller en Ingeniería Industrial: "Diseñar una propuesta de mejora para eliminar el tiempo extra para el producto XXE en el proceso de producción en la empresa EVN Medical durante Agosto-Marzo 2017", de la estudiante Eylin Villalobos Navarro cédula 4-0202-0895.

Luego de revisar las correcciones solicitadas me permito aprobar la tesina para continuar con los otros pasos del proceso.

Atentamente,



Ing. Lubin Campos Ureña

Céd.: 1-499-389

CARTA DEL FILÓLOGO

CARTA DE REVISIÓN DEL FILÓLOGO

San José, 12 de mayo del 2017.

SEÑORES
UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

Estimados señores:

Hago constar que he revisado el trabajo de **PROYECTO DE GRADUACIÓN**, de la estudiante **EYLIN VILLALOBOS NAVARRO**, denominado **DISEÑAR UN PROPUESTA DE MEJORA PARA ELIMINAR EL TIEMPO ETRA PARA EL PRODUCTO XXE EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA EVN MEDICAL DURANTE AGOSTO-MARZO DEL 2017**, para optar por el grado académico de **BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**.

He revisado errores gramaticales, de puntuación, ortográficos y de estilo que se manifiestan en el documento escrito, y verificado que estos fueron corregidos por la autora.

Con base en lo anterior, se considera que dicho trabajo cumple con los requisitos establecidos por la **UNIVERSIDAD** para ser presentado como requerimiento final de graduación.

Atentamente,



Dr. Bolívar Bolaños Calvo
Carné: 2.949
Colegio de Licenciados y Profesores
2-0279-0320

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, gracias infinitas a Dios, por permitirme alcanzar este objetivo y por todas las bendiciones que me da, sin su ayuda nada de esto hubiese sido posible.

Agradezco a mis padres por todo el apoyo brindado estos años, ellos se han esforzado por darme lo mejor y a mi hermana que siempre me ha apoyado, espero cosechar éxitos para poder compartirlos con ellos.

A mi compañero de vida, por apoyarme en el transcurso de todo este largo camino, comprenderme, a pesar de los momentos difíciles y estar siempre a mi lado justo cuando lo necesito, por el amor y dedicación que me ha demostrado en este trayecto.

Agradezco a mi tutor, por guiarme en la realización de este proyecto.

Agradezco a las personas de la empresa por permitirme llevar a cabo el proyecto.

TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURADA.....	ii
CARTA DEL TUTOR	iii
CARTA DEL LECTOR.....	iv
CARTA DEL FILÓLOGO.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	xiii
RESUMEN.....	xiv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1 INTRODUCCIÓN.....	15
1.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	16
1.3 Historia de la organización.....	17
1.4 PROBLEMATIZACIÓN	17
1.5 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.6 JUSTIFICACIÓN	20
1.7 OBJETIVOS DEL PROYECTO	23
1.7.1 Objetivo general.....	23
1.7.2 Objetivos específicos.....	23
1.8 ALCANCE	24
1.9 LIMITACIONES	24
CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL.....	25
2.2 MARCO CONCEPTUAL	26
2.2.1 Los procesos en una industria.....	26
2.2.2 La manufactura en una organización	26
2.2.3 El estudio de tiempos.....	26
2.2.4 El trabajador calificado.....	27
2.2.5 Los suplementos por descanso.....	27
2.2.6 Los suplementos fijos.....	28
2.2.7 Los suplementos variables.....	28
2.2.8 El tiempo normal	29
2.2.9 El tiempo estándar	29

2.2.10 Métodos de calificación.....	30
2.2.11 La capacidad teórica	30
2.2.12 La capacidad real	30
2.2.13 La Utilización	31
2.2.14 Inversión.....	31
2.2.15 Retorno de la inversión	31
2.2.16 Diagrama de flujo	32
2.2.17 El balance de línea.....	32
2.2.18 Lean Manufacturing.....	32
2.2.19 La Gestión Lean (Lean Management)	34
2.2.20 Metodología DMAIC.....	36
2.2.21 El desperdicio	37
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	38
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	39
3.1.1 Clasificación y alcance del proyecto.	39
3.1.2 Alcance Temporal	39
3.1.3 Clasificación del marco de proyecto.....	40
3.1.4 Condición del proyecto	40
3.1.5 Naturaleza y carácter del proyecto.....	40
3.1.6 Carácter.....	41
3.2 SUJETOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN.....	42
3.2.1 Sujetos	42
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN	43
3.3.1 La observación.....	43
3.3.2 Cronómetro.....	44
3.3.3 Tablero para formulario de estudio de tiempos.....	44
3.3.4 Formularios para el estudio de tiempos	45
CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO.....	46
4.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	47
4.2 DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO GENERAL.....	48
4.3 TOMA DE TIEMPOS.....	51
4.3.1 Suplementos.....	55

4.3.2 Tiempo Normal.....	55
4.3.3 Tiempo Estándar	56
4.3.4 Capacidad Teórica	56
4.3.5 Capacidad Real	57
4.3.6 Utilización.....	57
4.4 Los 5 Porqués	66
5.5 Conclusiones del diagnóstico.....	68
CAPÍTULO V: DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	69
5.1 Selección de la propuesta.....	70
5.1.1 Cronograma de control por hora	78
5.1.2 Sistema de control visual.....	79
5.1.3 Programación de recorridos en piso de producción.....	82
5.1.4 Plan de implementación propuesto.....	82
5.2 Costos de la propuesta de diseño	83
5.3 Análisis económico en ahorro.....	84
5.4 Retorno de la inversión.....	85
5.5 Conclusiones de la propuesta	85
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
6.1 Conclusiones.....	88
6.2 Recomendaciones.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	90
APÉNDICES.....	92
Apéndice A.....	92
Apéndice B.....	96
Apéndice C.....	100
ANEXOS.....	103
Anexo 1	103

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°. 1 Comparación de unidades planificadas y unidades producidas por mes en el 2016.....	19
Cuadro N°. 2 Horas y gastos en producción en el periodo del mes de enero a septiembre del 2016	22
Cuadro N°. 3 Cantidad de unidades planificadas y producidas en el periodo del mes de Enero a Septiembre del 2016.....	47
Cuadro N°. 4 Datos utilizado en el premuestreo	52
Cuadro N°. 5 Datos utilizados en el muestreo.....	54
Cuadro N°. 6 Suplementos.....	55
Cuadro N°. 7 Distribución de tiempos de turno.....	57
Cuadro N°. 8 Balance de línea para Reflow.....	59
Cuadro N°. 9 Cantidad de operaciones a analizar.....	65
Cuadro N°. 10 Cantidad de personas por operación.....	66
Cuadro N°. 11 Cuadro comparativo con la cantidad de personas actual y con la propuesta.....	78
Cuadro N°. 12 Cronograma de implementación.....	83
Cuadro N°. 13 Costos de la propuesta.....	84
Cuadro N°. 14 Análisis de ahorro.....	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°. 1 Porcentaje de unidades producidas y planificadas por mes para el año 2016.	22
Gráfico N°. 2 Balance de línea para la operación de Reflow (Ensamble del tubo del catéter) para el año 2016.	60
Gráfico N°. 3 Balance de línea para la operación de Tip Bonding (Pegado de la punta) para el año 2016.....	61
Gráfico N°. 4 Balance de línea para la operación de Subassy (Subensamble) para el año 2016.....	62
Gráfico N°. 5 Balance de línea para la operación de Handle (Agarradera) para el año 2016.....	63
Gráfico N°. 6 Balance de línea para la operación de Sterilpack (Empaque estéril) para el año 2016.	64
Gráfico N°. 7 Balance nuevo de línea para la operación de Reflow (Ensamble del tubo del catéter) para el año 2016.	72
Gráfico N°. 8 Balance nuevo de línea para la operación de Tip Bonding (Pegado de la punta) para el año 2016.	73
Gráfico N°. 9 Balance nuevo de línea para la operación de Subassy (Subensamble) para el año 2016.....	74
Gráfico N°. 10 Balance nuevo de línea para la operación de Handle (Agarradera) para el año 2016.....	75
Gráfico N°. 11 Balance nuevo de línea para la operación de Sterilpack (Empaque estéril) para el año 2016.....	76
Gráfico N°. 12 Balance de línea anterior para la operación de Reflow para el año 2016. 77	
Gráfico N°. 13 Balance de línea nuevo para la operación de Reflow para el año 2017... 77	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°. 1 Calificación del operario.....	30
Figura N°. 2 Diagrama de flujo para el proceso XxE	49
Figura N°. 3 Cronograma de control por hora	79
Figura N°. 4 Pizarra informativa.....	81
Figura N°. 5 Retorno de la inversión.....	85

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

CAE: Cuarto de Ambiente Controlado.

DMAIC: Definir, medir, analizar, mejorar, controlar.

SAP: (*Systeme, Anwendungen und Produkte*) (Sistemas, Aplicaciones y Productos)

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló en una empresa que se dedica a la producción de dispositivos médicos con una alta tecnología, los cuales permiten la obtención de resultados exitosos en procesos de diagnóstico y tratamiento de las necesidades específicas de los pacientes. El área en la que se desarrolló el proyecto corresponde a la línea de producción XXE.

La meta principal de dicho proyecto es identificar, analizar y proponer mejoras para resolver problemas de baja productividad, que tiene la línea de producción XXE, de la empresa EVN Medical, ubicada en Alajuela.

En el primer capítulo de este proyecto se encontrará datos que ayudarán al lector a entender las causas del problema que se identificó. Esto se logró mediante entrevistas realizadas al personal operativo, durante recorridos efectuados en el piso de producción, así como información de tiempos de ciclo por parte de la gerencia.

Para el segundo capítulo, se encontrará la información teórica para ayudar al lector a comprender que son y cómo funcionan las metodologías usadas en el proyecto. Se basa en describir las metodologías de manera teórica conceptual, explicando su definición, el uso e importancia.

En el tercer capítulo del proyecto se describen los pasos metodológicos que se siguieron para lograr los objetivos de este proyecto. Se explicará la metodología utilizada en el proyecto para mayor entendimiento del lector así como la clasificación sobre el tipo de investigación, al igual se nombrarán que tipo de herramientas se utilizaron.

El cuarto capítulo se efectúa el diagnóstico, un análisis para la identificación de operaciones con bajo rendimiento que requieren hacer tiempo extra para cumplir con la meta de producción, donde se identificaron tres operaciones

relacionas principalmente al mal balance de la línea y aprovechamiento de los recursos.

Como descripción de la propuesta se hace una herramienta para el balance de línea donde pueda calcularse cuánta cantidad de personas requiere cada operación y así eliminar el tiempo extra.

Para controlar la propuesta se sugiere emplear mecanismos de control y monitoreo, donde se realiza mejoras a nivel de documentación controlada mediante el diseño de cronogramas de control por hora utilizados para el seguimiento de la producción, visualización de indicadores clave en las líneas de producción mediante pizarras de indicadores.

Con la propuesta de este proyecto permite distribuir los recursos de una mejor manera, para lograr la capacidad requerida con cero tiempo extra y con dos personas menos en el proceso de producción, logrando un ahorro económico anual de ¢14 682 525.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto será realizado en la empresa EVN Medical, se utiliza el nombre ficticio EVN Medical para mantener la información confidencial de la empresa.

Uno de los principales problemas que enfrentan las compañías en la actualidad, en sus procesos de manufactura¹, es el mal aprovechamiento de los recursos que se emplean para la transformación de materia prima en el producto terminado. El efecto que tiene esta situación es el incremento en los costos de operación, lo cual impacta directamente el valor del producto, y en su defecto a la compañía en un mercado competitivo, ya que tiene un costo más alto.

El proyecto se enfoca en el diseño de un sistema de capacidad de recursos para el proceso de fabricación de una empresa del sector de manufactura de equipo y dispositivos médicos de alta calidad, basado en la filosofía de lean manufacturing². Esta promueve un modelo de gestión enfocado en utilizar los mínimos recursos necesarios, para entregar el máximo valor agregado a los clientes y obtener la ganancia prevista.

La empresa EVN Medical debe presentar un número mínimo de proyectos a la corporación ya sea aumento en productividad u optimización de procesos; de ahí que se utiliza como proyecto de graduación una propuesta de mejora que cuenta con la aprobación de la Gerencia local para implementarse. De acuerdo con los resultados que se obtengan de los análisis, se cuenta con la aprobación de la Gerencia para realizar una inversión que se estimará conforme el proyecto vaya avanzando y dependiendo de las mejoras que puedan plantear.

Actualmente en la línea XXE tiene como meta producir un aproximado de ocho mil unidades por mes para lo cual se requiere de horas extras y más recurso humano de lo que está estimado para poder cumplir con la meta de producción, en

¹ Proceso de fabricación de un producto que se realiza con las manos o con máquinas.

² Manufactura esbelta, busca la forma de mejorar y optimizar los sistemas de producción.

este momento la empresa se ve afectada, ya que no está generando la ganancia que se tiene prevista.

El problema detectado es el costo elevado por unidad, ya que la meta del costo de mano de obra para la planta está por debajo de lo establecido, así como el tiempo de manufactura esperado por unidad, se está utilizando más recursos para poder cumplir con la meta de producción establecida por mes, pues, de esta manera, no se está obteniendo la ganancia que se tiene prevista para este producto anualmente.

1.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La compañía fue fundada para manufacturar implantes bivalvados³ mecánicos para las válvulas del corazón. Se dedica al desarrollo de tecnología médica de alta calidad para el tratamiento de los pacientes a nivel mundial, promoviendo la aplicación de la medicina preventiva mediante la reducción de los factores de riesgo que se presentan de acuerdo con el tipo de padecimiento.

Desarrolla dispositivos médicos que permiten la obtención de resultados exitosos al momento de diagnosticar y tratar las necesidades específicas de cada paciente en el área cardiovascular. Esto se logra por medio de un control estricto en los procesos de manufactura de sus productos. La planta que se ubica en Costa Rica, se especializa en la fabricación de dispositivos para el tratamiento y diagnóstico de padecimientos cardiovasculares, los cuales se exportan a Estados Unidos, Europa y Asia.

El introductor dirigitivo⁴ posee capacidades de alta tecnología, que le da un mayor control durante los procedimientos de electrofisiología⁵. Indicado para la introducción de diversos catéteres cardiovasculares al corazón, la funda dirigitiva del introductor mejora el acceso a sitios de difícil acceso (incluyendo el lado

³ Aplicable a órganos con dos válvulas.

⁴ Catéter para diagnóstico.

⁵ Técnicas de registro eléctrico que permiten las mediciones de un flujo.

izquierdo del corazón por medio del tabique interauricular⁶), lo que reduce el número de intercambios introductor requerido en procedimientos complejos.

1.3 Historia de la organización

La empresa se fundó en los años 70s en USA, y ha continuado creciendo como líder global en tecnología de dispositivos cardiacos, neurológicos, por medio de desarrollos internos y adquisiciones estratégicas han ampliado su portafolio de productos.

Los productos se venden en más de 100 países alrededor del mundo, y cuentan con operaciones e instalaciones en más de 20 países, actualmente cuenta con más de 16 000 empleados.

La empresa está comprometida con el cumplimiento y superación de las expectativas de la más alta calidad, además de buscar nuevos tratamientos que mejoren la vida de las personas afectadas por enfermedades cardiovasculares. La planta de Costa Rica, se encuentra ubicada en el oeste del Área Metropolitana y cuenta con más de 1 500 empleados.

1.4 PROBLEMATIZACIÓN

¿Por qué se debe hacer el pago de horas extras a los operarios para poder cumplir con el plan requerido de producción?

Actualmente, debe incurrirse en el pago de las horas extras, ya que no se está cumpliendo con la meta de producción estimada por el departamento de planeamiento. Por otro lado, las compañías tratan de minimizar el pago de horas extras, ya que genera un incremento en el costo por unidad manufacturada, cansancio del personal por trabajar más tiempo del ordinario. Las empresas buscan reducir los costos para tener una mejor utilidad y, de esta manera, cumplir

⁶ Es un músculo que divide al corazón en dos cámaras independientes.

con las métricas establecidas por la Corporación para la planta de manufactura en Costa Rica.

¿Por qué la línea de producción de la empresa EVN Medical no cumple con su capacidad, según lo planificado?

La empresa no logra cumplir con la capacidad, ya que no se está aprovechando el recurso humano de la mejor manera. Las empresas de manufactura de dispositivos médicos deben tener líneas de producción que cumplan con las metas planificadas, porque esto les permite lograr mayores niveles de producción y, de esta manera, mejorar la productividad y los ingresos.

La compañía al ser multinacional mantiene plantas de manufactura en diferentes países, para los cuales tienen distintas metas de producción, dependiendo entre otras cosas de la capacidad de producción de acuerdo con la cantidad de líneas de producción.

La planta de Costa Rica está diseñada para ser de alto volumen, de ahí que se toma la decisión de transferir el proceso de manufactura del producto XXE desde Estados Unidos a Costa Rica, pero la meta de producción en Costa Rica no se ha logrado alcanzar, a pesar de tener la capacidad instalada.

1.5 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La empresa EVN Medical es una compañía multinacional⁷ que tiene la base de operaciones en Minnesota, Estados Unidos, quienes con base en el comportamiento del mercado y las ventas, determina las metas de producción para plantas de manufactura como la localizada en Costa Rica para el producto XXE.

Para este producto, la meta de producción en Costa Rica en promedio es 8 938 unidades por mes y, actualmente, se está obteniendo cerca de 8 808 en tiempo ordinario, por lo que para alcanzar el requerimiento corporativo es

⁷ Es una empresa que fue creada en un país, pero cuenta con varias compañías alrededor del mundo.

necesario incurrir en horas extras, esto hace que la empresa se vea afectada, ya que no está generando la ganancia que se tiene prevista. El problema detectado es que se está utilizando más recursos para poder cumplir con la meta de producción establecida por mes.

La empresa cuenta con un indicador que representa la cantidad de unidades establecidas, según la demanda, llamada métrica de producción, esto con respecto a la cantidad de recurso, pero no se está cumpliendo, ya que el recurso planeado no es suficiente, según lo denota el cuadro N°.1. También ha incrementado el tiempo de ciclo de las operaciones que se llevan a cabo para este producto.

Cuadro N°. 1 Comparación de unidades planificadas y unidades producidas por mes en el 2016.

