

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE LICENCIATURA EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
HERRAMIENTA O APLICACIÓN QUE SIMULA
LAS CONDICIONES DEL ÁREA DE
MANUFACTURA PARA DETERMINAR BALANCE
ÓPTIMO DE LÍNEAS, ESTANDARIZAR Y
CUMPLIR CON LAS MÉTRICAS DE PRODUCCIÓN
EN COOPERVISIÓN DE COSTA RICA EN EL
PRIMER Q 2019**

Sustentante:

Erick Alfaro Alpízar

Tutor:

Jacqueline Brenes Granados

Heredia, Julio 2019

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Erick Alfaro Alpizar, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número I-1138-0158 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Diseño e implementación de una herramienta o aplicación que simula las condiciones del área de manufactura para determinar balance óptimo de líneas, estandarizar y cumplir con las métricas de producción en Coopervision de costa rica en el primer Q 2019**, 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 30 días del mes de agosto del año dos mil diecinueve.



Firma del estudiante

Cédula I-1138-0158

CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

San José, 30 de agosto de 2019

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Erick Alfaro Alpizar, cédula de identidad número 1-1138-0158, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **Diseño e implementación de una herramienta o aplicación que simula las condiciones del área de manufactura para determinar balance óptimo de líneas, estandarizar y cumplir con las métricas de producción en Coopervision de costa rica en el primer Q 2019**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura 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%	20
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18
	TOTAL		98

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

Atentamente:


Nombre Jacqueline Brenes Granados
Cédula identidad 701380274
Carné Colegio Profesional IPI-27267

CARTA DEL LECTOR

San José, 16 de octubre de 2019

Señores

Registro

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante Erick Alfaro Alpizar , cédula de identidad 1-1138-0158, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA O APLICACIÓN QUE SIMULA LAS CONDICIONES DEL ÁREA DE MANUFACTURA PARA DETERMINAR BALANCE ÓPTIMO DE LÍNEAS, ESTANDARIZAR Y CUMPLIR CON LAS MÉTRICAS DE PRODUCCIÓN EN COOPERSVISIÓN DE COSTA RICA EN EL PRIMER Q 2019**, el cual ha elaborado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo al planteamiento de las propuestas y la estructura del documento. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,



Johan Castro Vásquez

Cédula 1-1228-0842

CARTA DEL FILOLOGO

CARTA DE REVISIÓN FILÓLOGICA

San José, 24 de octubre de 2019

Universidad Hispanoamericana

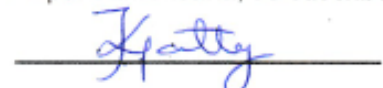
Escuela de Ingeniería Industrial

Estimados señores (as) del Tribunal de Trabajos Finales de Graduación

Por este medio yo, Karol Tatiana Barrantes Centeno, mayor, soltera, filóloga, incorporada al Colegio de Licenciados y Profesores, con el número de carné 67890, vecina de Goicoechea, portadora de la cédula 113290984, hago constar:

1. Que he revisado el Proyecto de Graduación para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial, denominado "Diseño e implementación de una herramienta o aplicación que simula las condiciones del área de manufactura para determinar un balance óptimo de líneas, estandarizar y cumplir con las métricas de producción en CooperVision de Costa Rica en el primer q 2019".
2. Que el trabajo final de graduación es sustentado por el estudiante **Erick Alfaro Alpizar**.
3. Que se le han hecho las correcciones pertinentes en acentuación, ortografía, puntuación, concordancia gramatical y otras de campo filológico.

En espera de que mi participación satisfaga los requerimientos de la Universidad Hispanoamericana, se suscribe, atentamente,



Karol Tatiana Barrantes Centeno
Filología Española
Carné No. 67890

CARTA DEL AUTORIZACIÓN

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, 06 de enero del 2020

Señores:

Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Erick Alfaro Alpízar con número de identificación 1-1138-0158 autor(a) del trabajo de graduación titulado ***“Diseño e implementación de una herramienta o aplicación que simula las condiciones del área de manufactura para determinar balance óptimo de líneas, estandarizar y cumplir con las métricas de producción en CooperVision de costa rica en el primer Q 2019”*** presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial; Si autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


Firma y Documento de Identidad

1-1138-0158.

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a las dos personas que han inspirado en mí el terminar mi licenciatura y aunque en este momento tiene 3 y 7 años cumplidos en el actual año 2019, cuando Fabián y Valentina Alfaro López (mis hijos) lean en un futuro este proyecto, deseo que se den cuenta que fueron mi energía, luz y convicción para ser un padre ejemplar en sus vidas, terminando mis estudios y luchando siempre por darles lo mejor que se merecen.

“Valentina, Fabián, confíen siempre en ustedes mismos, la vida está llena de retos y dificultades, pero nunca se olviden que también les da recompensas y oportunidades”

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, deseo dar gracias a nuestro Dios por darme la fuerza después de tanto tiempo de ser persistente, de haber postergado mi carrera para encargarme de otras prioridades como lo fue mi matrimonio, mi casa y mis hijos. Gracias a Dios tuve la oportunidad de retomar mis estudios y de llegar hasta este momento donde entrego el proyecto final de graduación, instancia que me permitirá concluir un ciclo importante en mi vida sobre todo persiguiendo ser un gran ejemplo para mis hijos primero y luego conseguir una de mis metas a nivel personal.

Después debo de dar infinitas gracias a mis padres Felicia Alpízar Salas y Javier Alfaro Vega que han forjado en mí el buen hábito del estudio y el esfuerzo por siempre seguir adelante por encima de cualquier dificultad, a ellos les debo mi vida, mis valores y la persona que hoy puedo ser para con la sociedad.

Adicionalmente debo de agradecer el apoyo que mi esposa Senet Mariel López Campos me ha brindado durante todo este proceso, tomando las riendas del hogar durante mi ausencia y llevando a nuestros hijos por el mejor camino como sólo una madre dedicada y amorosa lo puede hacer.

Por último, es muy importante agradecerle a mi tutora Jaqueline Brenes Granados por el gran aporte a este proyecto, guiándome con dedicación en cada observación y mejora para conseguir el mejor resultado de este.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURADA	i
CARTA DEL TUTOR	ii
CARTA DEL LECTOR.....	iii
CARTA DEL FILOLOGO	iv
CARTA DEL AUTORIZACIÓN.....	v
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	3
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	4
1.2.1 Reseña histórica	4
1.2.2 Generalidades.....	5
1.2.3 Estructura Organizativa	8
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.3.1 Definición del problema	13
1.3.2 Justificación	13
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	14
1.4.1 Objetivo general.....	14
1.4.2 Objetivos específicos	15
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	15
1.5.1 Alcances.....	15
1.5.2 Limitaciones.....	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	16
2.2 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA	17
2.2.1 Ingeniería	17
2.2.2 Gestión por Procesos.....	18
2.2.3 Estadística	19
2.2.4 Metodología Lean.....	20

2.2.5	Balance de líneas productivas.....	22
2.2.6	Incremento de la productividad	23
2.2.7	Manejo del recurso humano	25
2.3	MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO.....	28
2.3.1	Ciclo DMAIC	28
2.3.2	Diagrama de flujo.....	31
2.3.3	Diagrama SIPOC	34
2.3.4	Voz del cliente (VOC).....	35
2.3.5	Diagrama CTQ	37
2.3.6	Análisis de tiempos.....	38
2.3.7	Value Stream Map (Mapa de la Cadena de Valor)	40
2.3.8	Diagrama causa y efecto (Ishikawa).....	43
2.3.9	Diagrama de Gantt	46
2.4	MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	48
2.4.1	Impacto en el balance de las líneas productivas.....	48
2.4.2	Impacto en el incremento de la productividad.....	48
2.4.3	Impacto en el uso y manejo adecuado del recurso humano	48
2.5	ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES	49
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		53
3.1	METODOLOGIA PARA LA DEFINICION DEL PROBLEMA	54
3.1.1	Herramientas propuestas en la etapa de DENIR del método DMAIC	54
3.2	METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.....	55
3.2.1	Herramientas propuestas en la etapa de MEDIR del método DMAIC	55
3.3	METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.....	57
3.3.1	Herramientas propuestas en la etapa de ANALIZAR del método DMAIC	57
3.4	METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	58
3.4.1	Herramientas propuestas en la etapa de IMPLEMENTAR del método DMAIC ...	58
3.5	METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS RESULTADOS	60
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSA.....		62
4.1	SITUACIÓN ACTUAL PROCESO	63
4.1.1	Procesos Operativos en el área de manufactura de CooperVision.....	64

4.1.2	Diagrama de flujo del área de DRY	67
4.1.2.1	Proceso de Moldeo.....	67
4.1.2.2	Proceso Mold Metrology	67
4.1.2.3	Proceso de Stand Conveyor	68
4.1.2.4	Proceso de Filler	68
4.1.2.5	Proceso de Hornos.....	69
4.1.2.6	Proceso de Depetaler.....	69
4.1.3	Diagrama de flujo del área de WET.....	71
4.1.3.1	Proceso de Delenser.....	71
4.1.3.2	Proceso Inspección DRY.....	72
4.1.3.3	Proceso de Hidratación.....	72
4.1.3.4	Proceso Inspección WET	73
4.1.3.5	Proceso de Sellado.....	73
4.2	DIAGRAMA SIPOC	75
4.3	VOZ DE CLIENTE (VOC).....	77
4.3.1	Resultados Generales del VOC	77
4.3.2	Resultados por Categoría del VOC	83
4.4	MAPA DE LA CADENA DE VALOR (VSM - ACTUAL)	85
4.4.1	Documentación de las oportunidades encontradas en el VSM – Actual.....	87
4.4.2	Resultados de la caracterización del VSM-Actual.....	88
4.5	Diagrama de Ishikawa – Desbalance de las líneas productivas de CooperVision	90
4.5.1	Análisis de los resultados del Ishikawa.....	91
4.6	DIAGRAMA CTQ (CRITICAL TO QUALITY TREE).....	92
4.6.1	Resultados del diagrama CTQ	93
4.7	DEFINICION DE LOS NIVELES DE INVENTARIO EN EL CUARTO DE MANUFACTURA	95
4.7.1	Cantidades requeridas de materia prima y materiales por área	96
4.8	TIEMPOS DE CICLOS DE LOS PROCESOS PRINCIPALES DEL AREA DE MANUFACTURA	98
4.8.1	Proceso de Moldeo.....	98
4.8.2	Proceso de Stand Conveyor	99
4.8.3	Proceso de Filler	100
4.8.4	Proceso de Hornos.....	101

4.8.5	Proceso de Depetaler	102
4.8.6	Proceso de Physical Test.....	103
4.8.7	Proceso de Delenser.....	107
4.8.8	Proceso de Tanques de Hidratación	108
4.8.9	Proceso de Sealer	110
4.9	Análisis de los requerimientos de producción y tiempos de ciclo del proceso	112
4.10	Costos actuales.....	114
4.11	Conclusiones del capítulo IV.....	115
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....		116
5.1	PROPUESTA Y DISEÑO DE MEJORA.....	117
5.1.1	Datos relevantes respecto al funcionamiento de las máquinas	119
5.1.2	Desarrollo de las actividades del cronograma de actividades para diseño de herramienta propuesta de balance de líneas - CooperVision.	122
5.1.2.1	Consolidación de todos los datos relevantes con respecto al funcionamiento de las máquinas	122
5.1.2.2	Mapa del proceso por puestos de trabajo.....	125
5.1.2.3	Programación herramienta de simulación - Fase I.....	130
5.1.2.3.1	Programación del módulo del personal operativo	130
5.1.2.3.2	Programación del módulo de WIP e inventarios.....	131
5.1.2.4	Presentación Fase I a los Supervisores de producción.....	133
5.1.2.5	Programación herramienta de simulación - Fase II.....	135
5.1.2.5.1	Mejoras propuestas en la minuta del 20 de marzo 2019.....	135
5.1.2.5.2	Programación del módulo Yields, Utilización, Tiempos de Ciclo y Capacidades	137
5.1.2.5.3	Programación del módulo de Balance de Líneas	138
5.1.2.5.4	Programación del módulo de Reportes.....	143
5.1.2.6	Presentación Fase II a los Supervisores de producción	144
5.1.2.7	Programación herramienta de simulación - Fase III.....	146
5.1.2.7.1	Pruebas en vivo por dos semanas con los Supervisores.....	146
5.1.2.8	Depuración del sistema después de la ejecución de las pruebas	148
5.2	Análisis Económico	150
5.3	Implementación de la Herramienta propuesta	153
5.3.1	Presentación Fase III a Gerencia y resultados	155
5.3.2	Programación herramienta de simulación - Fase IV	158

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	162
6.1 CONCLUSIONES	163
6.2 RECOMENDACIONES.....	164
BIBLIOGRAFÍA	165
ANEXOS.....	168
1. FORMULARIO DE ENTREVISTA VOZ DEL CLIENTE.....	169
2. MINUTA DE SEGUIMIENTO DE ACCIONES	174
3. RESULTADOS DEL VOC (Sección 4.4.1)	175
4. EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA PROPUESTA.....	179

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PROPÓSITO COOPERVISION	6
FIGURA 2. ORGANIGRAMA DE LA COMPAÑÍA COOPERVISION COSTA RICA	9
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL DE UN TURNO DE MANUFACTURA	10
FIGURA 4. REPRESENTACIÓN GENERAL DE UN PROCESO	19
FIGURA 5. LA PRODUCTIVIDAD Y SUS COMPONENTES	24
FIGURA 6. LA CALIDAD DE ACTUACIÓN DE UN INDIVIDUO PARTE DE SU CONFIABILIDAD PERSONAL.....	27
FIGURA 7. ESTRUCTURA CICLO DMAIC	28
FIGURA 8. EJEMPLO DIAGRAMA DE FLUJO	33
FIGURA 9. EJEMPLO DIAGRAMA SIPOC	35
FIGURA 10. AVANCES EN LOS MÉTODOS DE VOZ DEL CLIENTE	37
FIGURA 11. DIAGRAMA CTQ.....	38
FIGURA 12. SIMBOLOGÍA VSM.....	42
FIGURA 13. EJEMPLO VSM.....	43
FIGURA 14. EL MAPA DEL PROCESO Y EL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO, QUE MUESTRA LAS CAUSAS DE LA VARIACIÓN EN LOS FACTORES (X) E (Y)	44
FIGURA 15. DIAGRAMA DE GANTT.....	47
FIGURA 16. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA EN COOPERVISION	66
FIGURA 17. INICIO PROCESO DE “DRY” COOPERVISION – MOLDEO DE FLORES	67
FIGURA 18. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS DE DRY EN COOPERVISION	70
FIGURA 19. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS DE WET EN COOPERVISION.....	74
FIGURA 20. DIAGRAMA SIPOC.....	76
FIGURA 22. DIAGRAMA CTQ.....	94
FIGURA 23. DIAGRAMA DE FLUJO DEL ÁREA DE PT (PHYSICAL TEST)	105
FIGURA 24. MAPA DEL PROCESO DE MANUFACTURA EN COOPERVISION.....	126
FIGURA 25. OPCIÓN “HC & MATERIAL”	130
FIGURA 26. MÓDULO “PERSONAL OPERATIVO”.....	131
FIGURA 27. MÓDULO “WIP E INVENTARIOS”	132
FIGURA 28. MÓDULO “WIP E INVENTARIOS” – AYUDAS VISUALES DE LOS INDICADORES.....	133
FIGURA 29. MINUTA REUNIÓN 20 DE MARZO 2019 – FASE I	134
FIGURA 30. AYUDA VISUAL DE ESPACIOS OCUPADOS POR ESTACIÓN DE TRABAJO.....	137
FIGURA 31. MÓDULO INFORMACIÓN GENERAL DE MÁQUINAS	138
FIGURA 32. MÓDULO DE BALANCE DE LÍNEAS.....	139
FIGURA 33. MÓDULO REPORTE DEL BALANCE DE LÍNEAS – RESULTADOS	143
FIGURA 34. MINUTA REUNIÓN 12 DE ABRIL 2019 – FASE II.....	145
FIGURA 35. PRESENTACIÓN FORMAL A GERENCIA (1)	155
FIGURA 36. PRESENTACIÓN FORMAL A GERENCIA (2)	156
FIGURA 37. PRESENTACIÓN FORMAL A GERENCIA (3)	156
FIGURA 38. PRESENTACIÓN FORMAL A GERENCIA (4)	157
FIGURA 39. PRESENTACIÓN FORMAL A GERENCIA (5)	157
FIGURA 40. PRESENTACIÓN FORMAL A GERENCIA (6)	158
FIGURA 41. IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE BALANCES EN LA INTRANET.....	160

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ROTACIÓN DE PERSONAL POR TURNO 2018	12
TABLA 2. ÍNDICE DE HERRAMIENTAS DMAIC A UTILIZAR EN EL PROYECTO	30
TABLA 3. TABLA DE HERRAMIENTAS – ETAPA DEFINIR	54
TABLA 4. TABLA DE HERRAMIENTAS – ETAPA MEDIR	56
TABLA 5. TABLA DE HERRAMIENTAS – ETAPA ANALIZAR.....	57
TABLA 6. TABLA DE HERRAMIENTAS – ETAPA IMPLEMENTAR	59
TABLA 7. TABLA DE HERRAMIENTAS – ETAPA CONTROLAR	60
TABLA 8. DISTRIBUCIÓN DE LAS ENTREVISTAS VOC.....	78
TABLA 9. RANGOS GENERALES DE EVALUACIÓN	78
TABLA 10. RESULTADOS GENERALES DEL VOC.....	79
TABLA 11. RESUMEN DE LOS RESULTADOS GENERALES DEL VOC	87
TABLA 12. REQUERIMIENTOS DE PRODUCCIÓN MENSUAL PARA EL PERÍODO FEBRERO 2019	96
TABLA 13. DEFINICIÓN DE CANTIDADES PARA UN TURNO DE 12 HORAS	97
TABLA 14. RESUMEN DEL DESEMPEÑO DE LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN ENERO-MARZO 19	113
TABLA 15. LISTA DE ACCIONES PROPUESTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA	118
TABLA 16. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA DISEÑO DE HERRAMIENTA PROPUESTA PARA EL BALANCE DE LÍNEAS	120
TABLA 17. HISTÓRICO YIELDS, UTILIZACIÓN Y CICLOS DE TIEMPO POR ÁREA (OCTUBRE 18 – MARZO 19) ...	123
TABLA 18. COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERO A MARZO 2019 CON RESPECTO A LOS DATOS HISTÓRICOS DE MAQUINARIA.....	124
TABLA 19. DISTRIBUCIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO EN EL CUARTO DE MANUFACTURA	127
TABLA 20. RESUMEN DE CADA PROCESO EN LA HERRAMIENTA BALANCE DE LÍNEAS	136
TABLA 21. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL USO DE LA HERRAMIENTA	147
TABLA 22. SUPUESTO DE PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN.....	150
TABLA 23. CÁLCULOS DEL VAN Y TIR DEL PROYECTO PROPUESTO	152
TABLA 24. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA DEL BALANCE DE LÍNEAS – COOPERVISION	154

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.....	13
GRÁFICO 2. REPORTE DE YIELDS EN DRY MENSUAL COOPERVISION COSTA RICA.....	71
GRÁFICO 3. TASA DE FALLO DE VOC POR CATEGORÍAS	83
GRÁFICO 4. NOTA OBTENIDA POR CATEGORÍA DEL VOC.....	84
GRÁFICO 5. MAPA DE LA CADENA DE VALOR COOPERVISION – ESCENARIO ACTUAL.....	86
GRÁFICO 6. IMPACTO DE LA CARACTERIZACIÓN VSM – ESCENARIO ACTUAL.....	89
GRÁFICO 7. PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE MOLDEO (ENERO - MARZO 2019).....	98
GRÁFICO 8. PRODUCCIÓN POR TURNO DEL ÁREA DE MOLDEO PARA CADA MES.....	99
GRÁFICO 9. PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE FILLER (ENERO-MARZO 2019).....	100
GRÁFICO 10. PRODUCCIÓN POR TURNO DEL ÁREA DE FILLER PARA CADA MES.....	101
GRÁFICO 11. PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE DEPETALER (ENERO-MARZO 2019)	102
GRÁFICO 12. PRODUCCIÓN POR TURNO DEL ÁREA DE DEPETALER PARA CADA MES.....	103
GRÁFICO 13. PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE PT (PHYSICAL TEST, ENERO-MARZO 2019)	104
GRÁFICO 14. PRODUCCIÓN POR TURNO DEL ÁREA DE PHYSICAL TEST PARA CADA MES	106
GRÁFICO 15. PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE DELENSER (ENERO-MARZO 2019)	107
GRÁFICO 16. PRODUCCIÓN POR TURNO DEL ÁREA DE DELENSER PARA CADA MES	108
GRÁFICO 17. PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE HIDRATACIÓN (ENERO-MARZO 2019)	109
GRÁFICO 18. PRODUCCIÓN POR TURNO DEL ÁREA DE TANQUES DE HIDRATACIÓN PARA CADA MES.....	110
GRÁFICO 19. PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE SEALER POR MES	111
GRÁFICO 20. PRODUCCIÓN POR TURNO DEL ÁREA DE SEALER PARA CADA MES	112
GRÁFICO 21. AUSENTISMO DIARIO PARA EL MES DE ENERO 2019	128
GRÁFICO 22. AUSENTISMO DIARIO PARA EL MES DE FEBRERO 2019	128
GRÁFICO 23. AUSENTISMO DIARIO PARA EL MES DE MARZO 2019	129
GRÁFICO 24. PROYECCIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN.....	140
GRÁFICO 25. PROYECCIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN.....	141
GRÁFICO 26. PROYECCIÓN TIEMPOS DE HOLGURA POR PROCESO.....	142
GRÁFICO 27. EVALUACIÓN POR ATRIBUTOS DE LA HERRAMIENTA POR TURNO	148
GRÁFICO 28. EVALUACIÓN FINAL DE LA HERRAMIENTA POR TURNO	149
GRÁFICO 29. COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CON LA HERRAMIENTA IMPLEMENTADA	161

RESUMEN EJECUTIVO

Alfaro Alpízar Erick, Universidad Hispanoamérica, agosto 2019. Diseño e implementación de una herramienta o aplicación que simula las condiciones del área de manufactura para determinar balance óptimo de líneas, estandarizar y cumplir con las métricas de producción en CooperVision de costa rica en el primer Q 2019. Profesor tutor: Jaqueline Brenes Granados.

El proyecto descrito en este documento contiene el detalle del trabajo que se realizó en la empresa CooperVision teniendo como alcance la operación de manufactura completa de la organización. Adicionalmente el objetivo general describe en síntesis la búsqueda y planteamiento del balance óptimo de la operación de tal manera que permita la maximización de los recursos para que al mismo tiempo contribuya con un incremento en los números de producción de hasta un 4% descrito en el capítulo I, ya que al mismo tiempo este es el planteamiento del problema que se expone. La solución propuesta se realiza a través del desarrollo de toda la metodología DMAIC que se describe en el capítulo II a nivel teórico y en el capítulo III de forma detallada la intención sobre él la totalidad del desarrollo de la propuesta.

En el desarrollo de las etapas de definición, medición y análisis se describe el problema y sus causas, se realiza diagrama de flujo, SIPOC y VOC para entender mejor la situación actual, se miden inventarios, producciones y materiales y se documentan las cantidades óptimas a ser incluidas en la herramienta propuesta y en donde se encuentra un costo de oportunidad correspondiente a la producción que se deja de hacer de hasta \$339 735 por mes. Para las etapas de implementación y control se diseña una herramienta que permite a los usuarios balancear el cuarto de manufactura siempre acorde con las metas establecidas y propone los mejores escenarios para ello. Todo esto se hace por medio de un cronograma de actividades. Con la implementación se muestra un incremento en la producción de un 3% (\$254 800) los primeros meses y se concluye que el uso de la herramienta propuesta es fundamental para el éxito de la operación.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La empresa CooperVision Costa Rica contrató a un grupo de cinco ingenieros en mayo del año 2015, con el objetivo principal de aprender sobre el proceso de fabricación de lentes de contacto, utilización de la maquinaria y traslado de los procesos a Costa Rica por lo que tuvieron que viajar a Nueva York, Puerto Rico, Inglaterra Alemania, Italia y Hungría para iniciar las operaciones en febrero del año 2016. Durante todo ese periodo se trabaja intensamente en la absorción de conocimiento técnico en conjunto con una fuerte labor de contratación de 480 personas, instalación de equipos y adecuación de facilidades.

La transición tarda aproximadamente 2 años para obtener la estabilidad en la operación, sin embargo, en el área de manufactura se percatan las jefaturas que desde la implementación de la planta y el proceso completo de transferencia nunca se trabajó ni se dedicó personal al entendimiento adecuado del balance óptimo de las líneas de producción. Como consecuencia de esto se comienzan a experimentar incumplimientos en las metas de producción de hasta un 4% por debajo de lo estimado, teniendo que incurrir en gastos adicionales de hasta 1300 horas acumuladas en extras del personal por mes para poder cubrir el restante de la producción prometida a los clientes. Se realiza entrevistas por parte del área de Ingeniería donde se comprueba que efectivamente no se tiene un estándar de trabajo en ninguno de los 4 turnos existentes sobre la utilización de los recursos productivos del cuarto de manufactura.

Este documento se presenta el detalle y descripción de la implementación de una herramienta que pretende estandarizar el uso de los recursos en toda el área de manufactura y responde al proyecto de graduación de la carrera de Ingeniería Industrial en el grado de licenciatura de la Universidad Hispanoamérica titulado ***“Diseño e implementación de una herramienta o aplicación que simula las condiciones del área de manufactura para determinar balance óptimo de líneas, estandarizar y cumplir con las métricas de producción en CooperVision de costa rica en el primer Q 2019”***

El presente proyecto consta de seis capítulos. En el capítulo I se describen los antecedentes de la empresa y el área donde se desarrollará la problemática que debe ser resuelta, fundamentada con información preliminar, para luego definir los objetivos, alcances y limitaciones para desarrollar de manera exitosa el proyecto. En el capítulo II se desarrolla el marco teórico donde se explican los temas, conceptos y métodos que se utilizarán para la medición, solución y control del problema definido en el capítulo I, así como también una breve descripción de cada herramienta, por qué debe ser incluida en el estudio, sustentado con referencias bibliográficas, para luego complementarlo con lo que específicamente se hará durante las siguientes fases del proyecto y que se describen en el capítulo III utilizando la metodología DMAIC así como también lo que se pretende desarrollar en cada una de las etapas hasta llegar a la implementación de una solución a dicho problema.

Parte importante de este proyecto será probar de forma efectiva y objetiva que hay un problema real, para el cual en el capítulo IV se debe desarrollar un diagnóstico donde con datos específicos se identifican las causas probables que provocan el problema y en el capítulo V se indican las posibles soluciones que luego de determinar su factibilidad económica y de implementación se procede con la implementación según un cronograma de actividades. Por último, se concluye de acuerdo a los resultados obtenidos y para finalizar se establecen las recomendaciones en el capítulo VI con el fin de asegurar la continuidad y seguimiento a las propuestas implementadas con el proyecto.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

1.2.1 Reseña histórica

Desde 1980, CooperVision ha brindado lentes de contactos a todas las personas que lo necesiten a nivel global. Como resultado dirige negocios en alrededor de 100 ciudades.

CooperVision es una empresa líder a nivel mundial en la industria de lentes de contacto. Con un fuerte crecimiento anual durante los últimos diez años. Nuestras principales plantas de manufactura están ubicadas en Puerto Rico, Costa Rica, Nueva York, Inglaterra, España, Bélgica, Japón, China y Australia.

En el año 2002 CooperVision Corp. decide comenzar su búsqueda de un nuevo “site” para el arranque de un nuevo proyecto llamado CLARITI ONE DAY, el cuál su mayor característica es un lente que por sus propiedades puede ser utilizado únicamente por un solo día. Según estudios realizados con diferentes entidades médico-oculares, el mercado tiene una tendencia muy fuerte hacia ese producto innovador y por ende CooperVision - Medical División decide comenzar con la inclusión en dicho proyecto.

1.2.2 Generalidades

a) Ubicación geográfica

Zona Franca Coyol, Alajuela Costa Rica.

b) Promesa

CooperVision tiene una perspectiva refrescante que nos distingue. Comprendemos que no hay dos ojos, no hay dos pacientes y no hay dos días que alguna vez sean iguales. Entendemos que nuestros lentes son uno de los muchos componentes valiosos en la vida cotidiana de las personas. Sabemos que cada usuario es único; por eso manufacturamos lentes de clase mundial para casos de corrección visual que van desde los más sencillos hasta los más complejos y buscamos formas de facilitar el que las personas puedan escoger los lentes de contacto que mejor se ajusten a sus necesidades.

Nuestra perspectiva también nos permite ser un mejor aliado. Escuchamos. Comprendemos la dinámica de nuestra industria. Mantenemos todo lo más simple posible. Y actuamos con rapidez, flexibilidad y agilidad, siempre buscando nuevas y mejores maneras de apoyar a nuestros clientes y mantenerlos actualizados.

En resumen, estamos comprometidos con ayudar a nuestros clientes a operar y expandir negocios exitosos, y a mantener a clientes y usuarios satisfechos con nuestros lentes y confiados en CooperVision hoy, mañana y siempre.

c) Propósito

Ayudamos a mejorar la manera en que las personas ven cada día.



Figura 1. Propósito CooperVision

Fuente: Propósito - CooperVision. (s.f.) et al., 2019, p.1).

d) Valores

Somos dedicados

Invertimos nuestro conocimiento, enfoque y determinación en todo lo que hacemos. No nos damos por vencidos hasta que el trabajo se haga bien, de acuerdo con lo definido por nuestros clientes, pacientes y por nosotros mismos.

Somos ingeniosos

Continuamente nos esforzamos por descubrir formas creativas y originales y hábiles de mejorar los lentes que fabricamos, fortalecer cada relación que desarrollamos y aprovechar al máximo cada oportunidad.

Somos aliados

Colaboramos y desarrollamos relaciones sólidas basadas en la honestidad, la franqueza, la confianza y el respeto. Valoramos el trabajo en equipo y sabemos que, si trabajamos juntos con nuestros clientes, usuarios y empleados, vamos a lograr mucho más de lo que lograríamos solos.

Somos amables

Somos receptivos, accesibles y hacer negocios con nosotros es sencillo. Siempre nos esforzamos por hacer lo que más beneficie a las personas con las que trabajamos: nuestros clientes, socios, usuarios y empleados.

e) Tipo de organización

Es una organización vertical con sede en 27 países y alrededor de 100 ciudades con una distribución de diferentes actividades de acuerdo con las necesidades del negocio como lo son los centros de atención al cliente, logística, producción, casa matriz.

Es una empresa privada, con ánimos de lucro, y según el tamaño, se considera una empresa grande.

f) Líneas de producción

Productos ofrecidos y producidos en la actualidad:

- **My Day Family:**
 - My day
- **My Day Toric**
- **Clariti 1 day family:**
 - Clariti 1 day
 - Clariti 1 day multifocal

- Clariti 1 day toric
- **Biofinity family:**
 - Biofinity multifocal
 - Biofinity toric
 - Biofinity energys
 - Biofinity & Biofinity XR
- **Avaira Vitality family:**
 - Avaira vitality
 - Avaira vitality toric

g) Especialización en Costa Rica

La división de CooperVision Costa Rica se especializa en la producción de alto volumen del producto CLARITI ONE DAY.

Sus características son:

- Corrección de la visión por problemas de miopía, hipermetropía, astigmatismo, presbicia.
- Material de silicon hydrogel.
- Excelente soporte durante todo el día y confort.
- Protección UVA y UVB.
- Reemplazo de lentes diarios.
- veces más oxígeno hacia la córnea – ojos más blancos y brillantes.

1.2.3 Estructura Organizativa

La división de Costa Rica cuenta con 480 empleados a octubre del 2018, bajo una organización estructural totalmente vertical que cuenta con los departamentos de Finanzas, Recursos Humanos, Ingeniería, Producción, Calidad y Facilidades bajo la dirección de una Gerencia General como se detalla en la figura 2. Adicionalmente cuenta con 3 celdas de producción y se proyecta tener seis para octubre del año 2019 y un incremento de la población de un 100%, lo que quiere decir 960 empleados.

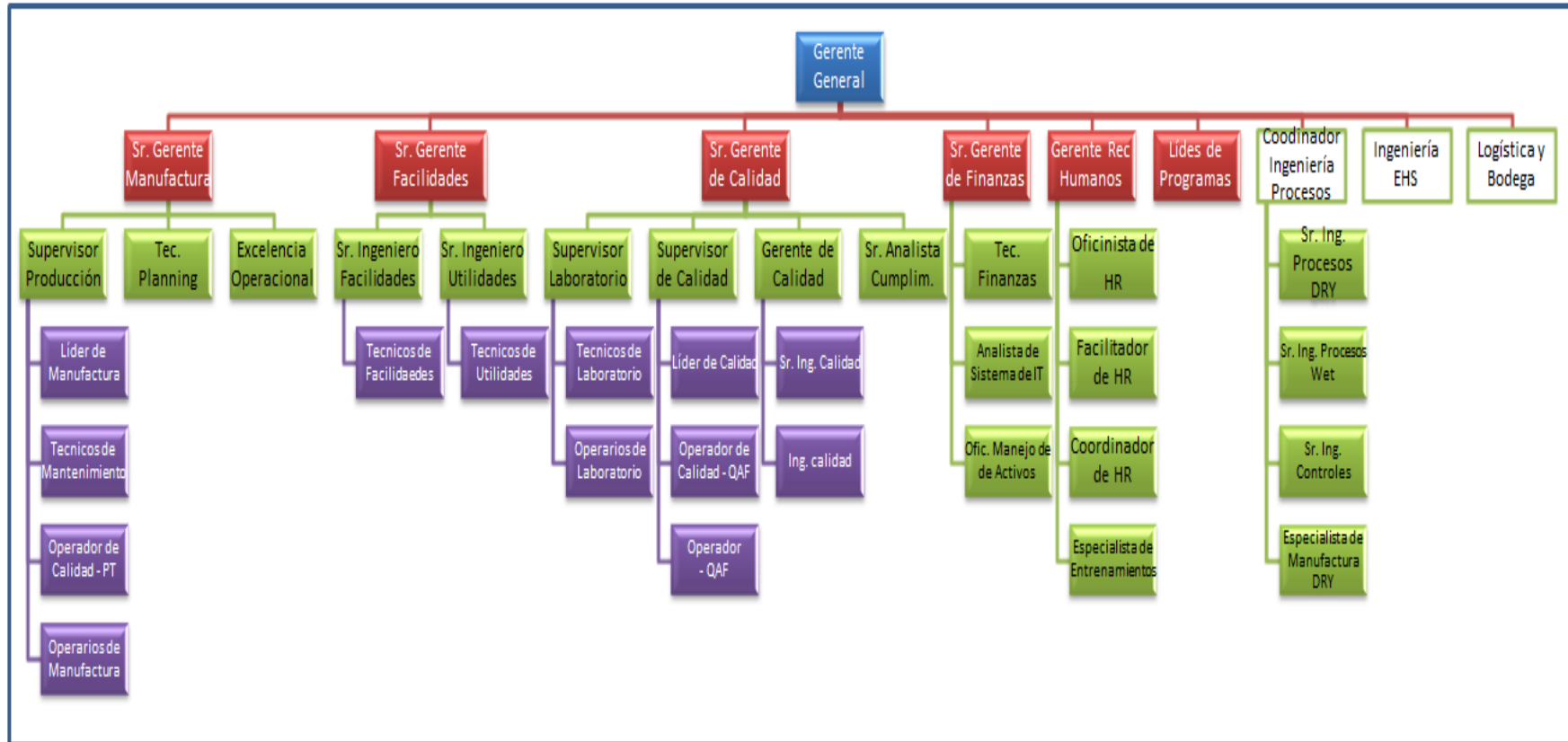


Figura 2. Organigrama de la compañía CooperVision Costa Rica
Fuente: elaboración propia.

El departamento de manufactura que está compuesto por 4 turnos en horario comprimido, donde turno 1 diurno y turno 3 nocturno trabajan de domingo a martes/miércoles, turno 2 diurno y turno 4 nocturno trabajan miércoles/jueves a sábado. Cada turno cuenta con 90 personas para desempeñar todas sus actividades productivas y el organigrama del departamento es el siguiente:

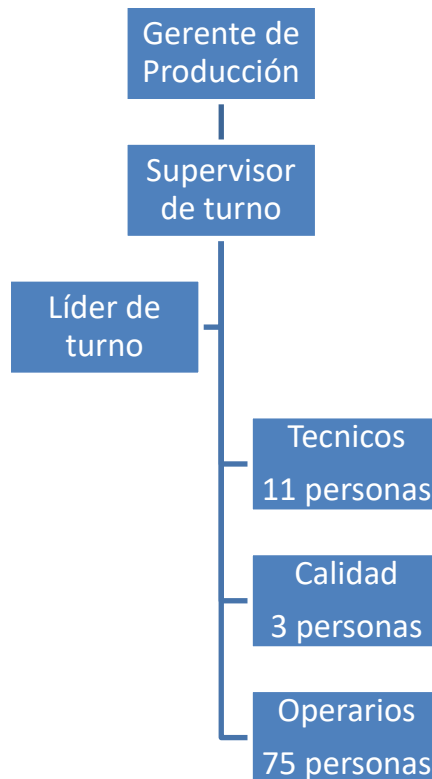


Figura 3. Distribución del personal de un turno de manufactura
Fuente: elaboración propia.

1.3PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las metas de producción que es el área donde se plantea el problema son definidas mensualmente de acuerdo con los requerimientos del cliente y a su vez son comunicadas por el área de planeamiento a Gerencia y estos lo distribuyen con su personal. Para el caso específico del departamento de producción, las metas son divididas en 4 partes iguales para asignar el dato requerido a cada turno, resultando el 25% del total que cada turno debe cumplir. Además, cada turno laboral cuenta con 12 horas para poder cumplir su meta, por lo que es necesario contar con una

cantidad mínima de inventario a lo largo de algunas operaciones, personal mínimo para correr las líneas de manufactura y disponibilidad de los equipos, por lo que cada Supervisor debe de conocer en detalle las prioridades de producción y los puestos que necesita llenar para cumplir con los diferentes requerimientos del turno de 12 horas. Sin embargo, obtener de forma fácil y rápida toda la información necesaria no es sencillo y como resultado, las jefaturas terminan tomando en algunos casos malas decisiones o difíciles de corregir a tiempo, teniendo alto impacto en la operación.

Adicional a todo el problema de la determinación de los recursos necesarios para un rápido arranque, se le agrega el hecho de una tasa de alta rotación de personal que genera complicaciones directas para poder estabilizar las líneas de producción. La tabla 1 muestra el comportamiento de la rotación de personal de los distintos turnos donde hay grupos de trabajo que muestran datos en un rango de un 20% hasta un 34% anualizado, cuando la meta de la empresa es de un 18%, lo que significa una alta incidencia en el cambio de los equipos de recursos humanos que ya han sido entrenados y han adquirido los conocimientos necesarios para operar, como consecuencia no sólo se deben reemplazar si no también esperar a que obtengan el nivel necesario para ejecutar los procesos.

Uno de los principales factores que contribuye considerablemente con el problema es la falta de estandarización, ya que aun cuando existen 4 turnos corriendo el mismo proceso y la misma operación los cuales fueron definidos desde el primer momento, nunca se ha definido un método estándar y por ende cada turno trabaja diferente y bajo distintos conceptos, por lo que obtener siempre los resultados esperados es una verdadera incertidumbre ya que cada Supervisor de Manufactura aplica su experiencia y conocimiento.

Tabla 1. Rotación de personal por turno 2018

DESGLOSE POR TURNO															
TURNO 1	2018													% Rotación	Rotación Vol. Total
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre			
Salidas Voluntarias	1	2	1	1	3	0	5	5	1	1	3	3	26	28.6%	
Salidas Involuntarias	2	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	1	7		
Rotación Voluntaria	1%	2%	1%	1%	3%	0%	5%	5%	1%	1%	3%	3%	29%		
Rotación Involuntaria	2%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	2%	0%	1%	8%		
Fromedio Empleados	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91		2
TURNO 2	2018														
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	% Rotación	Rotación Vol. Total	
Salidas Voluntarias	0	0	5	5	5	5	2	5	1	0	3	1	32	34.0%	
Salidas Involuntarias	0	0	0	1	1	0	2	2	3	1	0	0	10		
Rotación Voluntaria	0%	0%	5%	5%	5%	5%	2%	5%	1%	0%	3%	1%	34%		
Rotación Involuntaria	0%	0%	0%	1%	1%	0%	2%	2%	3%	1%	0%	0%	11%		
Fromedio Empleados	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94		3
TURNO 3	2018														
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	% Rotación	Rotación Vol. Total	
Salidas Voluntarias	0	0	3	0	3	2	0	0	2	4	2	2	18	20.0%	
Salidas Involuntarias	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0	5		
Rotación Voluntaria	0%	0%	3%	0%	3%	2%	0%	0%	2%	4%	2%	2%	20%		
Rotación Involuntaria	0%	0%	1%	3%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	6%		
Fromedio Empleados	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90		2
TURNO 4	2018														
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	% Rotación	Rotación Vol. Total	
Salidas Voluntarias	0	0	3	1	2	4	4	3	1	3	1	2	24.0	26.4%	
Salidas Involuntarias	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	2	7.0		
Rotación Voluntaria	0%	0%	3%	1%	2%	4%	4%	3%	1%	3%	1%	2%	26%		
Rotación Involuntaria	0%	0%	1%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	0%	1%	2%	8%		
Fromedio Empleados	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91		2

Fuente: Datos internos de CooperVision

1.3.1 Definición del problema

De acuerdo con todo lo descrito en el punto 1.3 se concluye que el problema principal experimentado por la empresa CooperVision en el área de manufactura es el no tener un método estándar para el balance óptimo de las líneas de manufactura que ayude a los Supervisores y Líderes del cuarto de producción a tomar decisiones rápidas y precisas para la distribución adecuada del recurso humano disponible y el uso adecuado de los recursos para el cumplimiento de las métricas definidas de producción.

1.3.2 Justificación

En los últimos 12 meses del periodo 2018 se ha estado experimentando problemas serios de desbalance en las líneas de producción de hasta un 4% de pérdida de la productividad de la planta mensualmente, obteniendo como resultado la falta de cumplimiento de las metas establecidas por la alta gerencia tal y como se puede observar en el gráfico 1.

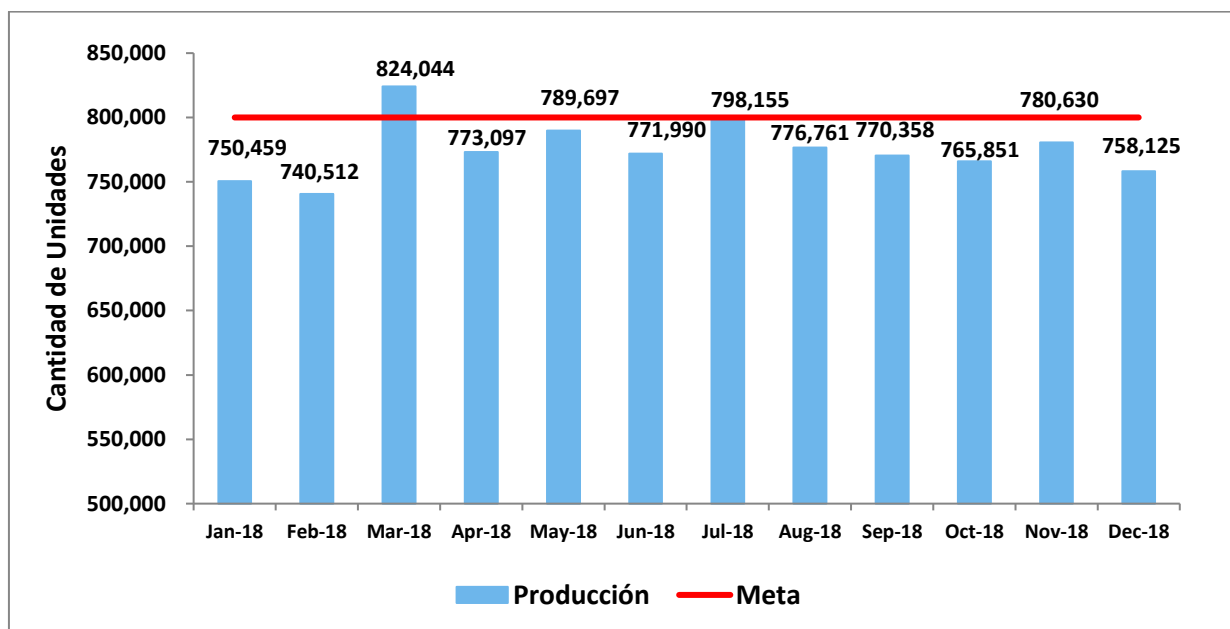


Gráfico 1.

Fuente: Datos internos de CooperVision

Es decir, la falta de estandarización en el método de balanceo de las líneas de producción provoca el incumplimiento de los resultados y metas, por ende,

desmotivación y rotación del personal. Los stakeholders o afectados son el departamento de Recursos Humanos por las constantes contrataciones que debe de efectuar y las continuas capacitaciones, así como el departamento de Producción que comúnmente debe de prescindir de su mano de obra y como consecuencia debe de cambiar frecuentemente su estrategia de balance de las líneas productivas. El efecto principal y lo que justifica el proyecto es la falta de cumplimiento de las metas de producción, esto debido a que al ser una compañía tan nueva (3 años que inició sus operaciones) y en constante cambio, aún no existe un sistema estandarizado que los Supervisores y Líderes de manufactura puedan utilizar para balancear sus líneas de producción por prioridades y lógica operacional, causando que todos los días se usen diferentes estrategias para intentar conseguir los resultados esperados y que por lo general no son positivos. En este momento se experimenta mucha confusión y hasta desmotivación en los diferentes grupos de trabajo debido a la falta de cumplimiento, que al mismo tiempo hace que no obtengan incentivos como por ejemplo el bono por productividad y que como consecuencia experimentan altos niveles de rotación.

El 4% en la pérdida de la producción significa 11 360 000 unidades anuales lo que es aproximadamente significa una pérdida para la empresa de \$1 022 400.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo general

Determinar el balance óptimo de los recursos del cuarto de producción de forma que se obtenga un estándar que pueda ser implementando en todos los turnos y que permita un incremento de un 4% en las métricas de producción.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Analizar el método de balance actual de las líneas de producción por turno de trabajo, enfocado en el manejo de los inventarios, utilización de los equipos y localización del recurso humano disponible utilizado por cada supervisor de acuerdo con su conocimiento y experiencia del proceso.
- b. Diseñar una herramienta que simule el área de producción considerando todos los recursos asociados (recurso humano, materiales/inventarios y disponibilidad de equipos), que facilite el análisis y que como resultado se obtenga el balance óptimo de los recursos para cumplir con las metas de producción.
- c. Evaluar factibilidad financiera y de implementación de la herramienta propuesta.
- d. Realizar la implementación de la herramienta sugerida para estandarización y manejo óptimo de los recursos.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

El presente proyecto se enfoca en el balance óptimo de las líneas de producción y el uso correcto de los recursos definidos en el área de manufactura (áreas de DRY y WET), para lograr las metas de producción y reducción de sus costos.

Además, el proyecto puede servir como base para futuras implementaciones de nuevos procesos y replicarlo así en otras áreas del negocio o diferentes países donde opere CooperVision.

1.5.2 Limitaciones

La principal limitación es la veracidad de los registros de producción que llevan los operadores de forma manual mediante un archivo de Excel MS que es diferente en todos los turnos y completado de diversas formas, este puede ser manipulado y con esto afectar los resultados. Asimismo, se entiende que la forma de balanceo de las líneas es empírica por lo que es importante visitar los 4 turnos y tomar notas de sus prácticas, por lo que se visualiza algún tipo de resistencia.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.2 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

El proyecto desarrollado y descrito en este documento pretende realizar un análisis del proceso de manufactura de la empresa CooperVision y el balance óptimo de las líneas de producción, con el objetivo de minimizar brechas en el incumplimiento de las metas de producción y la eficiencia sobre el uso de los recursos disponibles.

2.2.1 Ingeniería

Partiendo del hecho previamente comentado en la sección 1.3 (Planteamiento del Problema) y de que desde los arranques de la planta de CooperVision en Costa Rica, nunca se ha desarrollado una herramienta estándar para el manejo de los recursos y balanceos del cuarto de manufactura, por lo que se plantea al área de ingeniería resolver el problema planteado. Según *Baca et al., 2014, p.2* indica que la palabra ingeniero proviene del vocablo inglés engine, y éste a su vez del latín ingenium, y se define como disponer de un talento natural, de ahí que, por deducción, se considera que un ingeniero es aquella persona que, con cierta base científica, diseña o construye máquinas y aplica su conocimiento e ingenio para resolver problemas en bien de la comunidad. Esto concuerda con la primera definición, que establece que un ingeniero es aquel profesional que tiene conocimientos adquiridos con base en estudio, que posee un talento natural, que es creativo y que aplica sus conocimientos en el diseño de máquinas y procesos industriales para el beneficio de la humanidad.

CooperVision históricamente ha utilizado el conocimiento y talento de sus ingenieros en diferentes ramas para la gestión de sus procesos, solución de problemas encontrados y mejora de sus actividades tal y como se está planteando en este documento, logrando así su éxito y crecimiento exponencial en varios países y colocándose como líder en el desarrollo de su producto.

2.2.2 Gestión por Procesos

CooperVision como cualquier otra planta de manufactura similar, como por ejemplo Baxter, Hospira o Saint Jude, ha utilizado de definición de sus procesos de forma lógica y escalonada intentando siempre que la ejecución de las actividades tenga sentido y fluyan de forma natural. Para ello las operaciones de CooperVision se basan en procedimientos que indican paso a paso como debe de ejecutarse la labor en cada etapa, estandarizando así no solo la manufactura de su producto si no también la calidad que promete a sus clientes tal y como lo propone *Baca et al., 2014, p.32-33* donde define proceso como la aplicación de una serie de etapas lógicas y ordenadas que persigue un objetivo común.

Si a este término se le agrega la palabra industrial, entonces se refiere a cualquier conjunto de actividades o serie de trabajos físicos y/o químicos que provoca un cambio físico o químico en la materia prima, con la finalidad de generar productos de valor comercial. La transformación de las materias primas se realiza por medio de una serie de etapas lógicas y ordenadas para obtener un producto de valor comercial.

Al conjunto de dichos cambios que experimenta el producto final se le conoce como proceso industrial; como se explicó antes, todo proceso industrial se caracteriza por el uso de insumos y suministros que, sometidos a una transformación, generan productos, subproductos y residuos, como agua residual, emisión de gases o material peligroso.

En la figura 2.5 se observa una representación general de un proceso industrial en forma de diagrama. Es por esto que el proceso que se establezca para el balance óptimo de las operaciones de manufactura será de suma importancia para asegurar que no haya ineficiencias que no permitan el alcance los objetivos establecidos en el capítulo I.

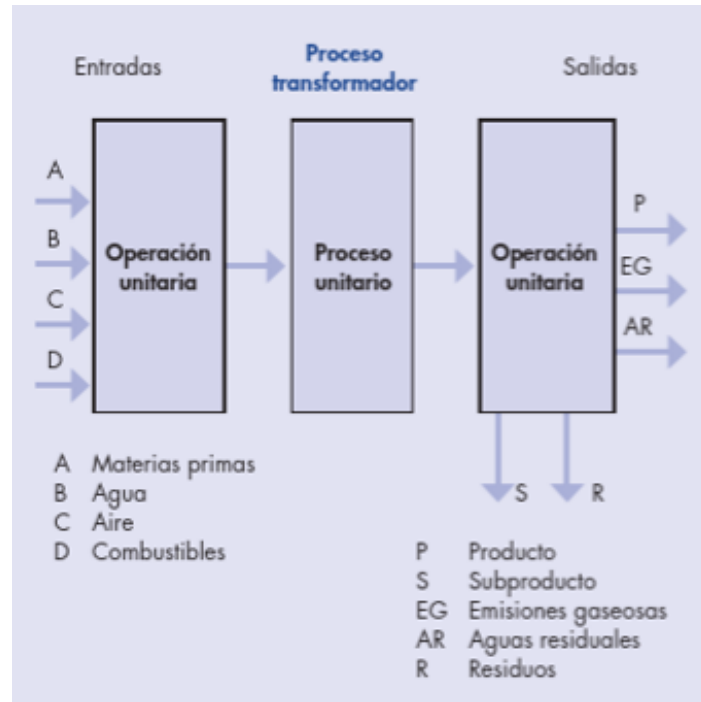


Figura 4. Representación general de un proceso

Fuente: Introducción a la Ingeniería Industrial (Baca et al., 2014).

2.2.3 Estadística

Para el desarrollo del proyecto basado en el problema planteado en la sección 1.3.1, será de suma importancia el uso de la estadística descriptiva según como indica *Sarrión, D et al., 2013, p.2*, se ocupa de la obtención, clasificación, representación y análisis de los datos relativos a las características de interés observados en todos los individuos de un colectivo (población o muestra) con el objeto exclusivo de describir las regularidades o el comportamiento de ese colectivo, sin pretender extraer conclusiones que trasciendan al conjunto analizado. Este tipo de estudio es de naturaleza deductiva, ya que a partir de un conjunto genérico de datos se extraen conclusiones particulares de los mismos.

CooperVision ha utilizado la estadística para el análisis de la información en diversas prácticas como validaciones de procesos, implementación de nuevos procesos o solución de problemas, al punto de tener un procedimiento que especifica las herramientas más comunes que se pueden usar y los sistemas permitidos como por ejemplo Excel MS o Minitab. Algunas de las herramientas

descritas en dicho procedimiento y que serán tomadas en cuenta en este proyecto para el análisis de la información son el gráfico de barras para revisar frecuencias, tabla para la configuración de porcentajes, promedios, gráficos de tendencia y recopilación de datos por medio de atributos en las encuestas que se pretenden realizar.

2.2.4 Metodología Lean

Según *Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. et al., 2010, p.2* se entiende por lean manufacturing (en castellano "producción ajustada"), la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. La producción ajustada (también llamada Toyota Production System), puede considerarse como un conjunto de herramientas que se desarrollaron en Japón inspiradas en parte, en los principios de William Edwards Deming.

Como nota preliminar se utilizarán diversos términos japoneses que se han aceptado en todo el mundo en la temática relacionada con Lean y que serán al mismo tiempo incluidas en el proyecto como parte complementario a algunas técnicas que se adoptaran de la metodología de Manufactura Esbelta por ejemplo, la línea de ensamble final de Toyota nunca ensambla el mismo modelo de automóvil en un lote, en su lugar, Toyota nivela la producción mediante el ensamble de una mezcla de modelos en cada lote y los lotes se hacen tan pequeños como sea posible.

Lean manufacturing tiene por objetivo la eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, kanban, kaizen, heijunka, jidoka, etc.), que se desarrollaron fundamentalmente en Japón. Los pilares del lean manufacturing son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios según lo descrito por *Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. et al., 2010, p.1*. Para enfocar el proyecto sobre el balanceo de las líneas de manufactura en CooperVision se estará

utilizando la combinación de varias herramientas que contemplan métricas que son de suma importancia como lo son los tiempos de ciclo de la maquinaria, los tiempos y cantidades de los mantenimientos preventivos y los tiempos “down” del proceso utilizados normalmente en la herramienta TPM, también las ayudas visuales serán parte importante del proyectos que serán ingresados en la herramienta en lo que se conoce como “Fabrica visual” como Isual Aidso hizo Baxter en la implementación de sus procesos por medio de lo que se conoce en Ingles como “visual aids” lo que hace que personas ajenas y no expertas sepan con mucha facilidad lo que está sucediendo dependiendo de donde se ubiquen en la planta.

El libro de Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. Lo. (2010) en la página 5 indica que la racionalización del proceso de trabajo implicó, el principio de “fábrica mínima”, que propugna la reducción de existencias, materiales, equipos, etc., y se complementa con el principio de “fábrica flexible”, sustentada en la asignación de las operaciones de fabricación para lograr un flujo continuo y la respuesta rápida a la demanda. El modelo toyotista sintéticamente se resume en los siguientes puntos:

1. Eliminación del despilfarro y suministro just-in-time de los materiales.
2. La relación, basada en la confianza y la transparencia, con los proveedores elegidos en función de su grado de compromiso en la colaboración a largo plazo.
3. Una importante participación de los empleados en decisiones relacionadas con la producción: parar la producción, intervenir en tareas de mantenimiento preventivo, aportar sugerencias de mejora, etc.
4. El objetivo de la calidad total, es decir, eliminar los posibles defectos lo antes posible y en el momento en que se detecten, incluyendo la implantación de elementos para certificar la calidad en cada momento.

2.2.5 Balance de líneas productivas

Esta sección es una de las más importantes para este proyecto, donde se abordará el tema de balance de líneas que es básicamente el objetivo de lo que este proyecto plantea. De acuerdo con la teoría propuesta por Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. *et al.*, 2010, p.82, las pérdidas por balanceo son el resultado de tener mal equilibradas las operaciones de un sistema productivo, de manera que hay uno o varios procesos que consumen más tiempo que el resto, mientras los otros procesos disponen de un tiempo ocioso.

A continuación, se detalla matemáticamente el cálculo del potencial de mejora por la aplicación de un simple rebalanceo.

$$\text{Pérdidas balanceo} = \frac{[(TC \text{ más largo}) (N^{\circ} \text{ operarios})] - \text{Tiempo total para 1 pieza}}{TC \text{ más largo} \times N^{\circ} \text{ de operarios}}$$

Basándose en la hipótesis de que el proceso de manufactura en CooperVision normalmente trabaja de forma inestable y desbalanceada, en lo que establece la teoría-de “balance de líneas productivas” se busca un equilibrio mediante el cual se distribuyen los elementos del trabajo dentro de un flujo de valor con el fin de satisfacer el takt time. Lo cual ayuda a optimizar el tiempo de operación equilibrando las cargas de trabajo de modo que nadie hace demasiado o demasiado poco. Como la demanda de clientes puede fluctuar, a menudo es necesario volver a equilibrar la línea porque cambia los takt time. El cual parte del análisis de la situación actual, mediante un gráfico de balance de operario, donde se representan los elementos de trabajo, los requerimientos de tiempo y los operarios de la estación de trabajo que se utilizan para mostrar las oportunidades de mejora visualizando los tiempos de cada operación en relación con el tiempo de takt y el tiempo de ciclo total.

Con todo lo detallado anteriormente CooperVision persigue un incremento en su productividad, orden en sus procesos productivos y maximización de los recursos tal cual lo hizo Ford en la descripción de su libro *Ford, 1922, Ford, Henry (1922). My Life and Work p. 80*, donde se describe que las líneas de ensamble están

diseñadas para una organización secuencial de trabajadores, herramientas o máquinas y partes. El movimiento de los trabajadores es minimizado lo más posible. Todas las partes o ensambles son manejados por transportadoras o vehículos como carretillas elevadores o gravedad, la cual no tiene la necesidad de utilizar un transporte manual. El levantamiento de carga pesada es realizado por máquinas como grúas elevador o carretillas elevadoras. Normalmente cada trabajador realiza una simple operación.

De acuerdo con Henry Ford:

Los principios del ensamblaje son los siguientes;

- (1) Ubicar las herramientas y a los hombres en la secuencia de la operación para que el componente de cada parte pueda ser trasladado la menor distancia posible mientras se está en el proceso de terminado.
- (2) Utilice láminas transportadoras u otra forma de transporte para que cuando un operador complete la operación coloque la pieza o parte siempre en el mismo lugar—este lugar debe ser siempre el más conveniente para su comodidad—y de ser posible tener a la gravedad desplazando la pieza o parte al siguiente operador.
- (3) Utilice líneas de ensamble transportadoras que permitan que las partes a ser ensambladas sean entregadas a una distancia conveniente.

2.2.6 Incremento de la productividad

La productividad para CooperVision representa un factor clave en la constante búsqueda del mejoramiento de sus procesos y por supuesto a nivel competitivo para la clara ubicación de sus productos en el mercado. Es por eso que la productividad se entiende como un resultado que se obtiene de un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad significa lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos.

Tal y como lo sugiere *Gutiérrez, P. H. et al., 2010, p.21*, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas

o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados.

Es usual ver la productividad a través de dos componentes: eficiencia y eficacia. La primera es simplemente la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados, mientras que la eficacia es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados. Así, buscar eficiencia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicio de recursos; mientras que la eficacia implica utilizar los recursos para el logro de los objetivos trazados (hacer lo planeado). Se puede ser eficiente y no generar desperdicio, pero al no ser eficaz no se están alcanzando los objetivos planeados. Adicionalmente, por efectividad se entiende que los objetivos planteados son trascendentes y éstos se deben alcanzar.

La figura 5 muestra los componentes de la productividad y se ejemplifica la definición de eficiencia y eficacia midiendo los recursos empleados a través del tiempo total y los resultados mediante la cantidad de productos generados en buenas condiciones. Esta figura sugiere dos programas para el incremento de la productividad:

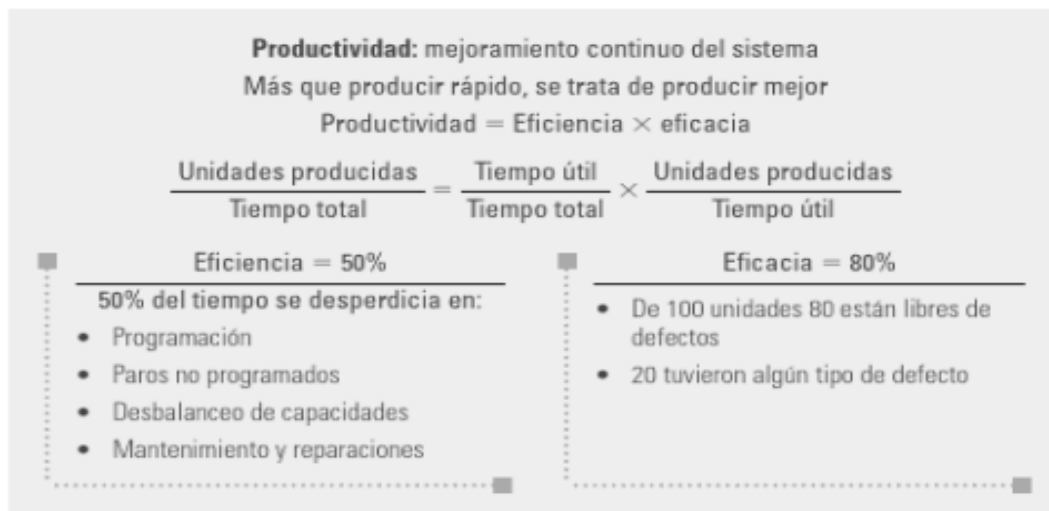


Figura 5. La productividad y sus componentes

Fuente: Calidad total y productividad (3a. ed.) (Gutiérrez, P. H. et al., 2010, p.22).

Por sobre lo anterior, este proyecto está enfocado en el incremento y la maximización de la productividad a través de los resultados que se obtengan como consecuencia de un adecuado balance de los recursos en los procesos de manufactura del producto, esperando, así como el mayor de los beneficios el incrementar la misma hasta en un 4% que es la pérdida de la producción registrada en promedio durante los meses representados en la sección 1.3.2, Gráfico 1.

2.2.7 Manejo del recurso humano

El mundo de cambios y exigencias que ha generado la globalización genera retos, ya que se debe mejorar y cambiar para adaptarse con éxito a un mundo que se transforma. CooperVision no está exento de dichas exigencias, por eso, esta sección deja un poco de lado las organizaciones y se enfoca en estudiar al individuo, sus tareas y sus retos.

Tal y como sugiere *Gutiérrez, P. H. et al., 2010, p.3-4* este un tema sobre el manejo del recurso humano sobre lo que se ha escrito mucho, por lo que aquí no se pretende tratarlo con profundidad, tan sólo destacar su importancia y parte de lo que está enfocado el proyecto.

Para empezar, es importante señalar las cinco habilidades/cualidades deseables en los egresados de una licenciatura en Estados Unidos:

- Habilidades de comunicación (oral y escrita)
- Fuerte ética de trabajo
- Habilidades de trabajo en equipo (trabajar bien con otros)
- Iniciativa habilidades analíticas

Es claro que varias de esas habilidades son resultado del desarrollo de la persona, tanto en su entorno social como en el escolar, y algunas están ligadas a lo que conocemos como personalidad.

En el primer nivel se pone énfasis en que la tarea empieza por la confiabilidad en el nivel personal, en cómo se es (carácter) y cómo se actúa (capacidad). Cuando se confía en el carácter de una persona mas no en su capacidad, al final se confiará poco en esa persona. Lo opuesto también da el mismo resultado: si se confía en la

capacidad de hacer cosas de una persona, pero se desconfía de su carácter, esa persona será poco confiable. Este binomio, carácter y capacidad, invita a revisar el yo interior, para que sirva de base para entablar una relación armoniosa con los demás, sin culpar y acusar a otros en un intento por justificar la disonancia interior. Un punto de partida es procurar un comportamiento equilibrado que se manifiesta por una coherencia entre lo que se entiende, dice y se hace. Dice *Rojas (2001)* "No hay nada peor que estar o desequilibrado, perdido, sin visibilidad interior. Por eso, el ser feliz es lo primero que se necesita, el habernos encontrado a nosotros mismos".

Detrás del comportamiento está la personalidad con la calidad, la cual se va construyendo poco a poco desde la niñez y es el fin donde se van acumulando lentamente las vivencias, el ambiente y los aspectos hereditarios. De tal forma que la personalidad está conformada por elementos físicos, psicológicos, sociales y confiables que se influyen de manera recíproca; es el conjunto de pautas de conductas actuales y potenciales que residen en un individuo y que se mueven entre la herencia y el ambiente.

Al final, la personalidad es un estilo de vida que afecta la forma de pensar, sentir, reaccionar, interpretar y conducirse. *Rojas (2001)* divide la personalidad en dos componentes: carácter y temperamento. El primero es la parte de la personalidad adquirida, aquella que se fue fraguando a lo largo de la vida debido a las influencias psicológicas, sociales y culturales. Por su parte, el temperamento es la parte heredada, aquella que tiene una relación directa con los patrones de conducta hereditarios y, por lo tanto, una raíz neurobiológica. Por ello, si se quiere ser más eficaz y productivo, el reto es alcanzar una personalidad armoniosa que se manifieste por un carácter confiable en el que se procure mejorar las capacidades para que nuestra actuación también sea confiable. Si en la actualidad nuestra personalidad tiene fallas importantes, como desgano, baja autoestima, negativismo, vivir anclados en el pasado con resentimientos e inseguridad, aburrimiento, hastío, depresión, cansancio psicológico, histeria, escepticismo, frivolidad, excesos, drogas, etc., será necesario buscar apoyo entre los profesionales en el terreno de las emociones y la salud o en agrupaciones especializadas de autoayuda para

reajustar esas conductas. Estas terapias permiten identificar las influencias negativas psicológicas, sociales y culturales que vivimos a lo largo de nuestra vida y también contribuyen a encontrar nuevas fuentes de pensamientos, creencias y conductas que lleven a mejorar nuestra personalidad. Con lo anterior, en primera instancia, se genera un beneficio personal al encontrar más y mejor sentido a nuestra vida, pero también las familias y centros laborales se favorecen al convivir con una personalidad más armoniosa.

Es por todo lo anterior que para CooperVision uno de los factores fundamentales en la que todo proyecto debe enfocarse o al menos ser incluido es el factor humano con el cual pretendemos producir los mejores dispositivos médicos, con una alta calidad y a un bajo costo. Como resultado y beneficio de esto la empresa pretende retener al su personal a través de un mejor ambiente laboral y manteniendo al mismo tiempo el alcance de sus metas e indicadores de la forma más eficientemente alcanzables.

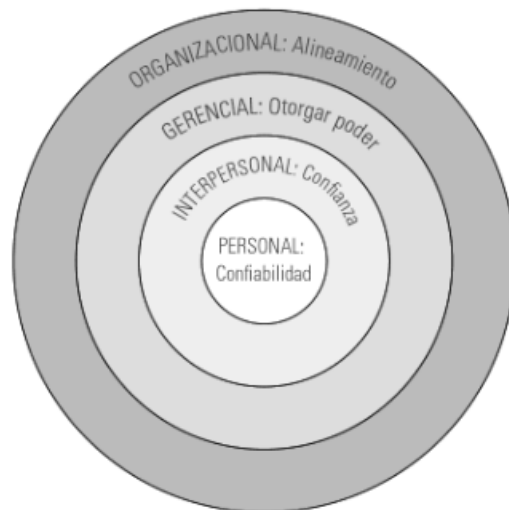


Figura 6. La calidad de actuación de un individuo parte de su confiabilidad personal

Fuente: Calidad total y productividad (3a. ed.) (Gutiérrez, P. H. et al., 2010, p.4).

2.3 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

2.3.1 Ciclo DMAIC

Para establecer una metodología que ayude de forma estructurada y de forma eficiente la solución del problema planteado en este documento, se utilizará el método DMAIC tal y como lo propone Pérez, U. M. L. et al., 2013, p.25, el cual indica que un proceso de aplicación de la filosofía Seis Sigma, en general, sigue un esquema o ciclo definido como dmaic (Define, Measure, Analyse, Improve, Control); siglas en inglés que quieren decir: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Este esquema conforma un proceso estructurado en cinco fases en las que se desarrollan técnicas y herramientas estadísticas que llevan al cumplimiento de los objetivos del proyecto.

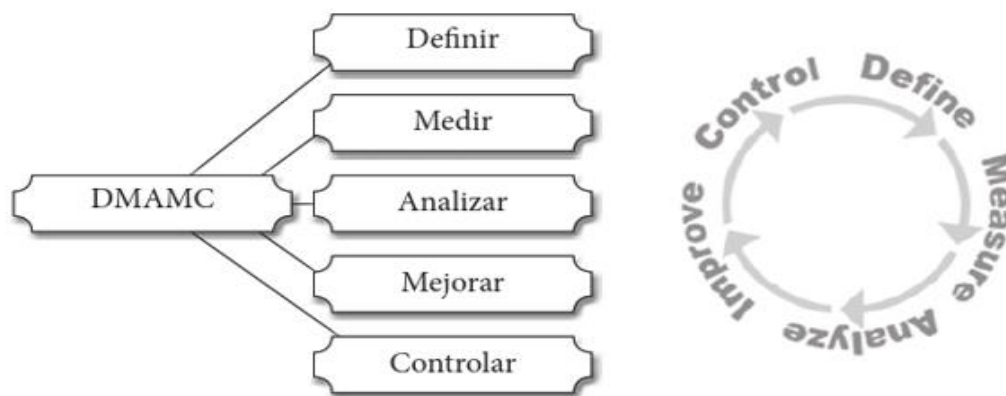


Figura 7. Estructura ciclo DMAIC

Fuente: Seis sigma: Guía didáctica para pymes (Pérez, U. M. L. et al., 2013, p.25).

De acuerdo con cada una de las etapas de la estructura del ciclo DMAIC Pérez, U. M. L. (2013) indica que:

- **Definir:** En esta primera fase del ciclo se define el proyecto, los miembros del equipo de trabajo y las características críticas a la calidad (ctq's).
- **Medir:** En esta segunda etapa del ciclo DMAIC, las características críticas de calidad seleccionadas en la anterior etapa se ponen a prueba mediante el uso de herramientas estadísticas, con las cuales se pretende cuantificarlas junto con los

problemas identificados, para finalmente elegir la característica crítica de calidad adecuada para desarrollar el proyecto de mejora Seis Sigma. Una vez seleccionada la característica de calidad adecuada, se procede a seleccionar las métricas que permitan establecer el nivel de rendimiento del proceso; en otras palabras, es determinar el nivel Sigma con el que trabaja el proceso, además del rendimiento de este.

- Analizar: En esta tercera fase del ciclo se busca la causa raíz del problema o las variables que afectan la característica crítica de calidad seleccionada.
- Mejorar: En esta fase del ciclo se define un plan de acción enfocado a atacar las causas raíz, proponiendo cambios en el proceso que es afectado por ella. Una vez planteadas las posibles mejoras, se validan mediante el monitoreo con las herramientas estadísticas para poder comprobar su efectividad.
- Controlar: En esta última fase del ciclo se procede una vez más a dirigir el proceso de mejora bajo herramientas estadísticas que monitoreen y controlen las mejoras presentadas y validadas. Es necesario saber que si se han logrado los resultados esperados mediante la implementación de la filosofía Seis Sigma, el proyecto de mejora no debe parar ahí, al contrario, se debe tener presente la mejora continua hasta alcanzar resultados positivos.

En la tabla 2 se puede observar el resumen de las herramientas que serán incluidas en el proyecto con el nombre de *“Diseño e implementación de una herramienta o aplicación que simula las condiciones del área de manufactura para determinar balance óptimo de líneas, estandarizar y cumplir con las métricas de producción en CooperVision de costa rica en el primer Q 2019”*, estas están divididas por cada una de las fases del ciclo DMAIC el cual será la metodología utilizada a lo largo del proyecto y que pretende ser la vía para llegar a la solución más efectiva del problema y que al mismo tiempo sea sostenible en el tiempo. Dicha metodología es usada en CooperVision de forma estándar y los resultados conseguidos han sido por lo general satisfactorios como en la implementación de nuevos sistemas de informática, nuevas líneas de producción y mejoras de procesos.

Tabla 2. Índice de herramientas DMAIC a utilizar en el proyecto

FASE	DEFINICION	HERRAMIENTAS
Definición	Identificar las características críticas de calidad.	las Diagrama de flujo
		la Diagrama SIPOC
		VOC - (Voz del cliente)
		CTQ – (Critical To Quality
Medición	Medir las características críticas de la calidad e identificar las características finales.	Medición de inventarios
		Medición de requerimientos de producción
		Medición de tiempos y ciclos del proceso actual.
		VSM (Actual- Propuesta)
		Diagrama causa-efecto
Análisis	Analizar las características finales y determinar la causa raíz.	las Análisis de los datos de inventarios, requerimientos de producción y tiempos de ciclo del proceso.
		Programación de una herramienta para el balance de líneas productivas.
		Planteamiento de la estructura y los escenarios posibles en el balance de líneas.
		Diseño de una herramienta que simule el balance de las líneas productivas y la proyección de los resultados esperados en conjunto con los equipos definidos para ella.
		Presentación a gerencia sobre la herramienta.
Implementación/ Mejora	Realizar las mejoras respectivas.	Modificación de posibles mejoras.
		Entrenar al personal identificado como usuarios principales de la herramienta.
		Dar seguimiento al correcto uso y entendimiento del sistema de balance.
		Diagrama de GANTT de implementación
		Seguimiento de minutas
Control	Monitorear las mejoras.	Establecimiento de reuniones para el seguimiento y alineamiento del cumplimiento.
		Revisión de indicadores semanales.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Diagrama de flujo

EL Flujograma o Diagrama de Flujo, consiste en representar gráficamente hechos, situaciones, movimientos o relaciones de todo tipo, por medio de símbolos.

Para el proyecto descrito en este proyecto se incluirá en la etapa de Definición del ciclo DMAIC la herramienta del diagrama de flujo con el objetivo de mapear todos los procesos que serán incluidos dentro del análisis para tener una perspectiva amplia de lo que se abarcará.