Mes	Unidades planificadas	Unidades Producidas sin tiempo extra	Direfencia de unidades	Porcentaje en tiempo extra
Enero	9 020	8 894	-126	1,65%
Febrero	9 034	8 875	-159	2,03%
Marzo	8 596	8 479	-117	1,65%
Abril	9 250	9 094	-156	1,95%
Mayo	8 866	8 723	-143	1,88%
Junio	8 866	8 757	-109	1,55%
Julio	9 010	8 887	-123	1,62%
Agosto	8 972	8 847	-125	1,65%
Septiembre	8 825	8 718	-107	1,53%
Promedio	8 937,67	8 808,22	-129,44	1,73%

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro N°.1 se aprecia el comportamiento de unidades producidas mensualmente desde enero hasta setiembre del año 2016. Se muestra que existen serios problemas de cumplimiento con la meta de producción, como se puede observar en la primera columna tenemos la cantidad de unidades planificadas por el departamento de planeamiento para cada uno de los meses que espera cumplirse sin tiempo extra, en la segunda columna se observa la cantidad de unidades que lograron producir por mes sin tiempo extra, seguido en

la tercer columna la cantidad de unidades que quedaron debiendo, según lo que se tenía planificado, sin embargo aunque no hay mucha diferencia se trabajó tiempo extra para poder hacer esta cantidad de unidades faltantes y lograr cumplir con la producción, demostrando que la empresa no tiene capacidad para cumplir con la producción sin tiempo extra y, finalmente, en la cuarta columna se muestra el porcentaje que se hizo en tiempo extra para lograr llegar a la meta de producción, si se ve el promedio de estos meses fue de 1,73%.

1.6 JUSTIFICACIÓN

La planta de producción, que se ubica en Costa Rica, inició operaciones en septiembre del año 2010. En los últimos seis años de operación, el enfoque principal de la compañía ha sido la administración de proyectos de transferencia de nuevos productos a la planta. Sin embargo, en año 2013, la organización establece un objetivo estratégico, cuya finalidad es alcanzar la eficiencia y productividad, por medio de un programa de reducción de costos de los productos, cuyo proceso de transferencia ya hubiera concluido.

Existe una norma llamada Desarrollo Exitoso en el cual la organización debe presentar un número mínimo de proyectos a la corporación que ofrezcan al menos una reducción en costos de aproximadamente \$28 000 anuales, aumento en productividad⁸ u optimización de procesos; de ahí que se utiliza como proyecto de graduación una propuesta de mejora que cuenta con la aprobación de la Gerencia para implementarse.

Con base en lo anterior, este proyecto tiene la finalidad de eliminar el pago de horas extra de la línea XXE. (Tomado del Departamento de Ingeniería, el 13 de setiembre del 2016, hora: 9.30 a.m.). La reducción de los costos por un manejo óptimo en la gestión de recursos y desperdicios en la organización se plantea como un objetivo estratégico de importancia primordial para la planta ubicada en

⁸ La productividad es la relación entre la cantidad de producto y los recursos utilizados.

Costa Rica, por lo que la toma de acciones permite una mejor visualización de las operaciones llevadas a cabo en el país.

Por otra parte, este proyecto permite, además, mejorar el proceso bajo estudio, el planteamiento de una metodología que podrá ser replicable en otros procesos de producción establecidos o que, actualmente, se encuentran en proceso de transferencia, mostrándose como un punto de partida para abordajes futuros y como una novedad.

Este proyecto aporta en la carrera de ingeniería industrial un enfoque más detallado acerca del balance de líneas en áreas productivas para minimizar costo en el producto final de las compañías, y poder tener un mejor flujo en cada proceso, utilizando distintas metodologías y garantizando siempre la calidad del producto.

Este proyecto busca aumentar la productividad, y mejorar los procesos productivos para obtener el costo por unidad fijado por la compañía, un punto importante de la permanencia de las operaciones en Costa Rica, se basa en la eficiencia del costo y la rentabilidad que presenta el país como zona productiva, por lo que la mejora continua de los procesos y sistemas de producción contribuye al mantenimiento de estas condiciones favorables de producción.

Todo lo anterior plantea la necesidad de mejorar la capacidad de los recursos, asociados al proceso de producción del producto XXE, que proporcione reducción del tiempo extra, y que permita afrontar el crecimiento del volumen productivo proyectado para el año 2017, y así poder cumplir con el objetivo estratégico de reducción de costos planteado por la compañía.

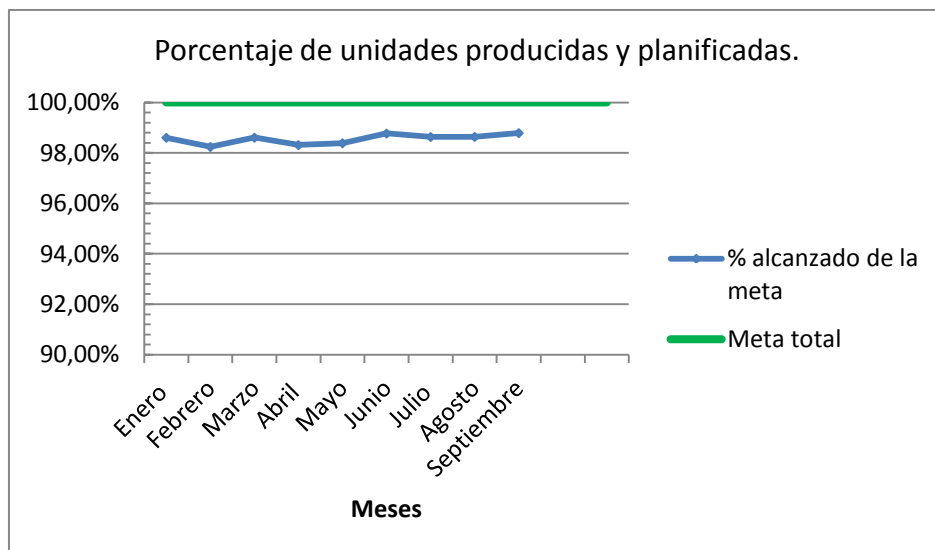


Gráfico N°. 1 Porcentaje de unidades producidas y planificadas por mes para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia

Según se aprecia en el gráfico N°.1 no logra llegarse a la cantidad de unidades planificadas por la corporación, lo cual deben utilizar en promedio un 1,73% de tiempo extra, para cumplir con la demanda establecida.

Cuadro N°. 2 Horas y Gastos en producción en el periodo del mes de enero a septiembre del 2016

Mes	Horas laborales	Horas en tiempo extra	Porcentaje en tiempo extra	Cantidad de dinero en tiempo extra
Enero	12 987	214	1,65%	¢593 850
Febrero	12 935	262	2,03%	¢727 050
Marzo	12 932	214	1,65%	¢593 850
Abril	13 038	254	1,95%	¢704 850
Mayo	13 036	245	1,88%	¢679 875
Junio	11 697	181	1,55%	¢502 275
Julio	12 836	208	1,62%	¢577 200
Agosto	12 580	208	1,65%	¢577 200
Setiembre	11 541	177	1,53%	¢491 175
Total	113 582	1 963	15,51%	¢5 447 325
Promedio	12 620	218	1,73%	¢605 258

Fuente: Elaboración propia.

En este cuadro N°.2 se aprecia en la primera columna la cantidad de horas laboradas por mes, en la segunda columna la cantidad de horas extra que incurre la empresa durante el año 2016 de enero hasta el mes de setiembre para poder cumplir con la meta de producción, en la tercera columna está el porcentaje que representa esa cantidad de horas extras por cada mes, y en la cuarta columna está el dinero que representa estas horas extra por mes, es alrededor de ¢5 447 325 en total de estos nueve meses.

1.7 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.7.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora para eliminar el tiempo extra para el producto XXE en el proceso de producción en la empresa EVN Medical durante agosto-marzo del 2017.

1.7.2 Objetivos específicos

- Medir los tiempos de las operaciones, calculando el tiempo que necesita un operario calificado para realizar una determinada tarea.
- Analizar las operaciones de trabajo que son de menor capacidad “cuellos de botella”
- Implementar acciones técnicas para mejorar el proceso para la línea XXE para aumentar la capacidad del área.
- Desarrollar balances de línea, con base en los resultados del estudio de tiempos para eliminar el tiempo extra.

1.8 ALCANCE

El proyecto se desarrolla en la zona de producción del ensamble principal del producto XXE, perteneciente al departamento EP (Electrophysiology Department). La función principal de esta área es el ensamble de los componentes funcionales del producto XXE. Dentro de los alcances de este proyecto están los siguientes:

- Identificar y analizar los diferentes factores que influyen en la productividad e incrementar dicha productividad en un proceso específico.
- Reducir los costos en los que se incurre por una baja productividad, por la cantidad de tiempo extra que se ocupa.
- Desarrollar balances de línea para poder cumplir con la meta establecida por la compañía.

1.9 LIMITACIONES

No se permite mostrar información como datos confidenciales de la empresa, como el nombre de la empresa, datos numéricos o nombres de productos que permitan detectar a qué empresa se refiere.

CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Los procesos en una industria

En el sector de industria médica es caracterizado por tener procesos en la compañía para manufacturar cada producto que se vende, en este caso, el autor define un proceso como “Un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados” (Gutiérrez, 2010, p.17).

El proceso puede definirse como una secuencia de actividades que se realizan, utilizando ya sea personas, máquinas, materiales o equipos que transforman entradas en un producto o servicio.

2.2.2 La manufactura en una organización

En la actualidad cada compañía necesita del área de manufactura para obtener el producto final. Manufactura se define como “...el proceso de convertir la materia prima en productos. Incluye (1) el diseño del producto, (2) la selección de la materia prima y (3) la secuencia de procesos por los cuales será manufacturado el producto” (Kalpakjian y Schmid, 2002, p.2).

El concepto de manufactura es crear un producto final, transformando los materiales en productos para su distribución y consumo, puede ser con ayuda de una persona o máquinas, siguiendo los diferentes procesos.

2.2.3 El estudio de tiempos

Hoy en día, es de suma importancia que las líneas de producción en una empresa manufacturera estén balanceadas esto con ayuda del estudio de tiempos que se define como “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, para averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución prescrita” (George Kanawaty, 1996, p.273).

Se entiende por estudio de tiempos medir y analizar los tiempos de las operaciones que se consideren necesarias para ejecutar un balance de línea adecuado y poder obtener el mejor rendimiento de la línea. Para verificar el tamaño de muestra para el cálculo se toma en cuenta la utilización de la fórmula:

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

2.2.4 El trabajador calificado

Debe tomarse en cuenta para un estudio de tiempos un trabajador con experiencia en el campo por estudiar. El trabajador calificado se define de la siguiente manera “Es aquel que tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad” (Kanawaty, 1996, p. 306).

Según se indica en el texto anterior el trabajador calificado es aquel con más estabilidad en una operación o algún proceso específico por la repetitividad y experiencia.

2.2.5 Los suplementos por descanso

Se requiere de suplementos de descanso en las jornadas laborales para que el trabajador pueda tener un mejor rendimiento, se definen de esta forma “Es el que se añade al tiempo básico para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales. Su cuantía depende de la naturaleza del trabajo” (Kanawaty, 1996, p. 338).

Puede definirse que los suplementos por descanso es aquel tiempo determinado que ocupa el trabajador para necesidades fisiológicas o recuperarse de algún cansancio laboral. Se dividen en los siguientes dos componentes:

2.2.6 Los suplementos fijos

- Suplemento por necesidades personales

“Suplemento por necesidades personales, que se aplica a los casos inevitables de abandono del puesto de trabajo, por ejemplo para ir a beber algo, a lavarse o al retrete; en la mayoría de las empresas que lo aplican, suele oscilar entre el 5 y el 7 por ciento” (Kanawaty, 1996, p. 339).

- Suplemento por fatiga básica

“Suplemento por fatiga básica, que es siempre una cantidad constante y se aplica para compensar la energía consumida en la ejecución de un trabajo y para aliviar la monotonía. Es corriente que se fije en 4 por ciento del tiempo básico, cifra que se considera suficiente para un trabajador que cumple su tarea sentado, que efectúa un trabajo ligero en buenas condiciones materiales, y que no precisa emplear sus manos, piernas y sentidos, sino normalmente” (Kanawaty, 1996, p. 339).

Estos tipos de suplementos son necesarios para poder considerar cuál es el nivel que va a asignar a la hora de hacer los cálculos en este proyecto, para tener un panorama más claro del porcentaje por asignar.

2.2.7 Los suplementos variables

Están los suplementos variables que se componen de ciertos puntos para evaluar a la hora de realizar un estudio de tiempos. “Los suplementos variables se añaden cuando las condiciones de trabajo difieren mucho de las indicadas; por ejemplo, cuando las condiciones ambientales son malas, y no pueden mejorarse, cuando aumentan el esfuerzo y la tensión para ejecutar determinada tarea” (Kanawaty, 1996, p. 339). Estos suplementos son importantes a la hora del

análisis en la toma de tiempos para saber si son requeridos en el proceso y poder contemplarlos en el estudio.

2.2.8 El tiempo normal

Se conoce como el tiempo que un trabajador dura realizando la operación sin ninguna demora “Como el tiempo real requerido para ejecutar cada elemento del estudio depende de 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 el nivel estándar” (Niebel y Freivalds, 2009, p. 343). Este tiempo se determina a la hora de realizar el estudio de tiempos y se utiliza la siguiente fórmula:

$$TN=TO \times C/100$$

2.2.9 El tiempo estándar

Este tiempo mide el requerido para terminar una unidad de trabajo utilizando método y equipo estándar por algún trabajador a su velocidad normal y con la habilidad requerida. “El tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a un paso estándar y realizando un esfuerzo promedio para realizar la operación se llama tiempo estándar (TE) de esa operación. Por lo general, el suplemento u holgura se da como una fracción de tiempo normal y se usa como un multiplicador igual a 1 + holgura” (Niebel y Freivalds, 2009, p. 343 - 344).

Es importante este cálculo a la hora de planear la producción ya que podrán basarse en esos tiempos para poner determinar la cantidad de unidades que se espera tener y poder medir la eficiencia de departamento. Fórmula requerida:

$$TE= TN + TN \times \text{holgura} = TN \times (1+\text{holgura})$$

2.2.10 Métodos de calificación

Este método es utilizado para poder darle un porcentaje al operario según su ritmo de trabajo para el cálculo del tiempo normal como parte del estudio de tiempos. “La calificación de la velocidad es un método de evaluación del desempeño que considera solo el ritmo de trabajo por unidad de tiempo” (Niebel y Freivalds, 2009, p. 357 - 358). En la siguiente tabla se muestra el número de calificación que se utilizará para calcular el tiempo normal a cada operario.

Figura N°. 1 Calificación del operario

Calificación	Puntos anda verbales	Velocidad de caminata (mi/h)	Cartas repartidas cada 1/2 minuto
0	Sin actividad	0	0
67	Muy lento, torpe	2	35
100	Estable, deliberado	3	52
133	Activo, negociante	4	69
167	Muy rápido, alto grado de destreza	5	87
200	Límite superior por un periodo corto	6	104

2.2.11 La capacidad teórica

Se basa en la capacidad máxima de un proceso sin contar ningún tipo de retraso, que los operarios y máquinas operen al 100%. “La capacidad teórica de un sistema de producción es la tasa de flujo máxima que experimenta el sistema, si sus recursos se utilizan durante el lapso total de tiempo correspondiente a su disponibilidad programada” (Muñoz Negrón, 2009, p. 126).

2.2.12 La capacidad real

Es el volumen de producción que se necesita para satisfacer la demanda según lo requerido por la compañía. “La capacidad real de un proceso productivo se relacionan con políticas operativas de proceso que permiten sincronizar mejor las operaciones productivas, como son el balanceo de las estaciones de trabajo, y

la adecuada programación de las actividades y los recursos” (Muñoz Negrón, 2009, p. 134).

2.2.13 La Utilización

Lo que es el cálculo de la utilización se utiliza para representar cuanto porcentaje se está aprovechando los recursos, en este caso en el proceso productivo. “La planificación de la capacidad requiere el conocimiento de la capacidad actual y su utilización. La utilización, o sea, el grado en que el equipo, el espacio o la mano de obra se emplean actualmente, se expresa como un porcentaje” (Krajewski, Lee 2009, p. 302). Fórmula utilizada:

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Tasa de producción promedio}}{\text{Capacidad Máxima}} \times 100\%$$

2.2.14 Inversión

La inversión es un recurso que se utiliza con el objetivo de alcanzar algún beneficio mayor a futuro. “ En un contexto empresarial, las renunciaciones y satisfacciones se medirán en unidades monetarias por lo cual se entenderá en este caso por inversión todo proceso que implique unos pagos más o menos inmediatos y unos cobros futuros ” (Companys y Corominas, 1988, p. 31).

2.2.15 Retorno de la inversión

Es un valor que mide el rendimiento de una inversión y evalúa qué tan eficiente es el gasto por realizar. La fórmula que da este valor calculado en función de la inversión realizada y el beneficio que se espera obtener es obtenido por el departamento de finanzas de la compañía EVN Medical. “Retorno de la inversión (ROI) es un concepto de la cuantificación del valor de una inversión. Su uso y significado no siempre son precisos. En el contexto de los directivos financieros, el ROI normalmente quiere decir ROIC (Retorno sobre el capital invertido) una medida del rendimiento del negocio” (Government Commerce, 2009, p. 124).

2.2.16 Diagrama de flujo

Es una herramienta que ayuda visualmente a entender el recorrido de un proceso ya que contiene la descripción de las actividades. "El diagrama de flujo representa la esquematización gráfica de un algoritmo. En realidad muestra gráficamente los pasos o procesos a seguir para alcanzar la solución de un problema" (Cairó, 2006, p. 5).

2.2.17 El balance de línea

El balance de línea ayuda a distribuir físicamente de una manera más efectiva las tareas o procesos individuales entre una operación y otra con el fin de que cada operación no cuente con tiempo ocioso. "El objetivo del balanceo de la línea de ensamble es dar a cada operador lo que más se acerque a una misma cantidad de trabajo" (Meyers, 2000, p. 28).

2.2.18 Lean Manufacturing

El término Lean es muy utilizado para referirse a la eliminación de desperdicios en las operaciones, utilizando los principios de gestión, según lo indican (Agustiady & Badiru, 2013, p.29). En esta misma obra, los autores recalcan que: " la idea principal a recordar es la utilización eficaz de los recursos y el tiempo para lograr productos de mayor calidad y garantizar la satisfacción del cliente."

Este mismo autor menciona cómo estos desperdicios provocan insatisfacción en el cliente (enfoque six sigma). Bajo esta óptica, (Agustiady & Badiru, 2013, p.29) proponen la posibilidad de utilizar ambas filosofías en una sola, donde: " el acoplamiento y enfoque de lean y six sigma será reducir los residuos y reducir los defectos."

En el caso del texto de (Francisco Madariaga, 2013, p.33), éste señala puntualmente el objetivo de la filosofía lean: "El lean manufacturing es un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación (personas, materiales, máquinas y métodos) que persigue, mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia mediante la eliminación constante de desperdicios."

Como lo plantean los autores, es necesario entender cómo estos recursos interactúan con el sistema de fabricación como tal y así, poder identificar las actividades que agregan y las que no agregan valor al producto final; para lo cual, se debe implementar un sistema de gestión (lean management) que permita el manejo eficiente de los recursos que se mencionan.

Para el caso de la empresa beneficiada, se escoge la filosofía lean para proponer un sistema que permita gestionar recursos en la producción del producto XXE, y reducir así los desperdicios asociados, donde el desarrollo se lleva a cabo mediante la metodología DMAIC que proviene de la filosofía de six sigma, con lo que se busca siempre asegurar la alta calidad del producto, que es requerida por el tipo de industria.