A continuación, se detalla de tres autores diferentes el concepto de Flujograma o Diagramas de Flujo, características, tipos, simbología, diseño y elaboración. Según *Gómez Cejas, Guillermo. Año 1.997*; El Flujograma o Flujograma, es un diagrama que expresa gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica. Según su formato o propósito, puede contener información adicional sobre el método de ejecución de las operaciones, el itinerario de las personas, las formas, la distancia recorrida el tiempo empleado, etc. Según *Chiavenato Idalberto. Año 1993*; El Flujograma o Diagrama de Flujo, es una gráfica que representa el flujo o la secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución. Según *Gómez Rondón Francisco. Año 1.995*; El Flujograma o Diagrama de Flujo, es la representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo. (*Acosta, R., Arellano, M., & Barrios, F. et al., 2009, p.4*)

Tipos de Flujogramas Según *Gómez Cejas, Guillermo. Año 1.997*

Según su forma:

- Formato Vertical: En él el flujo o la secuencia de las operaciones, va de arriba hacia abajo. Es una lista ordenada de las operaciones de un proceso con toda la información que se considere necesaria, según su propósito.
- Formato Horizontal: En él el flujo o la secuencia de las operaciones, va de izquierda a derecha.

- **Formato Panorámico:** El proceso entero está representado en una sola carta y puede apreciarse de una sola mirada mucho más rápidamente que leyendo el texto, lo que facilita su comprensión, aun para personas no familiarizadas. Registra no solo en línea vertical, sino también horizontal, distintas acciones simultáneas y la participación de más de un puesto o departamento que el formato vertical no registra.
- **Formato Arquitectónico:** Describe el itinerario de ruta de una forma o persona sobre el plano arquitectónico del área de trabajo. El primero de los flujogramas es eminentemente descriptivo, mientras que los últimos son fundamentalmente representativos.

(Acosta, R., Arellano, M., & Barrios, F. et al., 2009, p.6)

El objetivo fundamental del flujograma es indicar el flujo de todo el trabajo de un departamento y de toda la empresa u organización, si se quiere elaborar uno para cada actividad y otro para cada persona, de manera que muestre las interrelaciones, procedimientos entre los diferentes departamentos, secciones y personas, considerados en la mayoría de las empresas o departamentos de sistemas como uno de los principales instrumentos en la realización de cualquier de métodos y sistemas, es importante que se elabore de forma secuencial y cronológica, ya que así se evita la inconsistencia al momento de transmitir el mensaje. (Acosta, R., Arellano, M., & Barrios, F. et al., 2009, p.13)

Simbología y normas del diagrama

- **Círculo:** Inicio del Diagrama y Final del Diagrama.
- **Cuadrado:** Proceso de control.
- **Línea continua:** Flujo de información vía formulario o documentación en soporte de papel escrito.
- **Línea interrumpida:** Flujo de información vía formulario digital.
- **Rectángulo:** Formulario o documentación. Se grafica con el doble de ancho que su altura.

- **Rectángulo Pequeño:** Valor o medio de pago (cheque, pagaré, etc.). Se grafica con el cuádruple de ancho que su altura, siendo su ancho igual al de los formularios.
- **Triángulo (base inferior):** Archivo definitivo.
- **Triángulo Invertido (base superior):** Archivo Transitorio.
- **Semióvalo:** Demora.
- **Rombo:** División entre opciones.
- **Trapezoide:** Carga de datos al sistema.
- **Elipsoide:** Acceso por pantalla.
- **Hexágono:** Proceso no representado.
- **Pentágono:** Conector.
- **Cruz de Diagonales:** Destrucción de Formularios.

"Diagrama de flujo - Wikipedia, la enciclopedia libre" (2019)

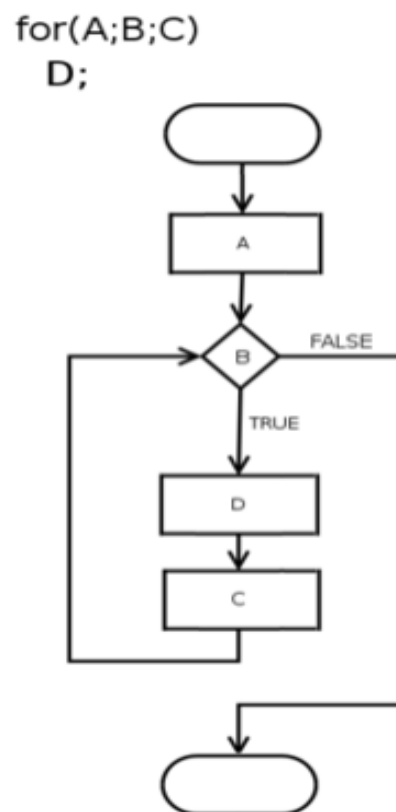


Figura 8. Ejemplo diagrama de flujo

Fuente: "Diagrama de flujo - Wikipedia, la enciclopedia libre" (2019)

2.3.3 Diagrama SIPOC

Uno de los análisis de suma importancia en el proyecto y que será incluido en la fase de Definición del ciclo DMAIC será el diagrama de SIPOC utilizando sus 5 elementos (Proveedor, Entradas, Procesos, Salidas, Cliente) tal y como lo describe *Socconini, L. et al., 2015, p.62* y se define como base para la definición de un problema basado en el modelo de negocios. Proporciona una perspectiva gráfica de las etapas del proceso global con proveedores clave.

El diagrama SIPOC es una de las técnicas más útiles y más utilizadas en la gestión y mejora de procesos en la empresa CooperVision y por ende será incluido ya que en el pasado les ha dado buenos resultados en la gestión de algunos proyectos. Se emplea para presentar una perspectiva «de un vistazo» de los flujos de trabajo. El nombre procede de los cinco elementos del diagrama (es el acrónimo inglés de Supplier, Input, Process, Output, Customer).

- Proveedor es la persona o grupo que suministra información, materiales u otros recursos para el proceso.
- Entrada, «lo» suministrado.
- Proceso, el conjunto de etapas que transforman y que, idealmente, añaden valor al resultado. Resultado o salida, el producto final del proceso.
- Cliente, la persona, grupo o proceso que recibe el resultado.

Con frecuencia, se añaden los «Requisitos» principales de la entrada y del resultado, convirtiéndolo en «SIRPORC». Sin embargo, nadie utiliza ese término, tal vez porque suena parecido a un cerdito con título de aristócrata inglés (Sir Pork). (Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. et al., 2002, p.144)

Beneficios de SIPOC, o «Sir Pork» en la gestión de proyectos en CooperVision

SIPOC puede ser de gran ayuda para que el personal vea la empresa desde una perspectiva de procesos. Entre sus ventajas se encuentran las siguientes:

1. Muestra un conjunto interfuncional de actividades en un solo diagrama sencillo.
2. Utiliza un marco de trabajo aplicable a procesos de todos los tamaños, incluso a una organización completa.

3. Ayuda a mantener una perspectiva de «imagen global», a la que se pueden añadir detalles.

Según Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. et al., 2002, p.144, enlazando las estructuras SIPOC de un extremo a otro de la organización, donde el resultado de un proceso se convierte en la entrada de otro, usted podrá desarrollar un diagrama de proceso de alto nivel para toda la empresa.

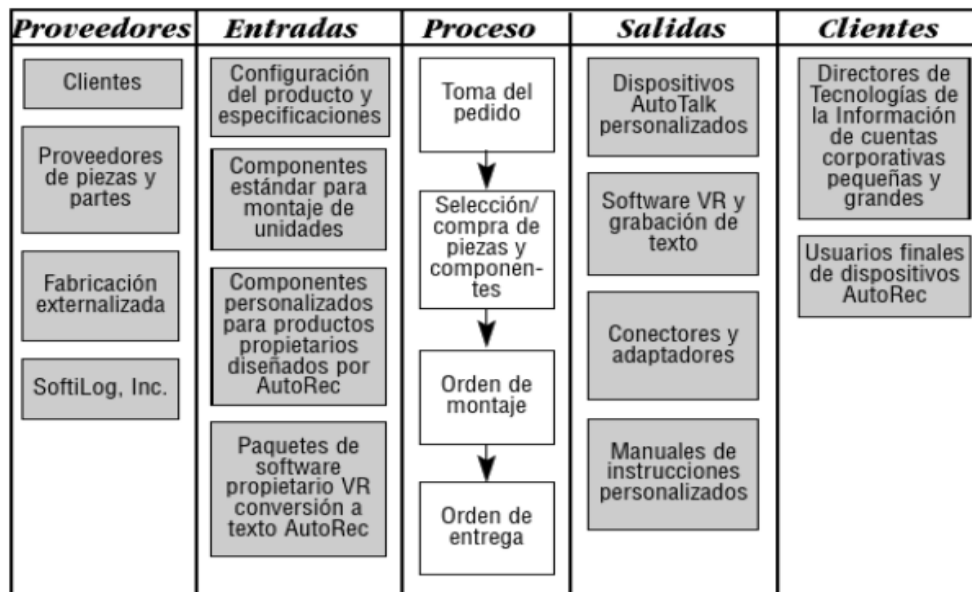


Figura 9. Ejemplo diagrama SIPOC

Fuente: Las claves de seis sigma: La implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. (Pande, P. S., Neuman R. P., & Cavanagh, R. R. et al., 2002, p.212).

2.3.4 Voz del cliente (VOC)

Para el inicio del proyecto y la herramienta que será el punto de partida para la investigación de los síntomas que derivan en el problema propuesta en este documento es el VOC (Voz del Cliente o por sus siglas en inglés Voice of the Customer). Uno de los requisitos principales de un sistema de Voz del Cliente ha de ser su habilidad para identificar las necesidades del cliente sin perder de vista las tendencias, lo que ayudará a mantenerse por delante de los cambios en las preferencias del mercado, a conocer las nuevas posibilidades, etc.

Tener acceso a datos específicos es fundamental para desarrollar estándares objetivos y precisos y medidas de rendimiento. Sin embargo, es también esencial una perspectiva de la «imagen global», para no perder nuevas oportunidades (o curvas de la carretera) que le hagan quedar fuera de sintonía con sus clientes y le hagan vulnerable a los competidores.

Obtener información específica de los clientes es complejo. No siempre resulta fácil comunicar con efectividad: los clientes piden mucho por su tiempo; también pueden no desear revelar información sensible. Lleva mucho tiempo y recursos comprobar y/o analizar suficientemente los datos, así como especificar con claridad lo que los clientes quieren y necesitan. Otro obstáculo: sus clientes pueden ser incapaces de definir sus propias necesidades para con usted. En el caso de CooperVision y para el proyecto definido como "*Diseño e implementación de una herramienta o aplicación que simula las condiciones del área de manufactura para determinar balance óptimo de líneas, estandarizar y cumplir con las métricas de producción en CooperVision de costa rica en el primer Q 2019*" se tomará como cliente a los usuarios del sistema de manufactura que incluye Operarios, Técnicos, Líderes de Manufactura y Supervisores.

En el caso de muchas empresas, el comentario era totalmente correcto: no hay forma de que muchos clientes lleguen a comprender su producto o su servicio tan bien como usted. En el proceso de toma de datos para la Voz del Cliente, también puede necesitar educar a sus clientes para que se preparen mejor y definan sus propias necesidades. (Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. et al., 2002, p.155)

El mayor beneficio está en conocer desde la perspectiva de los que se consideran el cliente sobre los procesos de manufactura en CooperVision, será el conocer de primera mano la opinión y el hecho del por qué las personas creen que la producción no se está cumpliendo, como también las expectativas de lo que teóricamente debería de hacerse para que se cumplan dichas metas.

<i>Tradicional...</i>	<i>Nueva generación...</i>
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sondeos ◆ Grupos focales ◆ Entrevistas ◆ Sistemas de reclamaciones formales ◆ Investigaciones de mercado ◆ Programas de compradores 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Entrevistas y estudios específicos y multinivel ◆ Fichas para sondeos de opinión del cliente ◆ Almacenamiento de datos (<i>data warehousing</i>) y explotación de datos (<i>data mining</i>) ◆ «Auditorías» a clientes/proveedores ◆ Despliegue de la función de calidad

Figura 10. Avances en los métodos de Voz del Cliente

Fuente: Las claves de seis sigma: La implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. (Pande, P. S., Neuman R. P., & Cavanagh, R. R. et al., 2002, p.154).

2.3.5 Diagrama CTQ

Durante la fase de Medición del ciclo DMAIC se incluirá el diagrama CTQ y de acuerdo con *Socconini, L. et al., 2015, p.62*, una CTQ (crítico para la calidad) es una característica de un producto o servicio que satisface un requerimiento crítico del cliente.

Este diagrama será desarrollado con un grupo de expertos del área multi departamental para conseguir un efecto holístico sobre lo que deberían ser los CTQs del proyecto.

Aspectos principales de las CTQ

- Las CTQ son los elementos básicos que se utilizan en la dirección de la medición del proceso de mejora y control.
- Es crítico asegurarse de que las CTQ seleccionadas representan exactamente lo que es importante para el cliente (Voz del cliente).

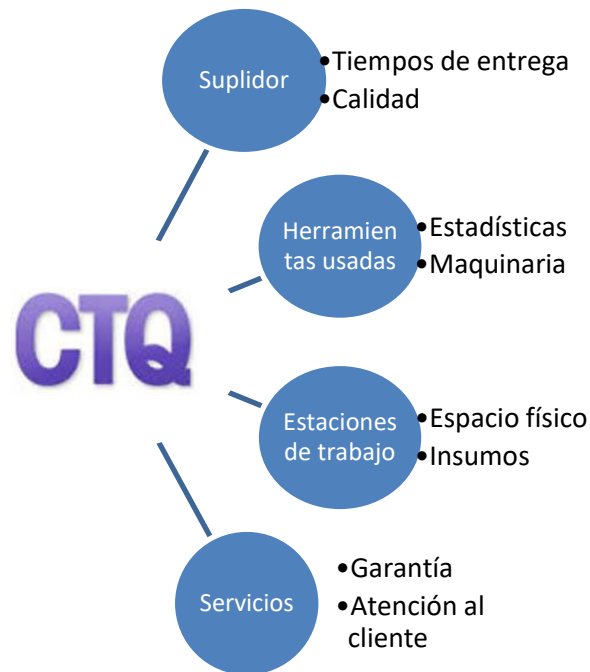


Figura 11. Diagrama CTQ

Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 adjunta se exponen los principales factores que inciden en el diagrama CTQ y que al mismo tiempo serán tomados como referencia a la hora de desarrollar el que aplique al proyecto según corresponda.

2.3.6 Análisis de tiempos

Según Palacios, L. et al., 2016, p.5-8 indica que:

Profesionalmente se espera del ingeniero industrial cierta eficiencia, eficacia y productividad en el mejoramiento de los rendimientos en los centros de trabajo. Sin embargo, existen causas que los afectan, deteriorando los resultados. Sus causas son muy variadas, descubrirlas, modificarlas, combinarlas o eliminarlas, es la tarea permanente del ingeniero industrial puesto al servicio de una organización. Para tener éxito en su ejercicio, los profesionales y aspirantes de ésta rama de la ingeniería deberían conocer y entender estos posibles problemas.

Para el proyecto propuesto *“Diseño e implementación de una herramienta o aplicación que simula las condiciones del área de manufactura para determinar balance óptimo de líneas, estandarizar y cumplir con las métricas de producción en*

CooperVision de costa rica en el primer Q 2019” la toma de los tiempos y su análisis será fundamental para la definición de los estados actuales en cada proceso como también el establecimiento de las mejoras que apliquen durante las fases de implementación del DMAIC de Medición y Análisis previamente descritas en la sección 2.3.1, Tabla 2.

Dentro de las variantes que pueden afectar el rendimiento, encontramos:

- Deficiencia y cambios frecuentes del diseño.
- Desperdicio de materiales. Normas incorrectas de calidad.
- Mala localización, disposición y utilización del espacio.

El estudio de tiempos generalmente acompaña al de métodos, no porque una mejora en los procedimientos sea imposible de hacer, si no se complementa con un estudio de tiempos. Entre las razones que justifican la complementación de un estudio de métodos con uno de tiempos se encuentran las siguientes:

- Las reformas deben ser aprobadas por los jefes del proponente, ventajas derivadas del cambio con el costo que esto conlleva. quienes comparan las ventajas derivadas del cambio con el costo que esto conlleva.
- Para determinar las ventajas del nuevo método es necesario diferencia de duración del trabajo antes y después de la reforma.
- Este tiempo ahorrado se relaciona con aumento de producción, reducción de mano de obra o balanceo de velocidad respecto a otra actividad dependiente.
- Con frecuencia, las empresas tienen organizado un sistema de estándares para diversas aplicaciones como programación, incentivos, control y presupuestos.
- Si el método de trabajo, en una o varias actividades, cambia, es necesario que la nueva duración quede registrada dentro de los estándares; de otra manera, la utilización que se hiciera del antiguo estándar no correspondería a la realidad.
- Hay una relación estrecha entre métodos de trabajo, tiempo unitario de producción e incentivo. En empresas que tienen sistemas de incentivos, hay que asegurar que tan pronto se efectúe un cambio notable en el método de trabajo se haga un ajuste en el estándar y simultáneamente en la tarifa de pago del incentivo.

En el artículo de "Estudio de tiempos y movimientos - Wikipedia, la enciclopedia libre" (2019), se menciona que un Estudio de tiempos y movimientos (o Estudio tiempos-movimientos) es una técnica de eficiencia en el negocio que combina el trabajo de Estudio de Tiempos realizado por Frederick Winslow Taylor junto con el trabajo de Estudio de Movimientos de Frank y Lillian Gilbreth (la misma pareja mejor conocida por el libro y filme biográfico de 1950 Más barato por docena). Es un trabajo mayoritariamente de la Administración científica (Filosofía Taylor). Posterior a su primera introducción, el estudio de tiempos se desarrolló en la dirección de establecer tiempos estándar, mientras que el estudio de movimientos evolucionó en una técnica para mejorar los métodos de trabajo. Ambas técnicas fueron integradas y mejoradas en un método ampliamente aceptado y sobre todo aplicable para la mejora y actualización de sistemas de trabajo. Esta integración acoplada a la mejora de sistemas de trabajo es conocida como Ingeniería de métodos y es aplicada hoy en día tanto a la industria como a organizaciones que otorgan servicios tales como: bancos, escuelas y hospitales. Estudio de tiempos El estudio de tiempos es una observación directa y continua de una tarea utilizando un dispositivo preciso para medir el tiempo (por ejemplo: cronómetro con lectura decimal, cronómetro electrónico asistido por computadora o una cámara de video) para grabar el tiempo que toma completar la tarea a estudiar. Este método es comúnmente usado cuando:

- Existen ciclos de trabajo repetitivos de corta o larga duración.
- Se desempeña una gran variedad de trabajo desigual.
- Cuando los elementos del proceso de control son parte del ciclo de trabajo.

2.3.7 Value Stream Map (Mapa de la Cadena de Valor)

El value stream mapping (de ahora en adelante VSM), es una visión del negocio donde se muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Se trata de plasmar en un papel de una manera sencilla y visual, todas aquellas actividades que se realizan actualmente para obtener un producto, para identificar así cuál es la cadena de valor (actividades necesarias para transformar materiales e información en un producto terminado o en un servicio). Al obtener de una forma muy visual el mapa de la cadena de valor,

permite identificar las actividades que no aportan valor añadido al negocio, con el fin de eliminarlas y poder ser más eficientes. Los beneficios de la aplicación del VSM son: ayudar a visualizar más de un simple proceso, vincular el flujo de información y el de materiales en un solo mapa utilizando un único lenguaje y también obtener un sistema estructurado para implementar mejoras.

Esta es la primera vez que se hará un VSM en CooperVision, sin embargo el valor agregado que puede agregar al proyecto se cree que es importante y por ende tal y como lo explica *Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. et al., 2010, p.34-35*, se elaborará un mapa de la cadena de valor siguiendo el primer paso para que la empresa se encamine hacia lean manufacturing y que es conocer cuál es la situación inicial de partida. No se puede comenzar a trabajar el proceso de mejora si no se tiene claro por dónde hay que empezar, de qué manera hay que actuar, qué recursos se necesitan, etc. La manera de autoevaluarse consiste en realizar un value stream mapping o "mapa de la cadena de valor" que permite llegar a conclusiones que constituirán la base para la futura mejora organizativa.

Para establecer el VSM se dispone de un sistema formal de símbolos que permite representar en un papel todos los procesos encontrados en un sistema productivo. Para el caso del flujo de materiales, estos símbolos son los que se adjuntan a continuación:




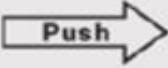



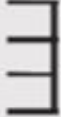










Símbolos del Flujo de Materiales							
	Operación de Valor Añadido	Operación de Control	1000 piezas 1.3 días Material Parado	Movimiento de Materiales Empujado			
		<table border="1" data-bbox="683 411 862 558"> <tr><td>T/C: 65 seg.</td></tr> <tr><td>C/S: 400 seg.</td></tr> <tr><td>2 Tarnes</td></tr> <tr><td>OEE: 60%</td></tr> </table> Datos de Proceso	T/C: 65 seg.	C/S: 400 seg.	2 Tarnes	OEE: 60%	máx. 30 Piezas —FIFO— Flujo de Materiales en Secuencia
T/C: 65 seg.							
C/S: 400 seg.							
2 Tarnes							
OEE: 60%							
							
Transporte por Camión	Transporte interno	Supermercado					
Símbolos del Flujo de Información							
	Flujo de Información Manual	Flujo de Información Electrónico	Plan de Producción	Caja de Nivelado			
							
Kanban de Lote de Producción	Kanban de Movimiento	Kanban de Producción	Movimiento de Kanban en Lote				
							
Secuenciador	Ajustes "Informales" del Plan de Producción						

Figura 12. Simbología VSM

Fuente: Lean manufacturing, la evidencia de una necesidad (Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. et al., 2010, p.40-41).

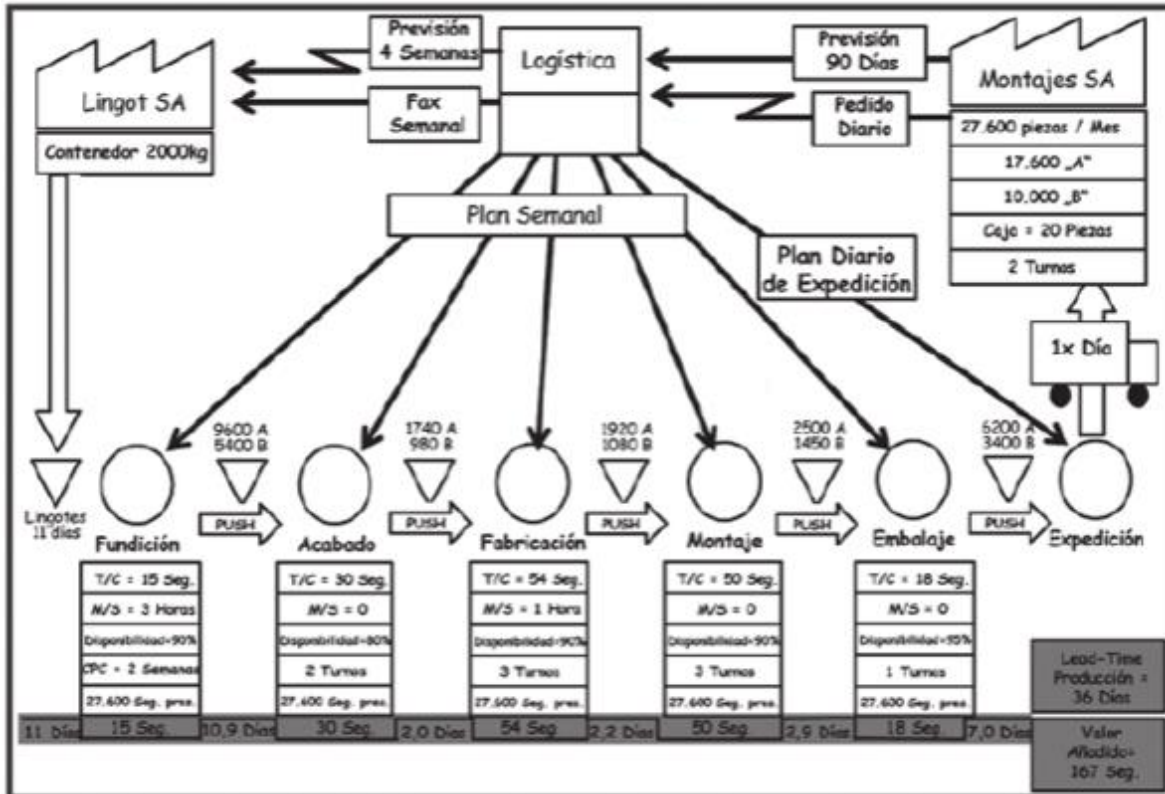


Figura 13. Ejemplo VSM

Fuente: Lean manufacturing, la evidencia de una necesidad (Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. et al., 2010, p.33).

2.3.8 Diagrama causa y efecto (Ishikawa)

Una excelente alternativa y que será además incluido en el proyecto descrito en la fase de Análisis del ciclo DMAIC es el diagrama de Ishikawa o Causa y Efecto. El análisis causa-efecto permite al grupo empezar con un «efecto», es decir, un problema o, en algunos casos, un efecto o resultado buscados, y crear una lista estructurada de posibles causas. Los beneficios del diagrama causa-efecto son, entre otros, los siguientes:

- Es una excelente herramienta para que el grupo reúna ideas y datos, sobre todo mediante el método de «tormenta de ideas estructurada».
- Al establecer categorías de causas potenciales, garantiza que el grupo piense en numerosas posibilidades, en vez de limitarse a unas cuantas áreas típicas (por ejemplo, personal o materiales defectuosos).

- Ayuda a iniciar la etapa Analizar. El empleo del diagrama causa-efecto permite identificar algunas de las causas «sospechosas» y proporciona un enfoque para iniciar el análisis de los datos y del proceso.

El diagrama causa-efecto tal y como lo sugiere *Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. et al., 2002, p.220* nos lleva de nuevo a la cuestión de variabilidad que presentamos en el Capítulo 2. En él observamos que el proceso empresarial tiene dos tipos de variación. La variación «aguas arriba», a partir del cliente (en las entradas o procesos), son los factores de variación llamados «las X». La variación «aguas abajo» o de las salidas es la consecuencia de los cambios de las X y le llamamos «las Y». Podemos aplicar el mismo principio de X e Y al modelo causa-efecto: el «efecto» o problema es la «Y» y las posibles causas fundamentales que aparecen en las «espinas del pescado» son las X.

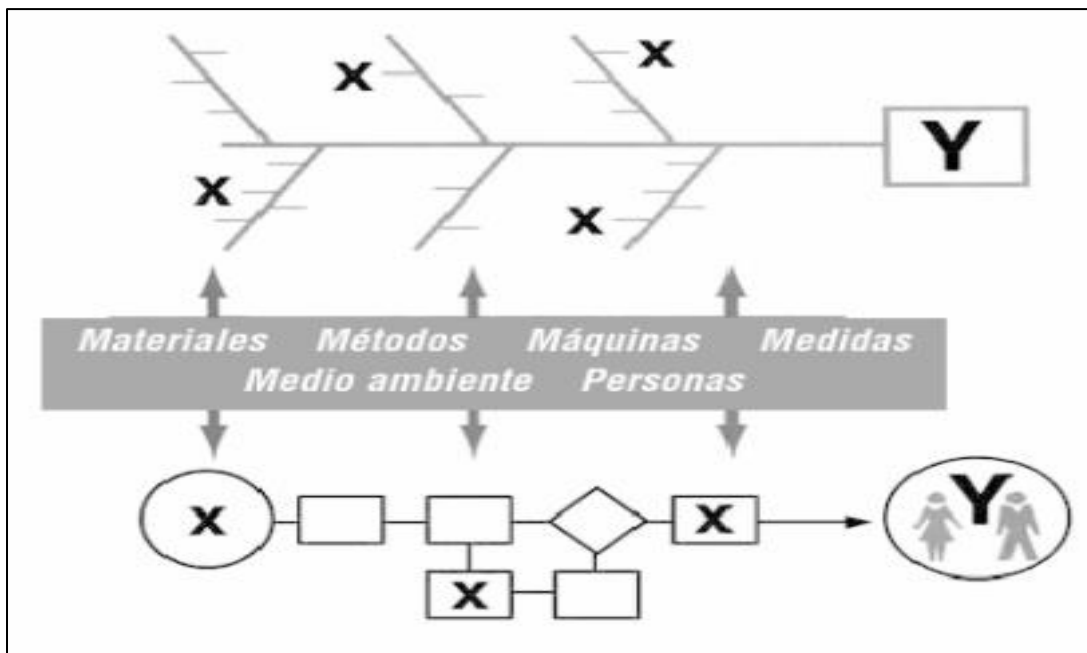


Figura 14. El mapa del proceso y el diagrama causa-efecto, que muestra las causas de la variación en los factores (X) e (Y)

Fuente: Las claves de seis sigma: La implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. (Pande, P. S., Neuman R. P., & Cavanagh, R. R. et al., 2002, p.220).

La figura 14 muestra la generalidad de la estructura de un diagrama de Ishikawa y las variantes o enfoques que comúnmente deben ser incluidas conocidas como las 6 Ms, la cual son factores que han sido detectados en lo que puede afectar a algún proceso y que al mismo tiempo deriven en posibles causas.

Según *Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. et al., 2002, p.221*, estas variantes se definen de la siguiente manera:

- **Materiales.** Los consumibles o entradas de materia prima utilizados en el proceso.
- **Métodos.** Los procedimientos, procesos e instrucciones de trabajo.
- **Máquinas.** El equipamiento que incluye ordenadores y herramientas no consumibles.
- **Medidas.** Las técnicas empleadas para evaluar la calidad y cantidad de trabajo, incluyendo la inspección.
- **Medio ambiente.** El entorno en que se realiza el trabajo o que afecta a cualquiera de las demás variables; puede incluir las «instalaciones» y no sólo el entorno natural.
- **Personas.** Los nativos bípedos de la mayoría de los continentes de la tierra; hay evidencias de que pueden mostrar signos de inteligencia.

El beneficio que se pretende obtener con el uso del Ishikawa es establecer todas las posibles causas encontradas durante el proyecto en cuestión para poder definir las acciones que puedan mitigar el problema expuesto en la sección 1.3 de este documento. Para realizar este ejercicio se integrará un grupo multi departamental considerados los expertos de cada área en CooperVision que incluirá Supervisores, personal de Calidad, Líderes de manufactura, Ingeniería y Operarios según aplique al área que se esté estudiando con el fin de obtener el mayor beneficio del proceso y así potencializar lo que podrán ser las acciones ya sea de contingencia o corrección.

2.3.9 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de esto, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades.

En gestión de proyectos, el diagrama de Gantt muestra el origen y el final de las diferentes unidades mínimas de trabajo y los grupos de tareas (llamados summary elementos en la imagen) o las dependencias entre unidades mínimas de trabajo (no mostradas en la imagen).

Desde su introducción, los diagramas de Gantt se han convertido en una herramienta básica en la gestión de proyectos de todo tipo, con la finalidad de representar las diferentes fases, tareas y actividades programadas como parte de un proyecto o para mostrar una línea de tiempo en las diferentes actividades, haciendo el método más eficiente.

Básicamente, como ya se mencionó, el diagrama está compuesto por un eje vertical donde se establecen las actividades que constituyen el trabajo que se va a ejecutar, y un eje horizontal que muestra en un calendario la duración de cada una de ellas.

Se puede elaborar un diagrama de Gantt con una hoja de cálculo de una manera muy sencilla, marcando determinadas celdas para formar la representación de cada tarea. Existen macros que automatizan esta elaboración en MS Excel y Libre/Open Office Calc, sin embargo, existen herramientas de gestión de proyectos dedicadas a la planificación y seguimiento de tareas que utilizan el diagrama de Gantt como pantalla principal. Se introducen las tareas y sus procesos son capaces de producir una representación de dichas tareas en el tiempo en el formato del gráfico de Gantt. También existen herramientas de licencia libre y software gratis, capaces de llevar a cabo dicho tipo de operación. Se deben valorar, por último, el uso de herramientas que usan una página web y el navegador para realizar el seguimiento de proyectos.

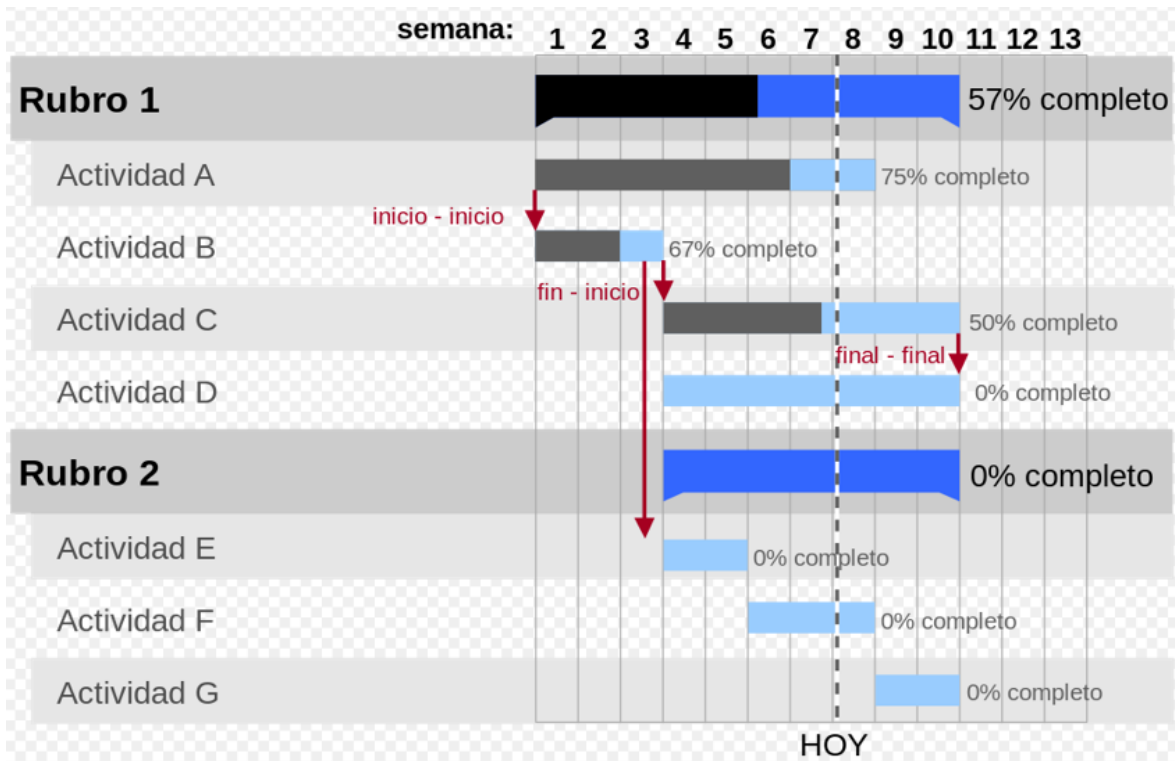


Figura 15. Diagrama de Gantt

Fuente Diagrama de Gantt - Wikipedia, la enciclopedia libre. et al., 2019, p.1).

Como beneficio del uso de esta herramienta que se utiliza en la fase de Control del ciclo DMAIC será el llevar cronológicamente los avances de las actividades que se dispongan y documenten como también los posibles retrasos que surjan en el transcurso de la implementación de todo el proyecto. Esto dará una noción amplia resumida de cómo irá transcurriendo este proyecto y funcionará al mismo tiempo como herramienta de control de las actividades.

2.4 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

A lo largo de cada una de las fases del ciclo DMAIC, lo que se pretende es indagar, recolectar datos, analizar posibles causas, implementar acciones que mitiguen o corrijan la o las causas principales del problema descrito en la sección 1.3 de este proyecto y llegar a controlar dichas causas asegurando consistencia en el tiempo. Sin embargo, la expectativa es poder impactar de forma directa los 3 factores principales hacia donde está dirigido el enfoque de las actividades como lo son el balance de las líneas productivas, el incremento de la productividad para el alcance de las metas de producción establecidas y el uso y manejo adecuado del recurso humano.

2.4.1 Impacto en el balance de las líneas productivas

Lo que se pretende en este atributo es definir todos los insumos, cantidades de los materiales adecuados, tiempos de los procesos y correlación entre ellos con el fin de establecer y crear una herramienta que contemple diferentes escenarios y que sirva como guía para los Supervisores, Líderes y principales usuarios puedan definir el mejor balance de las líneas de acuerdo con el resultado que se obtenga de los datos ingresados.

2.4.2 Impacto en el incremento de la productividad

Parte esencial del proyecto descrito en este documento es corregir el problema que se describe en la sección 1.3 en donde se tiene una pérdida de la producción de hasta un 4% mensual. A través de la implementación de las acciones que se definan, lo que se persigue es un incremento mínimo de este porcentaje al final del proyecto y recolectar la evidencia que permita definir que al mismo tiempo es sostenible en el tiempo.

2.4.3 Impacto en el uso y manejo adecuado del recurso humano

Se entiende que el insumo más importante en todo proceso productivo es el recurso humano que pueda incidir en el valor que pueda ser agregado al producto que será vendido y consumido, con mucha más razón en lo que significa la elaboración de

un dispositivo médico como el que produce CooperVision. Es por eso por lo que el personal que labora en la fabricación de lentes de contacto es muy bien capacitado, la inversión que se define para este fin ronda los \$1000 por persona que incluye el uso de los equipos, el tiempo del personal capacitado, el salario de la persona que recibe el entrenamiento y el material que usa de práctica. Por tal razón el mantener al personal trabajando bajo un buen ambiente de trabajo, con la debida capacitación y sobre todo de forma segura son parte importante del enfoque de los valores de CooperVision. Por todo lo descrito anteriormente, a través del proyecto se pretende obtener un impacto positivo en el manejo adecuado de este costoso recurso en el área de manufactura que sirva como base de la evidencia para el alcance de las metas de producción.

2.5 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

Durante la implementación de todo proceso productivo, es de mucha importancia tener claro en primera instancia los requerimientos básicos sobre los recursos necesarios para poder desempeñar la actividad. Para ello, es importante desarrollar un análisis profundo no sólo de las tareas que se deben listar sino también de todo aquello que interfiera en la labor como lo son materiales, herramientas maquinarias y recurso humano.