(Mandariaga, 2013, p.33) explica de una manera muy acertada lo que se debe entender por eficiencia: "no se debe confundir eficacia y eficiencia. Los indicadores de eficacia de un proceso industrial miden exclusivamente el grado de consecución de los resultados esperados, sin relacionarlos con los recursos empleados. Un proceso puede ser muy eficaz (consigue los resultados) pero muy poco eficiente (desperdiciar recursos)"

Como parte de sus objetivos estratégicos, la organización tiene como reto hacer que la tecnología sea accesible económicamente para la población beneficiaria, y a su vez tener la ganancia que se proyectó a lo cual (Mandariaga 2013, p.33) comenta: "en mercados transparentes y competitivos, el precio de venta viene fijado por el mercado. En estas circunstancias, para obtener beneficios se tiene que actuar sobre los costos. Por fortuna, en la mayoría de las fábricas, la proporción del costo de los recursos que realmente aportan valor añadido es muy

pequeña, y hay enormes oportunidades de mejora en la eliminación del desperdicio"

Con ello, para poder alcanzar un costo eficiente en el mercado, que la empresa interesada define como el costo en el que se incurre al hacer un manejo eficiente de los recursos directos para la fabricación del producto XXE, el autor Mandariaga (2013) recomienda centrar la atención en los desperdicios.

2.2.19 La Gestión Lean (Lean Management)

De acuerdo con (Lluís Cuatrecasas, 2010, p.15), éste explica lo que es un sistema de gestión de recursos bajo la filosofía de lean manufacturing: "su objetivo básico debe ser, al fin y al cabo, una gestión altamente eficiente que permita ofrecer a sus clientes los productos y servicios que más le satisfagan y obtenerlos con la máxima calidad y a un costo y tiempo de respuesta mínimo. En definitiva, alcanzar el mayor nivel de competitividad posible."

Como complemento, (Paula Andrea Gómez, 2010, p.84) enumera las características del sistema de gestión basado en la filosofía lean manufacturing:

- Ligera, porque utiliza la cantidad mínima tanto de recursos como de stocks.
- Rápida, porque produce de manera rápida y eficiente (Lead times cortos), throughput rápido y uso de la filosofía "Justo a Tiempo".
- Exacta, porque evita errores de producción (SPC, Poka Yokes, etc.); además, enfatiza en eliminar desperdicios en todo el proceso.
- Visual, ya que utiliza las ayudas de comunicación visual (tarjetas kanban, instrucciones poka yoke).
- Múltiple en cuanto se adapta a diversidad de productos, modelos, mercados o canales de distribución.

- Consistente porque no sufre 'crisis de identidad' y se mantiene en el tiempo, de tal manera que, las nuevas necesidades de producción o las nuevas tecnologías no lo invalidan sino que se integran en éste.
- Prevalece el esfuerzo de equipo (la dirección promueve y es responsable del crecimiento del sistema).
- Se lleva a cabo la producción 'Pull' o de jalón del cliente, flujo de una pieza.
- Tamaño de lotes pequeños.
- Módulos Flexibles y Celdas de Manufactura.
- Cambios de setup frecuentes.
- Mantenimiento preventivo y no correctivo, entre otros.

El enfoque Lean-Six Sigma hace una serie de recomendaciones de distintas herramientas que se pueden aplicar. Se llevan a cabo caminatas, método muy utilizado por la empresa interesada, para tener un grupo interdisciplinario que permita tener una lluvia de ideas y eventos kaizen, para identificar nuevas formas de hacer las cosas (mejora continua). Para hacer un análisis más exhaustivo de las fuentes y causas que generan los desperdicios, se pueden utilizar diagramas de causa y efectos y el análisis de los modos y de los efectos de fallo (FMEA) para identificar criticidad y ocurrencia. Y más a nivel de los cuartos de producción, se utilizan sistemas poka yoke (controles visuales), y para ordenar las áreas de trabajo, se emplean metodologías como cinco eses (5s).

En este sentido, Fortuny Jordi et al. (2008) mencionan las fases para la implantación del sistema de gestión lean: adoptar el paradigma lean, definir el valor, identificar la cadena de valor, diseñar el sistema de producción, implementar la producción basada en el flujo, implementar el sistema pull total, luchar por la perfección.

2.2.20 Metodología DMAIC

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se sigue la metodología DMAIC para definir claramente el proyecto y llevar a cabo las mejoras, todo alineado a resolver el problema detectado. De acuerdo con lo expuesto, (Humberto Gutiérrez, 2010, p 291-293) describe las cinco fases de la metodología:

- Definir el proyecto (D): se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Al finalizar esta fase, se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en el proyecto. Todo esto se resume en el marco del proyecto (project charter).
- Medir la situación actual (M): el objetivo de esta fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Para ello, se definen, a un nivel más detallado para entender el flujo de trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento; se establecen con mayor detalle, las métricas con las que se evaluará el éxito del proyecto, y se analiza y valida el sistema de medición para garantizar métricas con resultados consistentes.
- Analizar la causa raíz (A): la meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema, entender cómo éstas generan el problema y confirmar las causas con los datos. Se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmar éstas con datos.
- Mejorar (I): el objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz y asegurarse de que se corrija o reduzca el problema.
- Controlar para mantener la mejora (C): una vez que se alcanzaron las mejoras deseadas, en esta etapa, se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto. Se deben acordar acciones de control en tres niveles: procesos, documentación y monitoreo.

Cada una de las etapas se encuentra acompañada por herramientas de ingeniería que facilitan la presentación de los datos, donde también se pueden combinar con herramientas procedentes de lean.

2.2.21 El desperdicio

Las empresas constantemente trabajan en minimizar los desperdicios en sus procesos productivos para que esto genere mayor ganancia en su producto. Como lo comenta Gutiérrez (2010) en su libro: "cualquier cosa o actividad que genera costos pero que no agrega valor al producto se considera un desperdicio o muda" (p.96). Con esto, el autor menciona y describe los siete tipos de desperdicios, citando, a su vez, posibles causas e ideas y herramientas para atacar el problema. Los siete desperdicios que mencionan son: sobreproducción, esperas, transportación, sobre-procesamiento, inventarios, movimientos y re-trabajo.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1.1 Clasificación y alcance del proyecto.

En el siguiente proyecto se pretende seguir una metodología adecuada para lograr eliminar del pago de horas extra y hacer un balance de línea en el proceso XXE en la empresa EVN Medical. Este proyecto se logra clasificar en finalidad mixta, debido a que se compone de dos tipos, teórica y aplicada.

Se clasifica este proyecto con finalidad teórica ya que radica en formular nuevas teorías sobre el análisis de capacidad o modificar los existentes, en incrementar los conocimientos pero sin contrastarlos con ningún aspecto práctico. Con base a lo obtenido se construirá un enfoque lean manufacturing para poder estandarizar el área y que se vea beneficiado el departamento de producción. De igual manera, es un proyecto con finalidad aplicada, ya que el trabajo busca la disminución del problema de tiempos improductivos del área XXE de la empresa EVN Medical, esto mediante la aplicación de la estandarización que se construye con la finalidad teórica.

3.1.2 Alcance Temporal

El proyecto es longitudinal ya que va a trabajarse para resolver el problema mediante una estandarización. Se definirá el problema con base a la información brindada por la empresa, como los tiempos improductivos, antecedentes del problema, y con algunos datos tomados de la observación directa del proceso. Como siguiente paso se realizará una toma de tiempos de todo el proceso productivo. Se analizarán los datos de la toma de tiempos, mediante comparaciones para determinar las características y considerar cuales operaciones requieren ser organizadas de diferente manera.

Se dará un control a los cambios ocurridos con la estandarización en la línea XXE y los tiempos improductivos para evaluar la efectividad de la herramienta aplicada y determinar en qué porcentaje se disminuyeron los tiempos improductivos.

3.1.3 Clasificación del marco de proyecto

El proyecto se clasifica en mega, macro y micro, del cual mega sería el lugar donde se realizará el trabajo, en este caso es la empresa EVN Medical, en el área de producción. Su clasificación macro es en el proceso de producción en la línea XXE y su clasificación micro es el subproceso de las operaciones con menor capacidad de producción “cuello de botella”. Se trabajará solamente en las operaciones “cuello de botella” ya que son las que presentan mayor alteración en tiempos improductivos.

3.1.4 Condición del proyecto

La condición en que se realizará el proyecto será en una investigación de campo, debido al estudio que se hará en el área de producción, el comportamiento de los operarios ante un problema con las operaciones de menor capacidad, su forma de resolverlo y los ajustes que le realizan en las operaciones.

3.1.5 Naturaleza y carácter del proyecto.

- **Naturaleza**

El proyecto de graduación es de naturaleza cuantitativa, busca analizarse los datos actuales de la empresa para probar que la implementación de mejoras optimizará el proceso de producción para la línea XXE, además se utilizan números, porcentajes, cuadros y gráficos. Y así ver cómo puede mejorar con la aplicación de la herramienta de estandarización de la metodología lean manufacturing.

Según lo publicado por (Rossana Barragán 2003, p.117) en su libro nombrado Guía para la formulación y ejecución de proyectos de investigación definieron la investigación cuantitativa como: “Las investigaciones cuantitativas se asientan sobre un marco conceptual más cercano a la matemática y a la estadística; por ello, la teoría del muestreo, los mecanismos para la formulación de hipótesis, los grados de confianza, los errores standard..”

En este proyecto se cuantificará el tiempo que se dura en cada operación y cuál es su porcentaje. También se obtendrá los porcentajes de los tiempos que presentaba la empresa antes del proyecto y los que se obtienen después de realizar la mejora, para tener claro donde se mejoró el problema.

3.1.6 Carácter

- **Explicativa:**

Busca explicar por qué se está presentando el problema en el departamento de producción XXE y determinar cuáles son las causas de esa debilidad y proponer mejoras que beneficien a la empresa y que sean sostenibles en el tiempo.

El tipo de investigación explicativa “...está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernández *et al.*, 2010, p.83-84).

- **Exploratorio:**

La investigación es de tipo exploratoria ya que se va a realizar un estudio detallado de las causas del problema de balances de línea en el producto XXE y de qué manera afecta y como se podría evitar que se repita.

- **Prospectivo:**

El proyecto es de tipo prospectivo ya que se va a evaluar y analizar la información que será recolectada en la toma de tiempos de la situación actual, para encontrar la manera más óptima para mejorar el problema de tiempos improductivos por los “cuellos de botella”.

- **Participativo:**

Este tipo el personal participa interactuando a lo largo del proceso con el investigador, en este caso sería cada operario de cada estación de trabajo para poder llegar a una finalidad y poder cumplir con lo que se requiere, de esta forma el operario podrá ayudar a dar mejoras con respecto al proceso que realiza.

- **Descriptiva:**

Con este tipo de investigación se describe como se realiza el proceso de producción y la situación actual de la empresa, se recolecta los datos y se define de qué manera se medirá dicha información. También es analítico, ya que los datos obtenidos en la descripción del proceso actual y las reacciones antes el problema se va a comparar con las características específicas del proceso y la manera de resolver los problemas que se presentan por esa causa.

3.2 SUJETOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN

3.2.1 Sujetos

El proyecto se realizará en la línea de producción XXE en la empresa EVN Medical, los sujetos en estudio son las 37 personas que, actualmente, trabajan en la línea de producción, los 31 operarios, los dos supervisores del área, los dos líderes de la sección y los dos ingenieros del área.

Del área de gerencia se solicitó información a Manrique Ureña debido a sus años de experiencia y el conocimiento que posee en procesos productivos como gerente, y en el área de producción a Freddy Salinas y Zayra Coto supervisores de producción el cual aportaron información de los tiempos y rendimientos actuales del área XXE. La información utilizada para este proyecto es de fuente primaria, ya que se recolectaron por primera vez datos como información de las características de cada proceso y los tiempos actuales. Se tomarán fuentes secundarias, estos datos los proveerá el área de producción, datos como tiempos, y producción por mes.

La información tomada se clasifica como fuentes menores, esto son las especificaciones que debería tener el producto, las cuales tienen por mucho un año de estar vigente y puede ser modificada según lo considere el departamento de ingeniería, los procedimientos de las operaciones son modificados constantemente.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN

Los instrumentos de medición es lo que permite recolectar y registrar información sobre un tema deseado, de esta manera los estudios de tiempo se emplean para establecer tasas de producción, para este proyecto se utilizará los siguientes instrumentos:

3.3.1 La observación

Es una técnica bastante objetiva de recolección y los hechos se estudian sin intermediarios, se evitan distorsiones de los mismos sin embargo, debe cuidar el entrenamiento del observador, para que la observación tenga validez. Se podrán utilizar las siguientes herramientas:

3.3.2 Cronómetro

Para la toma de tiempos es necesario este instrumento, ya que facilita obtener los datos numéricos. Según Kanawaty se define cronómetro como, “Para el estudio de tiempos se utilizan dos tipos de cronometro: el mecánico y el electrónico. El mecánico puede subdividirse en otros tres tipos: el cronómetro ordinario, el cronómetro con vuelta a cero y, de uso menos frecuente, el cronómetro de registro fraccional de segundos u otra unidad de tiempo. El electrónico comprende dos subdivisiones: el que se utiliza solo y el que se utiliza integrado en un dispositivo electrónico de registro.” (George Kanawaty, 1996, p.273-274).

El cronómetro es una de las herramientas de medición de tiempos más común y utilizada para tomar el tiempo de las operaciones a estudiar es un determinado lugar, hay distintos tipos de cronómetro según la actividad a realizar.

3.3.3 Tablero para formulario de estudio de tiempos

El tablero es útil para tener mayor comodidad cuando se va a realizar la toma de tiempos, según lo que define este autor, “Es sencillamente un tablero liso, generalmente de madera contrachapada o de un material plástico apropiado, donde se fijan los formularios para anotar las observaciones. Debe ser rígido y de una tamaño mayor que el más grande de los formularios que se utilicen.” (George Kanawaty, 1996, p.275).

El tablero es utilizado para tener mayor orden a la hora de realizar la toma de tiempos, existen diferentes tipos de tableros eso dependerá de la situación que se presente a la hora de realizar la recolección de datos.

3.3.4 Formularios para el estudio de tiempos

En la actualidad las empresas cuentan con su propio sistema para ingresar cada número obtenido de una toma de tiempos, lo que indica en la definición (George Kanawaty, 1996, p.278), “Los estudios de tiempos exigen el registro de numerosos datos (códigos o descripciones de elementos, duración de elementos, notas explicativas). Los apuntes se pueden tomar en hojas en blanco, pero mucho más cómodo es emplear formularios impresos..”

Se hará con el análisis de los datos que mantiene la empresa, ya que es un estándar para la compañía, y no se puede variar el método, la función de esta herramienta es facilitar la recolección de datos.

CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO

4.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, la empresa EVN Medical presenta una situación en la que se requiere realizar un análisis para encontrar posibles mejoras.

Desde que la empresa inició con la transferencia de nuevos productos desde Estados Unidos hacia Costa Rica la línea XXE de manufactura no se ha logrado cumplir con las métricas del área relacionadas con el volumen de producción, pero la meta de producción establecida por la corporación ha tenido un crecimiento importante desde enero del 2016, actualmente esta meta de producción no se ha logrado cumplir.

Cuadro N°. 3 Cantidad de unidades planificadas y producidas en el periodo del mes de Enero a Septiembre del 2016.

Mes	Unidades planificadas por mes	Unidades Producidas por mes	Diferencia de unidades por mes	Porcentaje en tiempo extra por mes
Enero	9 020	8 894	-126	1,65%
Febrero	9 034	8 875	-159	2,03%
Marzo	8 596	8 479	-117	1,65%
Abril	9 250	9 094	-156	1,95%
Mayo	8 866	8 723	-143	1,88%
Junio	8 866	8 757	-109	1,55%
Julio	9 010	8 887	-123	1,62%
Agosto	8 972	8 847	-125	1,65%
Septiembre	8 825	8 718	-107	1,53%
Promedio	8 937,67	8 808,22	129,44	1,73%

Fuente: Elaboración propia.

Como se denotó en la definición del problema la empresa tiene problemas en cuanto al cumplimiento de las metas de producción ya que no logran cumplir con la cantidad de unidades asignadas por el departamento de planeamiento, en general anda en promedio de una diferencia de 129 unidades por mes, se está

haciendo alrededor de un 1.73% en tiempo extra por mes para poder cumplir con la meta de producción.

Dicha situación ha provocado que la compañía requiera del pago de horas extras al personal, con el fin de cumplir con las métricas. En base a esto se busca establecer mejoras que ayuden a la empresa EVN Medical en lograr sus metas, reduciendo el gasto adicional que tienen por horas extra, lo cual afecta el costo del producto.

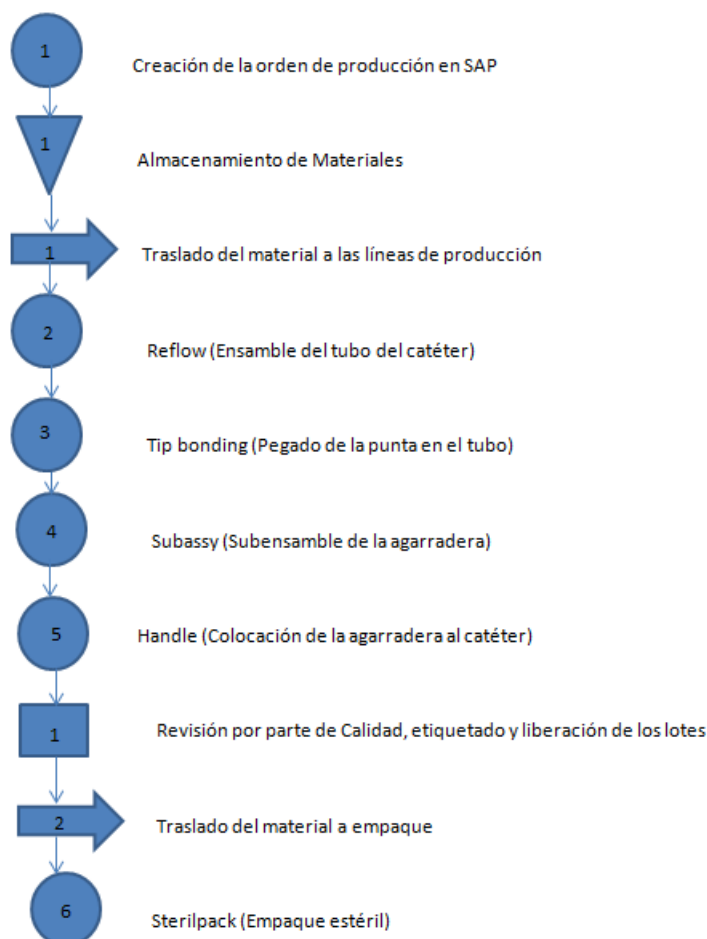
4.2 DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO GENERAL

En la Figura N°.2 se muestra el diagrama de flujo que sigue la línea XXE. El proceso inicia cuando el personal encargado de la administración de los materiales y componentes procedentes de bodega, crean la orden de producción en SAP⁹. Una vez efectuada esta actividad, así mismo son los encargados de suministrar los materiales y componentes a cada una de las líneas de producción. Estas órdenes se crean según el plan de producción ya asignado por el departamento respectivo.

Una vez que se completan las operaciones en estudios de este proyecto en la línea XXE, se le hace una inspección al producto por parte de calidad luego se traslada al área de empaque, y pasa a ser almacenadas fuera del cuarto de ambiente controlado.

⁹ Sistema informático diseñado para modelar y automatizar las diferentes áreas de la empresa y la administración de sus recursos.

Figura N°. 2 Diagrama de flujo para el proceso XXE



Fuente: Elaboración propia.

En la empresa, se dispone de un cuarto limpio, específico, para la ejecución de proceso productivo del producto XXE. Esto, debido a que la empresa se rige bajo la norma 13485¹⁰, la cual establece que la producción se lleve a cabo dentro de cuartos limpios o cuartos de ambiente controlado (CAE's), donde se cumplen una serie de requisitos de control ambiental y controles microbiológicos para proteger las condiciones de inocuidad del producto y proteger la salud del paciente.

¹⁰ Sistema de gestión de la calidad aplicable para dispositivos médicos

El proceso en el cual se enfoca este proyecto inicia con la operación de Reflow (Ensamble del tubo del catéter) la cual se divide en varios subprocesos para completar dicha operación que serían once en total, en este proceso es donde se construye la parte del tubo del catéter, después de pasar por ese proceso se realiza Tip Bonding (pegado de la punta), es donde se inserta la punta al tubo del catéter, que requiere de igual manera de once subprocesos, una vez que ya ha pasado por los distintos subprocesos, se procede a la operación de Subassy (subensamble) donde se construyen los subensambles de la agarradera del dispositivo para la manipulación del doctor, ahí encontramos dos subprocesos, de ahí continua hacia Handle (agarradera) para unir la agarradera con el tubo y sus subprocesos ahí serían siete y finalmente se transporta hacia Sterilpack (empaquete estéril) parte de esta operación están cuatro subprocesos, ahí es donde se van a empacar las unidades para llevarlas a su respectiva localidad en bodega.

En el proceso de producción del producto con el que cuenta la línea XXE es limitada en este momento en lo que se refiere a la entrada y salida de lotes de producto que pasan por ella por lo tanto, debe cumplir con las metas que se tienen en producción de manera efectiva.

Las metas de producción que deben cumplirse por parte de la línea XXE son manejados por el departamento de planeamiento, ellos son los que informan a los encargados de producción, en este caso supervisores, de cuantas unidades son las que deben realizar mensualmente. Ante la presentación de la meta de unidades que hace el departamento de planeamiento los supervisores son al final los que reciben y organizan esto en sus respectivas líneas para que se cumpla, también está unido el departamento de ingeniería, calidad y otros departamentos de soporte de las línea. Dadas las metas y establecidos los objetivos que deben cumplirse en la planta y por cada unidad de trabajo, debe velar por mantener los diferentes indicadores a nivel general en verde, claro está que el nivel de producción y eficiencia forman parte de estos y son de gran importancia pues en ellos logra dividirse que tan bueno es una línea de producción en el momento de

ensamblar un producto cumpliendo con la calidad, el tiempo y la cantidad solicitada por planeamiento.

4.3 TOMA DE TIEMPOS

Premuestreo

Con el fin de verificar que los datos extraídos del sistema representan la realidad del proceso, se realizó una comprobación por medio de un premuestreo realizado durante las semanas 47, 48 y 49, ese premuestreo fue de 15 datos por cada operación, se procede a registrar tiempos haciendo uso del equipo necesario como: cronometro, tabla de apoyo, hoja de registro de tiempos, lapicero. El estudio es realizado en las áreas de trabajo a través de observaciones directas a una distancia considerable de donde se realiza el proceso, con el fin de obtener el tiempo que el empleado utiliza para realizar su trabajo.

A continuación se muestra en el cuadro N°.4 las muestras preliminares de la operación Reflow (Ensamble del tubo del catéter) de los distintos subprocesos, cabe rescatar que cada una de las columnas de la tabla representa un subproceso diferente de este proceso, el tiempo que dura cada unidad que aparece en cada columna está en minutos y fue tomado unidad por unidad en cada subproceso, con distintos operarios, esto con el fin de verificar cuánto dura el operario fabricando cada unidad, en la parte inferior de la tabla se muestran los cálculos requeridos según la fórmula para la toma de tiempos dada por (George Kanawaty, 1996, p.273). Para calcular el tamaño de muestra requerido para cada estación. Los datos preliminares de este estudio se presentan a continuación. Para los datos obtenidos de la muestras de los demás procesos ver apéndice A.

Operación 1. Reflow (Ensamble del tubo del catéter).

Cuadro N°. 4 Datos utilizados en el muestreo.

Muestras	Subproceso 1	Subproceso 2	Subproceso 3	Subproceso 4	Subproceso 5	Subproceso 6	Subproceso 7	Subproceso 8	Subproceso 9	Subproceso 10	Subproceso 11
Muestra 1	0,35	1,70	1,20	5,17	0,61	2,52	1,15	1,29	0,89	0,47	0,37
Muestra 2	0,25	1,58	1,11	4,83	0,57	2,70	1,02	1,21	0,93	0,38	0,38
Muestra 3	0,28	1,57	1,12	5,14	0,60	2,36	1,07	1,23	0,80	0,37	0,44
Muestra 4	0,30	1,47	1,04	4,80	0,59	2,33	1,15	1,37	1,01	0,35	0,38
Muestra 5	0,29	1,61	1,18	4,88	0,47	2,63	1,03	1,50	1,00	0,38	0,39
Muestra 6	0,28	1,68	1,13	5,38	0,65	2,48	1,02	1,25	0,81	0,36	0,37
Muestra 7	0,26	1,62	0,71	4,74	0,70	2,29	1,17	1,38	0,75	0,38	0,40
Muestra 8	0,30	1,71	1,05	4,92	0,55	2,14	1,01	1,61	0,70	0,39	0,36
Muestra 9	0,27	1,48	1,12	5,29	0,69	2,15	1,17	1,26	0,81	0,35	0,38
Muestra 10	0,26	1,52	1,10	4,86	0,66	2,25	1,18	1,33	0,72	0,38	0,35
Muestra 11	0,31	1,59	1,07	5,19	0,64	2,38	1,04	1,45	0,96	0,37	0,36
Muestra 12	0,30	1,40	1,09	5,25	0,71	2,47	1,01	1,54	0,90	0,39	0,37
Muestra 13	0,28	1,60	1,12	4,79	0,54	2,42	1,16	1,48	0,99	0,36	0,36
Muestra 14	0,27	1,69	1,04	4,71	0,52	2,14	1,18	1,59	0,92	0,37	0,38
Muestra 15	0,25	1,72	1,11	4,85	0,55	2,28	1,11	1,66	0,86	0,36	0,39
Promedio	0,28	1,60	1,08	4,99	0,60	2,37	1,10	1,41	0,87	0,38	0,38
n`	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Sum X^2	1,21	38,34	17,65	373,70	5,53	84,61	18,15	30,13	11,50	2,15	2,16
(Sum X)^2	18,06	573,12	262,12	5595,04	81,90	1263,09	271,26	447,32	170,30	32,04	32,26
Sum X	4,25	23,94	16,19	74,8	9,05	35,54	16,47	21,15	13,05	5,66	5,68
n	13	5	16	3	21	8	6	17	20	9	5

Fuente: Elaboración propia.

Aquí se muestra para el proceso de reflow los datos de la toma de tiempos del premuestreo pero en el apéndice 1 se muestra todas las operaciones que se incluyen en este estudio de tiempos, en la última fila de la tabla anterior podemos observar para cada uno de los subprocesos el tamaño de muestra que se debe recolectar.

Ahora podemos observar en el cuadro N°.5 la cantidad de muestras restantes que se necesitaba según el cálculo de la muestra anterior, de la operación Reflow (Ensamble del tubo del catéter) de los distintos subprocesos, cada una de las columnas de la tabla representa un subproceso diferente de este proceso, el tiempo que dura cada unidad que aparece en cada columna está en minutos, en la parte inferior de la tabla se muestran el promedio de cada uno de los tiempos de los subprocesos de la operación. Para los datos obtenidos de la muestras de los demás procesos ver apéndice B.

Los datos para la estación de Reflow (Ensamble del tubo del catéter) de este estudio se presentan a continuación.

Operación 1. Reflow (Ensamble del tubo del catéter).

Cuadro N°. 5 Datos utilizados en el muestreo.

Muestras	Subproceso 1	Subproceso 2	Subproceso 3	Subproceso 4	Subproceso 5	Subproceso 6	Subproceso 7	Subproceso 8	Subproceso 9	Subproceso 10	Subproceso 11
Muestra 1	0,35	1,70	1,20	5,17	0,61	2,52	1,15	1,29	0,89	0,47	0,37
Muestra 2	0,25	1,58	1,11	4,83	0,57	2,70	1,02	1,21	0,93	0,38	0,38
Muestra 3	0,28	1,57	1,12	5,14	0,60	2,36	1,07	1,23	0,80	0,37	0,44
Muestra 4	0,30	1,47	1,04	4,80	0,59	2,33	1,15	1,37	1,01	0,35	0,38
Muestra 5	0,29	1,61	1,18	4,88	0,47	2,63	1,03	1,50	1,00	0,38	0,39
Muestra 6	0,28	1,68	1,13	5,38	0,65	2,48	1,02	1,25	0,81	0,36	0,37
Muestra 7	0,26	1,62	0,71	4,74	0,70	2,29	1,17	1,38	0,75	0,38	0,40
Muestra 8	0,30	1,71	1,05	4,92	0,55	2,14	1,01	1,61	0,70	0,39	0,36
Muestra 9	0,27	1,48	1,12	5,29	0,69	2,15	1,17	1,26	0,81	0,35	0,38
Muestra 10	0,26	1,52	1,10	4,86	0,66	2,25	1,18	1,33	0,72	0,38	0,35
Muestra 11	0,31	1,59	1,07	5,19	0,64	2,38	1,04	1,45	0,96	0,37	0,36
Muestra 12	0,30	1,40	1,09	5,25	0,71	2,47	1,01	1,54	0,90	0,39	0,37
Muestra 13	0,28	1,60	1,12	4,79	0,54	2,42	1,16	1,48	0,99	0,36	0,36
Muestra 14	0,27	1,69	1,04	4,71	0,52	2,14	1,18	1,59	0,92	0,37	0,38
Muestra 15	0,25	1,72	1,11	4,85	0,55	2,28	1,11	1,66	0,86	0,36	0,39
Muestra 16			1,15		0,55			1,57	0,70		
Muestra 17					0,57			1,45	0,82		
Muestra 18					0,59				0,96		
Muestra 19					0,64				0,75		
Muestra 20					0,60				0,80		
Muestra 21					0,59						
Promedio	0,28	1,60	1,08	4,99	0,60	2,37	1,10	1,42	0,87	0,38	0,38

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1 Suplementos

La magnitud de los porcentajes asignadas para el cálculo de los suplementos son establecidas según la tabla de la OIT (Organización internacional de trabajo) por la empresa EVN Medical como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N°. 6 Suplementos.

Suplementos	Porcentaje
Necesidades Personales	5%
Fatiga	4%
Total	9%

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Tiempo Normal

Para el tiempo normal se requiere de la calificación del empleado donde se le asignó un 100 que corresponde al desempeño estándar de un operario calificado según la tabla de Niebel (ver figura 1). Esto debido a que los operarios pasan por un proceso de certificación antes de ingresar a la línea de producción, donde se asegura que los operarios logran adquirir la técnica requerida para poder procesar unidades aceptables. El siguiente es un ejemplo del proceso de Reflow para el subproceso 1, y se utiliza la siguiente fórmula para el tiempo normal:

$$TN = TO \times C / 100$$

$$TN = 0,93 \times 100 / 100 = 0,93$$

TN= Tiempo Normal.

TO= Tiempo Observado.

C= Calificación del empleado.

4.3.3 Tiempo Estándar

El tiempo estándar; se calcula considerando los tiempos cronometrados a los que se le agregan, los suplementos que sería el factor de actuación calculados con anterioridad. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$TE = TN + TN \times \text{holgura} = TN \times (1 + \text{holgura})$$

TE= Tiempo estándar.

TN= Tiempo Normal.

Este es un ejemplo del proceso de Relow para el subproceso 1.

$$TE = 0,93 \times (1 + 0,09) = 1,01$$

4.3.4 Capacidad Teórica

En cuanto a la capacidad teórica es la capacidad máxima que tiene el proceso de producción, en cuanto a la cantidad de unidades que se podrían sacar por semana, como se observa en el cuadro N°. 7 en la primer columna está la cantidad de turnos que tiene la línea XXE, en la segunda columna está en tiempo disponible para laborar cada turno, la tercer columna sería el tiempo de almuerzo o cena que está estipulado por la empresa, la cuarta columna cada turno tiene cinco minutos para reuniones informativas durante el día, en la quinta columna están asignados diez minutos para hacer los estiramientos necesarios para evitar alguna molestia física por parte del trabajador, en la quinta columna están otros como algún imprevisto y por último en la sexta columna está el tiempo real productivo por día disponible para sacar la meta de producción diaria.

Cuadro N°. 7 Distribución de tiempos de turno.

Turno	Tiempo Disponible por día	Almuerzo / Cena	Reuniones	Estiramiento	otros	Tiempo productivo real por día
A	9,5 Horas	55,0 Minutos	5,0 minutos	10,0 minutos	20,0 minutos	8,0 Horas
B	8,0 Horas	55,0 Minutos	5,0 minutos	10,0 minutos	20,0 minutos	6,5 Horas
Total	17,5 Horas	110,0 minutos	10,0 minutos	20,0 minutos	40,0 minutos	14,5 Horas

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5 Capacidad Real

Es la capacidad de producción que tienen los operarios en esta caso sería por semana, son aquellas unidades que actualmente logran producir.

4.3.6 Utilización

La utilización me va ayudar a entender que tanto se están aprovechan los recursos en cada subproceso, se muestra la fórmula y un ejemplo para el cálculo de la utilización.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Tasa de producción promedio}}{\text{Capacidad Máxima}} \times 100\%$$

Este es un ejemplo del proceso de Relow para el subproceso 1.

$$\text{Utilización} = \frac{2192}{7016,13} \times 100\% = 0,31 = 31\%$$

Según el estudio de tiempos como se observa en el cuadro N°. 8 algunas de las operaciones no están cumpliendo la utilización deseada para la empresa que es de un 100 % para cada subprocesos, mientras que otras están sobre la meta.

En el siguiente cuadro se puede observar en la primer columna cada uno de las operaciones, en la segunda columna la cantidad de personas que tiene cada estación de trabajo actualmente según lo que tiene asignado el departamento de ingeniería a cada estación de trabajo, en la tercer columna el tiempo estándar que dura una persona haciendo una unidad desde que inicia la operación hasta que termina, en la cuarta columna la cantidad de piezas que deberían sacar por hora en cada subproceso, en la quinta columna la cantidad de días que trabajan por semana en este caso son cinco días cada turno, en la sexta columna las horas que cada día se labora que son 17.5 horas entre los dos turnos, de las cuales solo 14.5 son efectivas lo que quiere decir que 3 horas son de almuerzos o cenas, reuniones, estiramientos entre otros.

En la séptima columna se muestra la capacidad diseñada o teórica, es la cantidad de unidades que el operario podría sacar en una semana, en la octava columna la eficiencia que debería tener la cada uno de los subprocesos normalmente que es de un 100%, en la novena columna la capacidad efectiva que es aproximadamente la cantidad de unidades que el operario hace por semana actualmente, y por último la décima columna la utilización que tiene cada subproceso que como se nota en algunos están por debajo del 100% considerablemente y otros subprocesos por encima. Para los datos obtenidos de las tablas de los demás procesos ver Apéndice C.

Operación 1. Reflow (Ensamble del tubo del catéter).

Cuadro N°. 8 Balance de línea para Reflow.

Subprocesos	Número de personas	Tiempo estandar minuto por pieza	Cantidad de piezas por minuto	Cantidad de días por semana	Horas por día	Capacidad teórica al mes	Eficiencia	Capacidad Real	Utilización
Subproceso 1	0,50	0,31	3,23	5,00	14,50	7016,13	1,00	2192,00	31%
Subproceso 2	1,50	1,74	0,57	5,00	14,50	3750,00	1,00	2200,00	59%
Subproceso 3	0,50	1,18	0,85	5,00	14,50	1843,22	1,00	2221,00	120%
Subproceso 4	2,00	5,44	0,18	5,00	14,50	1599,26	1,00	2203,00	138%
Subproceso 5	1,00	0,65	1,54	5,00	14,50	6692,31	1,00	2222,00	33%
Subproceso 6	1,00	2,58	0,39	5,00	14,50	1686,05	1,00	2221,00	132%
Subproceso 7	1,70	1,20	0,83	5,00	14,50	6162,50	1,00	2206,00	36%
Subproceso 8	0,30	1,55	0,65	5,00	14,50	841,94	1,00	2195,00	261%
Subproceso 9	0,70	0,95	1,05	5,00	14,50	3205,26	1,00	2192,00	68%
Subproceso 10	0,50	0,41	2,44	5,00	14,50	5304,88	1,00	2184,00	41%
Subproceso 11	1,00	0,41	2,44	5,00	14,50	10609,76	1,00	2178,00	21%

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presenta un balance de línea en el gráfico N°.2, basado en la tabla anterior, donde se puede apreciar las distintos subprocesos del proceso de Reflow y su capacidad teórica y la cantidad de personas asignadas actualmente a estas operaciones. Además, se muestra la meta semanal requerida para esta operación, denotada por la línea roja.