Tradicionalmente pocas empresas dedican tiempo al análisis detallado de necesidades productivas y por el contrario usan el método de “Prueba y Error”, incurriendo en altos costos iniciales que incluyen la baja productividad, grandes cantidades de material defectuoso, falta de cumplimiento en la entrega del producto, entre otros.

Como consecuencia de este proceso, a lo largo de la historia, personas con gran influencia y pioneros de la gestión de procesos como Henry Ford con sus procesos de fabricación en línea en los automóviles Ford, Taiichi Ohno con los procesos productivos de Toyota como también Shigeo Shingo en la misma empresa o William Deming con la invención de su proceso del ciclo de la mejora continua fueron apenas unos de los tantos gestores que desde ese entonces veían claramente la

necesidad de implementar controles y herramientas que ayudaran a las empresas a implementar de forma ordenada y sistémica sus procesos productivos.

Este proyecto responde al ejemplo de otras compañías que han utilizado el mejoramiento del balance de las líneas productivas obteniendo grandes resultados en sus procesos como, por ejemplo:

Las líneas de producción de coches (Toyota): es separado entre varias estaciones, todas trabajando de manera simultánea. Cuando una estación termina con un coche lo traslada a la siguiente. Al tener tres estaciones, un total de tres diferentes coches pueden ser operados al mismo tiempo, cada uno en una diferente etapa de su ensamble.

Después de terminar su trabajo con el primer automóvil, el equipo dedicado a la instalación del motor puede comenzar a trabajar en el segundo coche. Mientras el equipo dedicado a la instalación del motor realiza su trabajo con el segundo coche, el primer coche puede ser trasladado a la estación del techo proporcionándole al auto el mismo, posteriormente a la estación de ruedas para instalarle las mismas. Cuando el motor ha sido instalado en el segundo auto, este se mueve al ensamble del techo. Al mismo tiempo, el tercer coche se mueve al ensamble del motor. Cuando el motor del tercer coche ha sido montado, puede ser movido a la estación del techo, mientras tanto, coches subsecuentes (de haber) pueden ser transportados a la estación de instalación del motor.

Asumiendo que no hay pérdida de tiempo al mover el coche de una estación a otra, la etapa con mayor duración en la línea de ensamble determina el rendimiento (20 minutos para la instalación del motor) entonces un auto puede ser producido cada 20 minutos, una vez que el primer automóvil que tomó 35 minutos ha sido producido. "Proceso de manufactura - Wikipedia, la enciclopedia libre" (2019).

El estudiante Uriel Manuel Lobo Barquero (2017) ha realizado una propuesta bajo el tema "Rediseño de la nueva línea de Constellation en CER-5, de Boston Scientific, Costa Rica, para aumentar la capacidad productiva, de enero a marzo de 2017" que responde a un proyecto en la misma línea de industria médica y bajo conceptos muy similares a los expuestos en el presente proyecto.

El proyecto de Uriel propone como objetivo general “Mejorar y rediseñar la línea de producción de Constellation para optimizar el espacio y actividades de operaciones, con el propósito de aumentar la capacidad productiva y el beneficio económico” y utilizando diversas técnicas de análisis tales como el diagrama de causa y efecto, diagramas de flujo, análisis de capacidades productivas, entre otros que también son incluidas en el proyecto presentado, él logra concluir que es posible unir operaciones actuales para maximizar su utilización, algunos equipos y procesos que cuentan con espacios sub utilizados que pueden ser modificados y muy importante encuentra una posible eliminación de espacios de hasta un 33% sobre lo que se tiene distribuido que incluye una inversión de \$15 7733.77, liberando lo necesario para la instalación de una nueva línea que proyecta una absorción de hasta \$1 278 165.00.

Otra evidencia que responde a la necesidad de maximizar los recursos fue el proyecto elaborado por la estudiante Alejandra Garro Monge para su proyecto de graduación del 2017 bajo el título “Mejora de la productividad en el producto válvulas cardiacas t en el área de montaje de tejido b, empresa de dispositivos médicos AGM, Alajuela, II semestre 2017” donde definió que su problema era que la empresa se veía en la necesidad de ser más competitiva, debido a que en los últimos 6 años se habían dedicado y su mayor enfoque fue la transferencia de equipos a la planta, algo muy similar a lo que se describe en el presente proyecto donde Alejandra durante sus análisis utilizó de la misma manera herramientas que se proponen utilizar como SIPOC, diagrama de flujo, tiempos estándar de trabajo, entre otras. Los resultados que Alejandra consigue también se alinean con lo esperado como lo menciona en sus conclusiones:

- 1- Se logra el objetivo de hacer un nuevo balance para el proceso de montaje de tejido B para la demanda requerida para los próximos seis meses de 630 unidades semanales, según el departamento de planeación.
- 2- Se elimina la cantidad de horas extras para cumplir una meta semanal de 630 unidades que representan el promedio de 5% de la planilla de 21 personas.

Por lo que se concluye que estos casos mostrados son evidencia suficiente para desarrollar el proyecto en su totalidad tal y como se estable, esperando obtener los mejores resultados así como se ha logrado hacer en el campo de la industria médica y en diversos procesos donde aplica la misma metodología de trabajo, mejora y maximización de los recursos disponibles.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGIA PARA LA DEFINICION DEL PROBLEMA

3.1.1 Herramientas propuestas en la etapa de DENIR del método DMAIC

Durante la etapa de definición del proyecto se conformó un equipo de desarrollo integrado por personal multi departamental de Ingeniería, Recursos Humanos, Logística y Producción con el objetivo de encontrar de forma asertiva exactamente el problema en el que el proyecto iba a ser enfocado, así de la misma manera los recursos dedicados y las tareas que cada departamento ejecutará.

Para la etapa de **DEFINIR** del problema se establecen las siguientes actividades y herramientas:

Tabla 3. Tabla de herramientas – Etapa DEFINIR

ETAPA DEL DMAIC	HERRAMIENTA	EJECUCION	RESULTADO ESPERADO
DEFINIR	Diagrama de flujo	Elaboración de un diagrama de todo el proceso productivo en el área de manufactura. Esto permitirá obtener una fotografía del proceso actual.	Panorama claro, cuáles son los procesos claves y los subprocesos que forman parte del área de manufactura como también entender el método de priorización utilizado actualmente por los encargados de realizar el balance de líneas.
	Diagrama SIPOC	Creación de un diagrama SIPOC general del proceso. Se debe utilizar como "guía de referencia rápida" para personas que, aunque conozcan el proceso, requieran aclarar un aspecto clave y las que no estén familiarizadas lo entiendan.	Se espera la recolección de los datos como salida del diagrama de SIPOC todas las interrelaciones que de una u otra manera inciden en la elaboración de lentes en la empresa CooperVision.
	VOC - (Voz del cliente)	Realización de una entrevista y encuestas a los principales ejecutores en el proceso de balance de líneas del cuarto de manufactura para reconocer las necesidades del cliente.	Obtención de las opiniones del personal que principalmente se encuentra en el área de manufactura y los eventos documentados del por qué se piensa que las metas de producción no se alcanzan.

	CTQ	<p>Realizar un diagrama de "Características críticas para la calidad" (CTQ) con el fin de evaluar aspectos importantes que deban ser cubiertos en la propuesta de implementación</p> <p>1) Identifique los clientes o usuarios del producto o servicio</p> <p>2) Entienda los requerimientos mediante:</p> <p>a. Tormentas de ideas.</p> <p>b. Quejas realizadas por los clientes</p> <p>c. Encuestas u otro instrumento de recolección de información</p> <p>3) Entienda la información recolectada</p> <p>a. Analice la información y desarrolle las métricas adecuadas.</p> <p>b. Coloque prioridades a los requerimientos para seleccionar la métrica más importante.</p> <p>c. Confirme y valide el análisis con el o los clientes.</p>	<p>Se espera obtener como resultado todos los aspectos críticos para el proceso en evaluación, con lo que se pretende usar como factores base para el desarrollo de los análisis posteriores.</p>
--	-----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración propia.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.

3.2.1 Herramientas propuestas en la etapa de MEDIR del método DMAIC

Durante la etapa de MEDIR se han seleccionado una serie de herramientas adecuadas para el planteamiento de una solución al problema expuesto al inicio de este proyecto. Esta es una de las etapas de mayor cuidado ya que la información obtenida debe de ser muy precisa y los datos deben de ser tomados por personas

entrenadas previamente para poder enfocar de forma adecuada la exposición de lo que se desea solucionar.

Tabla 4. Tabla de herramientas – Etapa MEDIR

ETAPA DEL DMAIC	HERRAMIENTA	EJECUCION	RESULTADO ESPERADO
MEDIR	VSM - Actual/Propuesto	Se debe de mapear el proceso de forma detallada con la herramienta del Mapa de Flujo de Valor o Value Stream Map (VSM) en sus variantes actual (situación de partida) y futura (situación lean objetivo).	Se espera entender de forma clara las diferentes oportunidades a lo largo de todo el proceso, documentarlas y utilizarlas para el desarrollo de la propuesta a implementar.
	Medición de inventarios	Se debe establecer un listado de las cantidades máximas y mínimas que deben de ser establecidas a lo largo de todas las líneas productivas referentes a los insumos que se utilizarán al inicio de cada turno de 12 horas.	Definición estándar de las cantidades óptimas que deberán ser definidas en cada proceso y que al mismo tiempo deberán ser contempladas a lo largo del proceso de creación del producto.
	Medición de requerimientos de producción	Se procederá con la recolección de la información referente a los requerimientos productivos tanto a nivel general (indicadores medidos) como los controles que se utilizan en cada proceso.	Se espera considerar los requerimientos productivos que sean listados en detalle a ser incluidos en la propuesta en una tabla conciliada.
	Medición de tiempos y ciclos del proceso actual	Se debe proceder con un estudio de tiempos de ciclo de las diferentes áreas indicadas en el diagrama de VSM.	Se debe realizar la obtención de los datos reales sobre los tiempos de producción de las áreas para posteriormente en la fase de análisis identificar oportunidades, gaps y posibles mejoras a ser incluidas en la propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.

3.3.1 Herramientas propuestas en la etapa de ANALIZAR del método DMAIC

Durante esta etapa se pretende analizar en detalle toda la información recopilada en los temas de insumos, máximos, mínimos, requerimientos y tiempos medidos los cuales serán la fuente principal para al mismo tiempo y durante esta misma fase establecer y diseñar la propuesta de una herramienta que permita una guía y una ayuda para análisis de los posibles escenarios en el balance de las líneas productivas del cuarto de manufactura, para así que los líderes y usuarios de la herramienta puedan tomar la mejor decisión sobre el uso de los recursos disponibles.

Tabla 5. Tabla de herramientas – Etapa ANALIZAR

ETAPA DEL DMAIC	HERRAMIENTA	EJECUCION	RESULTADO ESPERADO
ANALIZAR	Diagrama causa-efecto	Se debe realizar una definición por medio de la herramienta "Diagrama causa-efecto" las principales causas del problema planteado al inicio de este documento, como también los efectos que inciden en la falta de cumplimiento de los requerimientos productivos.	Se obtendrá como resultado la consolidación de todas las posibles causas que deban ser incluidas en una lista para el análisis.
	Análisis de los datos de inventarios, requerimientos de producción y tiempos de ciclo del proceso.	Análisis de los niveles de inventario, producción y tiempos de los procesos que pueden afectar de forma directa el balance óptimo de las líneas productivas, tiempos muertos del proceso y el inadecuado uso de los recursos disponibles.	Se hará un resumen con el objetivo de definir los parámetros de los indicadores en cuanto a tiempos de uso de los equipos, requerimientos productivos e inventarios.

Herramienta para el balance de líneas productivas.	Diseño de la propuesta para la solución del problema en el balance de líneas productivas.	Herramienta que facilite el balance óptimo de las líneas productivas.
Integración de la estructura y los escenarios posibles en el balance de líneas.	Definición de máximos y mínimos por medio de las prioridades en el área de producción y los inventarios requeridos.	Integración de todos los parámetros a la herramienta propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

3.4.1 Herramientas propuestas en la etapa de IMPLEMENTAR del método DMAIC

Durante esta etapa se pretende hacer una correcta implementación en conjunto con el equipo de trabajo definido (Supervisores de Producción, Líderes de Producción e Ingeniería de Procesos), tomando en cuenta sus recomendaciones y observaciones como la debida presentación de la herramienta en los sistemas de la compañía y por último el correcto entrenamiento a los usuarios finales.

Es muy importante durante la etapa de implementación estructurar bien la presentación del proyecto debido a que se espera cierta resistencia al cambio del método empírico actual y la creación de la cultura de uso, por ende, se trabajará en una herramienta de fácil uso y entendimiento.

Tabla 6. Tabla de herramientas – Etapa IMPLEMENTAR

ETAPA DEL DMAIC	HERRAMIENTA	EJECUCION	RESULTADO ESPERADO
IMPLEMENTAR	Implementación de una herramienta que simule las condiciones del área de producción y la proyección de los resultados esperados en el balance óptimo.	Prueba piloto de la propuesta con el equipo de trabajo definido para validar el correcto funcionamiento y la obtención de los resultados esperados.	La primera versión funcional de la herramienta para la simulación de balance de líneas.
	Presentación a gerencia de la propuesta.	Convocatoria a los equipos de trabajo y Gerencia para la presentación de la primera versión de la herramienta propuesta para la simulación del balance de líneas del área de manufactura.	Aceptación de la herramienta bajo el criterio indicando los resultados positivos en el cumplimiento de métricas de producción y beneficio económico.
	Modificación de posibles mejoras.	Se debe poner a prueba durante un período definido la herramienta con los distintos usuarios, posibles escenarios, y diferentes turnos de trabajo, con el objetivo de validar funcionalidad y precisión de los resultados productivos.	Modificación de posibles observaciones y afinamiento de la herramienta para obtener mayor precisión en los resultados.
	Entrenar al personal identificado como usuarios principales de la herramienta.	Entrenamiento a los usuarios finales sobre las posibles modificaciones realizadas previamente.	Evacuación de posibles dudas y aclaración del uso de la herramienta en búsqueda del correcto uso y entendimiento de la herramienta propuesta.
	Diagrama de GANTT - Implementación Asegurar el correcto uso y entendimiento del sistema de balance.	La programación de un módulo de seguimiento por medio de un correo electrónico estándar para el seguimiento del correcto uso de la herramienta.	Plan de seguimiento en el uso correcto de la herramienta con el fin de obtener los mejores resultados tras la elección de los escenarios en la simulación.

Fuente: Elaboración propia.

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS RESULTADOS

Durante la etapa de CONTROL lo que se pretende es el aseguramiento de una implementación adecuada incluyendo capacitaciones, como también el uso correcto de la herramienta en los usuarios principales y jefaturas que usaran los resultados obtenidos para proyectar las tendencias productivas de acuerdo con los recursos disponibles.

Al mismo tiempo esta etapa constituye la finalización del proyecto por lo que es imperante que todas las acciones no sólo se hayan cumplido si no también que se hayan ejecutado de la forma correcta de acuerdo con los lineamientos y necesidades de la empresa CooperVision Costa Rica.

Tabla 7. Tabla de herramientas – Etapa CONTROLAR

ETAPA DEL DMAIC	HERRAMIENTA	EJECUCION	RESULTADO ESPERADO
CONTROLAR	Diagrama de GANTT - <u>Seguimiento</u>	El proyecto debe ser documentado y actualizado en un reporte en el que se analizan las actividades, los tiempos y sobre todo el nivel de cumplimiento. A través del diagrama de Gantt se establecerán todas las tareas que se deberán ejecutar para la correcta creación, establecimiento, implementación y seguimiento de la propuesta que busca la solución	Se espera la obtención de un plan específico documentado y la ejecución a tiempo de cada una de las tareas establecidas en el diagrama.
	Seguimiento acuerdos con Jefaturas del área de producción (minutas)	La minuta se divide en cuatro secciones: 1- <u>Temas discutidos:</u> Estos al mismo tiempo son los que se llevan a la reunión para exponer los avances del proyecto, la funcionalidad y posibles observaciones. 2- <u>Acciones:</u> Estas son todas aquellas que durante la reunión se acuerden con son mejoras en la herramienta o correcciones de la misma. 3- <u>Siguientes Temas:</u> Todos los temas siguientes definidos que se documentaron durante la reunión de las fases entregadas.	Comunicación clara y transparente a las jefaturas. Documentación por medio de una minuta estándar de todas y cada una de las acciones y los acuerdos que se vayan estableciendo en las reuniones que el equipo de trabajo.

		<p>4- Información Adicional: Todos los temas que se han abordado y se deba como evidencia su avance y exposición.</p>	
	<p>Establecimiento de reuniones para el seguimiento y alineamiento del cumplimiento.</p>	<p>Definición a priori de las reuniones con el equipo de trabajo que servirán para empoderar e involucrar a los diferentes grupos sobre el proyecto.</p>	<p>Involucramiento y seguimiento de las acciones con un grado de objetividad mayor.</p>
	<p>Revisión de indicadores semanales.</p>	<p>Revisión por medio de los reportes de producción los resultados obtenidos versus los resultados esperados e identificados por medio de la herramienta.</p>	<p>Comprobación del uso y precisión de la herramienta.</p>

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSA

4.1 SITUACIÓN ACTUAL PROCESO

A lo largo de esta sección se estará realizando un análisis de causalidad desde varios enfoques y utilizando diferentes herramientas indicadas en el capítulo III de la Metodología. El objetivo es entender con datos y evidencia objetiva lo puede ser las causas para la falta de cumplimiento de los niveles de producción y la falta de un método estándar para el correcto balance de las líneas de manufactura. expuestos en la sección 1.3.1 del capítulo

Este estudio estará enfocado en las áreas de DRY y WET que a su vez contienen todas las operaciones descritas durante el capítulo IV, debido a que son las correspondientes al área de manufactura donde se desarrolla el tema de balance de líneas indicado en el alcance descrito en la sección 1.5.1, para un mejor enfoque de lo que será la solución al problema.

Adicional a lo descrito, a lo largo de este capítulo IV se desarrolla una serie de herramientas indicadas en el capítulo de la metodología. Específicamente se realiza un diagrama de flujo de todo el proceso de manufactura para entender y mapear todas las operaciones y así poder entender mejor cada etapa del proceso, con esta información se explica cada proceso por separado y se describe el cumplimiento para los meses de enero a marzo y los tiempos de ciclo validados por ingeniería en cada etapa.

Después, se realiza el diagrama SIPOC para poder definir todas las partes relevantes e involucradas en el proceso de manufactura, esto da una perspectiva mucho más general de hasta a dónde la solución puede extenderse en este proceso, participa un grupo multidisciplinario que aporta desde varios ángulos las ideas e insumos para obtener la mayor objetividad posible.

Una vez terminado el SIPOC se realiza el VOC (Voz del cliente) donde lo que se pretende es crear un formulario que contenga lo más relevante y que aporte al estudio en cuestión para así enfocarlo en la aplicación a una población definida (principales usuarios del sistema de manufactura y expertos) con el objetivo de obtener su percepción de lo que pueda estar causando los problemas en la falta de

cumplimiento de la producción, al final se crea un cuadro de todos los resultados consolidados que sirva para desarrollar un filtro de las causas principales.

El siguiente paso es el desarrollo de un VSM Actual (Mapa de la Cadena de Valor) y al igual que en el diagrama de SIPOC, integra el mismo equipo multi disciplinario del departamento de Calidad, Ingeniería y Producción para mayor conocimiento y aporte al ejercicio. Se espera obtener un mapa completo de la cadena de valor con los tiempos de cada proceso, tiempos dados y validados por el departamento de ingeniería y el proveedor de la maquinaria, por último, se espera crear una lista con todas las observaciones que salgan a raíz del ejercicio, para así categorizarlas por lo que afecta directamente el balance de las líneas y lo más importante las posibles contingencias de cada acción. También se enfoca en crear un nuevo panorama, conciliar lo que aplica al proyecto y las acciones que se tomaran en cada etapa de la operación.

Otra herramienta que se considera de alto valor al proyecto es el Ishikawa que es desarrollado en conjunto con el equipo experto, donde se pretende analizar tomando en cuenta todas las posibles causas del VSM y poder establecer los pasos a seguir. Como complemento se define el diagrama del CTQ para obtener como resultados los principales factores críticos que engloban la problemática expuesta en la sección 1.3. Se incluye un resumen del estudio del inventario necesario tanto de material como de materia prima y los tiempos que se consideren necesarios para producir sin peligro de un desabastecimiento. Por último, se establecerá las conclusiones del capítulo 4 donde espera definir cuáles serán los pasos para seguir para la implementación de las posibles soluciones al problema expuesto en la sección 1.3 del presente documento.

4.1.1 Procesos Operativos en el área de manufactura de CooperVision

El área de manufactura donde se desarrolla el proyecto consta de 3 grandes etapas clave como lo son: el área de “DRY” donde se lleva a cabo en seco la fabricación del lente, es decir, el compuesto de silicón con el que están hecho los lentes de contacto siempre se conserva endurecido y no es viable poderlo utilizar para su uso final. Luego de la etapa de “DRY” está “WET” donde el lente debe ser hidratado con

agua ultra pura para que el producto pueda adquirir una contextura suave y cómoda al ojo, en esta misma etapa es donde el producto es empacado en los contenedores individuales de cada lente y sellado, sin embargo en esta etapa el lente tampoco puede ser utilizado, debido a que pasar antes por un proceso de esterilización para eliminar antes cualquier bacteria, germen o agente que pueda dañar la vista el órgano del usuario final.

Por último, se encuentra la etapa de Calidad Final "QAF" donde el producto es puesto a prueba con algunas prácticas por medio de muestreos, pero lo más importante, es cuando el lente ingresa a las esterilizadoras para permitir su uso al público sin ningún problema. Esta es la etapa final donde después el producto es liberado y es exportado a otro sitio para su distribución y venta final.

En la figura 16 se observa el mapeo del proceso a nivel general y las estaciones de trabajo que las integran para un fácil entendimiento de cómo se distribuye el sistema productivo de la empresa CooperVision Costa Rica.



Figura 16. Diagrama de flujo de los procesos de manufactura en CooperVision

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Diagrama de flujo del área de DRY

4.1.2.1 Proceso de Moldeo

El proceso de “DRY” compone inicialmente por una máquina de inyección o lo mismo que es una moldeadora de plástico donde se crea el contenedor o molde donde se depositará posteriormente el lente de contacto. Una característica importante es que estas máquinas crean 4 lotes de producción al mismo tiempo o a lo que en la jerga se le llama “flor” que a su vez se deposita en bandejas de 36 flores y ellas forma 1 stack de 28 bandejas. Un lote de producción consta de 16 bandejas de 6 flores y la misma son 24 lotes a su vez con lentes de contacto de diferente graduación. La cantidad total de un lote en el proceso de DRY es igual a 96000 unidades (lentes). Para este proceso es necesaria una persona que opera 3 máquinas. Ver figura # 17 adjunta:

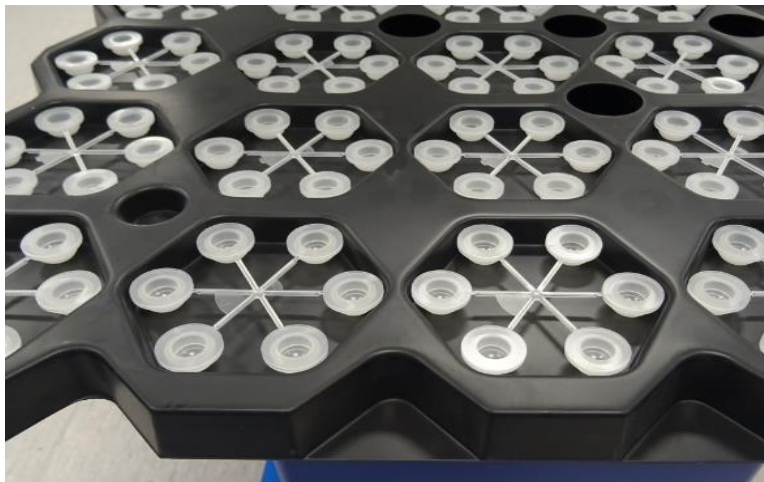


Figura 17. Inicio proceso de “DRY” CooperVision – Moldeo de Flores

Fuente: Figura extraída del proceso de CooperVision.

4.1.2.2 Proceso Mold Metrology

Mientras un lote de producción es ejecutado en el área de Moldeo por Inyección previamente mencionado, al mismo tiempo a este se le deben de realizar algunas pruebas en el área de “Mold Metrology”. Dichas pruebas son las siguientes:

- 3- Revisión del borde: Consiste en revisar con la máquina Optimec por medio de ampliación por sombra con la cual se busca defectos en la orilla de cada cavidad con el objetivo de corregir a tiempos cualquier imperfección.

- 4- Medición de los radios y centros: Se coloca una muestra de cada flor en el Rotlex, máquina que ubica los centros de cada cavidad para hacer una medición muy precisa de los radios y concluir si el resultado es el esperado. Con esto se busca que el centro de los lentes de contacto no se encuentre desviado.
- 5- Medición de diámetros: En la máquina Mitutoyo D. se miden los diámetros de las cavidades para concluir si la distancia de los lentes es la esperada y si por el contrario los lentes no saldrán deformados.
- 6- Revisión visual con microscopio a 20X: Se revisa una muestra de cada cavidad en busca de defectos visuales tales como marcas de agua, golpes, manchas o rayones en el plástico.

Esta labor es realizada por un técnico capacitado para ejecutar y comprender los resultados de cada prueba.

4.1.2.3 Proceso de Stand Conveyor

Una vez concluido el lote de 96 mil unidades en el proceso de Moldeo el cual tarda aproximadamente 12 horas con 20 minutos para después ser trasladado a la siguiente área llamada “Stand Conveyor”, el único objetivo de esta área es mantener o almacenar el plástico moldeado por 24 horas ya que, según las especificaciones, este es el tiempo óptimo para esperar el mayor grado de encogimiento del plástico una vez que fue transformado. Es muy importante resaltar que esta área no necesita de un operador de forma permanente y que por el contrario la misma es alimentada por el operador de la operación anterior que es la de moldeo.

4.1.2.4 Proceso de Filler

El proceso “FILLER” es el proceso más crítico durante la creación de los lentes de contacto, su nombre en honor a la máquina que lo realiza. Es requerido que una sola persona opere la máquina y asistido por un técnico para asegurar la buena ejecución.

El proceso consiste en depositar el silicón en su estado líquido en cada una de las cavidades y sellar el plástico para evitar que el mismo se pueda salir. El proceso a

excepción del traslado del material o alimentación de la máquina con el producto es completamente automático y un lote es terminado en aproximadamente 12 horas con 20 minutos alineado así con el proceso de Moldeo, con ello se evitan los cuellos de botella siempre y cuando todos los recursos estén operativos.

4.1.2.5 Proceso de Hornos

Una vez finalizado el lote completo en el área de Filler, el mismo es trasladado a los hornos para comenzar con un ciclo de 36 horas donde el material es sometido a diferentes temperaturas y niveles de oxígeno para su correcto “cocimiento” y es donde el lente pasa de su estado líquido a su estado sólido. El lente sigue seco, por ende, no puede ser aún utilizado además de la falta de esterilización para el consumo humano. Este proceso es alimentado por el mismo operador que está trabajando en el área de Filler por ende no necesita de un recurso de forma permanente pero sí de la revisión periódica de un técnico asignado.

4.1.2.6 Proceso de Depetaler

Cuando el proceso de curado ha finalizado con su ciclo de 36 horas, el operario que está asignado a las máquinas Depetaler procede a sacarlo de los hornos y colocarlo en la estación siguiente. Esta área se encarga de segregar de forma correcta las 96000 unidades que como se mencionó al inicio se trabaja con 24 lotes al mismo tiempo y es en esta operación se dividen para formar esos lotes. Cada lote puede ser de una graduación o lo que se le llama “Power” diferente y es por eso que esta operación se encarga de asegurar que no haya mezclas de ningún tipo. Importante mencionar, que hay un recurso asignado para la ejecución de este proceso y de que el tiempo promedio de un lote es de aproximadamente 5 horas. Una vez finalizado el lote los operadores deben de almacenarlo en el área de Kanban que a su vez sirve como área de espera para la siguiente operación.

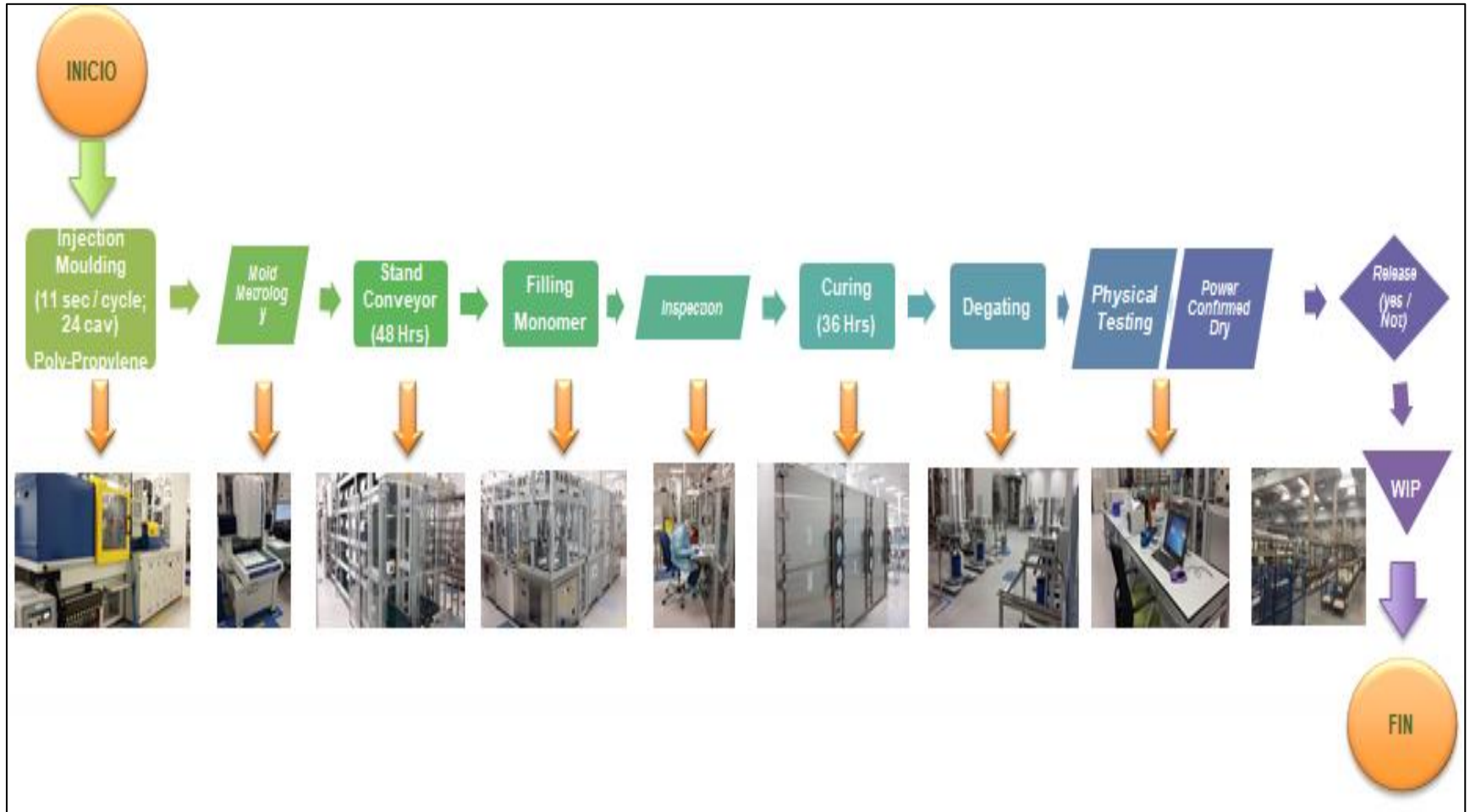


Figura 18. Diagrama de flujo de los procesos de DRY en CooperVision

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Diagrama de flujo del área de WET

4.1.3.1 Proceso de Delenser

A partir de este proceso donde se da una diferencia muy marcada entre las áreas de trabajo debido a que se trata del proceso de extracción del lente de la cavidad plástica donde se le llama “trabajo con producto expuesto”.

El proceso de Delenser se encarga de abrir el molde plástico donde va contenido el lente, el mismo ya se ha transformado después de haber pasado por el proceso de hornos y ahora no es líquido sino más bien rígido, pero aún no puede ser utilizado por el usuario final. Las máquinas Delenser se encargan de extraer los lentes que a su vez son almacenados en MHUs para su correcto acomodo y preparación para el siguiente proceso. Durante este proceso las máquinas Delenser tienen la capacidad de inspeccionar y segregar el 99.5% del material dañado durante los procesos anteriores y es operada por una sola persona. Para este proceso el lote de DRY de 96 mil unidades ya fue segregada en pequeños lotes de 4000 unidades.

Es muy importante mencionar que el Departamento de Ingeniería y Gerencia definieron que en este proceso se mide el Yield del proceso de DRY, aun cuando este proceso le pertenece a WET por ser el proceso que inmediato después donde se pueda realizar las mediciones de desempeño Ver gráfico 2.

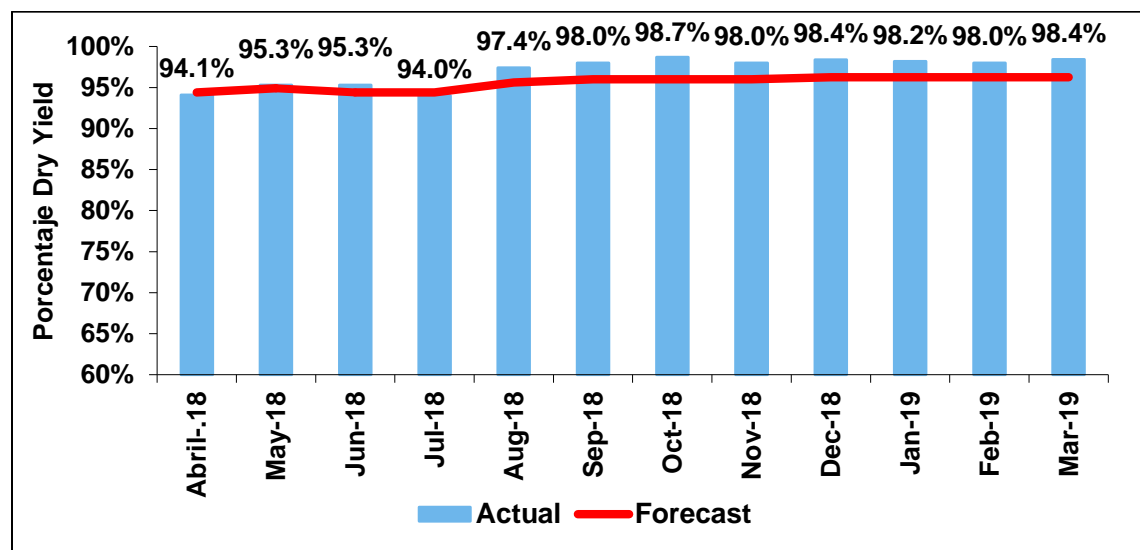


Gráfico 2. Reporte de Yields en DRY mensual CooperVision Costa Rica

Fuente: Datos internos de CooperVision

El gráfico 2 muestra cómo mes a mes el proceso alcanza y sobre pasa la meta de yield definida por gerencia y referente al proceso de DRY, tal y como se mencionó anteriormente el proceso de Delenser es el punto de referencia donde se puede ver el desempeño todas del área anterior ya que la máquina evalúa lente a lente por medio de su sistema de visión si el mismo se encuentra en óptimas condiciones o no y es como se puede obtener con respecto al total de lentes del lote que se está trabajando.

4.1.3.2 Proceso Inspección DRY

Una vez que el proceso de Delenser finaliza de extraer todos los lentes del lote ingresado, se debe tomar una muestra de 75 lentes para realizar una prueba no destructiva una vez terminada son devueltos al lote, la cual es meramente visual y consiste en revisar marcas de agua, ralladuras, marcas, cortes o excesos de material que puedan perjudicar al cliente. El proceso de Inspección de Dry es realizada debido a que durante la validación de los equipos Delenser no se puede concluir que la inspección automática sea 100% efectiva debido a fallos detectados durante la validación del equipo y sugerencias recibidas del proveedor de la maquinaria, por ende, esta prueba pretende complementar dicha inspección la cual es realizada por una persona asignada.

4.1.3.3 Proceso de Hidratación

El proceso de Hidratación se encuentra inmediatamente después del proceso de Delenser el cual como se menciona en la inspección de DRY, se realiza una previa revisión para darle el visto bueno y poderlo pasar a hidratar. El proceso de hidratación consta de dos ciclos de 8 horas en un tanque con agua ultra pura con recirculación cada 2 horas por 3 minutos para evitar que en el proceso de hidratación del lente este se adhiera a la superficie del MHU o fixture utilizado para contenerlos. Cada tanque de hidratación tiene la capacidad de almacenar 4 lotes de 4 mil unidades al mismo tiempo y una sola línea de producción posee disponible 4 tanques por 3 Delenser. Esta operación es ejecutada por una persona que es la misma que ejecuta las pruebas de DRY y mueve el material de Delenser a los tanques de hidratación.

4.1.3.4 Proceso Inspección WET

En el proceso de WET se realiza una inspección previa a sacar los lentes de los tanques cuando han concluido el ciclo de 16 horas, se realizan una serie de pruebas tanto visuales como a nivel de graduación que se le llama “Power” del lente para verificar si toda la información contenida y archivada en el sistema de EBR es correcta. Para lo cual se toma una muestra de 20 lentes directamente de los MHUs de los lotes que se encuentran en los tanques que han terminado el ciclo de hidratación y se deben trasladar al área de inspección que es la misma de DRY, únicamente que incluye otras pruebas que no se devuelven al proceso y la tarea es realizada por una persona diferente a las de DRY, la cual se encarga del traslado de las muestras, ejecución de las pruebas y una vez corroborado el resultado, debe movilizar los lotes a la siguiente estación para su procesamiento.