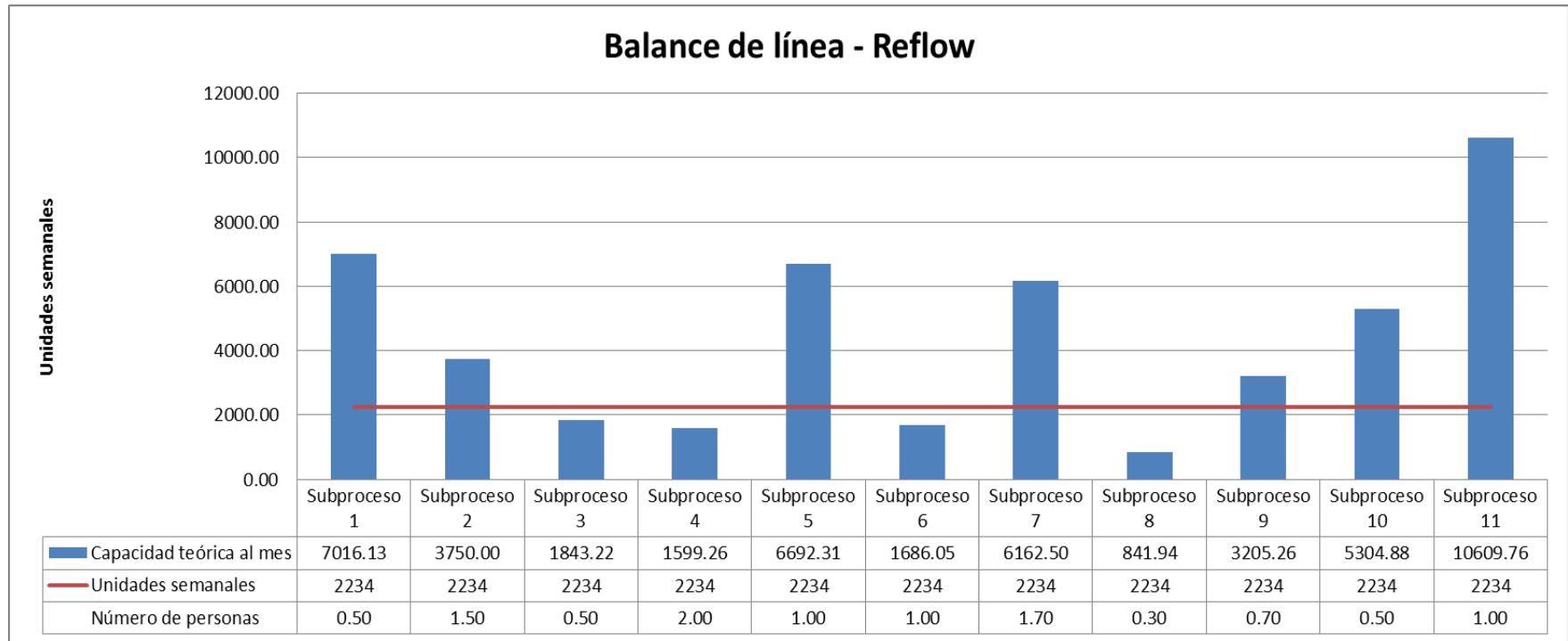


Gráfico N°. 2 Balance de línea para la operación de Reflow (Ensamble del tubo del catéter) para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia

El balance de línea actual del proceso de Reflow cuenta con 10.7 personas, los tiempos recolectados del estudio de tiempos muestran que hay cuatro subprocesos que no cuentan con la capacidad requerida aproximada de 2234 unidades semanales, estos subprocesos son el 3, 4, 6 y 8. También se observa como los procesos 1, 2, 5, 7, 9, 10 y 11 están por encima de la demanda semanal. A continuación se muestra el balance de línea de los procesos Tip bonding, subensamble, Handle y Sterilpack.

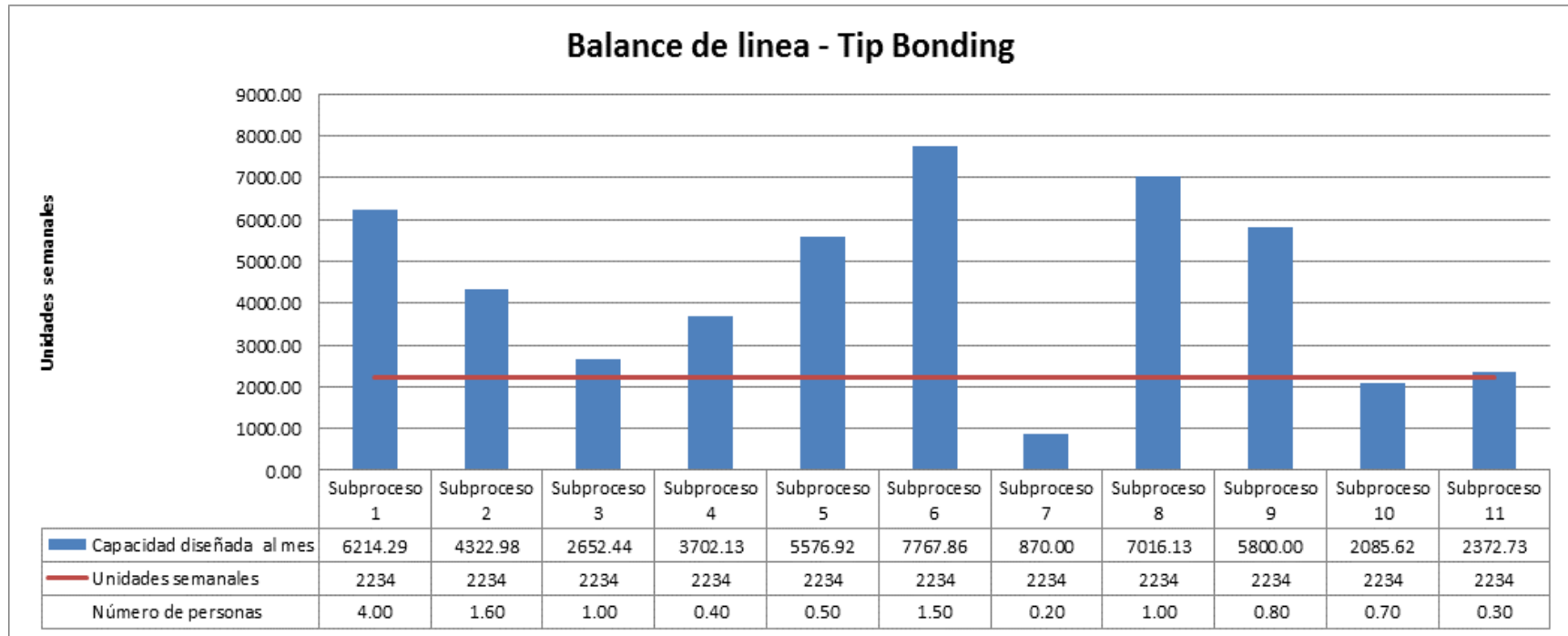


Gráfico N°. 3 Balance de línea para la operación de Tip Bonding (Pegado de la punta) para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el balance de línea actual del proceso tiene 12 personas, con los tiempos recolectados del estudio de tiempos, muestran que hay dos subprocesos que no cuentan con la capacidad requerida de 2234 unidades semanales, estos subprocesos son el 7 y 10, así mismo se muestra como la mayoría de los subprocesos si están por encima de la meta.

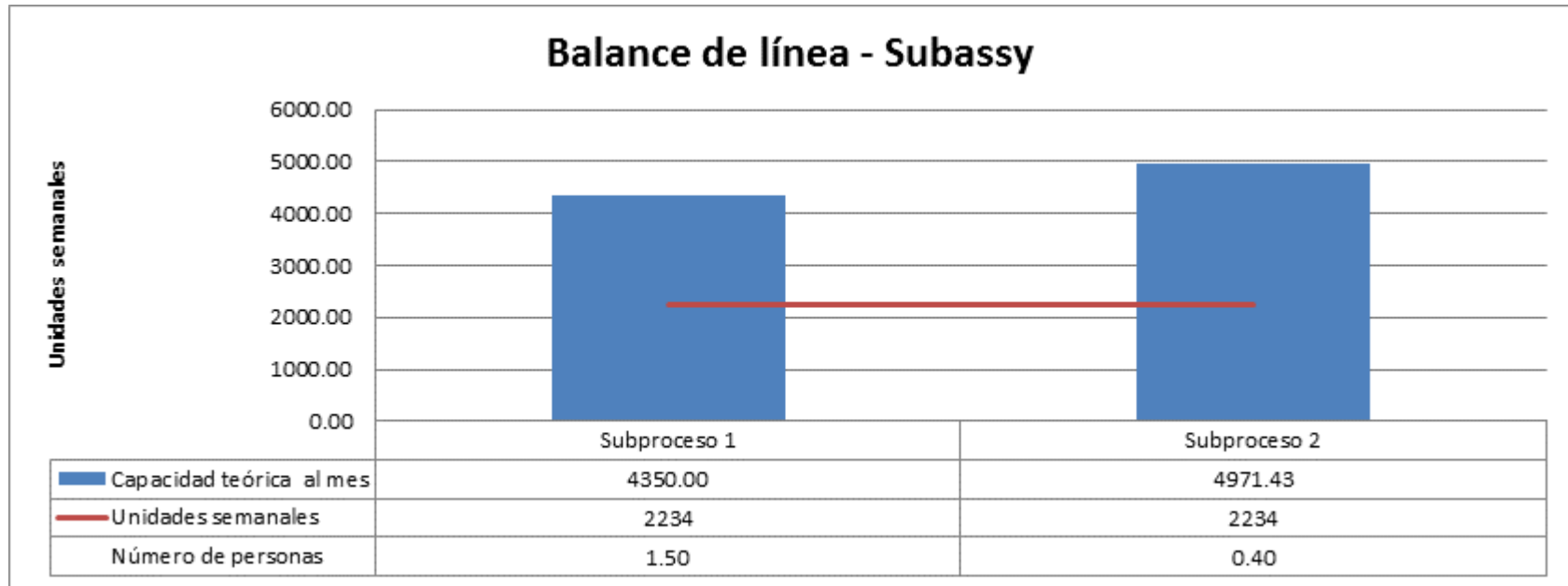


Gráfico N°. 4 Balance de línea para la operación de Subassy (Subensamble) para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia

Se observa en este balance de línea de este proceso tiene 1.90 personas, con los tiempos recolectados del estudio de tiempos, muestran que los dos subprocesos cuentan con la capacidad requerida de 2234 unidades semanales, y que uno de ellos está más arriba de la línea roja que sería la meta requerida.

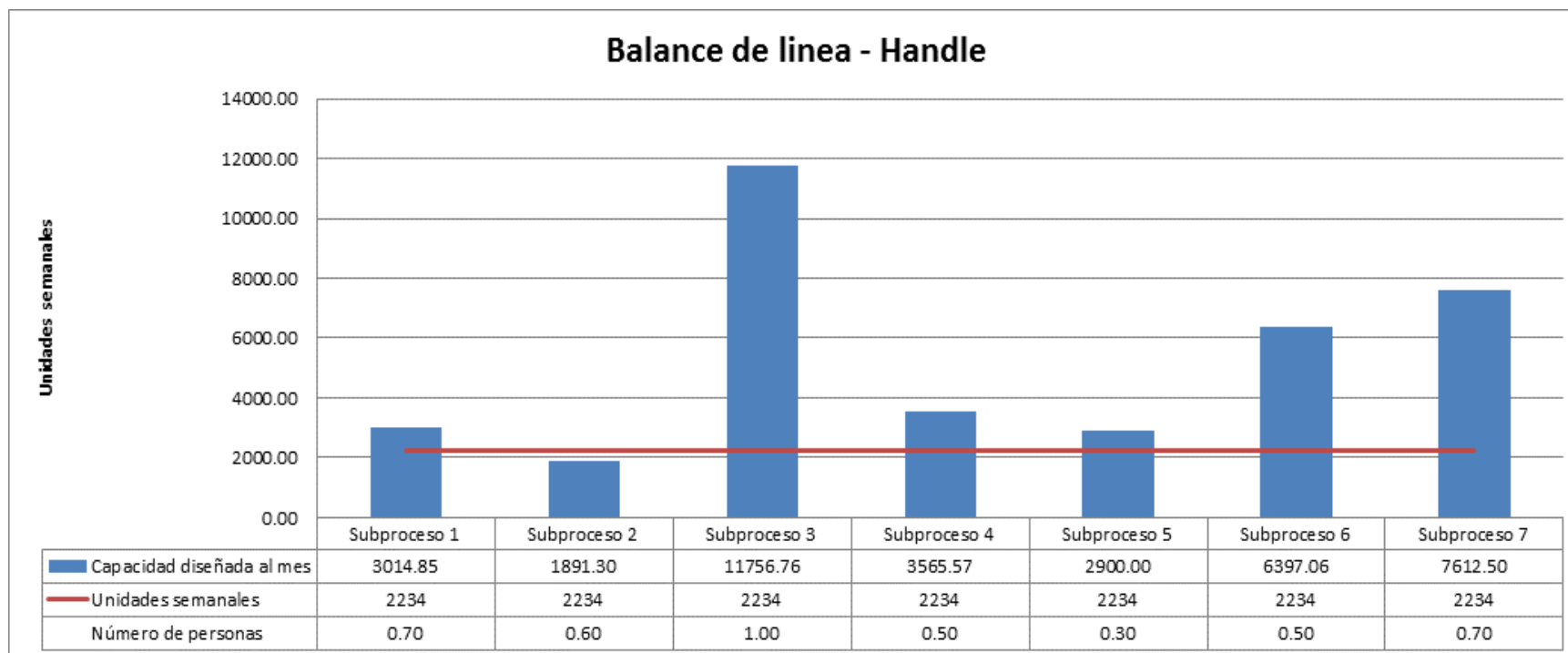


Gráfico N°. 5 Balance de línea para la operación de Handle (Agarradera) para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia

En este gráfico el balance de línea actual del proceso cuenta con 4.3 personas, con los tiempos recolectados del estudio de tiempos, muestran que hay un subprocesos que no cuenta con la capacidad requerida de 2234 unidades semanales, este es el subprocesos 2. Los demás están por encima de la meta he incluso el subproceso 3 es el que más sobrepasa la línea.

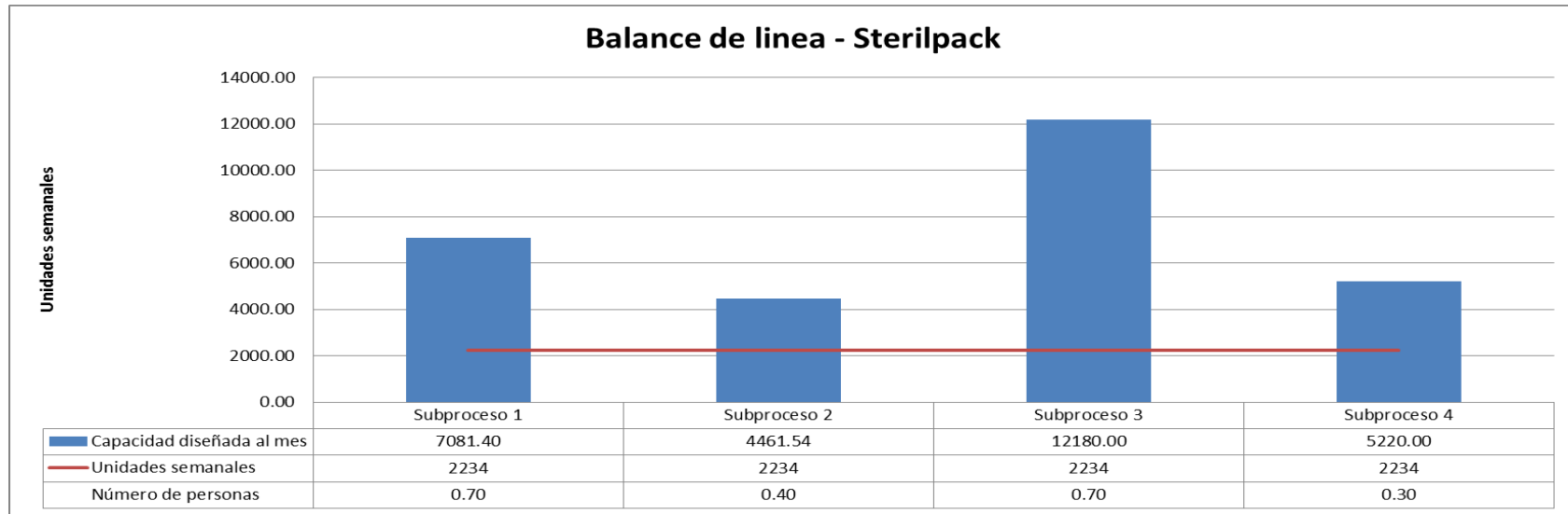


Gráfico N°. 6 Balance de línea para la operación de Sterilpack (Empaque estéril) para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia

En el balance de línea actual del proceso está en la distribución 2.1 personas, con los tiempos recolectados del estudio de tiempos, muestran que los subprocesos si cuentan con la capacidad requerida de 2234 unidades semanales, lo cual están por arriba de la meta de producción semanal.

Dada la situación anterior nos genera la necesidad de revisar los procesos de cada una de las partes que forman el catéter así como la capacidad de proceso actual durante el ensamble de las piezas del producto, también logrando

procesos rentables para el negocio, sin dejar de vista el que debe entregarse a los clientes productos que cumplan con las entidades reguladoras de dispositivos médicos.

En el siguiente cuadro N°.9 se puede observar en resumen las operaciones que no cuentan con la capacidad requerida según el balance de línea actual, como se puede observar en la primer fila esta la operación de Reflow (Ensamble del tubo del catéter) actualmente tiene cuatro subprocesos que no cumplen con la capacidad requerida por planeamiento serían la 3,4,6 y 8, en la tercer fila está la operación de Tip Bonding (Pegado de la punta) con dos subprocesos y por último esta la operación de Handle (agarradera del catéter) con un subproceso. En total estos siete subprocesos van a ser analizados, así como las otras operaciones restantes que están por encima de la capacidad requerida.

Cuadro N°. 9 Cantidad de operaciones a analizar.

Proceso	Cantidad de subprocesos de baja capacidad	Número de subprocesos
Reflow	4	3, 4, 6 y 8
Tip Bonding	2	7 y 10
Handle	1	2

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N°.10 se observa la cantidad de personas que requiere cada una de las operaciones según el balance actual de línea que tiene diseñado el departamento de ingeniería industrial.

Cuadro N°. 10 Cantidad de personas por operación.

Proceso	Cantidad de personas por operación
Reflow	10,7
Tip Bonding	12
Subassy	1,9
Handle	4,3
Sterilpack	2,1
Total	31

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis anterior de este capítulo cuatro da como resultado que el balance de línea actual que tiene el personal de ingeniería industrial no es el más apto para la cantidad de demanda que está requiriendo la compañía debido al mal aprovechamiento de los recursos, se demuestra en los gráficos que la cantidad de recursos se excede en algunas operaciones y para otras esta la ausencia de recurso personal lo que hace que no se cumpla con la capacidad requerida y debido a eso se ven en la necesidad de realizar horas extra para poder cumplir con la demanda, es notorio que el problema no es en espacio, de estaciones de trabajo, ni de personal, es solo de distribución de los recursos.

4.4 Los 5 Porqués

En este proyecto se utilizará la técnica de los 5 porqués, esta herramienta de análisis es utilizada para la resolución de problemas que consiste en realizar sucesivamente la pregunta ¿por qué? hasta obtener la causa raíz del problema, con el objetivo de poder tomar las acciones necesarias para erradicarla y solucionar el problema.

El número cinco no es fijo y hace referencia al número de preguntas a realizar, de esta manera se trata de ir preguntando sucesivamente ¿por qué? hasta encontrar la solución, sin importar el número de veces que se realiza la pregunta.

Según la recolección de datos que se hizo para este proyecto se obtiene las siguientes preguntas que nos podría ayudar a encontrar la raíz del problema:

1. ¿Por qué actualmente no se está cumpliendo con capacidad de producción en la línea XXE en la empresa EVN Medical y que deben hacer?

No se está cumpliendo con la capacidad según lo planeado por la empresa debido a que deben hacer el pago de horas extras para poder cumplir con la producción establecida por el departamento de planeamiento.

2. ¿Por qué se debe hacer el pago de horas extras en la línea de producción?