4.1.3.5 Proceso de Sellado

El proceso de sellado es la última etapa en el cuarto de manufactura y es donde el lente una vez hidratado debe ser empacado dentro del contenedor plástico y colocar el sello metálico llamados “Blister y Foil” respectivamente.

El proceso de “Blister Sealing” o Sellado está compuesto por 4 operadores que cargan manualmente cada lente dentro de los Blisters (contenedor plástico), una persona que opera la máquina y se encarga de su abastecimiento, la cual es de suma relevancia debido a que debe llevar el paso y el tiempo preciso a la velocidad que la máquina está configurada. Una última persona se encarga de inspeccionar al 100% una vez que el producto sale procesado de la selladora. Esta posición es el último filtro antes de que el producto se vaya al departamento de calidad donde se capturan los defectos más relevantes que la máquina no es capaz de identificar.

El proceso de sellado mantiene una velocidad de 16 revoluciones por minuto por lo que la producción por minuto es de 160 lentes, un lote de Wet es de aproximadamente 3700 unidades. El ciclo una vez que el producto pasa por todos los procesos descritos, tarda 23 minutos y para ello se necesitan 6 personas en la máquina y 1 técnico que se encarga de atender cualquier situación especial, pero esta persona ve 2 máquinas al mismo tiempo.

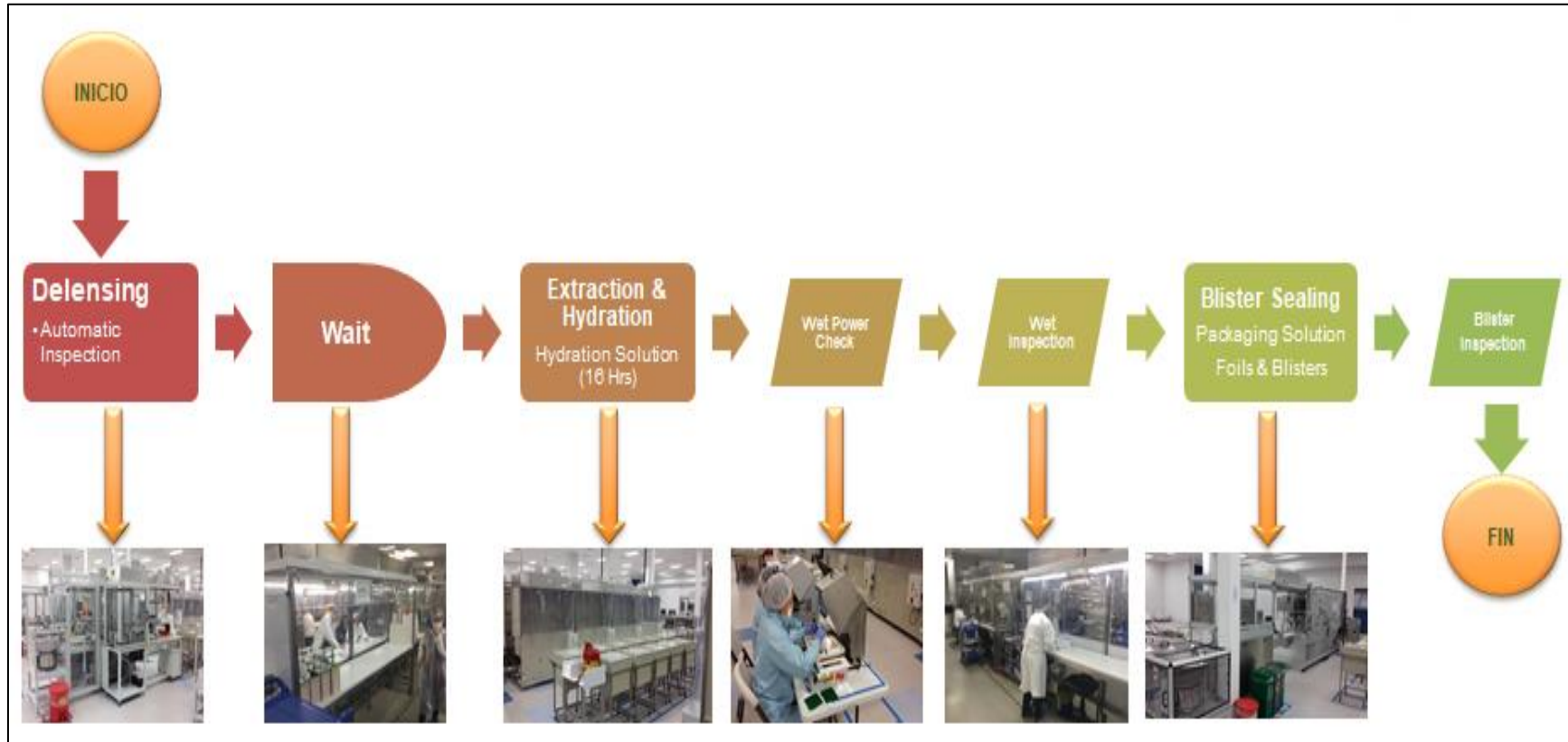


Figura 19. Diagrama de flujo de los procesos de WET en CooperVision

Fuente: Elaboración propia.

4.2 DIAGRAMA SIPOC

1. COMPAÑÍA: ooperVision
2. PROYECTO: Estandarización del proceso de balance de líneas en el área de producción de CooperVision Costa Rica.
3. DEPARTAMENTO: Manufactura
4. PROCESO: Proceso de manufactura completo

SUPLIDOR	ENTRADAS	PROCESOS	SALIDAS	CLIENTE	REQUERIMIENTOS
INCLUIR TODOS LOS SUPRIDORES CORRESPONDIENTES A LAS ENTRADAS	INCLUIR TODAS LAS ENTREDAS, REQUERIMIENTOS Y METRICAS SI SE TIENEN	UTILICE EL ESPACIO ABAJO PARA DESCRIBIR EL PROCESO	INCLUIR TODAS LAS SALIDAS DEL PROCESO	INCLUIR TODOS LOS CLIENTES INTERNOS Y EXTERNOS QUE RECIBEN SU SERVICIO	INCLUIR CADA REQUERIMIENTO DEL CLIENTE
Laboratorio de soluciones	1-Solución salina con caducidad de 24 horas. 2- Monómero para un lote de 96 mil unidades.	Ver descripción del proceso abajo.	Lentes de contacto empacados e hidratados	Departamento de Calidad	Entrega a tiempo
Material prima provista por Bodega	1- Blisters 2- Polipropileno 3- Foil 4- Alcohol		Bodega	Adherencia al volumen requerido	
Consumibles en el proceso provisto por Bodega	1- Guantes 2- Servilletas 3- Cuchillas 4- Repuestos		Centro de distribución en Nueva York y Hungría	Mezcla de la producción definida	
Personal operativo provisto por Recursos Humanos	1- Personal con el perfil idóneo para ejecutar las operaciones de manufactura. 2- Entrenamientos provistos por Recursos Humanos.			Nivel de calidad definido y especificado	
Especificaciones de Calidad	1- Especificaciones provistas en los procedimientos. 2- Especificaciones de calidad del producto				
Taller de insertos	Insertos definidos para la creación de los lentes con la graduación adecuada.				

DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO	
INICIO (El proceso inicia cuando la siguiente tarea es ejecutada)	
- Limpieza de la línea de manufactura	
PASOS DEL PROCESO GENERAL:	
Paso 1	Inicio del proceso de moldeo por inyección del plástico termoformado, dando inicio a lo que será el molde que contendrá el silicón de hidrogel del lente de contacto.
Paso 2	Una vez obtenido el molde plástico, la solución llamada monómero es depositada dentro del plástico para darle forma adecuada al lente.
Paso 3	El molde plástico con el monómero adentro se ingresa al proceso de horneado por 36 horas para darle el endurecimiento al silicón.
Paso 4	El lente es extraído del molde plástico.
Paso 5	El lente expuesto es ingresado al proceso de hidratación para darle la suavidad al lente para que pueda ser puesto en el ojo del usuario.
Paso 6	Cada unidad de lentes es depositada en su contenedor individual de donde el cliente podrá tomarlo y abrirlo para sacar el producto.
Paso 7	Los lentes son esterilizados por ené l área de calidad final. e inspeccionado al mismo tiempo.
Paso 8	El lente es liberado y trasladado al área de bodega.
FINAL (El proceso finaliza cuando la siguiente tarea es ejecutada)	
- Exportación	

Figura 20. Diagrama SIPOC

Fuente: Elaboración propia.

Al elaborar el diagrama de SIPOC se muestra la importancia sobre la participación de los agentes externos y de cómo los mismos pueden influir de forma directa en la medición de los tiempos de entrega del producto y lo que realmente se está midiendo durante este proyecto como por ejemplo el personal calificado provisto a tiempo por el departamento de Recursos Humanos y el material entregado por el área de bodega en las cantidades adecuadas y sin errores. Tanto el personal seleccionado como los materiales recibidos de forma oportuna son aristas que impactan de forma directa el balance diario del cuarto de manufactura y sobre los cuales los Supervisores deben de tomar decisiones de forma inmediata cada vez que hay un cambio en el comportamiento de este. Por ende, este diagrama nos define y delimita de forma clara el alcance que debe ser incluido durante el desarrollo del proyecto para una posible solución propuesta.

4.3 VOZ DE CLIENTE (VOC)

La herramienta de “Voz del cliente” ha sido seleccionada para este proyecto debido a que, se desea comprender de forma más clara la situación actual del cuarto de manufactura y planteando así interrogantes que guíen a una posible causa, se ha creado un formato que pretende guiar haciendo entrevistas a los actores principales y que han sido detectados durante la definición del diagrama SIPOC. El formulario empleado está basado en las 6 M ‘s del Ishikawa para poder subdividir las categorías de las posibles causas y de esta forma dirigir la investigación de una forma metódica y sencilla al mismo tiempo. En la sección de “Anexos” se podrá observar el detalle del formulario y sus categorías.

4.3.1 Resultados Generales del VOC

Se define una muestra de 24 colaboradores el cual representan el 5% de la población general de CooperVision y el 14% del personal que labora dentro del cuarto de manufactura y se distribuye de la siguiente manera:

Tabla 8. Distribución de las entrevistas VOC

<i>Puesto</i>	<i>Cantidad entrevistada</i>
<i>Supervisores de Manufactura</i>	2
<i>Líderes de Manufactura</i>	3
<i>Técnicos de Máquina</i>	5
<i>Técnicos de Calidad</i>	5
<i>Operadores</i>	9

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se expresan los resultados generales obtenidos durante las entrevistas realizadas al personal seleccionado, tanto de forma individual como agrupados por puestos de trabajo. Es importante mencionar que la definición del puntaje es 5 cuando el criterio es “Excelente”, 4 “Muy Bueno”, 3 “Bueno”, 2 “Regular”, 1 “Malo”. Adicional al valor de la evaluación, cabe destacar que al inicio de las entrevistas y en el formato de evaluación, previamente se había definido en conjunto con el equipo de mejora el rango de evaluación esperado en donde se debía situar cada calificación obtenida como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 9. Rangos generales de evaluación

Verde	80% ≤ 100%
Amarilla	41% ≤ 79%
Roja	≥ 40%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Resultados generales del VOC

P.#	Pregunta	Sups.		Líds.			Téc. Maq					Téc. Cal.					Operadores								
		E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	E.6	E.7	E.8	E.9	E.10	E.11	E.12	E.13	E.14	E.15	E.16	E.17	E.18	E.19	E.20	E.21	E.22	E.23	E.24
1	Los niveles de inventario en el área están a la mano.	4	4	4	3	4	3	2	3	3	4	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	3	4
2	Residuos y piezas sin uso están en contenedores claramente visibles.	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	4	3	4	4	5	5	4	3	3	4	4	4	4	4
3	No hay material acumulado en los puestos de trabajo.	3	3	4	3	2	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	4	3	3	2	3	2	2	3	3
4	Las estaciones de trabajo cuentan con lo necesario se encuentran en orden y en buen estado.	3	2	3	4	2	3	4	3	2	3	3	2	3	2	2	2	1	2	1	2	3	2	3	2
5	No hay herramientas de trabajo innecesarias en el área.	3	3	4	4	3	3	3	2	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3
6	Bodega entrega a tiempo los materiales solicitados	4	4	3	2	4	3	3	2	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	2	4	3	4	2	2
7	La línea se encuentra ordenada.	3	3	3	4	3	3	2	3	2	3	3	3	4	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3
8	Se respetan las salidas de emergencia, rutas de evacuación, pasillos, zonas marcadas y áreas de almacenamiento, No se obstaculizan las salidas de aire de acuerdo SOP3132.	2	1	3	4	3	2	3	2	1	2	2	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1
9	Documentos necesarios permanecen en el área de trabajo. Están llenos de forma completa y poseen la revisión efectiva. Según SOP3256. La operación del DHR en EBR esta completada de forma correcta.	2	2	4	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2	3	1	1	1	1	2	2	1	2	2
10	La línea y los materiales se encuentran identificados, debidamente documentados, de forma visible y legible.	4	3	4	4	3	4	3	3	3	3	2	2	3	3	4	1	2	2	3	3	2	2	2	3

P.#	Pregunta	Sups.		Líds.			Téc. Maq					Téc. Cal.					Operadores								
		E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	E.6	E.7	E.8	E.9	E.10	E.11	E.12	E.13	E.14	E.15	E.16	E.17	E.18	E.19	E.20	E.21	E.22	E.23	E.24
20	Los equipos responden a cada operación para las que fueron creadas y mantienen la velocidad adecuada según se configura.	4	4	4	3	4	3	4	3	2	4	4	3	4	3	4	4	3	3	4	4	3	4	3	4
21	Los equipos tienen guardas de seguridad y las mismas funcionan correctamente.	3	4	4	4	5	4	3	4	4	2	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	4
22	El personal tiene conocimiento de las reglas y el procedimiento aplicable a su puesto y es capaz de responder ante el auditor la política de calidad de la empresa.	2	4	3	3	4	2	2	4	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3	3	4	4	4	3	4
23	Los colaboradores realizan las operaciones siguiendo las normas de ergonomía de acuerdo con cada operación.	4	4	5	4	3	4	4	3	4	3	4	2	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	4
24	La documentación realizada por el personal que no corresponde a producción (ejemplo: Calidad, Bodega, Técnicos), lo realiza de forma correcta y legible.	3	4	3	4	3	2	3	4	2	4	4	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	4	3	4
25	Se revisa que la documentación realizada por el turno anterior no presenta errores o problema relacionado a la información.	4	4	5	4	5	3	3	3	4	4	3	4	4	3	2	3	3	4	3	4	3	4	4	4
26	El piso se encuentra limpio, libre de residuos, componentes o cualquier otro material y no presenta manchas o	3	4	3	4	4	4	3	3	2	4	4	3	3	2	4	3	4	3	3	4	3	3	2	2

P.#	Pregunta	Sups.		Líds.			Téc. Maq					Téc. Cal.					Operadores								
		E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	E.6	E.7	E.8	E.9	E.10	E.11	E.12	E.13	E.14	E.15	E.16	E.17	E.18	E.19	E.20	E.21	E.22	E.23	E.24
	rupturas no reportadas a facilidades.																								
27	El equipo de trabajo se encuentra en buen estado y se reporta al departamento de Mantenimiento o facilidades al no estarlo.	2	1	2	3	1	2	3	2	4	1	2	2	1	3	2	4	4	3	1	1	2	2	3	1
28	Se mantiene el cableado de sus equipos (computadoras, teléfonos entre otros) en forma segura y ordenada.	1	1	3	2	1	2	3	1	2	1	3	3	1	3	1	3	2	2	3	2	1	3	2	1
29	Se cuenta con el equipo de limpieza, éste permanece en el lugar designado y en buen estado.	3	3	4	4	2	2	3	3	2	3	3	4	4	4	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3
30	Las demarcaciones están en buen estado, se encuentra identificado y todo lo demarcado se respeta.	3	3	4	3	4	2	3	2	3	2	4	4	4	3	3	2	1	2	1	3	1	2	2	3
TOTAL POR ENTREVISTA		63%	65%	73%	72%	65%	56%	60%	58%	56%	59%	60%	58%	60%	59%	62%	55%	54%	54%	53%	57%	52%	57%	51%	57%
TOTAL POR GRUPO		64%		70%			58%					60%					54%								

Fuente: Elaboración propia.

A nivel general se obtiene información muy valiosa de la percepción del grupo elegido para la encuesta, basados en los rangos definidos al inicio del estudio esto deja a nivel general los resultados en el área amarilla que es de 41% a 79% del valor obtenido de todas las entrevistas. El grupo de operadores y quienes están siempre en la línea de producción fueron el sector que dieron la calificación más baja con un 54% del valor general y dejando abierta la posibilidad de mejoras importantes en el área de manufactura.

Para efectos del análisis de Ishikawa, esta encuesta fue categorizada por las 6M para poder obtener una mayor relación entre las acciones que puedan definirse en el avance al final de este capítulo, ver gráfico 3:

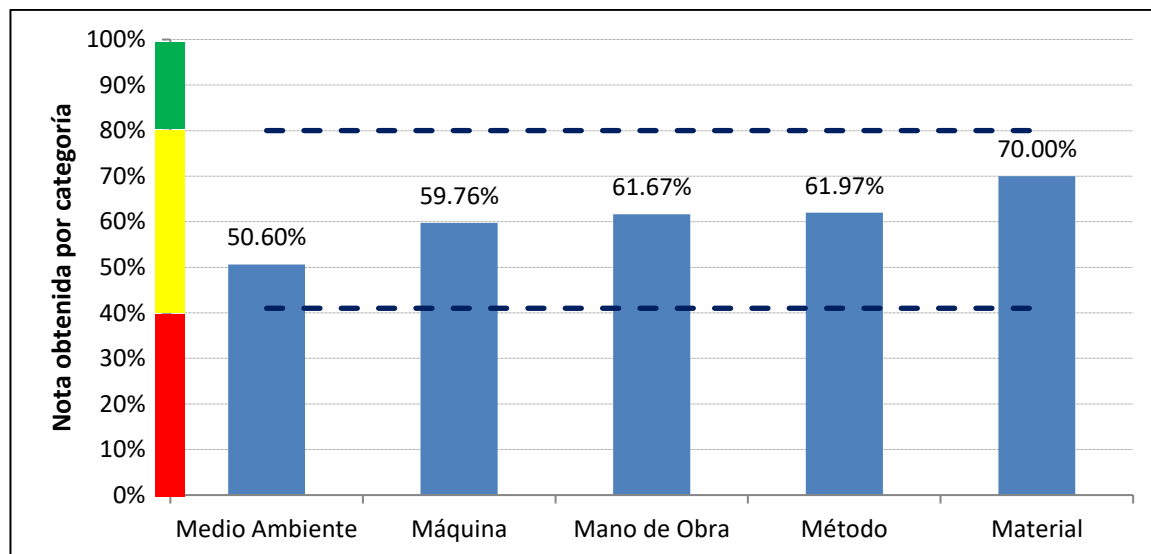


Gráfico 3. Tasa de fallo de VOC por categorías

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 3 se puede observar los límites por los colores definidos y el resultado de las categorías 6M, donde el medio ambiente obtiene la nota más baja con un 50.6%, sin embargo, todas está en el rango de 41% a 79% que corresponde a la zona amarilla de los rangos definidos al inicio del estudio.

4.3.2 Resultados por Categoría del VOC

Una vez que se obtuvo el resultado de todas las encuestas, se tabularon y se procedió a categorizar por subgrupos cada una de las preguntas en 3 grandes

áreas que al mismo tiempo dieran un poco más de orientación sobre las posibles afectaciones implícitas.

Las tres grandes áreas que se definieron fueron basadas en lo que realmente afecta el balance de las líneas y que al mismo tiempo interfieren en el alcance de las metas de producción previamente definidas y a esta categoría se le llamo “Grupo relacionado al balance de las líneas”, después se definieron 2 categorías más, una de ellas relacionadas a las condiciones físicas que podrían interferir con la producción como la parte ergonómica de las estaciones, facilidades entre otras, a estas se les llamó “Grupo relacionado a las condiciones del piso de manufactura” y la última categoría se basó en todos los agentes externos que interfieren en el soporte al cuarto de manufactura y que pueden interferir de forma directa en el alcance de las metas, a esta se le llamo “Grupo relacionado al soporte externo”.

En el siguiente gráfico se puede observar la nota promedio obtenida en cada evaluación agrupado por los tres atributos previamente descritos y de qué forma se compartan ante la opinión de los entrevistados siendo así la categoría de “Grupo relacionado al balance de las líneas” la que presenta más oportunidad de mejora obtuvo una puntaje un 57.29% seguidamente de la categoría “Grupo relacionado a las condiciones del piso de manufactura” con un puntaje de un 58.56% y por último la categoría de “Grupo relacionado al soporte externo” con un puntaje de un 62.74%.

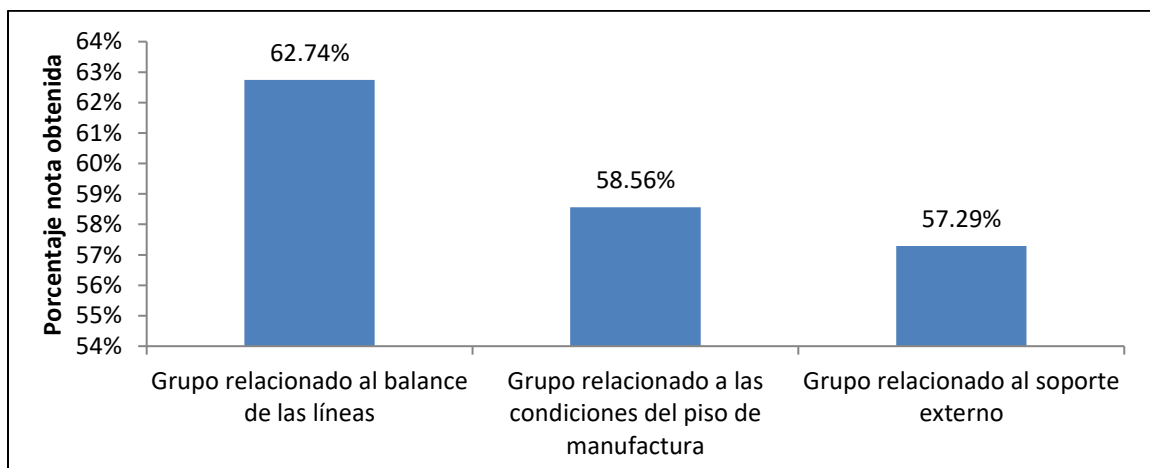


Gráfico 4. Nota obtenida por categoría del VOC

Fuente: Elaboración propia.

4.4 MAPA DE LA CADENA DE VALOR (VSM - ACTUAL)

Una vez que los resultados del VOC fueron obtenidos, estos abrieron una alta gama de preguntas relacionadas con la eficiencia del manejo del cuarto de manufactura y las deficiencias que podrían estar relacionadas y la falta de cumplimiento expuesta anteriormente en el punto 1.3.2 “Justificación”. Sin embargo, a estas alturas del proyecto se tiene parcial claridad sobre el detalle del síntoma que hace se produzca una mala función en balance de las líneas productivas y se decide proceder con un mapa de la cadena de valor. Para la ejecución de la actividad de la creación del VSM se integró un equipo multidisciplinario con los expertos de cada área considerando a los departamentos de Calidad, Manufactura, Ingeniería y Recursos Humanos.

Con esto se pretende entender cuáles son las áreas que potencialmente deben ser mejoradas para así intervenir más en detalle los atributos que podrían impactar el proyecto de forma considerable. En el gráfico 5 se puede apreciar el mapa de la cadena de valor real elaborado con las observaciones realizadas en cada proceso donde se evidencia una posible mejora a ser documentada en la empresa CooperVision. Los tiempos que se utilizarán en el VSM corresponden a los que ya han sido validados con los equipos de manufactura.

4.4.1 Documentación de las oportunidades encontradas en el VSM – Actual

Se resumen los resultados obtenidos del evento del VOC, el cual durante su ejecución documentó 62 diferentes causas, pero durante el escrutinio de las que pudieran estar relacionadas al caso en estudio descrito en este documento, se contabilizaron 17 que son las que se representan en la tabla 11 y además se indican las posibles contingencias que deberán ser la base de nuestro Ishikawa y que se subdividen de la siguiente manera con base en los 7 desperdicios:

- Esperas = 11 Ítems (4 compartidas con Inventario, 1 sobre proceso, 1 defecto).
- Inventario = 5 Ítems (4 de ellas compartidas con Espera).
- Sub utilización del personal = 3 Ítems.
- Defecto = 1 Ítems (1 compartida con Espera).
- Sobre Proceso = 2 Ítems (1 compartida con Espera).
- Movimiento = 1 Ítems.
- Materiales = 1 Ítems.

Tabla 11. Resumen de los resultados generales del VOC

Ítem #	Área	Desperdicio	Posible Causa	Posible contingencia
1	Molding	Subutilización del personal	45 min entre stacks, 2 operadores para 6 líneas, hay mucha distracción	Balance/Estándar
4	Filler	Espera	1 operador por línea. Bandejas salen cada 30 minutos, hay muchas distracciones, se quedan sin material por no estar pendientes. La salida de stack vacíos También detiene la línea.	- pizarra por hora - alarma sonora porque se acaba el material Balance/Estándar
9	Depetaler	Espera	Hornos no disponibles	Balance/Estándar
10	Depetaler	Espera, inventario	No todos los turnos son consistentes en FIFO	Balance/Estándar
11	Depetaler	Espera, inventario	No hay cobertura en el almuerzo	Balance/Estándar
12	Depetaler	Espera, inventario	Oportunidad de trabajo en equipo	Balance/Estándar
14	Depetaler	Subutilización del personal	No se ayudan unos a otros - al llenar magazines tienen tiempo de sobra	Balance/Estándar
15	Depetaler	Espera, inventario	Se convierte en cuello de botella porque sacan personal. Pierden la secuencia del trabajo y afecta al próximo turno.	Balance/Estándar
26	Delenser	Espera, defectos	PST sustituyendo a DL – pierde la secuencia del trabajo o deja de realizar tareas del puesto porque no les da tiempo	Balance/Estándar

Ítem #	Área	Desperdicio	Posible Causa	Posible contingencia
30	Delenser	Espera	1 aspiradora para dos máquinas. Si ambas terminan a la vez tiene que esperar.	Balance/Estándar
32	Delenser	espera, sobre proceso	Cambio de lote toma desde 7 hasta 20 minutos. No hay consistencia o sentido de urgencia por algunos asociados	Balance/Estándar
43	Sealer	sobre proceso	recuento al final del proceso	Balance/Estándar
44	Sealer	Inventario	WIP	Balance/Estándar
51	Sealer	Movimiento	Carro con solución – caminar desde sealer a laboratorio, lo ideal sería esperar a que ellos lo llenen y tráelo en lugar de montar, desmontar para traernos el carro nuevamente.	Balance/Estándar
52	Sealer	Espera	No se sigue FIFO consistentemente	Balance/Estándar
56	MHU	Subutilización del personal	Operadores no tienen tareas fijas, métricas ni controles	Balance/Estándar
62	QAF/ Release	Materiales/ Costo	Carros que no se están utilizando	Balance/Estándar

Fuente: Elaboración propia.

Donde se localiza la mayor cantidad de oportunidades es el atributo de “Espera” que es donde el personal de manufactura ha expresado su preocupación durante las entrevistas y donde se ubicará en el Ishikawa dichas acciones para su debida documentación. Estas causas serán analizadas en el Ishikawa como también su costo.

4.4.2 Resultados de la caracterización del VSM-Actual

Una vez realizado el mapa de la cadena de valor aplicado a la empresa CooperVision Costa Rica se procedió con la documentación de todas y cada una de las oportunidades encontradas con el objetivo de poder identificar cuantas de ellas eran relacionadas a la situación planteada en este proyecto e intentar discernir el impacto y peso que esta puede estar teniendo como consecuencia de los resultados obtenidos en las líneas de producción.

Al mismo tiempo se procedió con la caracterización de las 62 oportunidades encontradas y se encontró que la categoría de “Balance/Estándar” aparece en un 27.42% de todas las veces, concluyendo así que mucho de lo que vemos reflejados en los resultados productivos se debe a múltiples situaciones que pueden ser mejoradas con un mejor balance en el cuarto de manufactura.

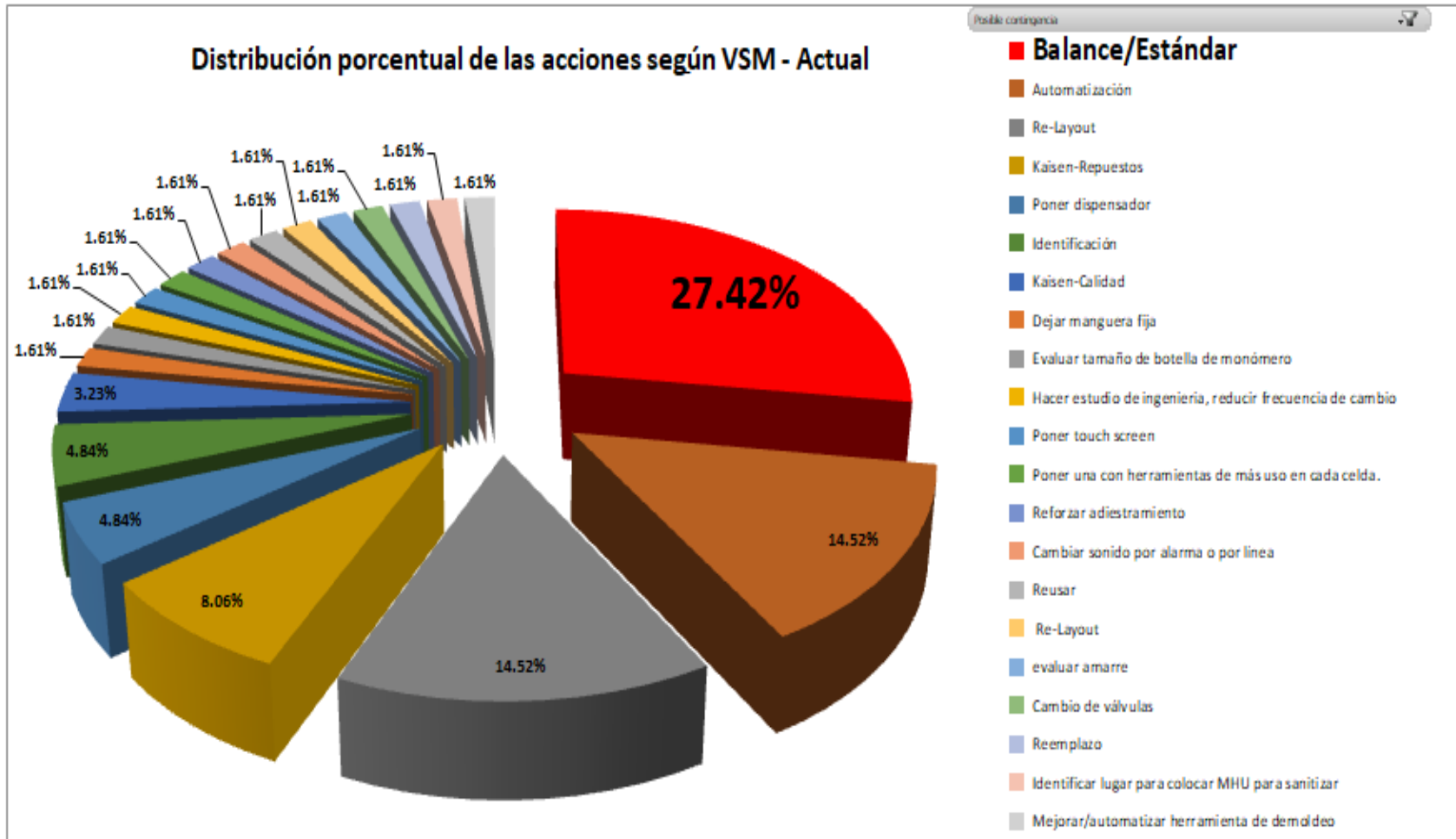


Gráfico 6. Impacto de la caracterización VSM – Escenario Actual

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Diagrama de Ishikawa – Desbalance de las líneas productivas de CooperVision

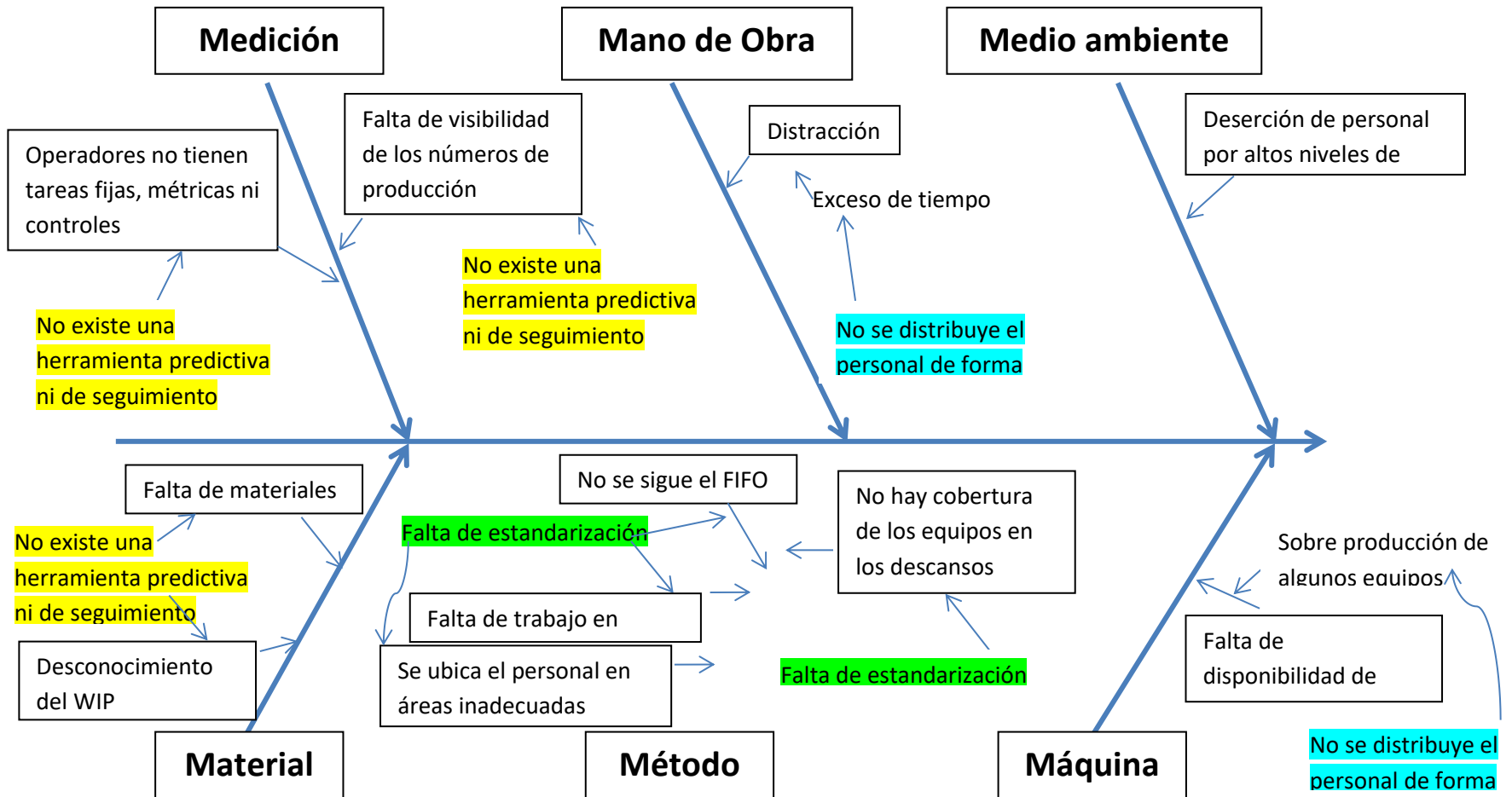


Diagrama de Ishikawa
Fuente: Elaboración propia

4.5.1 Análisis de los resultados del Ishikawa

Para entender los resultados documentados en el Ishikawa se realizan subgrupos simples ubicados en los atributos del diagrama para que facilite discernir el comportamiento y causas del problema desarrollado en este proyecto los cuales se identifican en color verde, amarillo y celeste, que es la forma más sencilla de poder correlacionar los eventos agregados al diagrama, como lo son:

a- No se distribuye el personal de forma eficiente: La falta de uso eficiente del personal operativo responde a un escaso conocimiento y entendimiento del comportamiento del cuarto de manufactura y del proceso.

En todos y cada uno de los casos de contratación de los Supervisores se muestra que los mismos nunca han tenido una capacitación adecuada antes de comenzar con la operación y de que por el contrario el Supervisor entra casi de inmediato una vez contratado a manejar el personal de manufactura.

Factores que inciden con el problema de manejo eficiente del personal que hemos detectado son:

- 1- Falta de un entrenamiento adecuado a los Supervisores.
- 2- Falta de entendimiento del proceso de manufactura.
- 3- Falta de visibilidad de los recursos a lo largo del cuarto de manufactura.

b- Falta de estandarización: Los Supervisores de los 4 turnos trabajan de forma diferente los diferentes escenarios y caso que experimentan durante su turno de 12 horas. Los mismos abordan cada caso de forma empírica y más por experiencia que de forma técnica y estructurada.

Algunos de los escenarios posibles que los Supervisores y/o Líderes de Manufactura pueden experimentar y que al mismo tiempo inciden en la falta de cumplimiento de las metas de producción son:

- 1- Falta de personal al inicio de turno.
- 2- Personal que se retira temprano durante el turno.
- 3- Entrenamientos que necesitan de largos periodos y que aplican a un gran porcentaje del personal operativo.
- 4- Eventos inesperados como cortes eléctricos, evacuaciones, etc.

5- Escenarios espontáneos que involucran la detención de equipo mecánico operativo.

c- No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento: En distintos casos se encuentra con la misma causa y es el hecho de que no exista una herramienta que permita la visibilidad del comportamiento del cuarto de manufactura, debiendo acudir los Supervisores a su experiencia y sensibilidad para intentar discernir las decisiones correctas ante cada evento experimentado.

Algunos de los atributos de no se están midiendo ni controlando y que al mismo tiempo inciden en la falta de visibilidad del proceso de un correcto balance de líneas son:

- 1- Falta de conocimiento de indicadores importante como lo son los yields, utilización y tiempos de ciclo en cada una de las etapas del proceso.
- 2- Falta de conocimiento sobre el comportamiento y predicción de las áreas de manufactura en caso de que algún equipo deba ser detenido ya sea por intervención mecánica o falta de personal.
- 3- Falta de conocimiento técnico a la hora de hacer un correcto balance de líneas de parte de los Supervisores o Líderes de Manufactura.
- 4- Falta de conocimiento de los niveles óptimos de inventarios y materiales.
- 5- Falta de ayudas visuales a lo largo del proceso que permitan la toma de decisiones de forma rápida y precisa.

4.6 DIAGRAMA CTQ (CRITICAL TO QUALITY TREE)

Durante la elaboración del VSM se hizo evidente que las ineficiencias experimentadas durante los balances de línea en los diferentes turnos es una de las oportunidades de mejora que aqueja al área de manufactura para poder llegar a sus metas como uno de los contribuyentes con mayor influencia en el proceso, sin embargo y aunque desde ese momento se pudo comprobar la existencia de la necesidad, aún con el VSM se hizo difícil encontrar la forma idónea de cómo medirlo e inclusive de forma certera aseverar numéricamente dicha influencia en los datos de producción y la relación que existe a la hora de siquiera mencionar que la ineficiencia en el balance de las líneas numéricamente

tiene injerencia en los datos y de qué forma diferentes factores que afectan la línea productiva.

Es por esta razón que se desarrolla el árbol crítico para la calidad, ya que ésta herramienta dará, una visión de los atributos que deben ser medidos y controlados para no perder de vista las metas productivas sin afectar la calidad.

4.6.1 Resultados del diagrama CTQ

En la figura 22 se observa los resultados producto de la elaboración del diagrama “Critical To Quality Tree” donde se establecen los indicadores y atributos más importantes y que al mismo tiempo tienen un impacto directo en lo establecido en este proyecto en el punto 1.3.1 (Definición del problema).

Este diagrama fue elaborado en conjunto con un equipo multidisciplinario con los expertos de cada área considerando a los departamentos de Calidad, Manufactura, Ingeniería y Recursos Humanos para obtener la mayor objetividad posible sobre las entradas y adicionalmente lo que internamente puede ser controlable por lo que propone el proyecto sin tener que incurrir en tecnologías costosas o gastos adicionales que puedan ser obstáculos para el logro del objetivo planteado.

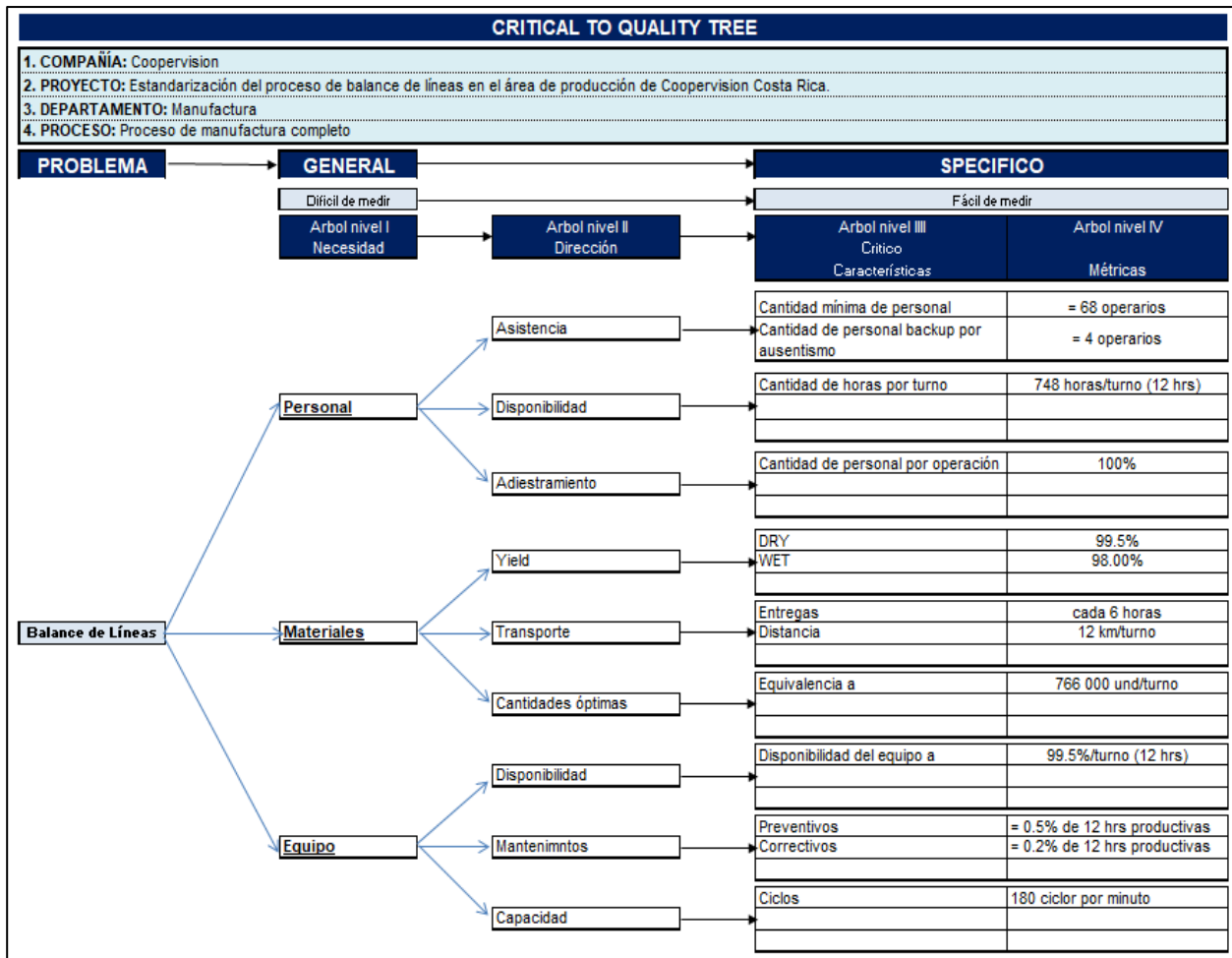


Figura 21. Diagrama CTQ

Fuente: Elaboración propia.

Como parte de los supuestos se estiman tres factores principales que deben ser monitoreados y controlados los cuales son:

- 1- **Personal disponible en la operación:** Esto supone que para poder correr la operación a su máxima capacidad, las 68 personas que se necesitan como mínimo, deben estar presentes en sus puestos de trabajo, a tiempo y debidamente capacitados en la operación que les corresponde para alcanzar los niveles productivos y con las especificaciones de localidad correctos, siendo esto indispensable para mantener la satisfacción de sus clientes tanto por tener la cantidad de producto requerido como con un índice de fallo menor.
- 2- **Materiales:** este atributo pretende medir la eficiencia de los materiales necesarios, no solo en las cantidades requeridas sino también en la calidad para evitar el “Scrap” o

basura como también los reprocesos los cuales son catalogados como una ineficiencia clara en los procesos productivos de cada operación.

3- Equipos: por último, se debe contar con el equipo productivo, las máquinas necesarias y en óptimas condiciones corriendo en los ciclos para los que fueron fabricadas, lo cual es un factor clave en el alcance de las metas productivas como también en la calidad del producto que se manufactura. Este atributo está enfocado en la cantidad de intervenciones realizadas en los equipos tanto preventivos como correctivos como también en los tiempos registrados en ellos.

4.7 DEFINICION DE LOS NIVELES DE INVENTARIO EN EL CUARTO DE MANUFACTURA

Como parte del estudio sobre los atributos definidos en el CQT, es importante definir para cada área una tabla que indique lo que serán los niveles óptimos de inventario para evitar sub y sobre abastecimiento teniendo así lo necesario para que el proceso fluya de forma adecuada y evitar traslados innecesarios del personal que resulten en las ineficiencias detectadas durante la creación del VSM y descritos en la tabla 11 de eventos descritos en el apartado 4.4.1 de este documento.

El método utilizado para definir las cantidades de materia prima y materiales requeridos fue basado en las metas de producción estimadas en la tabla 12, la cual es la utilizada para la distribución de las metas mensuales en cada operación y que es actualizada por gerencia de acuerdo con las capacidades y mezclas requeridas por el cliente. Adicionalmente, las cantidades en su mayoría fueron calculadas para un turno de 12 horas que es lo que se trabaja en CooperVision debido a que los espacios dispuestos para almacenamiento son bien limitados y en el caso de los artículos son para más tiempo porque la dinámica de dispensado está definida de esta forma por bodega.

Tabla 12. Requerimientos de producción mensual para el período febrero 2019

Área	Volumen Diario	Volumen por Turno	Volumen x Turno x Equipo
Molding	1,035,895	517,947	86,325
Filling	1,030,715	515,358	85,893
Depetaler / PT	1,010,101	505,051	505,051
Delensing in	1,010,101	505,051	Del 1-6: 52,000 Del 7-9: 67,000
Delensing Out	888,889	444,444	Del 1-6: 46,000 Del 7-9: 56,000
Hidratación	884,882	442,468	440,000
Sealer	830,000	415,000	83,000
Volumen Diario Adicional Sexta Selladora	50,000		
Total Sellado	880,000	440,000	

Fuente: Datos internos de CooperVision

En la Tabla 12. (Requerimientos de producción mensual para el periodo febrero 2019) se muestra la forma como se divulgan las metas mensuales en el departamento de manufactura, muestra en la primera columna el nombre de cada uno de los procesos principales y que deben de tener una meta asociada para asegurar el éxito de la operación. Es importante mencionar que la última operación “Sealer” es la que rige toda la producción del departamento, donde se tiene el producto terminado como resultado del cuarto de manufactura. Por lo que la visibilidad y el seguimiento que todo el equipo le da a esta área es muy grande y es el último filtro antes de que un lote siga al departamento de calidad para aplicar todas las pruebas pertinentes para verificar si el producto es conforme.

4.7.1 Cantidades requeridas de materia prima y materiales por área

Con base a los requerimientos productivos mostrados previamente en la tabla 12 se logra determinar las cantidades de materia prima y materiales (consumibles) que un turno de 12 horas necesita para poder trabajar de forma fluida y sin contratiempos. Para la definición de estas cantidades se integra un equipo conformado por un Supervisor de Manufactura, un Líder de Línea y un Técnico de cada área (DRY y WET) para hacer la recolección de los datos que ya existen. Es importante mencionar que en el cuarto de

manufactura de forma verbal se manejan cantidades para asegurar el cumplimiento de la producción, sin embargo, no existe nada formal y documentado que de forma sistémica muestre los requerimientos reales y que asegure tanto los desabastecimientos como los excesos de materiales. Con la información recolectada se procede con la documentación de las cantidades óptimas definidas para producir como mínimo por 12 horas y es la información que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13. Definición de cantidades para un turno de 12 horas

Área	Estación de trabajo	Cantidad de máquinas	Material	Cantidad óptima	Tiempo productivo
DRY	Molding	6	Polipropileno	2 tarimas	36 horas
	Stand Coveyor	3	-	-	-
	Filler	6	Monómero	24 botellas de 800 ml	12 horas
			Alcohol 100%	24 botellas de 200 ml	12 horas
	Hornos	18	Papel de gráficos	1 caja con 50 unidades	24 horas
	Depetaler	12	Bolsas plásticas mediana	3 rollos de 100 bolsas	12 horas
	Physical Test	3	Solución Salina	3 botellas de 500 ml	12 horas
			Bolsas Ziploc	120 bolsas	12 horas
			Alcohol 70 %	2 botellas de 500 ml	24 horas
			Pinzas	1 bolsa	24 horas
			Bolsas plásticas grande	1 rollo de 100 bolsas	24 horas
WIP			500 000 unidades	12 horas	
WET	Delenser	9	Zafiros	9 cajas	15 días
			WIP	520 unidades	12 horas
	Tanques de hidratación	48	Solución Salina	3 botellas de 500 ml	12 horas
			Bandejas pvc	20 unidades	12 horas
			pinzas	1 bolsas de 12 unidades	12 horas
	Sealer	6	Solución Salina	120 bolsas	12 horas
			Blister	480 000 unidades	12 horas
			Foil	27 rollos	12 horas
			Pinzas	6 bolsas de 12 unidades	12 horas
			WIP	480 000 unidades	12 horas

Fuente: Elaboración propia.

4.8 TIEMPOS DE CICLOS DE LOS PROCESOS PRINCIPALES DEL AREA DE MANUFACTURA

Un dato importante e incluido en los requerimientos de las cantidades tanto de materia prima como de materiales fueron los ciclos para los que cada máquina y a partir de ellos se tomó como muestra la producción de tres meses de los procesos claves previamente descritos en la tabla 13.

4.8.1 Proceso de Moldeo

En el proceso de moldeo se tienen disponibles 6 máquinas las cuales han sido validadas al tiempo de ciclo máximo de 11 segundos dados por el Departamento de Ingeniería, debido a que las máquinas de moldeo fueron diseñadas con ese parámetro predefinido.

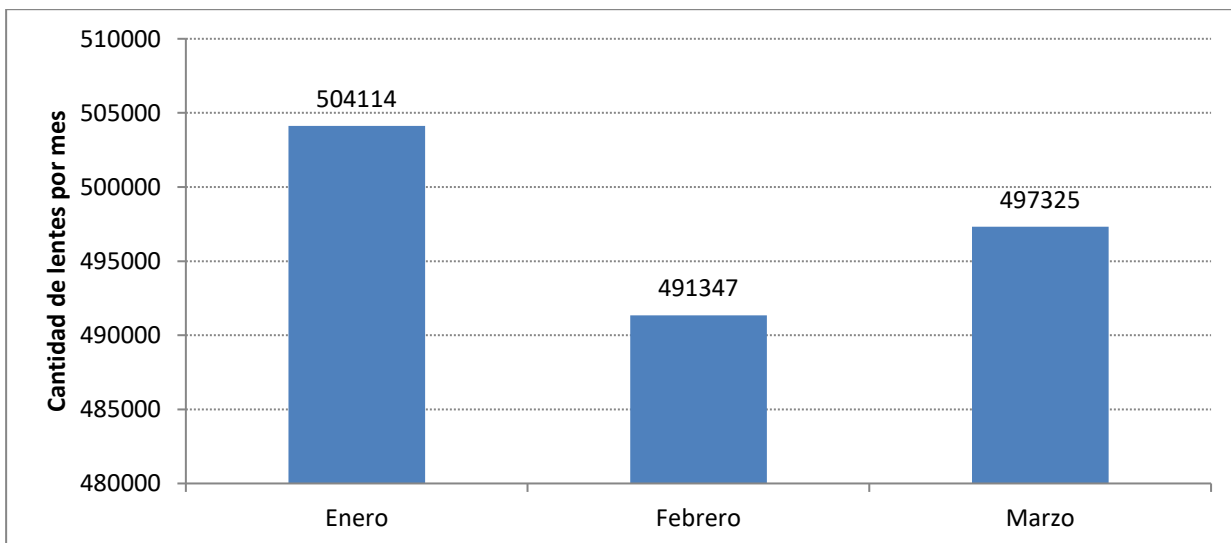


Gráfico 7. Producción del área de Moldeo (enero - marzo 2019)

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

De acuerdo con las metas de producción esta debió de reportar 517,947 lentes en promedio por turno y en ninguno de los 3 meses medidos se alcanzó dicha meta, reportándose así en enero apenas un 97.33% de cumplimiento, febrero con un 94.86% y marzo con un 96.60%. En promedio la pérdida en el cumplimiento de la producción fue de un 3.74%, esto se registra como pérdida y no es proyectado para el siguiente mes.

El desempeño de cada turno durante los 3 meses medidos de enero a marzo del 2018 en el área de moldeo se puede observar en el siguiente gráfico.

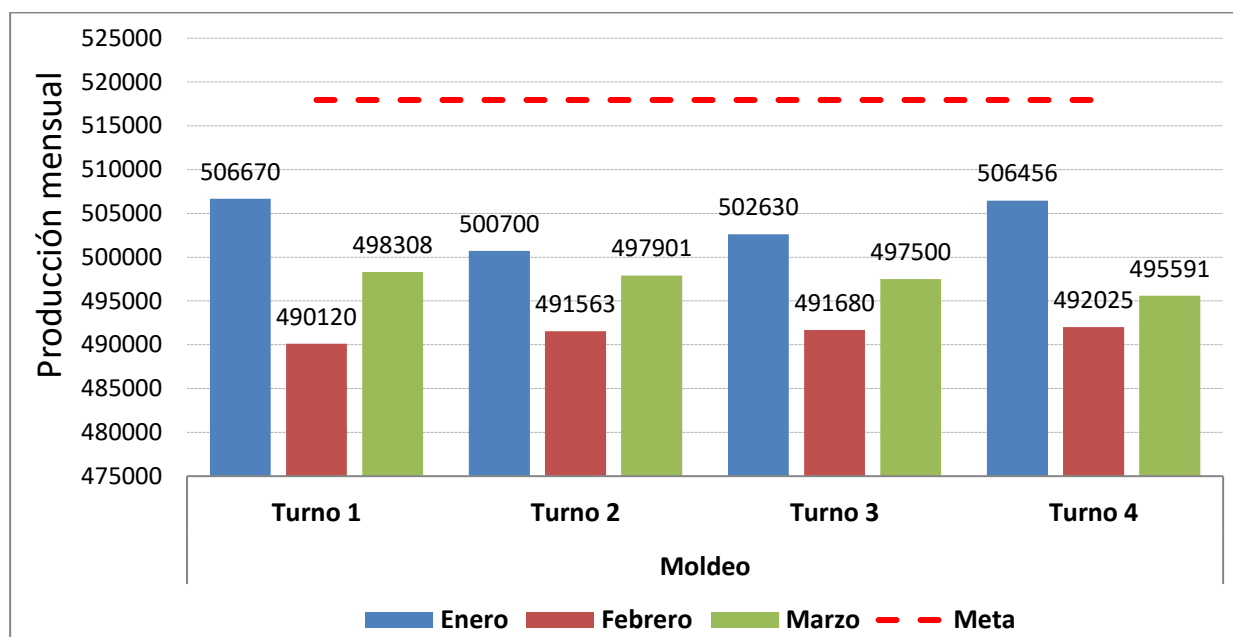


Gráfico 8. Producción por turno del área de Moldeo para cada mes

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

En el gráfico 8 se puede observar el desempeño de cada uno de los 4 turnos durante los meses medidos de enero a marzo 2018 y donde se evidencia la falta de cumplimiento en las metas de producción sin embargo también se puede observar como febrero fue el mes con los peores índices de cumplimiento, esto no responde a ninguna situación o evento especial según lo indicado por la gerencia.

4.8.2 Proceso de Stand Conveyor

Stand Conveyor no es un área que produzca exactamente material, más bien es un área que se usa como almacenamiento, más sin embargo no sólo cumple la función de almacenamiento si no también que específicamente en el Stand Conveyor el material debe de permanecer necesariamente 24 horas al menos por procedimiento. El Conveyor está compuesto por 5 niveles y a cada nivel se le puede almacenar 7 stacks. Un lote está compuesto por 16 stacks o lo que es igual a un lote de 96 000 lentes. En total puedo almacenar 35 stacks o lo que es igual a 2.19 lotes de DRY.

4.8.3 Proceso de Filler

Las máquinas Filler trabajan exactamente con el mismo tiempo de ciclo que las de moldeo que es de 11 segundos dados por el Departamento de Ingeniería, debido a que las máquinas de moldeo fueron diseñadas con ese parámetro predefinido.

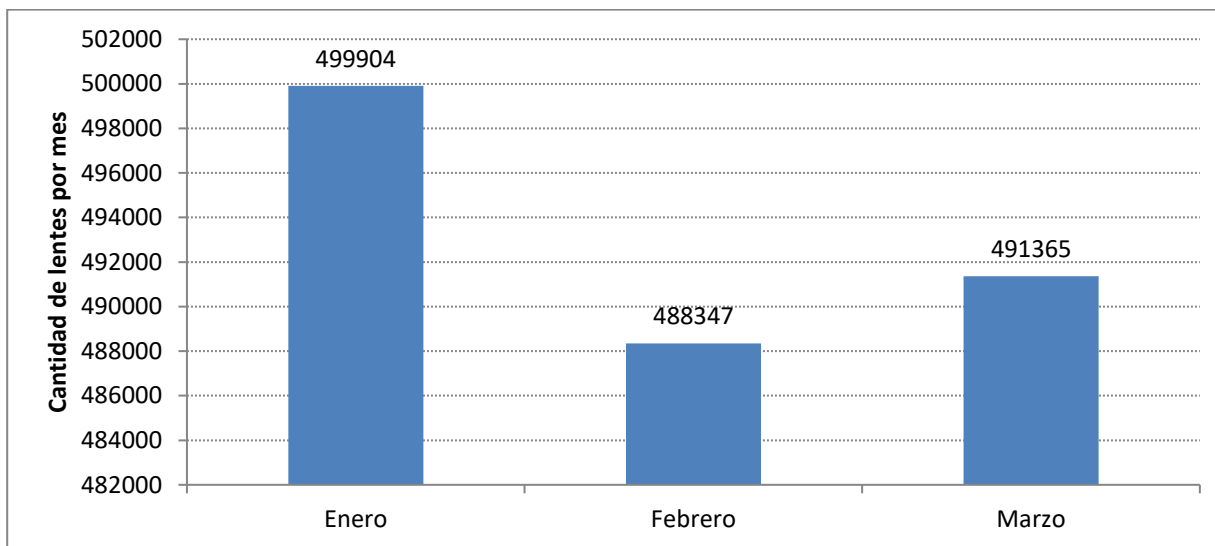


Gráfico 9. Producción del área de Filler (enero-marzo 2019)

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

De acuerdo con las metas de producción esta debió de reportar 515,358 lentes en promedio por turno y en ninguno de los 3 meses medidos se alcanzó dicha meta, reportándose así en enero apenas un 97.00% de cumplimiento, febrero con un 94.47% y marzo con un 95.34%. En promedio la pérdida en el cumplimiento de la producción fue de un 4.39%, esto se registra como pérdida y no es proyectado para el siguiente mes.

El desempeño de cada turno durante los 3 meses medidos de enero a marzo del 2018 en el área de moldeo se puede observar en el siguiente gráfico.

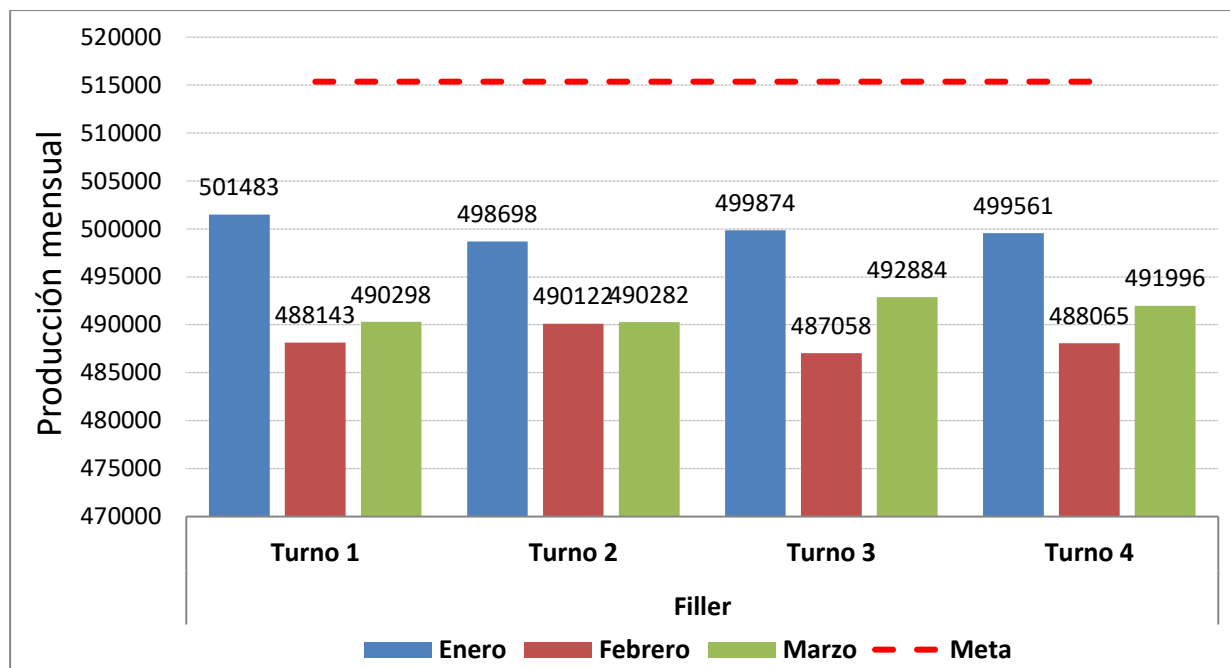


Gráfico 10. Producción por turno del área de Filler para cada mes

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

En el gráfico 10 se puede observar el desempeño de cada uno de los 4 turnos durante los meses medidos de enero a marzo 2018 y donde se evidencia la falta de cumplimiento en las metas de producción sin embargo también se puede observar como febrero fue el mes con los peores índices de cumplimiento al igual que en Moldeo, esto no responde a ninguna situación o evento especial según lo indicado por la gerencia.

4.8.4 Proceso de Hornos

Los hornos es un proceso que se ha categorizado como espera de la misma manera que el Stand Conveyor ya que no producen unidades y el producto sólo se encuentra en tránsito en el estatus de WIP (Work in Process), sin embargo, el material se encuentra en espera, al mismo tiempo está ejecutando un ciclo de cocimiento a 120 °C en 36 horas inyectando nitrógeno para sacar el oxígeno de la cámara y controlar el ambiente con tan sólo 100 o menos partes por millón de moléculas de oxígenos en dicha cámara y rampas de temperatura divididos en 5 fases de 3 horas a 39°C 2 horas subiendo a 120°C, 26 horas a 120 °C, luego 3 horas bajando a 20°C y 2 horas de enfriamiento.

4.8.5 Proceso de Depetaler

En el proceso de Depetaler se tienen disponibles 12 máquinas las cuales han sido validadas al tiempo de ciclo máximo de 0.92 segundos dados por el Departamento de Ingeniería, debido a que las máquinas de moldeo fueron diseñadas con ese parámetro predefinido.

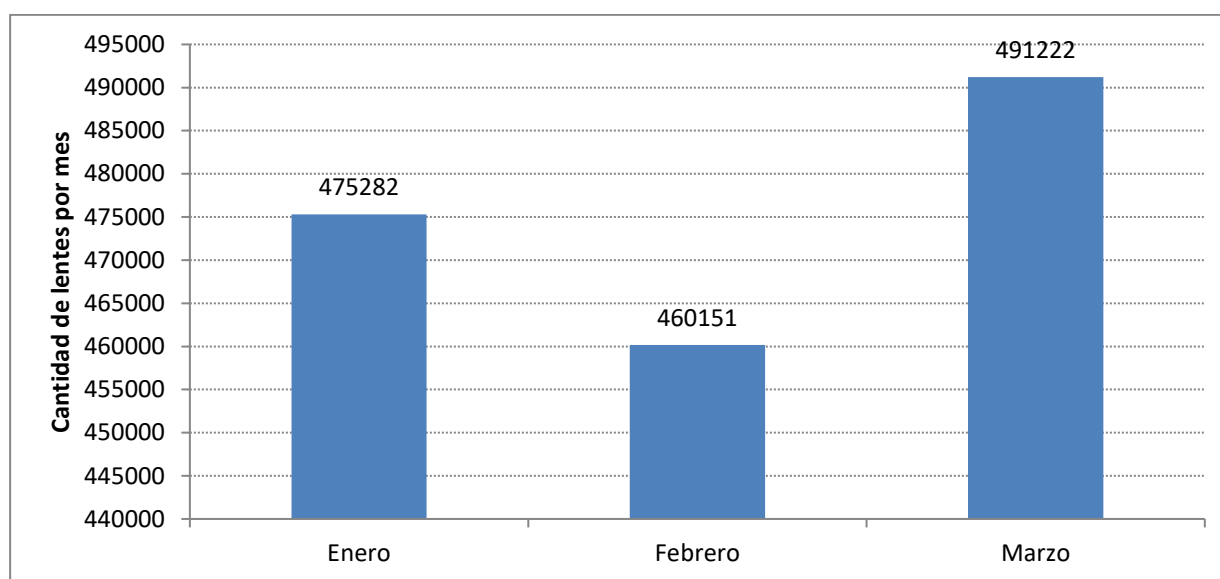


Gráfico 11. Producción del área de Depetaler (enero-marzo 2019)

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

De acuerdo con las metas de producción esta debió de reportar 505,051 lentes en promedio por turno y en ninguno de los 3 meses medidos se alcanzó dicha meta, reportándose así en enero apenas un 94.10% de cumplimiento, febrero con un 91.10% y marzo con un 97.26%. En promedio la pérdida en el cumplimiento de la producción fue de un 5.84%%, esto se registra como pérdida y no es proyectado para el siguiente mes.

El desempeño de cada turno durante los 3 meses medidos de enero a marzo del 2018 en el área de moldeo se puede observar en el siguiente gráfico.

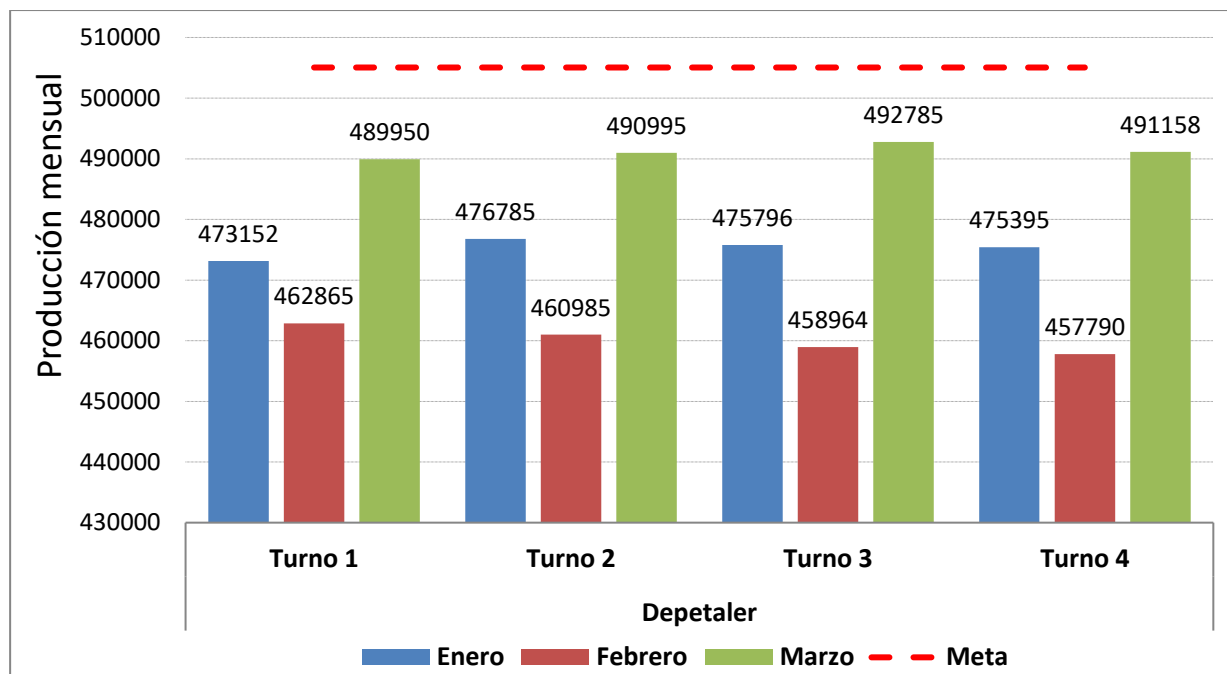


Gráfico 12. Producción por turno del área de Depetaler para cada mes

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

En el gráfico 12 se puede observar el desempeño de cada uno de los 4 turnos durante los meses medidos de enero a marzo 2018 y donde se evidencia la falta de cumplimiento en las metas de producción sin embargo también se puede observar como febrero fue el mes con los peores índices de cumplimiento al igual que en Moldeo y Filler, esto no responde a ninguna situación o evento especial según lo indicado por la gerencia.

4.8.6 Proceso de Physical Test

En el proceso de moldeo se tienen disponibles 3 máquinas las cuales han sido validadas al tiempo de ciclo máximo de 8400 segundos dados por el Departamento de Ingeniería, debido a que las máquinas de moldeo fueron diseñadas con ese parámetro predefinido que es igual a 2.33 horas por cada lote de Dry que como hemos mencionado es igual a 96 000 000 unidades.

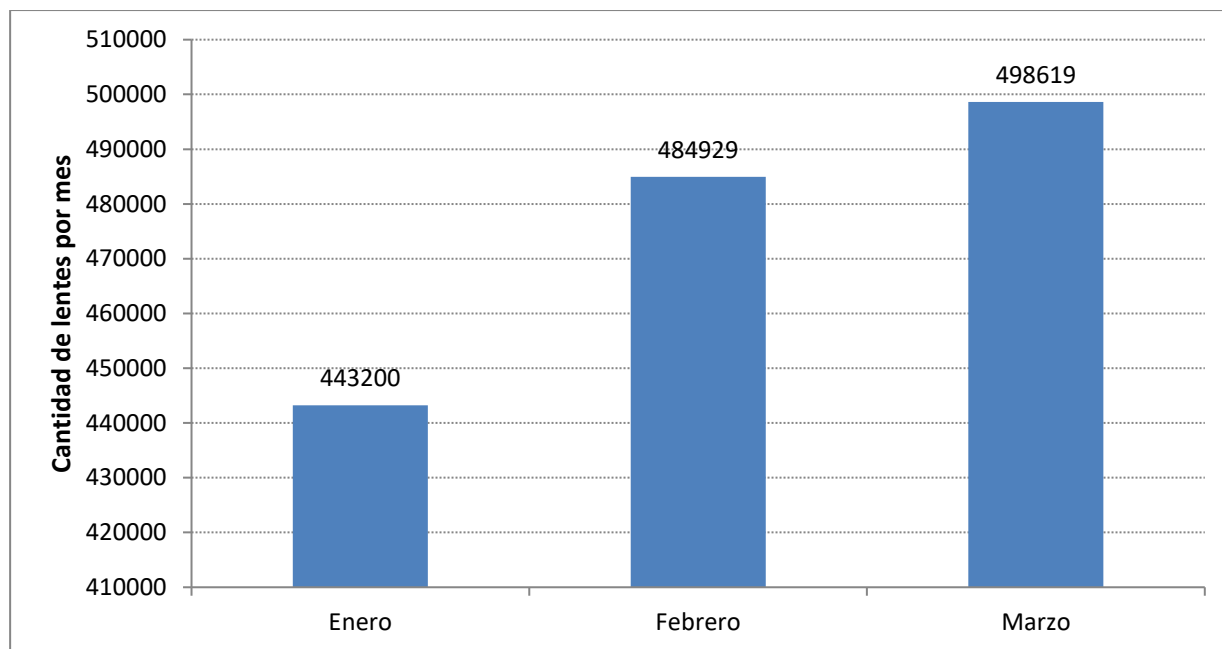


Gráfico 13. Producción del área de PT (Physical Test, enero-marzo 2019)

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

De acuerdo con las metas de producción esta debió de reportar 505,051 lentes en promedio por turno y en ninguno de los 3 meses medidos se alcanzó dicha meta, reportándose así en enero apenas un 87.75% de cumplimiento, febrero con un 96.01% y marzo con un 98.73%. En promedio la pérdida en el cumplimiento de la producción fue de un 5.83%, esto se registra como pérdida y no es proyectado para el siguiente mes.

Es importante mencionar que el proceso de Physical Test está compuesto por varios procesos que se han medido y mapeado, sin embargo, el proceso que marca el paso de la producción se llama “Medición en OmniSpect” que es el que ha sido tomado en cuenta para medir sus tiempos de ciclo e incluirlo como punto principal en el flujo de todo el proceso, ver figura 23.