Se debe realizar el pago de horas extras para poder cumplir con la meta de producción propuesta por el departamento de planeamiento.

3. ¿Por no están cumpliendo con la meta de producción?

Actualmente no se están cumpliendo con la meta de producción ya que el balance de línea actual no es el adecuado.

4. ¿Por no el balance de línea no es el adecuado?

Después de un análisis de tiempos se determina que el balance de línea no es el adecuado conforme lo maneja ingeniería, ya que ciertas operaciones tienen mayor capacidad que lo establecido y en algunos casos menor al asignado.

5. ¿Por qué no se ha corregido el balance de línea?

El balance de línea actual no es el correcto debido a la ausencia de estudio de tiempos por parte del departamento de ingeniería industrial.

5.5 Conclusiones del diagnóstico

Una vez que se centra la atención en los costos elevados se logra indagar acerca de las causas que los generan, y así poder determinar cómo se pueden reducir el impacto, para que esto tenga una relación directa en la reducción del costo del producto XxE. La etapa del diagnóstico se enfoca en trabajar dichas causas, y buscar soluciones viables, tomando en cuenta los hallazgos realizados en esta etapa de diagnóstico.

CAPÍTULO V: DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

5.1 Selección de la propuesta

Basado en la conclusión del capítulo 4, donde se evidenció que el problema está causado por la distribución de los recursos, se procede a desarrollar un balance de línea que permita producir la demanda requerida sin la necesidad de horas extras.

El Departamento de Producción es de vital importancia dentro de la Empresa EVN Medical, por ello, se propone balancear la línea de producción XXE nuevamente, considerando el estudio de tiempo y movimiento para determinar cuellos de botella y así mejorar el proceso productivo y el funcionamiento de la planta, además de considerar los tiempos de ciclo y el número de puestos de trabajo para lograr el balanceo.

La necesidad de ayudar a pacientes con distintos tipos de padecimientos hace garanticen al cliente la satisfacción de sus necesidades con la obtención de un producto libre de defectos y con una excelente calidad, hace que el departamento de producción mejore y se adapte a la incorporación de nuevos cambios que mejoren su proceso productivo.

Una línea de producción balanceada permite garantizar que el proceso productivo se desarrolle con total normalidad, obteniendo un producto de buena calidad, en el menor tiempo posible, con menor esfuerzo y fatiga así logrando el objetivo al menor costo posible. Para ello, se debe hacer uso de las herramientas de ingeniería de métodos que permitan diagnosticar y atacar los cuellos de botella a fin de resolver cualquier eventualidad en el desarrollo del proceso productivo. Sin embargo, el lograr identificar el punto crítico del problema nos permitirá atacarlo y ejercer alguna acción correctiva que garantice continuar con la producción y planificar estrategias a largo plazo que minimicen el tiempo necesario para realizar cualquier actividad.

En este apartado del proyecto se dará solución a la problemática expuesta en el capítulo anterior sobre el mal balanceo de la línea XXE, para la solución se analizarán las distintas operaciones del proceso y cada uno de los subprocesos.

A continuación se nota en el siguiente gráfico la propuesta del balance actual para Reflow, donde se observa la mejora en cada subproceso, la línea roja representa la meta actual a cumplir y las barras azules representan la capacidad teórica del mes con la cantidad de personas que se requiere para cumplir con esta meta.

En las operaciones donde se distribuyen 0.5 personas son las operaciones que realizan el trabajo en menor tiempo por lo que requieren menor cantidad de personas, por lo tanto en el caso de esta operación para el subproceso N°.1 requiere 0.5 personas y los operarios están debidamente entrenados en todos los subprocesos de esta operación Reflow, y se pueden trasladar a cualquier estación de trabajo, por ejemplo en el subproceso N°.4 cuando se requiera la misma persona se puede pasar a realizar el trabajo del subproceso N°.1.

En este caso en el balance anterior estaba para 10.7 personas, en el propuesto se requieren una distribución de 12 personas para poder cumplir con el plan de producción.

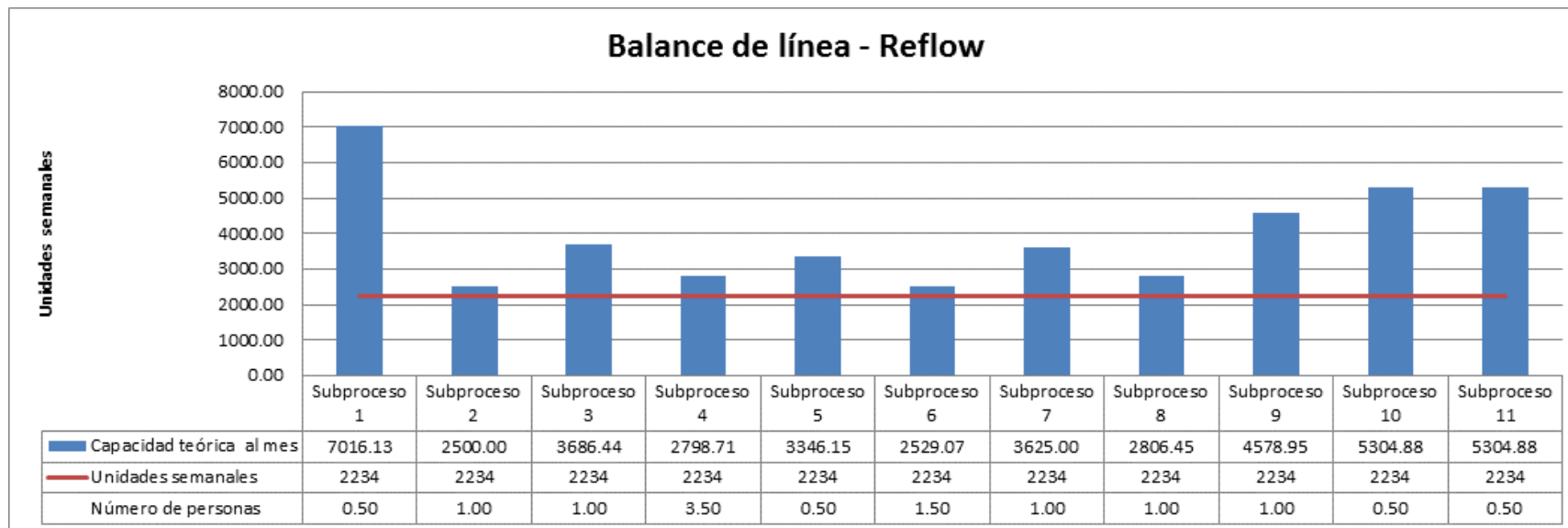


Gráfico N°. 7 Balance nuevo de línea para la operación de Reflow (Ensamble del tubo del catéter) para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente gráfico donde se observa la operación de tip bonding de igual manera se logra mejorar el balance de línea y con esto se logrará cumplir el objetivo, para este caso en el balance anterior tenía una distribución de 12 personas, y en el actual se estarían ocupando 8.5 personas, lo cual estamos ocupando menor personal para esta operación, que se podría distribuir en otros procesos.

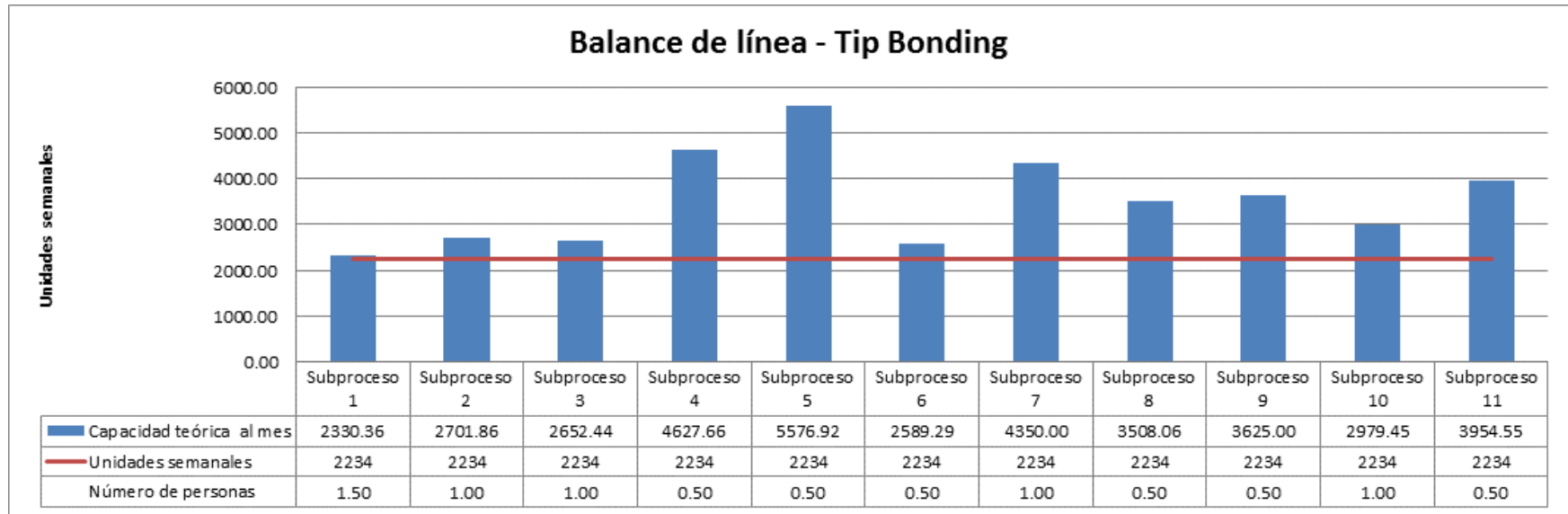


Gráfico N°. 8 Balance nuevo de línea para la operación de Tip Bonding (Pegado de la punta) para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

Para lo que es el balance de línea de Subassy (subensamble) en el balance anterior tenía una distribución de 1.9 personas, para lo actual se requiere de 2 personas en esa operación para cumplir con el plan de producción.

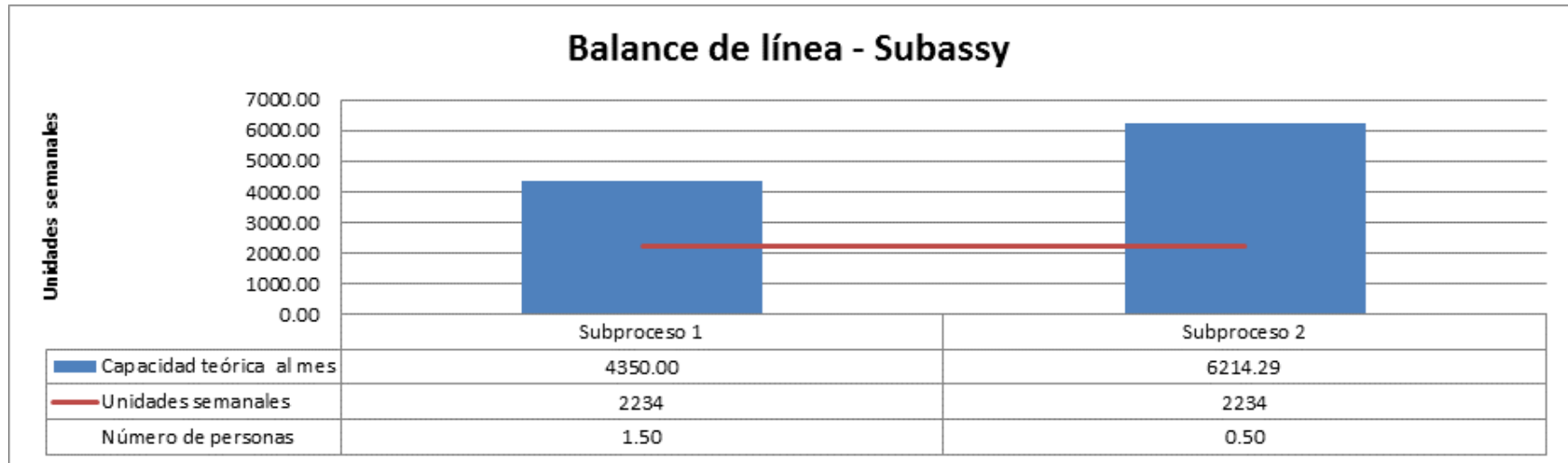


Gráfico N°. 9 Balance nuevo de línea para la operación de Subassy (Subensamble) para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico N°.10 representa la operación de Handle, en esta operación según el balance que estaba establecido se ocupaban 4.3 operarios, con el análisis actual se están requiriendo 4.5 operarios esto con el fin de lograr cumplir la meta de producción.

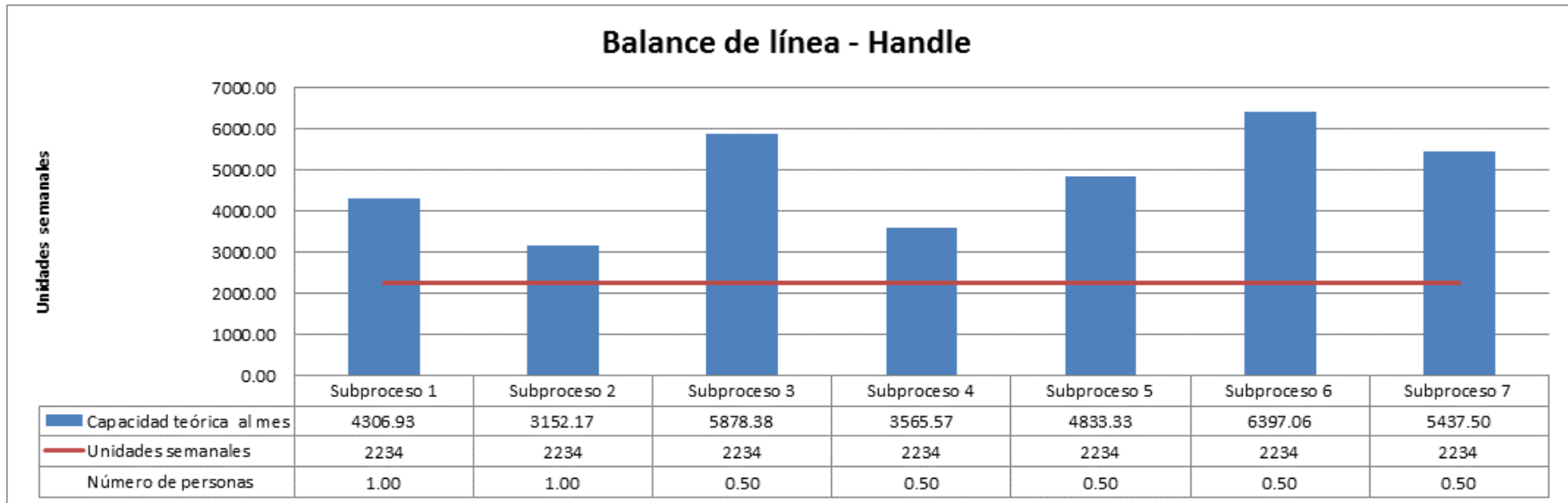


Gráfico N°. 10 Balance nuevo de línea para la operación de Handle (Agarradera) para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

Por último tenemos la operación de Sterilpack del cual era necesario 2.10 operarios y con el balance de línea actual será necesario solo 2 operarios para cumplir con el objetivo.

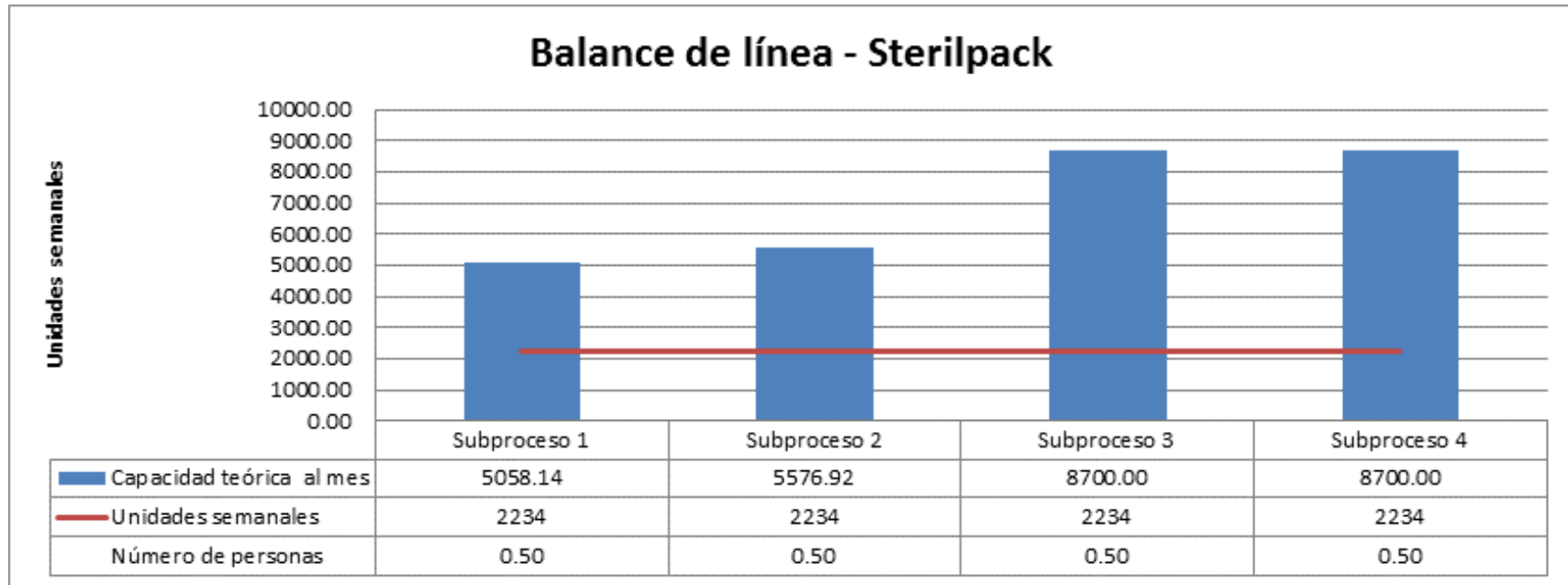


Gráfico N°. 11 Balance nuevo de línea para la operación de Sterilpack (Empaque estéril) para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

Estos dos gráficos comparativos se nota antes del balance para la operación de Reflow que en cuatro operaciones no se lograba cumplir con la meta requerida, después de realizar el nuevo balance según los tiempos recolectados ya la línea de producción logra cumplir con el plan requerido, se logra determinar la distribución de cargas de trabajo.