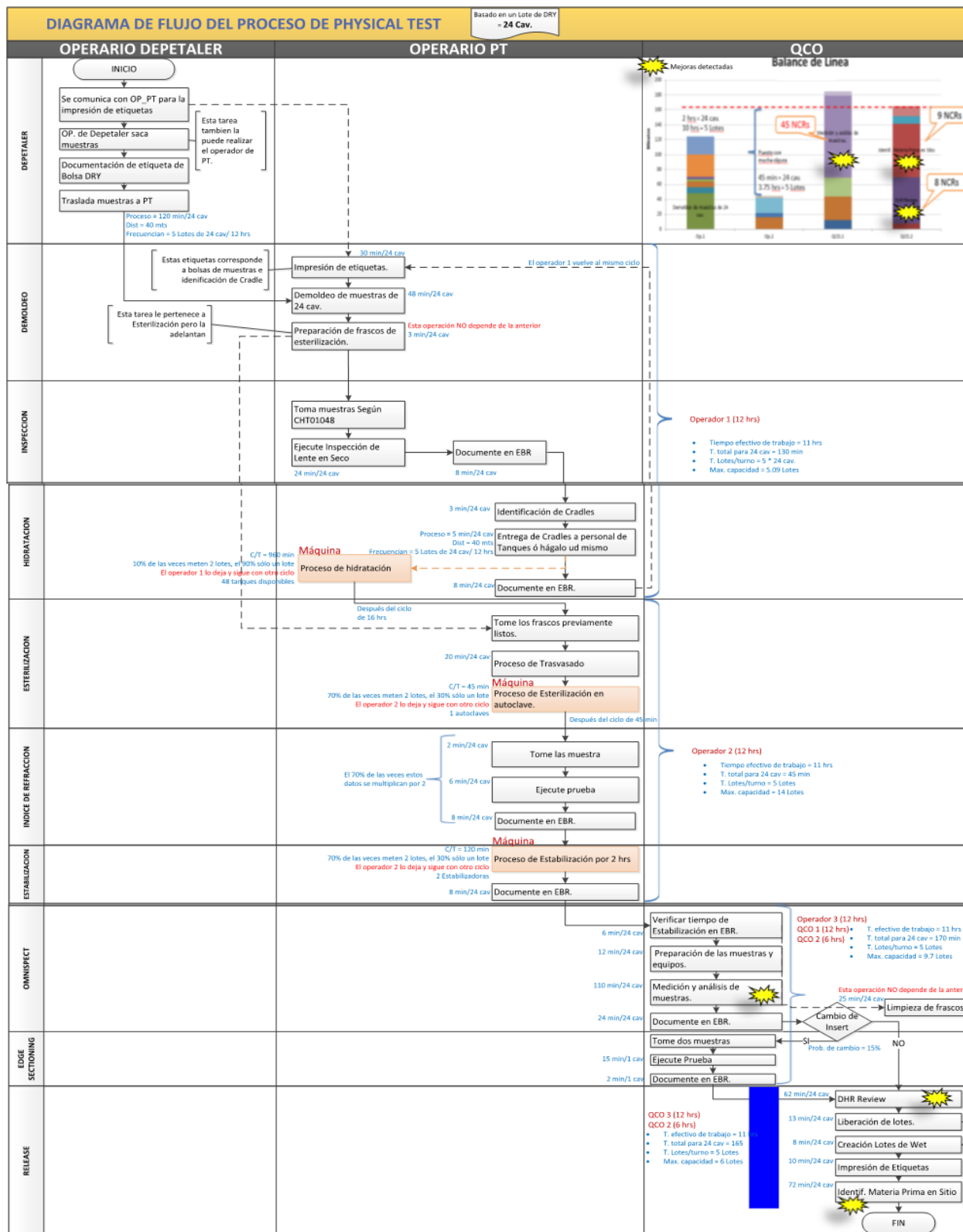


Figura 22. Diagrama de Flujo del área de PT (Physical Test)

Fuente: Elaboración propia

El desempeño de cada turno durante los 3 meses medidos de enero a marzo del 2018 en el área de moldeo se puede observar en el siguiente gráfico.

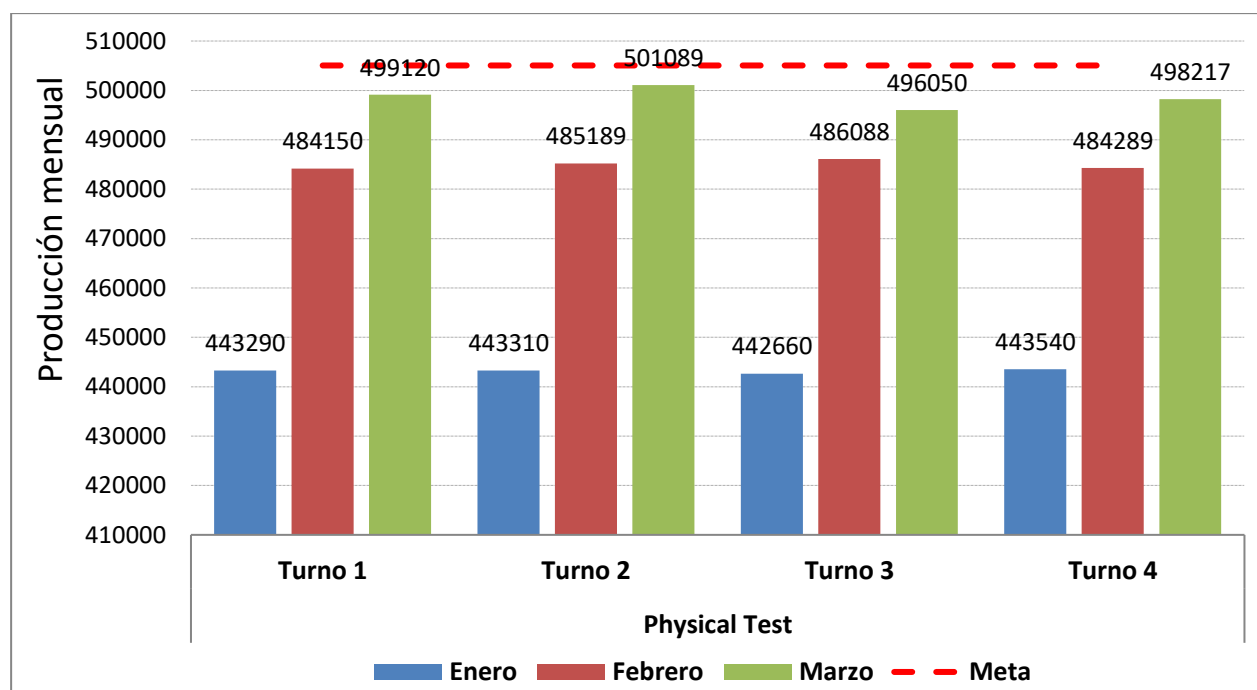


Gráfico 14. Producción por turno del área de Physical Test para cada mes

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

En el gráfico 14 se puede observar el desempeño de cada uno de los 4 turnos durante los meses medidos de enero a marzo 2018 y donde se evidencia la falta de cumplimiento en las metas de producción sin embargo también se puede observar cómo enero fue el mes con los peores índices de cumplimiento esto responde que el proceso después del cierre de operaciones en diciembre 2018 tarda en llegar a Physical Test aproximadamente 4 días y eso de forma escalonada y progresiva, por lo que la producción se ve mermada de forma lógica según lo indicado por la gerencia.

4.8.7 Proceso de Delenser

En el proceso de Delenser se tienen disponibles 9 máquinas las cuales han sido validadas al tiempo de ciclo máximo de 3.16 segundos dados por el Departamento de Ingeniería, debido a que las máquinas de moldeo fueron diseñadas con ese parámetro predefinido.

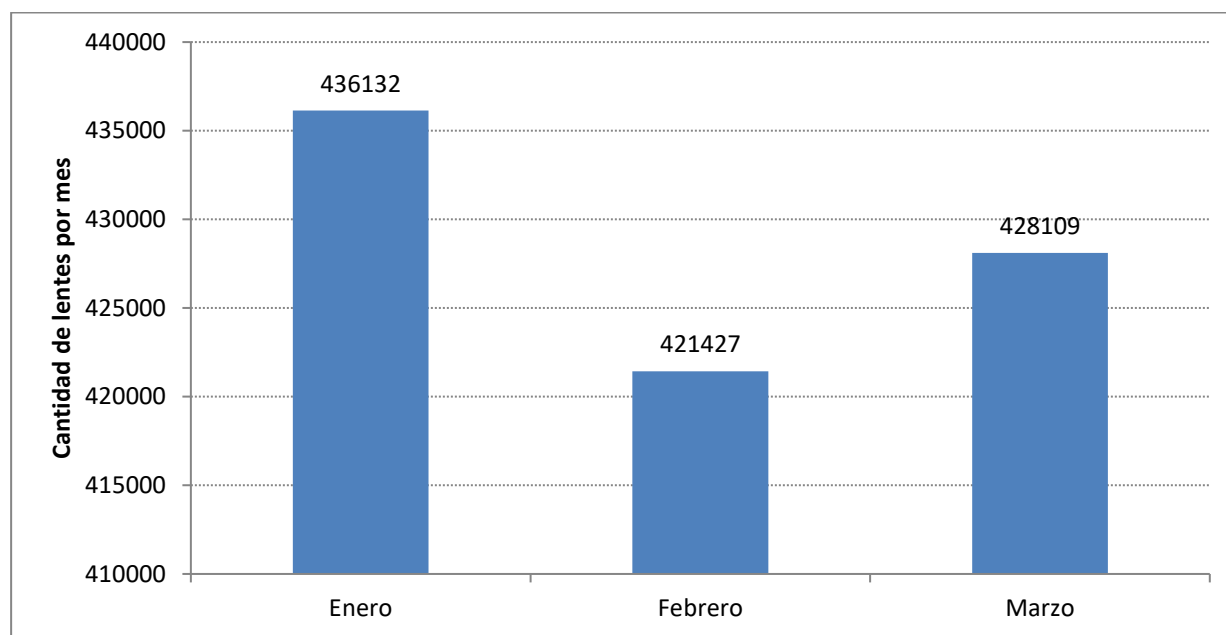


Gráfico 15. Producción del área de Delenser (enero-marzo 2019)

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

De acuerdo con las metas de producción esta debió de reportar 444,444 lentes en promedio por turno y en ninguno de los 3 meses medidos se alcanzó dicha meta, reportándose así en enero apenas un 98.13% de cumplimiento, febrero con un 94.82% y marzo con un 96.32%. En promedio la pérdida en el cumplimiento de la producción fue de un 3.57% %%%, esto se registra como pérdida y no es proyectado para el siguiente mes.

El desempeño de cada turno durante los 3 meses medidos de enero a marzo del 2018 en el área de moldeo se puede observar en el siguiente gráfico.

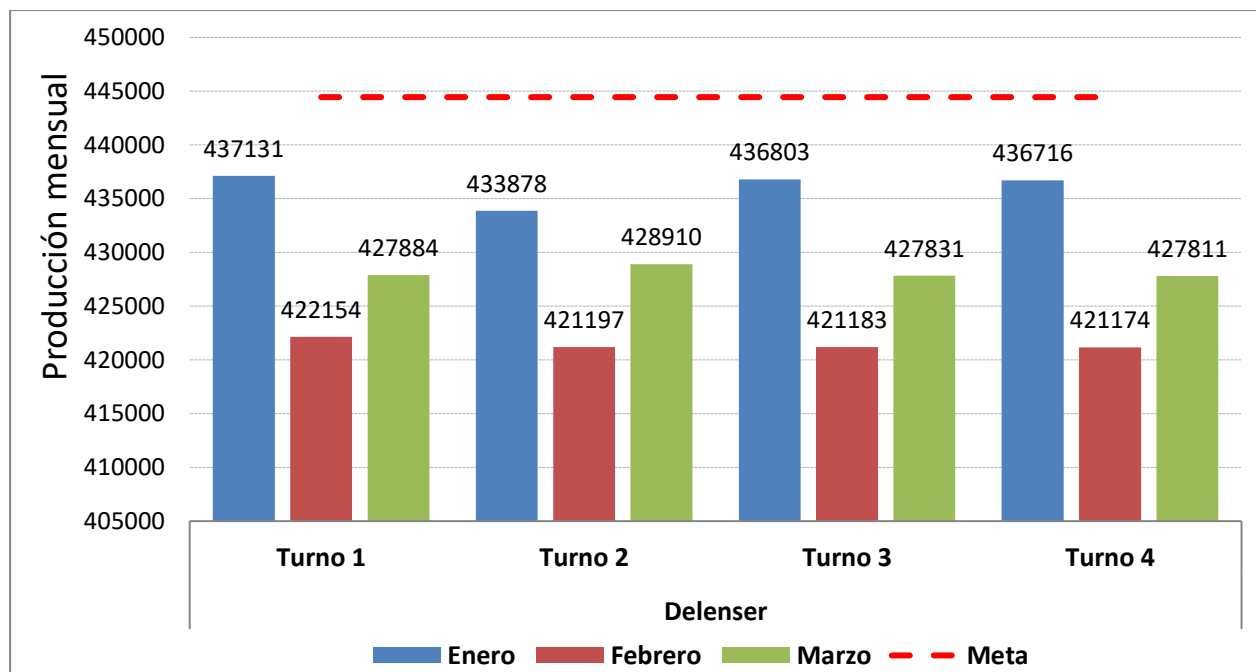


Gráfico 16. Producción por turno del área de Delenser para cada mes

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

En el gráfico 16 se puede observar el desempeño de cada uno de los 4 turnos durante los meses medidos de enero a marzo 2018 y donde se evidencia la falta de cumplimiento en las metas de producción sin embargo también se puede observar como febrero fue el mes con los peores índices de cumplimiento no responde a ninguna situación o evento especial según lo indicado por la gerencia.

4.8.8 Proceso de Tanques de Hidratación

En el proceso de Hidratación se tienen disponibles 48 máquinas las cuales han sido validadas al tiempo de ciclo máximo de 16 horas, más sin embargo para efectos de producción y abastecimiento de materia prima para el siguiente proceso que es Sealer, se han tomado las mediciones para entender y analizar las salidas de material por hora con respecto a los 48 tanques de hidratación y se ha concluido que salen 3 tanques por hora, donde cada uno de ellos posee 14 000 lentes, para un total de 42 000 lentes por hora y esto multiplicado por la utilización histórica debido a los mantenimientos preventivos definidos y el yield pre definido, la cantidad de lentes provista para el siguiente proceso es igual a 40 7048.40 lentes por hora.

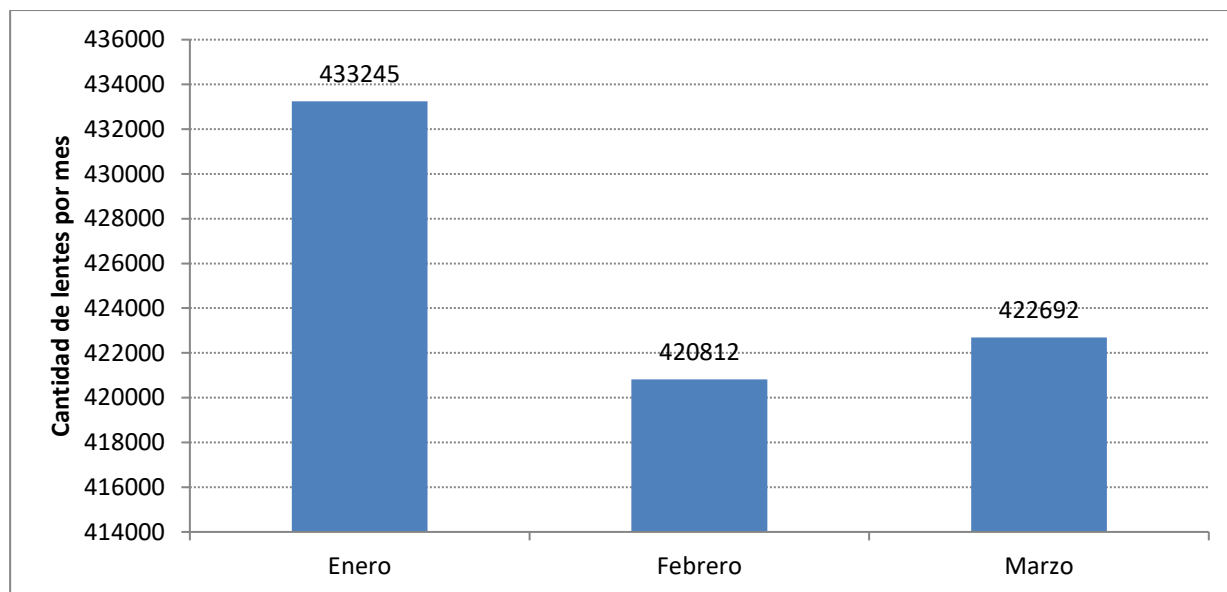


Gráfico 17. Producción del área de Hidratación (enero-marzo 2019)

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

De acuerdo con las metas de producción esta debió de reportar 442,468 lentes en promedio por turno y en ninguno de los 3 meses medidos se alcanzó dicha meta, reportándose así en enero apenas un 97.91% de cumplimiento, febrero con un 95.11% y marzo con un 95.53%. En promedio la pérdida en el cumplimiento de la producción fue de un 3.81%, esto se registra como perdida y no es proyectado para el siguiente mes.

El desempeño de cada turno durante los 3 meses medidos de enero a marzo del 2018 en el área de moldeo se puede observar en el siguiente gráfico.

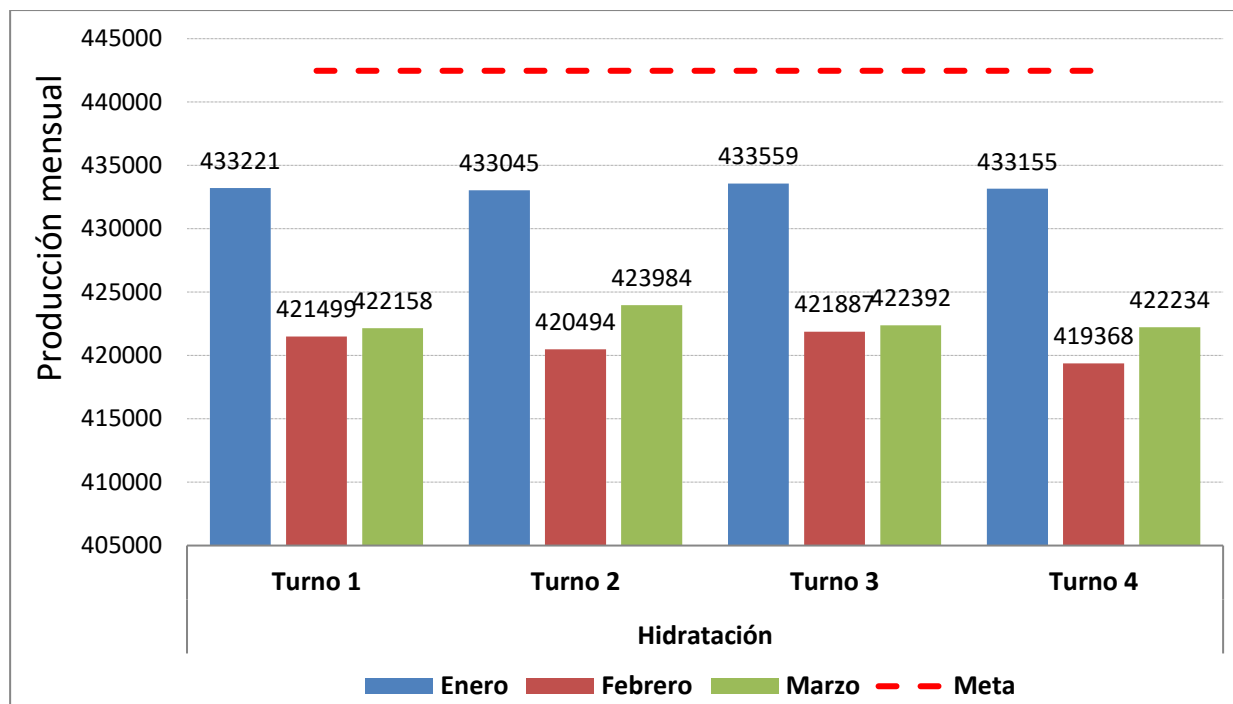


Gráfico 18. Producción por turno del área de Tanques de Hidratación para cada mes

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

En el gráfico 18 se puede observar el desempeño de cada uno de los 4 turnos durante los meses medidos de enero a marzo 2018 y donde se evidencia la falta de cumplimiento en las metas de producción sin embargo también se puede observar como febrero fue el mes con los peores índices de cumplimiento no responde a ninguna situación o evento especial según lo indicado por la gerencia.

4.8.9 Proceso de Sealer

En el proceso de Sealer se tienen disponibles 6 máquinas las cuales han sido validadas al tiempo de ciclo máximo de 3.75 segundos/lente dados por el Departamento de Ingeniería, debido a que las máquinas de moldeo fueron diseñadas con ese parámetro predefinido.

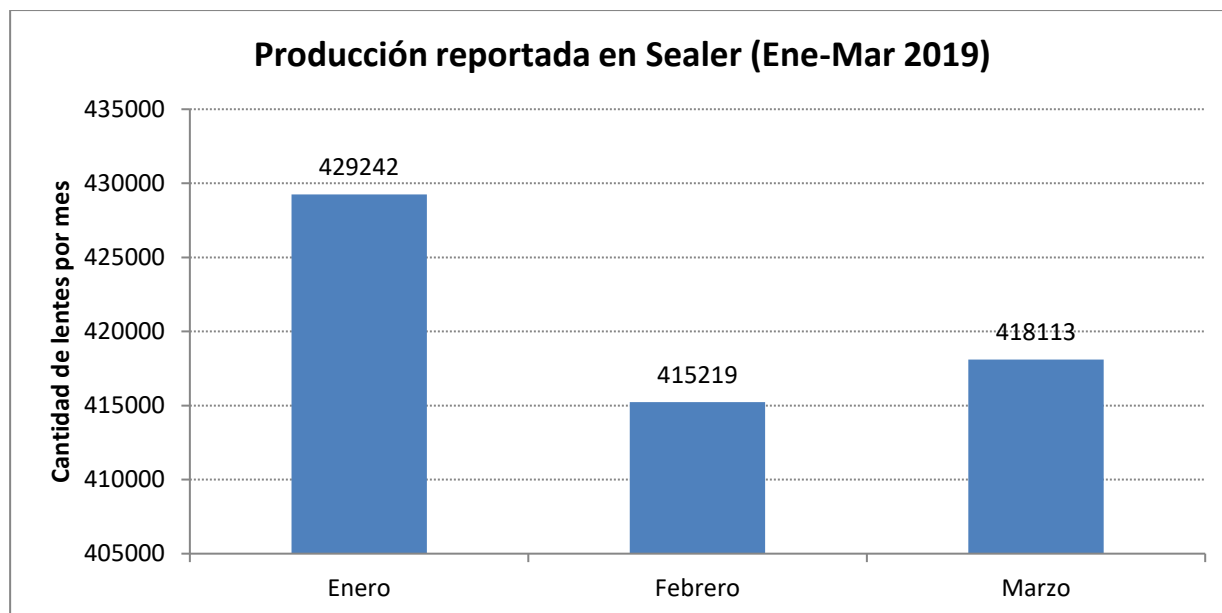


Gráfico 19. Producción del área de Sealer por mes

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

De acuerdo con las metas de producción esta debió de reportar 440,000 lentes en promedio por turno y en ninguno de los 3 meses medidos se alcanzó dicha meta, reportándose así en enero apenas un 97.55% de cumplimiento, febrero con un 94.37% y marzo con un 95.03%. En promedio la pérdida en el cumplimiento de la producción fue de un 4.35%, esto se registra como pérdida y no es proyectado para el siguiente mes.

El desempeño de cada turno durante los 3 meses medidos de enero a marzo del 2018 en el área de moldeo se puede observar en el siguiente gráfico.

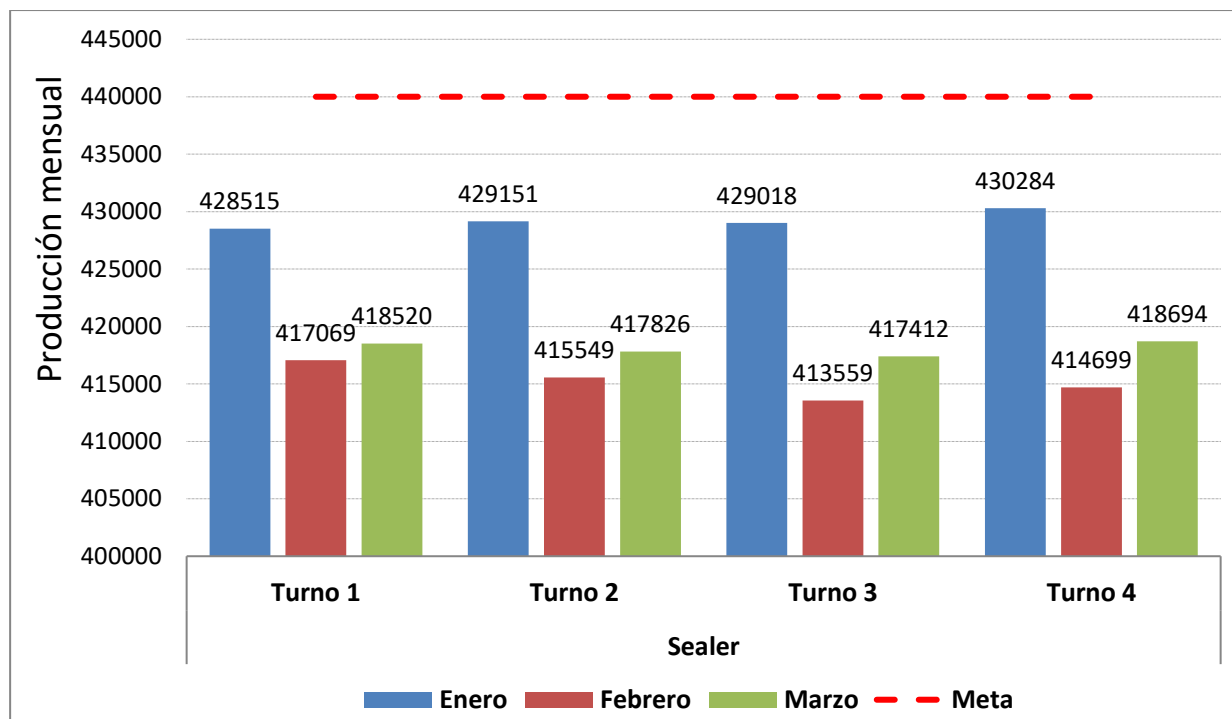


Gráfico 20. Producción por turno del área de Sealer para cada mes

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

En el gráfico 20 se puede observar el desempeño de cada uno de los 4 turnos durante los meses medidos de enero a marzo 2018 y donde se evidencia la falta de cumplimiento en las metas de producción sin embargo también se puede observar como febrero fue el mes con los peores índices de cumplimiento no responde a ninguna situación o evento especial según lo indicado por la gerencia.

4.9 Análisis de los requerimientos de producción y tiempos de ciclo del proceso

Finalmente se realiza un compilado de los resultados en el análisis previo de los cumplimientos de la producción de cada proceso con respecto a la producción esperada de los últimos 3 meses en el cuarto de manufactura para poder evidenciar de forma fácil el gap en los faltantes de producción versus lo requerido mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 14. Resumen del desempeño de las áreas de producción enero-marzo 19

Area	Meta	Cumplimiento promedio	Procentaje cumplimiento	Procentaje producción faltante
Molding	517,947	498575.78	96.26%	3.74%
Stand Conveyor	517,947	517947.00	100.00%	0.00%
Filler	515,358	492733.78	95.61%	4.39%
Hornos	520,000	520000.00	100.00%	0.00%
Degating	505,051	475556.02	94.16%	5.84%
PT	505,051	475606.53	94.17%	5.83%
Delenser	444,444	428577.35	96.43%	3.57%
E&H - Hidratación	442,468	425609.50	96.19%	3.81%
Sealer	440,000	420860.00	95.65%	4.35%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra de forma sintetizada los porcentajes por proceso del área de manufactura que reflejan el incumplimiento de los resultados requeridos a nivel de producción que se deriva del análisis desarrollado a lo largo de todo el capítulo IV, para que sean tomados como base de comparación en los siguientes capítulos una vez que la propuesta haya sido desarrollada e implementada.

Tal y como se observa en la columna “Porcentaje de Producción Faltante” sólo hay dos líneas que no muestran incumplimiento y se debe a que son áreas de espera, sin embargo, las demás áreas muestran como mínimo un incumplimiento en los resultados de 3.57% y máximo 5.84%.

Tal y como se ha explicado anteriormente las ineficiencias se han encontrado a lo largo de todas las áreas, pero Sealer que es la principal área vista por ser la última que indica el producto final posee un 4.35% y recordemos que en la sección 1.3.2 se planteó un 4% en las pérdidas productivas, por lo que el proyecto al final del análisis del Capítulo IV sigue siendo un problema evidente.

4.10 Costos actuales

Como parte y complemento del análisis previamente mostrado a lo largo del capítulo IV se expone un costo preliminar debido a la falta de cumplimiento en las metas de producción y como consecuencia de los puntos mencionados en la sección 4.4.1 de la Tabla 11.

Todas las oportunidades encontradas responden a la falta de uso y estandarización de herramientas que ya hoy posee la compañía, como lo son carros para la ubicación de material, maquinaria que no se usa de forma adecuada, exceso de material en las líneas de producción donde no se tiene un estándar de uso ni cantidades. Todas estas son herramientas que ya se tiene por ende el costo de implementar es de \$0 sin embargo, si existe un costo asociado a la capacitación de personal como también un costo asociado a al desarrollo e implementación de la herramienta propuesta que se detallará en el capítulo V.

No obstante, es de suma relevancia identificar los costos asociados a al entrenamiento/capacitación del personal como también el mantenimiento constante en el refrescamiento del conocimiento y uso de los materiales provistos por la compañía hoy en día.

El mantener un equipo de entrenamiento tanto para personal existente como nuevas contrataciones es de \$ 800 por mes y para ellos es necesario tener un recurso en cada uno de los 4 turnos de modo que esta persona sea la encargada de proveer el conocimiento necesario a los usuarios que son los operadores. Esto quiere decir que la inversión de la compañía en esta instancia debe ser de \$3200 únicamente para mantener el sistema ya implementado corriendo de forma adecuada. Ahora bien, el costo de capacitación de dicho personal (Entrenadores de piso) está asociado al desarrollo de la herramienta y los niveles ya sea de inventario, uso del sistema y manejo de los equipos que como ya se ha mencionado se detallará en el capítulo V.

4.11 Conclusiones del capítulo IV

- A través del mapeo del proceso completo del cuarto de manufactura se concluye la necesidad de desarrollar una herramienta que cubra todas y cada una de las operaciones, esto debido a la relevancia con respecto al balance y utilización. Para poder obtener y definir el uso correcto de los recursos tal y como se han mencionado a lo largo del capítulo como lo es el recurso humano, materiales y utilización de las máquinas, es de suma importancia tomar en cuenta el mapa completo de la operación y el desarrollo del diagrama de flujo que ayudó a comprender dicha necesidad.
- El costo asignable al problema por la falta del cumplimiento de la producción corresponde al 4.35% por turno de cada 12 horas, que es igual a 17400 lentes. Esto es igual a 34 800 lentes menos en 24 horas de trabajo. Esto significa que de forma anualizada CooperVision deja de vender en su mercado 12 354 000 lentes lo que significa una pérdida de la producción anualizada de \$1,111,860.
- El uso e integración de diversas herramientas como el diagrama de SIPOC y CTQ ha dado un panorama claro de los factores principales que deben de ser considerados en el estudio como el uso adecuado de los materiales en el piso de manufactura.
- La integración de 3 herramientas como el VOC, VSM e Ishikawa han indicado de forma clara las causas que deberán abordarse en el capítulo V, como también el mapeo de cada una de esas causas ubicadas por área.
- Se concluye con la elaboración de tablas específicas que contienen los indicadores históricos de los procesos los cuales serán de suma relevancia para la elaboración de una herramienta que reproduzca y simule los escenarios experimentados en el cuarto de manufactura en un determinado momento y que al mismo tiempo los usuarios de dicha herramienta puedan utilizar para su beneficio haciendo las proyecciones necesarias para el cumplimiento de la producción que es lo que busca el proyecto planteado en este documento.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 PROPUESTA Y DISEÑO DE MEJORA

Con base en el análisis realizado en el capítulo IV que indica el diagnóstico de la situación actualmente experimentada en el área de manufactura en la empresa CooperVision Costa Rica y que habla sobre la falta de cumplimiento en los resultados de la producción atribuibles al uso inadecuado de los recursos por la falta de un correcto balance de las líneas de producción facilitados por la compañía para que estos puedan ser alcanzados. Por ende, se concluye que las principales causas que contribuyen con el problema planteado son las que se describen en la sección 4.5.1 (Análisis de los resultados del Ishikawa):

- a- No se distribuye el personal de forma eficiente.
- b- Falta de estandarización
- c- No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento

Estas son la base para el diseño de la propuesta en la creación de una herramienta que consolide todos los posibles escenarios sobre el comportamiento en el cuarto de manufactura y que al mismo tiempo integre la información del recurso humano, material y equipo que faciliten alcanzar los niveles de producción requeridos.

Al mismo tiempo se presenta en la tabla 17 todas las posibles causas y el plan de acción en detalle para la mejora de la productividad en CooperVision. En dicha tabla se indican siete puntos principales que han sido detallados con acciones adicionales y que pretenden responder a las oportunidades de mejora que se mencionó en la sección 4.5.1.

El proyecto se realizó a través de la herramienta DMAIC descrito en el capítulo III (Marco Metodológico) donde se pretende proponer una mejora en el proceso de balance de líneas actuales para que facilite a los usuarios (Supervisores y Líderes de Manufactura) la toma de decisiones en el momento de balancear sus líneas de producción, sin embargo el crear un escenario propuesto al principio del análisis es de suma relevancia ya que todos los factores que inciden de alguna manera en el desbalance de las líneas productivas y que contribuyen a que las metas de producción no se logren tal y como se ha mostrado anteriormente, han sido documentadas y segregadas, las cuales en forma de resumen se muestran en la tabla 15.

En esta sección se compila todo lo documentado con el objetivo de retomar las acciones propuestas y utilizarlas como guía para asegurar una implementación ordenada y lógica del Ishikawa para buscar una posible solución y que al mismo tiempo sea eficiente y sostenible en el tiempo como también aceptada por la población que deberá participar en la mejora.

Tabla 15. Lista de acciones propuestas para la implementación de la mejora

Item	Descripción de la acción	Causas del problema	Plan de acción
1.0	Consolidación de todos los datos relevantes con respecto al funcionamiento de las máquinas.	b- Falta de estandarización. c- No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento.	Verificar los históricos del comportamiento de las máquinas y los ciclos con los que fueron validadas.
2.0	Mapa del proceso por puestos de trabajo	a- No se distribuye el personal de forma eficiente. b- Falta de estandarización.	Estudiar el comportamiento del cuarto de manufactura y analizar todas las formas posibles de configuración con respecto al entendimiento y experiencia de los Supervisores.
3.0	Programación de herramienta de simulación - Fase I	c- No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento.	Comenzar con la integración de todos los datos compilados y los posibles escenarios en el balance de las líneas.
4.0	Presentación Fase I a los Supervisores de producción	b- Falta de estandarización.	Hacer la primera presentación de la herramienta a los principales usuarios y las primeras funciones de esta.
5.0	Programación de herramienta de simulación - Fase II	c- No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento.	Realizar las modificaciones correspondientes a las observaciones iniciales y programar los módulos descritos.
6.0	Presentación Fase II a los Supervisores de producción	b- Falta de estandarización.	Hacer la segunda presentación de la herramienta a los principales usuarios y las últimas funciones de esta.
7.0	Programación de herramienta de simulación - Fase III	a- No se distribuye el personal de forma eficiente. b- Falta de estandarización. c- No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento.	Realizar las modificaciones correspondientes a las segundas observaciones y programar los módulos descritos. Realizar pruebas en vivo.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1 Datos relevantes respecto al funcionamiento de las máquinas

Es importante mencionar que el inicio de este proyecto y el diseño de la herramienta propuesta ha sido estructurado de tal forma que cada uno de los pasos anteriores sean precedentes del paso posterior y que el mismo sea la base para el desarrollo de la herramienta de balance de líneas de forma lógica y ordenada para el fácil entendimiento del usuario final. En el ítem 1.0 de la tabla 15 se describe la acción *“Consolidación de todos los datos relevantes con respecto al funcionamiento de las máquinas”* que responde a la documentación, consolidada y verificación de todas las entradas del proceso a nivel de desempeño como lo son los tiempos de ciclo, capacidades de los procesos, yields y producciones de los últimos 6 meses. Con la consolidación de estos datos se pretende obtener una base estadística para a definición de los parámetros con que la herramienta será configurada y predefinida. Estos datos fueron extraídos de las bases de datos de los procesos, los reportes de Ingeniería y los históricos del área de planeamiento de la empresa.

Adicionalmente, los tiempos de las operaciones son los que se utilizaron para validar las máquinas y los que indico el proveedor de las máquinas. El ítem 2.0 *“Mapa del proceso por puestos de trabajo”*, durante esta etapa se hará un esquema virtual de todas las áreas de manufactura, los puestos definidos sobre el recurso humano que se ha contratado para dichas tareas. Los ítems del 3.0 al 6.0 se enfocarán meramente en el desarrollo de la herramienta para la simulación de los balances de línea que se pretenden implementar como también la depuración de esta haciendo la presentación formal a los usuarios, trabajando así en equipo para un mejor enfoque y aprovechamiento del conocimiento de todas las áreas involucradas. Este equipo estará conformado por el personal de manufactura, ingeniería recursos humanos y calidad. Por último, el ítem 7.0 será el último que se documentará en la presente sección 5.1 (Propuesta y diseño de la mejora) donde lo que se persigue es la depuración final de la herramienta a través de una *“prueba en vivo”* en el cuarto de manufactura antes de que la herramienta sea presentada a Gerencia para su debida aprobación e implementación formal que será descrita y desarrollada en la sección 5.3 (Implementación de la mejora) de este documento.