Anterior

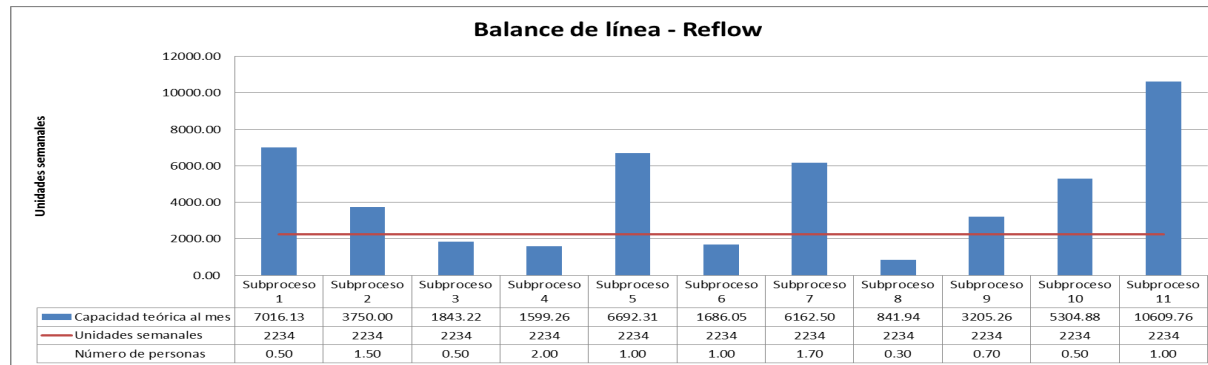


Gráfico N°. 12 Balance de línea anterior para la operación de Reflow para el año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

Actual

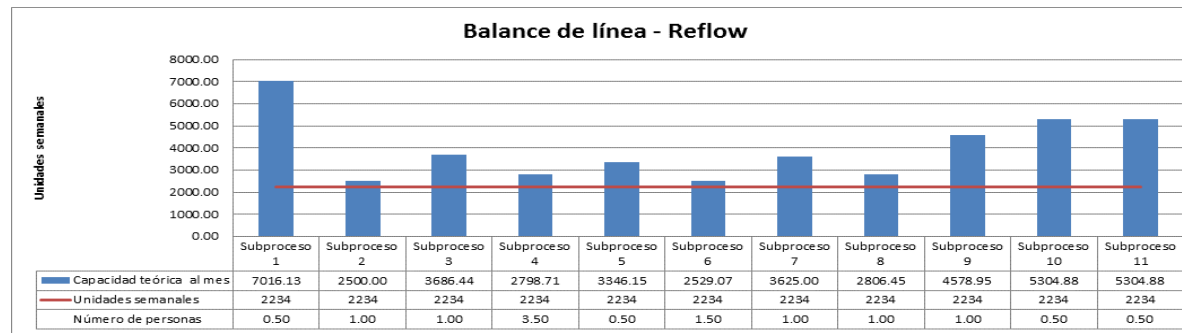


Gráfico N°. 13 Balance de línea nuevo para la operación de Reflow para el año 2017.

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro N°.11 en la primer columna esta la cantidad de personas que actualmente necesita la línea de producción que son 31 para cumplir con la meta requerida según el balance de línea que tiene ingeniería Industrial, con el análisis anterior de este capítulo se reduce la cantidad a 29 que sería la cantidad requerida para cumplir con la producción según el balance de línea propuesto.

Se tiene una diferencia de dos personas, que no se estarían ocupando según el estudio realizado en este capítulo. Aunque se ocupa menos gente, se mejora la capacidad, y esto está atribuido a una distribución adecuada en el balance de línea según las cargas de trabajo.

Cuadro N°. 11 Cuadro comparativo con la cantidad de personas actual y con la propuesta.

Operación	Cantidad de personas con el balance actual	Cantidad de personas con el balance propuesto
Reflow	10,7	12,0
Tip Bonding	12,0	8,5
Subassy	1,9	2,0
Handle	4,3	4,5
Sterilpack	2,1	2,0
Total	31,0	29,0

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1 Cronograma de control por hora

Como parte de los controles necesarios para mejorar el balance de línea, se realiza una hoja que se va a colocar en un acrílico en cada estación de trabajo que indique cuanta cantidad debe hacer el operario por hora y a su vez el operario en el cuadro en blanco pueda poner la cantidad realizada, de esta manera se le da un entrenamiento a cada operario donde se le explica cómo debe llenar la hoja con la producción hora a hora a lo largo del proceso productivo, en la siguiente tabla se presenta la documentación de la cantidad de unidades que deben hacer por hora.

El proceso de auditoría propuesto se realiza de una forma tanto correctiva como preventiva, esto aplica para ambos turnos, se toma como ejemplo la operación de Reflow. (Ver Figura 3).

Figura N°. 3 Cronograma de control por hora

Reflow							
PRODUCCION POR HORA		PRODUCCION POR HORA		PRODUCCION POR HORA		PRODUCCION POR HORA	
Etapa		Etapa		Etapa		Etapa	
7:00	28	1:00	14	7:00	27	1:00	
8:00	30	2:00	30	8:00	26	2:00	
9:00	15	3:00	30	9:00	26	3:00	
10:00	30	3:30	12	10:00	25	3:30	
11:00	30	5:00	36	11:30	30	5:00	
12:00	30	6:00	28	12:00		6:00	

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Sistema de control visual

Sistema visual de control de indicadores para las líneas de producción

Dentro del cuarto limpio, se utilizan pizarras informativas, con el fin de que el personal de la línea tenga visión de los indicadores principales de la línea. Se propone adicional un indicador donde se muestre la cantidad de unidades que se hizo por semana en cada operación.

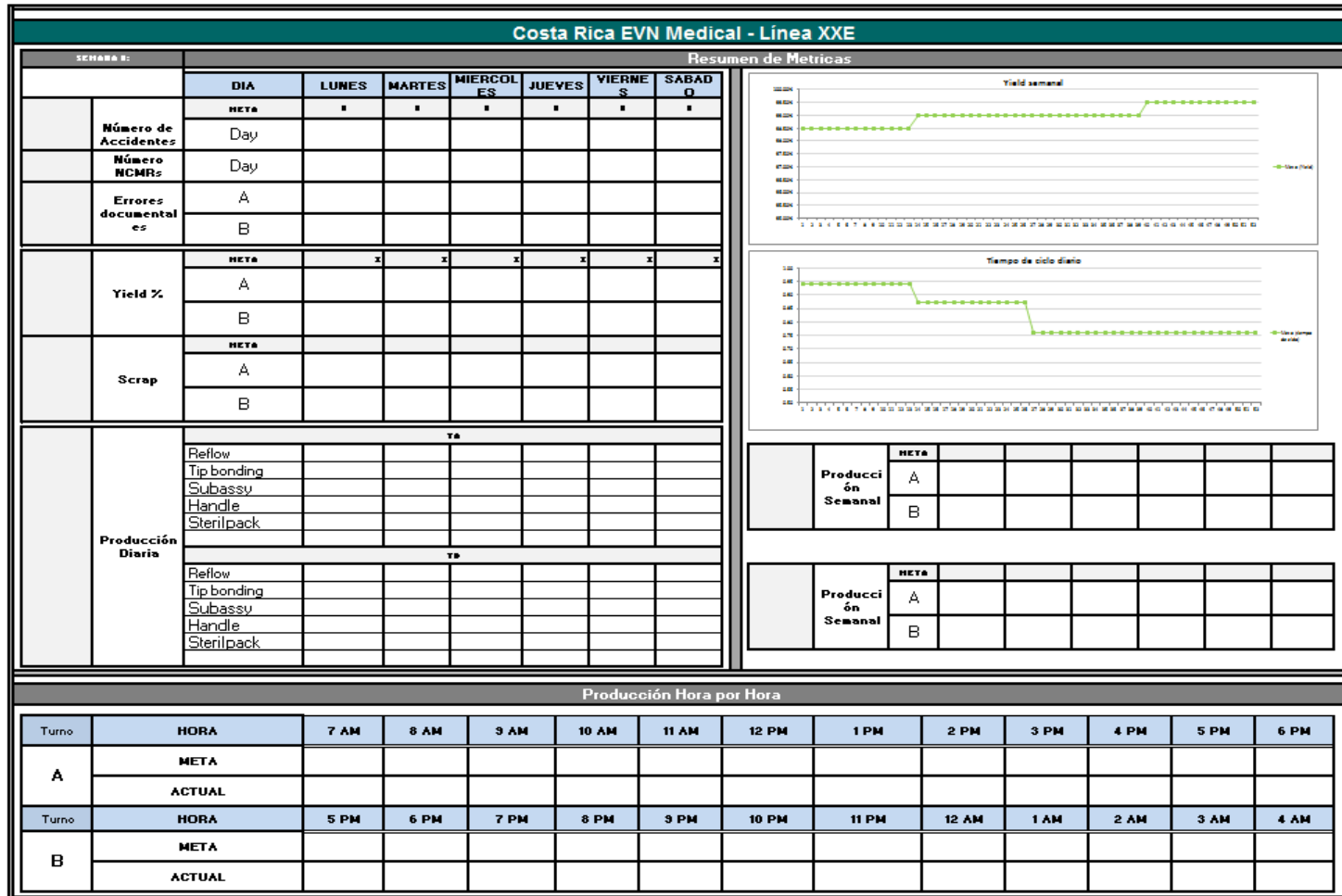
En esta pizarra se lleva varias métricas. El primer bloque está integrado por: número de accidentes, no conformidades identificadas por calidad y los errores documentales, estos indicadores deben estar idealmente en 0.

El segundo bloque contiene el Yield (Rendimiento obtenido) y cantidad de desperdicio. Muchas de estas métricas son características de empresas que se dedican a la fabricación de dispositivos médicos.

En cuanto a producción, se le dará visibilidad a la cantidad de unidades que aparecerá en la métrica, y se le pone atención a la cantidad de unidades que produce cada operación, esto con el fin de llevar mayor control y detectar de forma más rápida si alguna operación no cumple con la meta para poder darle seguimiento.

Como se puede observar, con esto el sistema cierra el ciclo de mejora, donde luego de no tener sistemas de controles visuales y documentación para ayuda del operario, y para creación de registros y datos; se analizarán los rendimientos con ayuda de estos controles y se toman decisiones; se le da continuidad a las mejoras y al sistema como tal, y una atención y apoyo más especializado a los operadores.

Figura N°. 4 Pizarra informativa.



Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Programación de recorridos en piso de producción

Dentro de las propuestas de mejora planteadas, se establece la realización de caminatas o recorridos diarios a través de las líneas de producción, con el fin de verificar el estado del proceso mediante el sistema de control visual de indicadores diseñado. La metodología bajo la cual funcionarán estos recorridos se describe a continuación:

El grupo encargado de realizar la caminatas estará conformado por los supervisores, ingeniería industrial y el líder de producción, la frecuencia con que se realizará esto será a mitad y final de cada turno, con esto se pretende verificar los indicadores de desempeño obtenidos por cada operación, y así poder tomar acciones si algo se sale de lo requerido.

Con estos resultados obtenidos, se logra tener un mejor aprovechamiento de los recursos asociados al proceso de fabricación del producto XxE, donde se presenta una reducción del desperdicio mediante la aplicación de un sistema de gestión de recursos (según la filosofía de lean manufacturing), que tiene finalmente un impacto positivo en el costo estándar planificado y la creación de un ciclo de mejora continua basado en la metodología six sigma.

5.1.4 Plan de implementación propuesto

Una vez que se han presentado las propuestas, se procede a elaborar un plan de implementación, que brinde un orden lógico, para la aplicación de cada uno de los puntos planteados.

Cuadro N°. 12 Cronograma de implementación

Cronograma de implementación	Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Personal involucrado
Etapa 1: Definición																											Producción Entrenamiento Ingeniería Gerencia
Definir el área de estudio	1	■																									
Identificar los procesos	2		■	■																							
Etapa 2: Medición																											
Recolectar los datos del estudio de tiempos	5			■	■	■	■	■																			
Diagnóstico de las operaciones	2								■	■																	
Determinar el impacto económico	1										■																
Etapa 3: Análisis																											
Determinar las causas	2											■	■														
Evaluar la magnitud del impacto	1													■													
Analizar las causas	1														■												
Etapa 4: Mejoras																											
Establecer las propuestas	1															■											
Análisis de la propuesta	1																■										
Evaluación Económica	1																	■									
Etapa 5: Control																											
Planeamiento de los controles	2																		■	■							
Sistemas visuales	2																				■	■					
Entrenamiento del personal de producción	1																						■				
Reuniones de seguimiento	2																							■	■		

Fuente: Elaboración propia

En el plan de implementación se muestra toda la estructura usada para el desarrollo del modelo de la mejora continua, donde se muestra cada una de las etapas y sus principales actividades mediante la etapa de control es importante tener el personal empoderado consiente del proceso de producción, se plantean una serie de entrenamientos para el personal, donde deben planificarse los tiempos de entrenamiento.

Una vez que se tenga entrenado al personal del piso, es necesario iniciar con los entrenamientos y las reuniones con el personal de supervisión del piso, ingeniería y gerentes. Esto con el fin de discutir los mecanismos de control y monitoreo que serán aplicados a las líneas de producción.

5.2 Costos de la propuesta de diseño

Como parte de la propuesta de balance de línea en el Cuadro N°.13 se muestra una estimación de los costos de los materiales necesarios, para llevar a cabo la etapa de implementación. Dentro de los materiales que deben adquirirse, se destacan las impresiones y los acrílicos para los sistemas control (pizarras y las guías visuales impresas para las estaciones de trabajo)

Cuadro N°. 13 Costos de la propuesta.

Detalle del costo	Costo unitario	Requerimiento	Total de dinero
Acrílicos para estaciones de trabajo	₡ 5 857	35	₡ 205 000
Impresiones para acrílicos	₡ 200	35	₡ 700
Impresión grande para pizarra	₡ 1 500	1	₡ 1 500
		Costo total	₡ 207 200

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra, para la implementación de la propuesta de diseño (35 subprocesos), el costo estimado es de ₡207 200. Ver cotización en Anexo 1.

5.3 Análisis económico en ahorro.

En este apartado se observa el ahorro de importancia que se tiene con este nuevo balance de línea donde se mejora la capacidad y se distribuyen de una mejor manera las cargas de trabajo, la cantidad de dinero en el pago de horas extras se eliminaría y en la cantidad de salarios se ahorraría dos por año que eso equivale a ₡9 235 200 por dos personas.

Cuadro N°. 14 Análisis de ahorro.

Detalle	Dinero invertido actualmente por año	Dinero invertido con la propuesta
Cantidad de dinero en horas extras	₡5 447 325	₡0
Cantidad de dinero en salarios	₡140 836 800	₡131 601 600
Total	₡146 284 125	₡131 601 600
	Cantidad de dinero en ahorro anual	₡14 682 525

Fuente: Elaboración propia

5.4 Retorno de la inversión

A continuación se muestra el cálculo del retorno sobre la inversión (ROI)¹¹, el cual con los ahorros estimados, la inversión se recupera en 1 mes aproximadamente.

Figura N°. 5 Retorno de la inversión.

Cash flow and ROI statement						
BENEFIT DRIVERS	YEAR					
	0	1	2	3	4	5
Improved cycle time benefits:						
Headcount Reduction (1 Head)		\$25,804	\$25,804	\$25,804	\$ 25,804.00	\$ 25,804.00
Supplies Saving (Shoe cover, glove,)		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Total annual benefits		\$25,804	\$25,804	\$25,804	\$25,804	\$25,804
Implementation filter		95%	100%	100%	100%	100%
Total benefits realized		\$24,514	\$25,804	\$25,804	\$25,804	\$25,804

Costs	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3
Total	\$364	\$0	\$0	\$0

Benefits	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3
Annual benefit flow	(\$364)	\$24,514	\$25,804	\$25,804
Cumulative benefit flow	(364)	24,150	49,954	75,758

Discounted benefit flow	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3
Discounted costs	\$364	\$0	\$0	\$0
Discounted benefits	0	21,887	20,571	18,367
Total discounted benefit flow	(364)	21,887	20,571	18,367
Total cumulative discounted benefit flow	(364)	21,523	42,094	60,461

Initial investment	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3
Initial investment	\$364	\$0	\$0	\$0
Implementation costs	0	0	0	0
Ongoing support costs	0	0	0	0
Training costs	0	0	0	0
Other costs	0	0	0	0
Total costs	\$364	\$0	\$0	\$0

ROI measures		Year 1	Year 2	Year 3
Cost of capital	12%			
Net present value	\$60,461			
Return on investment		6013%	11664%	16710%
Payback (in years)	0.01			

Fuente: EVN Medical.

5.5 Conclusiones de la propuesta

Se realiza un nuevo balance de línea y se distribuyen de manera oportuna las cargas de trabajo para que se logre cumplir con la producción requerida de acuerdo al departamento de planeamiento esto permite lograr el objetivo que se tenía planeado.

A nivel visual, se planea el uso de un acrílico con un cronograma para las estaciones de trabajo, donde se controle la producción por hora, así como el uso

¹¹ Se utiliza el formato establecido por la compañía para el cálculo del ROI.

de las pizarras, donde los indicadores de las líneas sean visibles para los operadores.

Finalmente, es importante evidenciar cómo el sistema diseñado se convierte en un ciclo de mejora continua para el piso de producción del producto XXE, a través de los sistemas de control, se obtiene información medible del estado actual del proceso. Esto permite definir y analizar las mejoras a ser realizadas, ejecutar los cambios y obtener información del resultado alcanzado por medio del mismo sistema de control.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El estudio de tiempos que se realizó demostró los tiempos requeridos para poder ejecutar cada una de las operaciones, además se determina el tiempo que un operario calificado requiere para realizar la tarea.

Los procesos con menor capacidad son tres que están entre las operaciones de Reflow, tip bonding y handle. No se contaba con una distribución adecuada para lograr cumplir con la meta de producción.

Se hizo una propuesta que permitió evidenciar que la línea de producción si tiene la capacidad, los balances de línea propuestos permiten mostrar la capacidad que se necesita con menos recurso del que se tiene actualmente y cero por ciento de tiempo extra.

Se desarrolló balances de línea que permita evaluar la cantidad de personas que se requiere para poder realizar la cantidad solicita de unidades por planeamiento de tal manera que se pueda manipular para realizar nuevamente el cálculo si la producción aumentara.

El proyecto permite un ahorro anual de ¢14 682 525, debido a la reducción en promedio de 1,73 % en tiempo extra que equivale a ¢5 447 325 anual y a la reducción de dos personas, tomando en consideración que se obtiene una tasa de retorno de la inversión del proyecto general en un mes aproximadamente.

6.2 Recomendaciones

En este apartado se presentarán recomendaciones sobre algunas situaciones que pueden mejorarse y dar resolución en alguna ocasión y que se observaron en este proyecto y que por algún motivo ajeno al mismo no ha tenido alguna resolución.

En base al estudio realizado se proponen ciertas recomendaciones como mejorar lo que es el área de producción como lo es las demarcaciones de los instrumentos en las estaciones de trabajo y en el área como tal ya que está la ausencia de lo que es la implementación de la herramienta de las 5 s, con esto podría ayudar en el día a día a los operarios para que tenga mayor orden a la hora de realizar su trabajo.

Debe existir una mejor coordinación entre las áreas de soporte que brindan servicio al cuarto de producción, de manera que se generen foros o reuniones que permitan una comunicación fluida; esto con el fin de solventar los problemas del piso de producción de una manera efectiva y emigrar de forma paulatina a un proceso autosuficiente en términos de supervisión.

BIBLIOGRAFÍA

Agustiady, T. & Badiru, A. (2013). *Sustainability: Utilizing lean six sigma techniques*. Estados Unidos: Taylor & Francis Group.

Cuatrecasas, L. (2010). *Lean management: La gestión competitiva por excelencia*. España: PROFIT Editorial.

Fortuny, J., Cuatrecasas, L., Cuatrecasas, O., Olivella, J. (2008). Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales. *Universidad Business*.

Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad* (3ra.ed.). México: McGrawHill.

Mandariaga, F. (2013). *Lean manufacturing: exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. España: Bubok Publishing S.L.

Kalpakjian, S. & Schmid, S. (2002). *Manufactura ingeniería y tecnología*. Naucalpan de Juárez.: Ed. Pearson Educación.

Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo.

Gómez, P. (2010). *Lean manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad*. Rio de Janeiro: Gestión y sociedad.

Niebel, B. & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGrawHill.

Krajewski, L. & Larry, P. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis* (5 ta.ed.). México: Pearson Educación.

Muñoz, D. (2009). *Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*. México: Ed. Cengage Learning.

Cairó, O. (2006). *Fundamentos de programación: piensa en C.* (1ª.ed.). México: Ed. Pearson Educación.

Meyers, E. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos: para la manufactura gil.* México: Ed. Pearson Educación.

Office of Government Commerce. (2009). *Estrategia del servicio* (1ª.ed.). Reino Unido: itSMF.

Pascual, R. & Corominas, A. (1988). *Planificación y rentabilidad de proyectos industriales.* España: MARCOMBO S.A.

APÉNDICES

Apéndice A

Premuestreo

Cuadro A.1 Datos utilizados en el premuestreo

Operación 2. Tip Bonding (Pegado de la punta)

Muestras	Subproceso 1	Subproceso 2	Subproceso 3	Subproceso 4	Subproceso 5	Subproceso 6	Subproceso 7	Subproceso 8	Subproceso 9	Subproceso 10	Subproceso 11
Muestra 1	2,56	1,13	1,54	0,39	0,37	0,84	0,90	0,59	0,53	1,04	0,50
Muestra 2	2,46	1,38	1,47	0,46	0,33	0,73	0,90	0,56	0,57	1,19	0,48
Muestra 3	2,50	1,36	1,50	0,43	0,33	0,80	0,91	0,55	0,57	1,45	0,48
Muestra 4	2,49	1,02	1,48	0,44	0,41	0,82	0,90	0,56	0,55	1,43	0,51
Muestra 5	2,40	1,24	1,52	0,48	0,40	0,75	0,92	0,56	0,53	1,18	0,50
Muestra 6	2,70	1,18	1,49	0,40	0,38	0,77	0,95	0,57	0,54	1,44	0,49
Muestra 7	2,57	1,37	1,49	0,42	0,37	0,80	0,94	0,56	0,55	1,39	0,50
Muestra 8	2,62	1,25	1,50	0,40	0,34	0,78	0,91	0,58	0,53	1,19	0,51
Muestra 9	2,42	1,07	1,52	0,39	0,31	0,80	0,92	0,57	0,56	1,46	0,52
Muestra 10	2,43	1,27	1,49	0,40	0,34	0,75	0,95	0,59	0,57	1,37	0,48
Muestra 11	2,67	1,12	1,48	0,51	0,36	0,73	0,94	0,56	0,54	1,39	0,50
Muestra 12	2,45	1,22	1,52	0,40	0,32	0,75	0,93	0,55	0,55	1,23	0,49
Muestra 13	2,72	1,10	1,50	0,38	0,39	0,77	0,92	0,58	0,53	1,40	0,48
Muestra 14	2,77	1,57	1,47	0,52	0,37	0,74	0,91	0,57	0,56	1,47	0,51
Muestra 15	2,79	1,18	1,47	0,42	0,37	0,76	0,93	0,59	0,57	1,49	0,52
Promedio	2,57	1,23	1,50	0,43	0,36	0,77	0,92	0,57	0,55	1,34	0,50
n'	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Sum X^2	99,32	23,01	33,58	2,79	1,95	8,97	12,76	4,86	4,54	27,25	3,72
(Sum X)^2	1486,10	340,77	503,55	41,47	29,05	134,33	191,27	72,93	68,06	404,81	55,80
Sum X	38,55	18,46	22,44	6,44	5,39	11,59	13,83	8,54	8,25	20,12	7,47
n	4	20	0	16	10	3	1	1	1	16	1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A.2 Datos utilizados en el muestreo

Operación 3. Subassy (Subensamble)

Muestras	Subproceso 1	Subproceso 2
Muestra 1	1,19	0,33
Muestra 2	1,37	0,34
Muestra 3	1,24	0,30
Muestra 4	1,28	0,32
Muestra 5	1,43	0,33
Muestra 6	1,58	0,34
Muestra 7	1,23	0,35
Muestra 8	1,29	0,31
Muestra 9	1,47	0,32
Muestra 10	1,30	0,33
Muestra 11	1,49	0,34
Muestra 12	1,36	0,31
Muestra 13	1,58	0,30
Muestra 14	1,40	0,32
Muestra 15	1,44	0,33
Promedio	1,38	0,32
n`	15	15
Sum X^2	28,64	1,58
(Sum X)^2	426,42	23,72
Sum X	20,65	4,87
n	12	3

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A.3 Datos utilizados en el muestreo
Operación 3. Handle (Agarradera)

Muestras	Subproceso 1	Subproceso 2	Subproceso 3	Subproceso 4	Subproceso 5	Subproceso 6	Subproceso 7
Muestra 1	1,03	1,12	0,35	0,49	0,38	0,28	0,37
Muestra 2	0,92	1,25	0,33	0,57	0,43	0,29	0,39
Muestra 3	0,88	1,16	0,30	0,48	0,45	0,33	0,38
Muestra 4	0,87	1,54	0,33	0,65	0,31	0,30	0,37
Muestra 5	0,89	1,26	0,38	0,63	0,44	0,29	0,36
Muestra 6	1,01	1,30	0,36	0,55	0,46	0,31	0,38
Muestra 7	0,91	1,02	0,32	0,52	0,39	0,32	0,39
Muestra 8	0,89	1,24	0,36	0,66	0,41	0,33	0,38
Muestra 9	0,92	1,43	0,34	0,48	0,38	0,34	0,37
Muestra 10	0,88	1,37	0,37	0,51	0,42	0,28	0,30
Muestra 11	0,91	1,15	0,35	0,49	0,41	0,30	0,36
Muestra 12	1,02	1,48	0,33	0,53	0,39	0,32	0,39
Muestra 13	0,89	1,36	0,36	0,61	0,40	0,34	0,37
Muestra 14	0,87	1,18	0,34	0,57	0,43	0,29	0,38
Muestra 15	1,01	1,26	0,35	0,62	0,46	0,31	0,39
Promedio	0,93	1,27	0,34	0,56	0,41	0,31	0,37
n`	15	15	15	15	15	15	15
Sum X^2	12,93	24,65	1,79	4,72	2,55	1,44	2,08
(Sum X)^2	193,21	365,57	26,73	69,89	37,95	21,44	31,14
Sum X	13,9	19,12	5,17	8,36	6,16	4,63	5,58
n	6	19	5	20	13	7	5

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A.4 Datos utilizados en el muestreo
Operación 4. SterilPack (Empaque estéril)

Muestras	Subproceso 1	Subproceso 2	Subproceso 3	Subproceso 4
Muestra 1	0,46	0,33	0,20	0,20
Muestra 2	0,37	0,38	0,25	0,22
Muestra 3	0,42	0,34	0,21	0,23
Muestra 4	0,44	0,36	0,23	0,26
Muestra 5	0,40	0,33	0,20	0,25
Muestra 6	0,33	0,35	0,22	0,23
Muestra 7	0,34	0,37	0,24	0,26
Muestra 8	0,35	0,34	0,21	0,24
Muestra 9	0,44	0,36	0,23	0,21
Muestra 10	0,38	0,33	0,20	0,23
Muestra 11	0,42	0,38	0,25	0,27
Muestra 12	0,45	0,39	0,26	0,25
Muestra 13	0,38	0,37	0,24	0,21
Muestra 14	0,39	0,40	0,27	0,23
Muestra 15	0,36	0,35	0,22	0,22
Promedio	0,40	0,36	0,23	0,23
n`	15	15	15	15
Sum X^2	2,37	1,94	0,79	0,83
(Sum X)^2	35,16	28,94	11,76	12,32
Sum X	5,93	5,38	3,43	3,51
n	16	6	15	12

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice B

Muestreo de cada operación y subprocesos

Cuadro B.1 Datos utilizados en el muestreo

Operación 2. Tip Bonding (Pegado de la punta)

Muestras	Subproceso 1	Subproceso 2	Subproceso 3	Subproceso 4	Subproceso 5	Subproceso 6	Subproceso 7	Subproceso 8	Subproceso 9	Subproceso 10	Subproceso 11
Muestra 1	2,56	1,13	1,54	0,39	0,37	0,84	0,90	0,59	0,53	1,04	0,50
Muestra 2	2,46	1,38	1,47	0,46	0,33	0,73	0,90	0,56	0,57	1,19	0,48
Muestra 3	2,50	1,36	1,50	0,43	0,33	0,80	0,91	0,55	0,57	1,45	0,48
Muestra 4	2,49	1,02	1,48	0,44	0,41	0,82	0,90	0,56	0,55	1,43	0,51
Muestra 5	2,40	1,24	1,52	0,48	0,40	0,75	0,92	0,56	0,53	1,18	0,50
Muestra 6	2,70	1,18	1,49	0,40	0,38	0,77	0,95	0,57	0,54	1,44	0,49
Muestra 7	2,57	1,37	1,49	0,42	0,37	0,80	0,94	0,56	0,55	1,39	0,50
Muestra 8	2,62	1,25	1,50	0,40	0,34	0,78	0,91	0,58	0,53	1,19	0,51
Muestra 9	2,42	1,07	1,52	0,39	0,31	0,80	0,92	0,57	0,56	1,46	0,52
Muestra 10	2,43	1,27	1,49	0,40	0,34	0,75	0,95	0,59	0,57	1,37	0,48
Muestra 11	2,67	1,12	1,48	0,51	0,36	0,73	0,94	0,56	0,54	1,39	0,50
Muestra 12	2,45	1,22	1,52	0,40	0,32	0,75	0,93	0,55	0,55	1,23	0,49
Muestra 13	2,72	1,10	1,50	0,38	0,39	0,77	0,92	0,58	0,53	1,40	0,48
Muestra 14	2,77	1,57	1,47	0,52	0,37	0,74	0,91	0,57	0,56	1,47	0,51
Muestra 15	2,79	1,18	1,47	0,42	0,37	0,76	0,93	0,59	0,57	1,49	0,52
Muestra 16		2,30		0,44						1,38	
Muestra 17		2,19									
Muestra 18		2,16									
Muestra 19		2,21									
Muestra 20		2,37									
Promedio	2,57	1,48	1,50	0,43	0,36	0,77	0,92	0,57	0,55	1,34	0,50

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro B.2 Datos utilizados en el muestreo

Operación 3. Subassy (Subensamble)

Muestras	Subproceso 1	Subproceso 2
Muestra 1	1,19	0,33
Muestra 2	1,37	0,34
Muestra 3	1,24	0,30
Muestra 4	1,28	0,32
Muestra 5	1,43	0,33
Muestra 6	1,58	0,34
Muestra 7	1,23	0,35
Muestra 8	1,29	0,31
Muestra 9	1,47	0,32
Muestra 10	1,30	0,33
Muestra 11	1,49	0,34
Muestra 12	1,36	0,31
Muestra 13	1,58	0,30
Muestra 14	1,40	0,32
Muestra 15	1,44	0,33
Promedio	1,38	0,32

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro B.3 Datos utilizados en el muestreo

Operación 4. Handle (Agarradera)

Muestras	Subproceso 1	Subproceso 2	Subproceso 3	Subproceso 4	Subproceso 5	Subproceso 6	Subproceso 7
Muestra 1	1,03	1,12	0,35	0,49	0,38	0,28	0,37
Muestra 2	0,92	1,25	0,33	0,57	0,43	0,29	0,39
Muestra 3	0,88	1,16	0,30	0,48	0,45	0,33	0,38
Muestra 4	0,87	1,54	0,33	0,65	0,31	0,30	0,37
Muestra 5	0,89	1,26	0,38	0,63	0,44	0,29	0,36
Muestra 6	1,01	1,30	0,36	0,55	0,46	0,31	0,38
Muestra 7	0,91	1,02	0,32	0,52	0,39	0,32	0,39
Muestra 8	0,89	1,24	0,36	0,66	0,41	0,33	0,38
Muestra 9	0,92	1,43	0,34	0,48	0,38	0,34	0,37
Muestra 10	0,88	1,37	0,37	0,51	0,42	0,28	0,30
Muestra 11	0,91	1,15	0,35	0,49	0,41	0,30	0,36
Muestra 12	1,02	1,48	0,33	0,53	0,39	0,32	0,39
Muestra 13	0,89	1,36	0,36	0,61	0,40	0,34	0,37
Muestra 14	0,87	1,18	0,34	0,57	0,43	0,29	0,38
Muestra 15	1,01	1,26	0,35	0,62	0,46	0,31	0,39
Muestra 16		1,27		0,63			
Muestra 17		1,21		0,59			
Muestra 18		1,09		0,61			
Muestra 19		1,10		0,58			
Muestra 20				0,56			
Promedio	0,93	1,27	0,34	0,56	0,41	0,31	0,37

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro B.4 Datos utilizados en el muestreo
Operación 5. Sterilpack (Empaque estéril)

Muestras	Subproceso 1	Subproceso 2	Subproceso 3	Subproceso 4
Muestra 1	0,46	0,33	0,20	0,20
Muestra 2	0,37	0,38	0,25	0,22
Muestra 3	0,42	0,34	0,21	0,23
Muestra 4	0,44	0,36	0,23	0,26
Muestra 5	0,40	0,33	0,20	0,25
Muestra 6	0,33	0,35	0,22	0,23
Muestra 7	0,34	0,37	0,24	0,26
Muestra 8	0,35	0,34	0,21	0,24
Muestra 9	0,44	0,36	0,23	0,21
Muestra 10	0,38	0,33	0,20	0,23
Muestra 11	0,42	0,38	0,25	0,27
Muestra 12	0,45	0,39	0,26	0,25
Muestra 13	0,38	0,37	0,24	0,21
Muestra 14	0,39	0,40	0,27	0,23
Muestra 15	0,36	0,35	0,22	0,22
Muestra 16	0,37			
Promedio	0,39	0,36	0,23	0,23

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice C

Cuadro C.1

Operación 1. Tip Bonding (Pegado de la punta).

Subprocesos	Número de personas	Tiempo estandar minuto por pieza	Cantidad de piezas por minuto	Cantidad de días por semana	Horas por día	Capacidad teórica al mes	Eficiencia	Capacidad Real	Utilización
Subproceso 1	4,00	2,80	0,36	5,00	14,50	6214,29	1,00	2210,00	36%
Subproceso 2	1,60	1,61	0,62	5,00	14,50	4322,98	1,00	2017,00	47%
Subproceso 3	1,00	1,64	0,61	5,00	14,50	2652,44	1,00	1948,00	73%
Subproceso 4	0,40	0,47	2,13	5,00	14,50	3702,13	1,00	1948,00	53%
Subproceso 5	0,50	0,39	2,56	5,00	14,50	5576,92	1,00	1942,00	35%
Subproceso 6	1,50	0,84	1,19	5,00	14,50	7767,86	1,00	1945,00	25%
Subproceso 7	0,20	1,00	1,00	5,00	14,50	870,00	1,00	1930,00	222%
Subproceso 8	1,00	0,62	1,61	5,00	14,50	7016,13	1,00	1921,00	27%
Subproceso 9	0,80	0,60	1,67	5,00	14,50	5800,00	1,00	1940,00	33%
Subproceso 10	0,70	1,46	0,68	5,00	14,50	2085,62	1,00	1928,00	92%
Subproceso 11	0,30	0,55	1,82	5,00	14,50	2372,73	1,00	1923,00	81%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro C.2**Operación 1. Subassy (Subemsemble).**

Subprocesos	Número de personas	Tiempo estandar minuto por pieza	Cantidad de piezas por minuto	Cantidad de días por semana	Horas por día	Capacidad teórica al mes	Eficiencia	Capacidad Real	Utilización
Subproceso 1	1,50	1,50	0,67	5,00	14,50	4350,00	1,00	2226,00	51%
Subproceso 2	0,40	0,35	2,86	5,00	14,50	4971,43	1,00	2280,00	46%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro C.3**Operación 1. Handle (Agarradera).**

Subprocesos	Número de personas	Tiempo estandar minuto por pieza	Cantidad de piezas por minuto	Cantidad de días por semana	Horas por día	Capacidad teórica al mes	Eficiencia	Capacidad Real	Utilización
Subproceso 1	0,70	1,01	0,99	5,00	14,50	3014,85	1,00	2192,00	73%
Subproceso 2	0,60	1,38	0,72	5,00	14,50	1891,30	1,00	1917,00	101%
Subproceso 3	1,00	0,37	2,70	5,00	14,50	11756,76	1,00	1905,00	16%
Subproceso 4	0,50	0,61	1,64	5,00	14,50	3565,57	1,00	1904,00	53%
Subproceso 5	0,30	0,45	2,22	5,00	14,50	2900,00	1,00	1903,00	66%
Subproceso 6	0,50	0,34	2,94	5,00	14,50	6397,06	1,00	1883,00	29%
Subproceso 7	0,70	0,40	2,50	5,00	14,50	7612,50	1,00	1854,00	24%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro C.4**Operación 1. Sterilpack (Empaque estéril)**

Subprocesos	Número de personas	Tiempo estandar minuto por pieza	Cantidad de piezas por minuto	Cantidad de días por semana	Horas por día	Capacidad teórica al mes	Eficiencia	Capacidad Real	Utilización
Subproceso 1	0,70	0,43	2,33	5,00	14,50	7081,40	1,00	2093,00	30%
Subproceso 2	0,40	0,39	2,56	5,00	14,50	4461,54	1,00	2093,00	47%
Subproceso 3	0,70	0,25	4,00	5,00	14,50	12180,00	1,00	2093,00	17%
Subproceso 4	0,30	0,25	4,00	5,00	14,50	5220,00	1,00	2094,00	40%

Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1

	COTIZACIÓN	Resolucion Estudio s.a. CED JURIDICA 3-101-449006 e-mail: info@resolucionestudio.com 506+2441-4815	
Contacto: Eyllin Villalobos Encargado: Daniela Sandoval Proyecto: Acrílicos porta hojas		Cotización: M-0011	
Descripción del proyecto:			
35 Acrílicos porta hojas de 14x22cms (verticales) € 205 000			
			TOTAL € 205 000
	<small> ** Cotización válida por 30 días *** Incluye 3 cambios generales, a partir del 4 cambio se cobra un 5% de total del monto cotizado **** Las fotos de stock se cotizan por aparte ***** El tiempo de entrega se cotiza por aparte </small>		