Tabla 16. Cronograma de actividades para diseño de herramienta propuesta para el Balance de Líneas

Item	Sub Item	Descripción de la acción	Causas del problema	Plan de acción	Entregable	Responsable / Soporte	Fecha de implementación	Estatus
1.0	Consolidación de todos los datos relevantes con respecto al funcionamiento de las máquinas.		b, c			Ealfaro	28/02/2019	100%
1.1		* Yields	b-Falta de estandarización. c-No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento.	Verificar los históricos del comportamiento de las máquinas y los ciclos con los que fueron validadas.	Crear una tabla conciliando todos los resultados que se encuentre sobre los valores indicados.	Lrodriguez	08/02/2019	100%
1.2		* Down Times por PMs				Psanchez	08/02/2019	100%
1.3		* Utilización de los equipos				Eelizondo	15/02/2019	100%
1.4		* Tiempos de ciclo				Eelizondo	15/02/2019	100%
1.5		* Capacidades máximas				Flara	22/02/2019	100%
2.0	Mapa del proceso por puestos de trabajo		a, b			Ealfaro	28/02/2019	100%
2.1		Creación de un mapa de todo el cuarto de manufactura	a-No se distribuye el personal de forma eficiente. b-Falta de estandarización.	Estudiar el comportamiento del cuarto de manufactura y analizar todas las formas posibles de configuración con respecto al conocimiento y experiencia de los Supervisores.	Crear un mapa del piso de producción con las posibles variantes con respecto al personal operativo.	Gsolano	15/02/2019	100%
2.2		Definición de los puestos de trabajo por área				Kvenegas	22/02/2019	100%
2.3		Distribución del personal operativo por puestos/áreas				Eelizondo	28/02/2019	100%
3.0	Programación herramienta de simulación - Fase I		c			Ealfaro	16/03/2019	100%
3.1		Integración de los datos del punto 1.0 y 2.0	c- No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento.	Comenzar con la integración de todos los datos compilados y los posibles escenarios en el balance de las líneas.	Establecer la versión 1.0 de la herramienta estándar de balance de las líneas en los módulos, personal operativo, inventarios.	Ealfaro	16/03/2019	100%
3.2		Programación módulo de personal operativo						100%
3.3		Programación módulo de WIP						100%
3.4		Programación módulo de inventarios						100%

Item	Sub Item	Descripción de la acción	Causas del problema	Plan de acción	Entregable	Responsable / Soporte	Fecha de implementación	Estatus		
4.0		Presentación Fase I a los Supervisores de producción	b- Falta de estandarización.	Hacer la primera presentación de la herramienta a los principales usuarios y establecer las primeras funciones.	Recibir retroalimentación para ajustes de la herramienta. Documentar en formato de minutas	Ealfaro/Sup.	20/03/2019	100%		
5.0		Programación herramienta de simulación - Fase II	c			Ealfaro	31/03/2019	100%		
5.1		Modificación de las primeras observaciones del punto 4.0	c- No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento.	Realizar las modificaciones correspondientes a las observaciones iniciales y programar los módulos descritos.	Establecer la versión 2.0 de la herramienta estándar de balance de las líneas en los módulos descritos de los puntos 5.2 al 5.6.	Ealfaro	31/03/2019	100%		
5.2		Programación módulo de balances de línea						100%		
5.3		Programación módulo de Yields						100%		
5.4		Programación módulo de Utilización						100%		
5.5		Programación módulo de Capacidades						100%		
5.6		Programación módulo de Reportes						100%		
6.0		Presentación Fase II a los Supervisores de producción	b- Falta de estandarización.	Hacer la segunda presentación de la herramienta a los principales usuarios y las últimas funciones.	Recibir retroalimentación para ajustes de la herramienta.	Ealfaro/Sup.	12/04/2019	100%		
7.0		Programación herramienta de simulación - Fase III	a, b, c			Ealfaro	31/03/2019	100%		
7.1		Modificación de las segundas observaciones del punto 6.0	a- No se distribuye el personal de forma eficiente.	Realizar las modificaciones correspondientes a las observaciones y programar los módulos descritos. Pruebas en vivo.	Recolectar información de las pruebas en vivo y evaluarlas de acuerdo con las funciones programadas.	Ealfaro	19/04/2019	100%		
7.2		Pruebas en vivo por dos semanas con los Supervisores	b- Falta de estandarización.					Sup.	03/05/2019	100%
7.3		Depuración del sistema después de las pruebas en vivo	c- No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento.					Ealfaro	10/05/2019	100%

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Desarrollo de las actividades del cronograma de actividades para diseño de herramienta propuesta de balance de líneas - CooperVision.

5.1.2.1 Consolidación de todos los datos relevantes con respecto al funcionamiento de las máquinas

Con la propuesta de diseño de una herramienta estándar que permita de forma flexible la visualización rápida del estado del cuarto de manufactura en CooperVision Costa Rica, la utilización de los recursos disponibles y las prioridades productivas requeridas. Es importante comenzar con el análisis histórico de los últimos 6 meses de la maquinaria, los tiempos de ciclo, yields y utilización de los equipos lo cual es relevante y necesario para mayor precisión de los escenarios que se pretenden crear en la programación de la herramienta.

Para ello se ha creado la tabla 17 (histórico Yields, utilización y tiempos de ciclo por área que abarcan el período de octubre 18 a marzo 19) que pretende consolidar la información necesaria para alimentar la herramienta con información confiable. Como también la variación que han tenido los equipos y qué tan consistentes son que es parte importante del entendimiento del proceso y que en los estudios realizados en el capítulo IV se obtuvo como una oportunidad de mejora.

La información contenida en la tabla 17 muestra todos los procesos desde DRY hasta WET y se evidencia el comportamiento normal y esperado según el Departamento de Ingeniería con base en los resultados validados en el área de manufactura, por lo que la información se convierte en una evidencia confiable para la configuración inicial de la herramienta que se propone para el balance de las líneas de manufactura. Sin embargo, los datos de utilización tanto de Depetaler como de Physical Test están muy por debajo de lo esperado ya que lo que debería de mantenerse de forma constante son los valores de 93% en Depetaler y 95 % en Physical Test según Ingeniería. Esto responde a lo descrito en la sección 4.5.1 (Análisis de los resultados del Ishikawa) donde se menciona como una de las causas principales el hecho de no distribuir al personal de forma eficiente, aunque el equipo se tenga disponible.

Tabla 17. Histórico Yields, Utilización y Ciclos de Tiempo por área (octubre 18 – marzo 19)

AREAS DE TRABAJO										
Indicador	Mes	Molding	Stand Conveyor	Filler	Hornos	Depetaler	PT	Delenser	E&H - Hidratación	Sealer
Tiempos de Ciclo (Segundos)	oct-18	10.87	24 horas = 86400 seg	10.83	36 horas = 129600 seg	0.96	348	3.16	3560	3.76
	nov-18	11.02		10.95		0.93	333	3.14	3602	3.74
	dic-18	10.96		11.06		1.02	345	3.17	3584	3.84
	ene-19	11.07		10.93		0.9	351	3.16	3572	3.65
	feb-19	11.1		10.98		1.06	335	3.16	3596	3.72
	mar-19	10.85		10.85		0.92	342	3.19	3601	3.81
Promedios C/T		10.98	86400	10.93	129600	0.965	342.33	3.16	3585.83	3.75
Indicador de Yield	oct-18	99.38%	100.00%	99.64%	100.00%	100.00%	99.50%	87.10%	99.84%	97.84%
	nov-18	99.45%	100.00%	99.56%	100.00%	100.00%	99.42%	86.32%	99.56%	98.30%
	dic-18	99.56%	100.00%	99.30%	100.00%	100.00%	99.30%	85.56%	99.32%	98.25%
	ene-19	99.32%	100.00%	99.48%	100.00%	100.00%	99.58%	86.89%	99.87%	98.15%
	feb-19	99.58%	100.00%	99.75%	100.00%	100.00%	99.78%	84.62%	99.45%	97.95%
	mar-19	99.67%	100.00%	99.39%	100.00%	100.00%	99.64%	85.97%	99.21%	97.65%
Promedios Yield		99.49%	100.00%	99.52%	100.00%	100.00%	99.54%	86.08%	99.54%	98.02%
Tiempos de Utilización	oct-18	93.40%	95.87%	94.56%	99.15%	76.85%	86.52%	92.64%	99.08%	94.12%
	nov-18	93.54%	94.00%	93.58%	99.48%	76.95%	85.64%	90.85%	99.30%	95.03%
	dic-18	93.87%	95.12%	93.65%	98.52%	74.21%	84.13%	94.63%	99.15%	94.87%
	ene-19	93.25%	93.46%	94.05%	98.85%	73.56%	85.79%	89.54%	99.12%	94.56%
	feb-19	93.64%	97.25%	94.12%	99.06%	75.23%	85.26%	92.48%	99.07%	95.45%
	mar-19	93.74%	95.82%	93.56%	98.42%	75.64%	84.54%	90.08%	99.10%	95.62%
Promedios Utilización		93.57%	95.25%	93.92%	98.91%	75.41%	85.31%	91.70%	99.14%	95.02%

Fuente: Datos extraídos de las bases de datos de CooperVision

La tabla 17 está compuesta por nueve columnas, cada una de ellas correspondiente a cada proceso en la cual se miden los 6 meses, información que fue extraída de las bases de datos de CooperVision y al final de estos seis meses se obtiene el promedio de los datos que será utilizada de base en la herramienta de simulación del proceso.

En la siguiente tabla 18 se realiza una comparación de los datos de producción versus las metas reales de producción y las capacidades máximas de cada equipo, con lo cual se obtiene un porcentaje de cumplimiento y se refleja el porcentaje faltante de producto por área.

Tabla 18. Comportamiento de la producción de enero a marzo 2019 con respecto a los datos históricos de maquinaria

Área	C/T (Seg)	Cap. Max/hr	Yield	Utiliz.	Produc. /hora	Produc. máxima turno	Meta	Cump. Prom.	% Cump.	% Produc. faltante
Molding	10.98	7855	99.49%	93.57%	7300	525561	517,947	498575	96.26%	3.74%
S. Conveyor	86400	9072	100.00%	95.25%	8641	51848	517,947	517947	100.00%	0.00%
Filler	10.9	7855	99.52%	93.92%	7232	520680	515,358	492733	95.61%	4.39%
Hornos	129600	48000	100.00%	98.91%	47478	569740	520,000	520000	100.00%	0.00%
Degating	0.97	23415	100.00%	75.41%	17561	632194	505,051	475556	94.16%	5.84%
PT	342.3	41072	99.54%	85.31%	17281	622121	505,051	475606	94.17%	5.83%
Delenser	3.2	5700	86.08%	91.70%	4361	470932	444,444	428577	96.43%	3.57%
Hidratación	3585.8	38000	99.54%	99.14%	37499	449991	444,062	427142	96.19%	3.81%
Sealer	3.8	9600	98.02%	95.02%	8844	530611	440,000	420860	95.65%	4.35%

Fuente: Datos extraídos de las bases de datos de CooperVision

Estos valores calzan perfectamente con las cantidades faltantes mostradas en la sección 4.9 (Análisis de los requerimientos de producción y tiempos de ciclo del proceso) del capítulo IV probando así la veracidad de los datos y validando el uso de estos para ser ingresados a la herramienta propuesta.

Adicionalmente la tabla 18 ayuda a comprender los procesos que están fuera de control con respecto al cumplimiento de las metas de producción los cuales incluyen todos excepto el proceso de Hornos y Stand Conveyor, esto debido a que son procesos de espera y almacenamiento de material y no poseen una operación que deba ser constantemente manipulada por recurso humano asignable.

5.1.2.2 Mapa del proceso por puestos de trabajo

Es importante la claridad que se pueda tener de todos y cada uno de los posibles movimientos del personal operativo en las distintas áreas de manufactura ya que los escenarios experimentados en las 12 horas de trabajo pueden ser de múltiples procedencias, formas o causas, como se describe en la sección 4.5.1 (a- No se distribuye el personal de forma eficiente). Para poder definir un proceso estándar en la estructura y formación en las líneas de producción a la hora de tomar decisiones, es imprescindible entender la localización del personal, la cantidad exacta y los puestos de trabajo para los que están capacitados con antelación para su debida ejecución. Sin embargo, una de las oportunidades detectadas durante la fase de medición y análisis fue la falta de conocimiento y estandarización, por ende, una de las acciones que se ha documentado es la creación de un mapa que considere todos los atributos antes mencionados y todas las áreas del cuarto de manufactura.

El desarrollo de este mapa se realiza con el personal que hoy en día está presupuestado para cada puesto de trabajo y que debe de localizarse de forma sistémica para la correcta ejecución de cuarto de manufactura. Sin embargo, es muy importante tener claridad sobre la distribución del personal, por lo que la propuesta en este punto 5.1.2.2 es el mapear para poder incluirlo dentro del análisis de los posibles escenarios experimentados durante los turnos de trabajo y que de esta manera de forma flexible los usuarios de la herramienta puedan visualizar de forma ágil que puestos deben estar ocupados y dónde se pueden hacer movimientos.

El alcance del mapeo sobre la distribución de personal no es el realizar una nueva propuesta de “re-layout” o redistribución de personal, el alcance es realizar movimientos de forma eficiente con el mapa actual tanto del proceso como del personal y este factor es de suma importancia para el desarrollo de la herramienta de balance de líneas que se propone en este proyecto. Adicionalmente el mapeo de la distribución de personal operativo no considera ninguna de las posibles circunstancias relacionadas al ausentismo del mismo personal, pero la herramienta facilitará los posibles movimientos para el cumplimiento de las metas productivas como por ejemplo cuando se realicen entrenamientos masivos o cuando falte personal de distintas áreas.

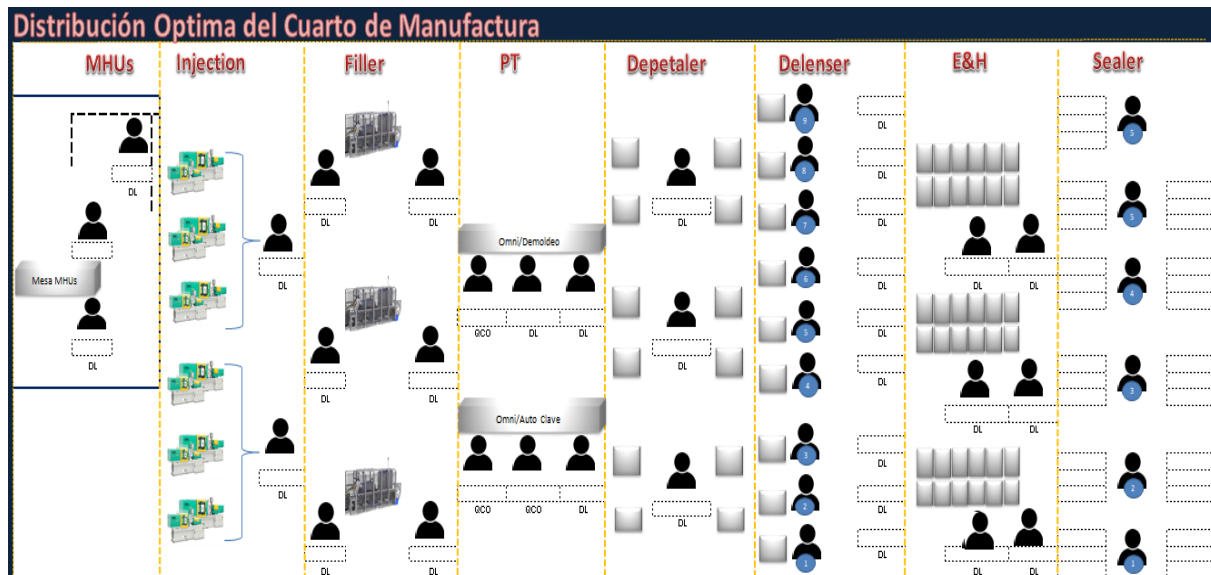


Figura 23. Mapa del Proceso de Manufactura en CooperVision

Fuente: Elaboración propia

Se desarrolla el mapa del proceso con el flujo lógico en el que fue configurado desde un inicio al arranque de las operaciones y definido por la misma compañía, se mapean los puestos de trabajo y el recurso humano que lo debe de desempeñar. Cada uno de los cuadros corresponde a un puesto que debe de ser ocupado y que está dentro de la estructura normal dispuesta por la empresa. El mapa está separado por áreas las cuales responden a DRY las de MHUs (Lavandería), Injection (Moldeo), PT (Physical Test) y Depetaler. Nótese que las áreas de Stand Conveyor y Hornos fueron removidas del flujo del proceso debido a que estas áreas no tienen personal asignado, tal como se ha mencionado son procesos que necesariamente deben existir, pero al final son esperas y por el contrario durante la creación del mapa de proceso se incluye “MHUs” que es un proceso de lavandería a la cuales están asignadas 3 personas, sin embargo, no producen lentes como tal.

En este punto se debe mencionar que el mapeo de la distribución de personal es la estructura que ya CooperVision mantenía y está en presupuesto para reemplazar cada vez que algún recurso decide renunciar, sin embargo para efectos de la herramienta es de suma importancia mapearlo y tener claridad sobre las ubicaciones de cada colaborador, esto permitirá mover los recursos de forma simple y al mismo tiempo la

simulación servirá para analizar rápidamente las opciones que se tengan para balancear la operación en el momento que se necesite.

Estos puestos se distribuyeron de la siguiente manera:

Tabla 19. Distribución de puestos de trabajo en el cuarto de manufactura

Proceso	Área	Cantidad de personal
DRY	Lavado de MHUs	3
	Moldeo/Injection	2
	Filler	6
	PT (Physical Test)	6
	Depetaler	3
WET	Delenser	9
	E&H (Hidratación)	6
	Sealer	33

Fuente: Datos extraídos de las bases de datos de CooperVision

La cantidad con la distribución mostrada en la tabla 19 es la que debe de tener cada turno en cuanto al recurso humano, esto para poder correr sus 12 horas de forma óptima, sin embargo, adicional a esta cantidad, el Departamento de Recursos Humanos lleva una estadística de ausentismo que indica el histórico de ausencias y con esto se puede proyectar la cantidad adicional de personas que debe tener cada turno para intentar compensar dicha situación. El comportamiento de este ausentismo es uno de los atributos que más golpea los balances de línea del área de manufactura y es cuando cobra trascendencia su control y estandarización. Dicho comportamiento se puede observar en la gráfica 21, 22 y 23 a los meses enero, febrero y marzo correspondientemente.

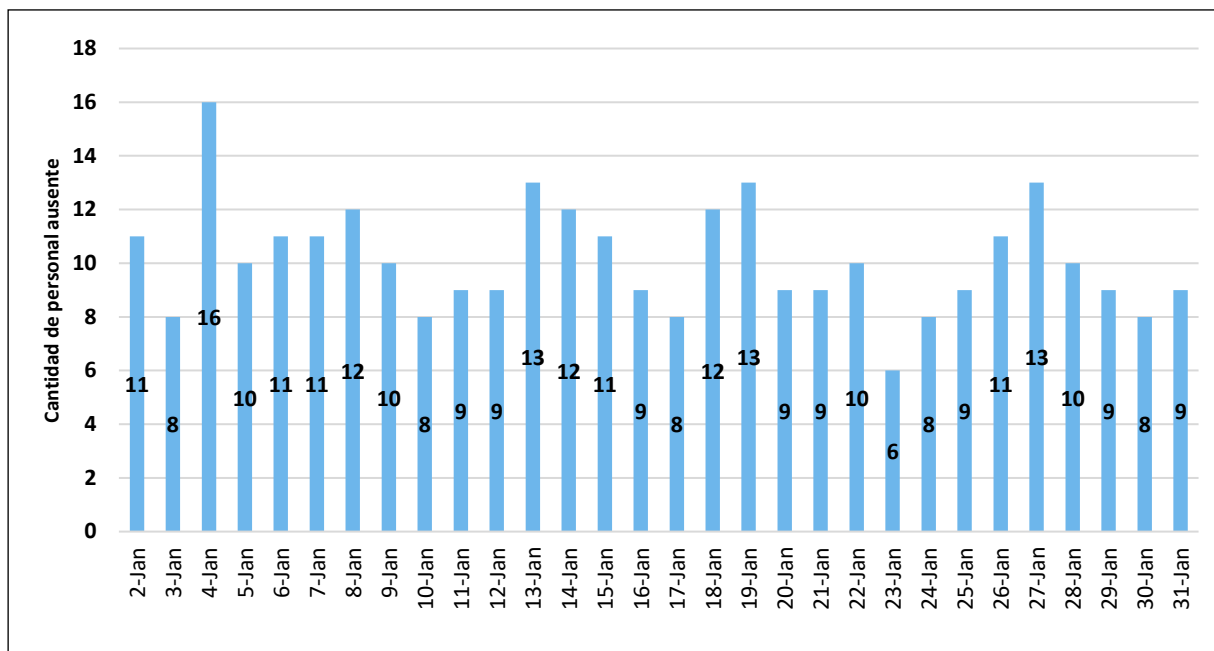


Gráfico 21. Ausentismo diario para el mes de enero 2019

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

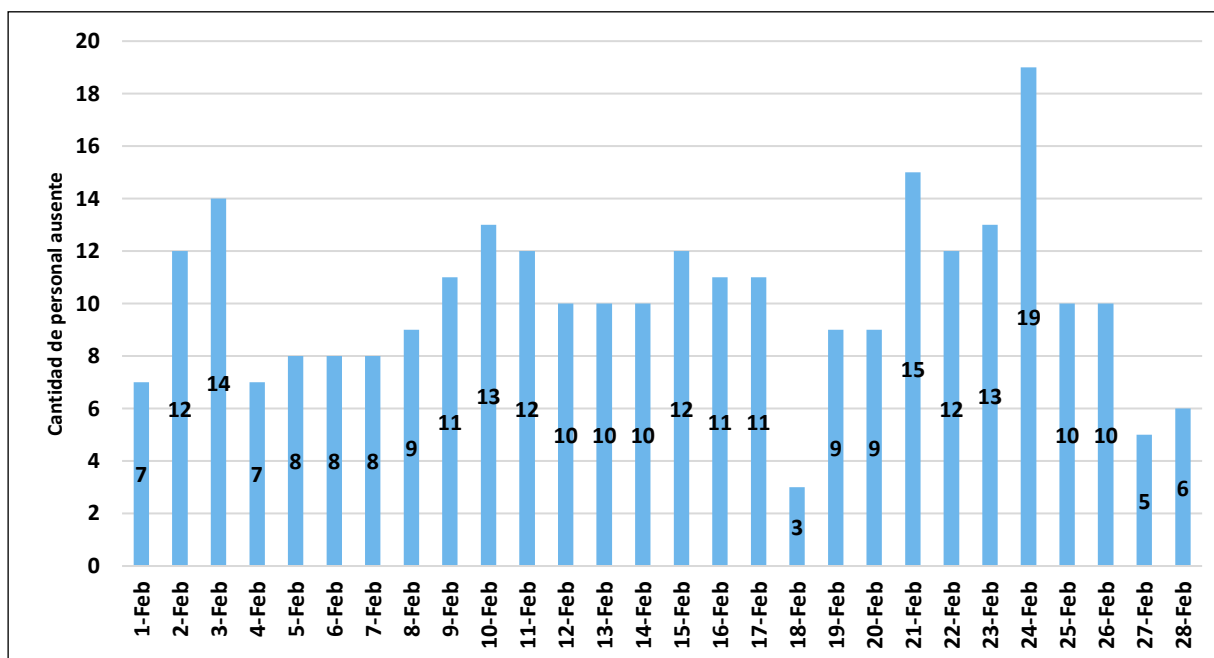


Gráfico 22. Ausentismo diario para el mes de febrero 2019

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

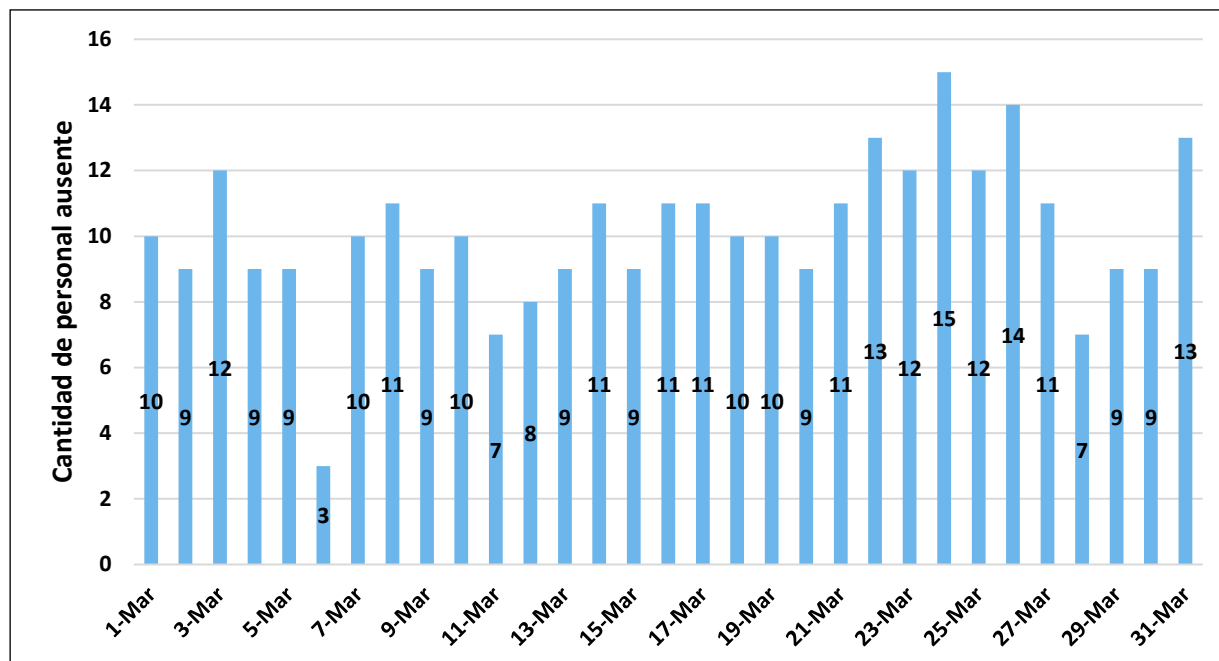


Gráfico 23. Ausentismo diario para el mes de marzo 2019

Fuente: Elaboración propia/Datos extraídos de los reportes de producción

La información de los gráficos muestran que en promedio en enero faltaron 10 personas por día, en febrero 9 personas por día y en marzo 10 personas por día, cada turno tiene un “sobre staff” o personal adicional para asimilar el ausentismo de 5 personas adicionales, pero esta regla puede no ser efectiva en cuanto a un turno le falten más de 5 personas por día y dado el caso eso es muy frecuente en varios turnos, es decir; pueden existir casos donde se reporte 13 personas ausentes como lo fue el día 31 de marzo del 2019, de las cuales 7 correspondieron únicamente a turno 2 y es exactamente en este punto donde la herramienta planteada para el balance de las líneas se vuelve tan importante. La herramienta no pretende registrar la razón por la falta o la ausencia ya que esto es administrado por el Departamento de Recursos Humanos con otro sistema para el registro de acciones disciplinarias, sin embargo esta información pretende evidenciar la necesidad del uso efectivo del personal que se presente a laborar y cuáles son los puestos de trabajo dentro de una gama de posibilidades que los usuarios pueden elegir para cumplir con las metas de producción con los recursos que se tengan en el momento o en su defecto justificar la falta de cumplimiento de una forma técnica y sistemática realizando la proyección del turno con razones cuantificables.

5.1.2.3 Programación herramienta de simulación - Fase I

Para esta primera fase de creación de la herramienta de balance de líneas para el área de manufactura de CooperVision lo que se pretende es hacer la integración de todos los datos compilados en las secciones anteriores de este documento como lo son yields, tiempos estándar de los ciclos, utilizaciones, mapas del proceso y tomarlos como base para la programación de los módulos de cantidad de personal operativo, WIP (Work in Process) e inventarios.

5.1.2.3.1 Programación del módulo del personal operativo

Se programa el módulo “**HC & MATERIAL**”, en la página principal del mapa de procesos que será usado de ahora en adelante como el MAIN, desde acá se controlará toda la aplicación.

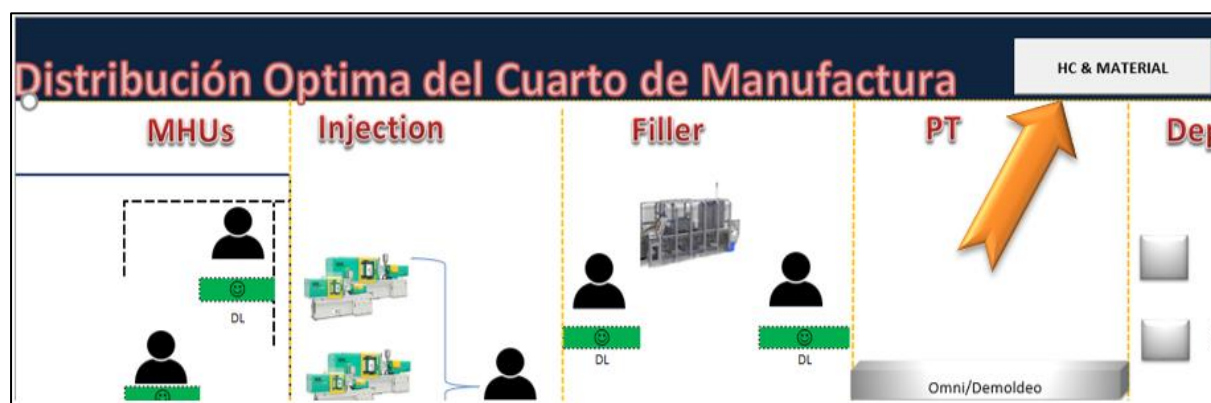


Figura 24. Opción “HC & MATERIAL”

Fuente: Elaboración propia

La opción está compuesta por cada una de las áreas operativas que se han revisado anteriormente con la característica de ser interactiva con el usuario y de poder ingresar el personal que ha asistido al turno de forma precisa. El Supervisor o Líder de Manufactura deben hacer un recorrido a través del piso para constatar que los puestos indicados en el mapa de proceso han sido completados, esta vista se hace con un iPad que ha sido comprado para tal fin y de esta manera se ingresa de forma ágil y rápida los puestos que están siendo ocupados en el momento.

El módulo de personal operativo que está programado dentro de la opción “HC & MATERIAL” luce de la siguiente manera:

INFORMACION GENERAL DEL TURNO

Turno

PERSONAL EN TURNO

Area	Cant. Oper	Soporte
Moldeo.....	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="4"/>
Filler.....	<input type="text" value="5"/>	
Degating.....	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="3"/>
Physical Test.....	<input type="text" value="3"/>	
MHUs.....	<input type="text" value="3"/>	
Delenser.....	<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="3"/>
Hidratación.....	<input type="text" value="5"/>	
Sellado.....	<input type="text" value="33"/>	<input type="text" value="3"/>

ACEPTAR

**** Siempre se cargarán los datos de la última configuración*

Figura 25. Módulo “Personal Operativo”

Fuente: Elaboración propia

El módulo muestra los espacios necesarios por área para que el usuario pueda ingresar de manera dinámica la cantidad de personal que está operando en el preciso instante que se hace el recorrido por el piso de manufactura adicional a eso, existe un espacio adicional llamado “Soporte” que es el personal asignado como los técnicos de manufactura que dan apoyo a las operaciones viendo los problemas de las máquina, ayudando y fungiendo como principal punto de contacto con el Supervisor o Líder de manufactura, este equipo de trabajo da soporte al área de producción para cubrir los tiempos de descanso de los operarios, por ende se vuelve importante tener la visibilidad de este grupo ya que al mismo tiempo le reportan al supervisor.

5.1.2.3.2 Programación del módulo de WIP e inventarios

Al mismo tiempo en la opción “HC & MATERIAL” se ha incluido el módulo de WIP (Work in Process) e Inventarios que es donde se debe incluir todo el material que queda durante el proceso a la hora de realizar el cambio de turno y que el Supervisor o Líder en su recorrido inicial por el piso de manufactura, para lo cual se debe registrar en la herramienta de balaceo tal y como se observa en la figura 27.

MATERIAL EN WIP		INVENTARIO	
Area	WIP	Area	WIP
Moldeo.....	0	Stand Conveyor (Dry Lots).....	5
Filler.....	0	Hornos (Dry Lots).....	5
Degating.....	96780	kanban (# carros: 1 = 1 Dry Lot)	5
Physical Test.....	96780	Tanques (Wet Lots).....	128
MHUs.....	20000		
Delenser.....	10000		
Hidratación.....	0		
Sellado.....	40904		

Fecha / hora de la última configuración: 25/03/2019 12:18:57 D.

Figura 26. Módulo “WIP e Inventarios”

Fuente: Elaboración propia

El material WIP ha sido categorizado de forma tal que los números que se ingresan deben ser la cantidad total de los lotes que han sido ingresados en los equipos a la hora de cambiar de turno. Estas cantidades son parte de lo que en CooperVision llaman cantidades de “Passdown” y es el total de la producción que cada turno le debe de dejar al que sigue para garantizarle que pueda correr al 100% los equipos por dos horas sin ningún contra tiempo mientras este se estabiliza y toma las decisiones más acertadas de como correrá las próximas 12 horas. Dicha práctica es establecida en conjunto con este proyecto ya que se encuentra una oportunidad importante sobre el tema de visibilidad y proyección de los números de producción.

Por otra parte está el “Inventario” que es el material que se utilizará para producción en cualquier momento de las 12 horas, pero este material no es exactamente visible en ningún reporte, por ende y al igual que el WIP, se toma la decisión de programar un módulo más que pueda ser un indicador de cómo estará desempeñándose el turno no sólo al momento de hacer el “Passdown”, incluyendo el material que debe de ser respetado para el siguiente turno.

Para estandarizar y de fácil uso de la herramienta para el usuario, se han programado diversos comentarios que ayudan a entender los datos que se deben de ingresar, de dónde se deben extraer y cuál es la fórmula que los compone tal y como se puede observar en la figura 28.



Figura 27. Módulo “WIP e Inventarios” – Ayudas visuales de los indicadores

Fuente: Elaboración propia

Durante el registro de los valores a lo largo de la herramienta se despliegan comentarios y ayudas para el usuario sobre lo que se debe de ingresar y de qué fuente extraerlo, por ejemplo: los lotes de producción en DRY están constituidos por stacks que contienen flores y estos a su vez cavidades que contiene lentes y ese lote es igual a 96 mil unidades, pero una vez que el producto llega a WET estos lotes son separados específicamente en la operación de Depetaler. Esto para facilitar a los usuarios el uso de su jerga en el cuarto de manufactura, sin embargo, es importante mencionar que en cualquiera de los casos la herramienta hace de forma automática la conversión a la cantidad de lentes correspondientes.

5.1.2.4 Presentación Fase I a los Supervisores de producción

Se realiza la presentación de la programación de los módulos Personal Operativo, WIP e Inventarios contenidos en la opción “HC & MATERIAL” en la fecha del 20 de marzo del 2019 con el objetivo de recolectar las primeras impresiones y posibles mejoras que los principales usuarios pudieran hacer, esto para mejorar funcionalidad, visibilidad y integrar al equipo de trabajo en el proyecto tomando en cuenta su experiencia.

Para llevar de forma ordenada dicha retroalimentación, todos los comentarios se registran en una minuta que ha sido elaborada específicamente para este fin y comunicada a los altos mandos para el seguimiento tanto del proyecto como de las acciones y al mismo tiempo informar al personal que no participa de estas reuniones para que tenga la misma opción de comentar y aportar sus opiniones a través de correos electrónicos, reuniones extraordinarias si aplicara o simplemente lleven el paso del proyecto.

MINUTA

Reunión de revisión proyecto – Balance de Líneas en Producción

Fecha / Hora: Marzo 20, 2019 | 10:00 am | Reunión dirigida por: Erick Alfaro

Temas Discutidos

- Visitar y explicar los datos base recolectados de Yield, Utilización y Tiempos de Ciclo.
- Módulo Personal Operativo
- Módulo WIP
- Módulo Inventarios

Acciones

Item #	Acción	Responsable	Fecha	Estatus
1.	Hacer un resumen por áreas una vez que se ingrese la información de las áreas.	Ealfaro	06/26/19	Abierto
2.	Agregar indicador visual a cada puesto si está siendo ocupado o no.	Ealfaro	06/26/19	Abierto

Siguientes Temas

- Modificación de las sugerencias realizadas en la reunión de 20 de marzo 2019
- Módulo Desempeño de Máquina (Tiempos de Ciclo, Yields, Utilización y Capacidades Máximas)
- Módulo Balance de Líneas
- Módulo Reportes

Información Adicional



Figura 28. Minuta reunión 20 de marzo 2019 – FASE I

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.5 Programación herramienta de simulación - Fase II

Para esta fase se integran inicialmente las dos observaciones que se realizaron en la reunión del 20 de marzo 2019 donde se presentó el primer avance sobre el proyecto y el desarrollo de la herramienta del balance de líneas del cuarto de manufactura a los principales usuarios y líderes del área. Ambas modificaciones se detallan a continuación en la sección 5.1.5.1 ítems a y b.

5.1.2.5.1 Mejoras propuestas en la minuta del 20 de marzo 2019

a- Hacer un resumen una vez que se ingrese la información de las áreas.


Para esta sugerencia de parte de los usuarios se ha establecido un resumen con la principal información relevante después de ingresar lo básico que es el personal en asistencia, material WIP e inventarios Una vez se haya ingresado dicha información el sistema actualizará los escenarios con el que se correrá el cuarto de manufactura y al mismo tiempo se desplegará en la parte inferior de cada proceso dicho resumen con la información siguiente:

Total HC: Este es el total del personal que ha asistido a las labores con respecto al que debió asistir.

- 1- **Meta:** En este atributo se reflejará la meta de producción definida por Gerencia.
- 2- **Material disponible:** WIP o material que se estará utilizando en las próximas dos horas y que fue dejado por el turno anterior.
- 3- **Unidades/hora:** Capacidad máxima de las máquinas que pueden producir.
- 4- **% cumplimiento en 12 horas:** La verdadera proyección del cumplimiento del turno en las próximas 12 horas de trabajo expresado de forma porcentual.
- 5- **Producción esperada:** Cantidad que se esperan producir al final del turno en 12 horas.
- 6- **T. holgura / requerido (horas):** Este es el tiempo en expresado en horas que a cada proceso le sobra o le falta, ya sea para cumplir, exceder o alcanzar la meta de producción definida.
- 7- **Sugerencias:** Se han programado una serie de sugerencias de acuerdo a los escenarios.

El resumen se puede observar en la tabla 20 que se muestra a continuación.

Tabla 20. Resumen de cada proceso en la herramienta Balance de Líneas

Total HC	5 / 6
Meta	494,846
Material disponible Stand C.	480,000
Unidades / hora	34,603
% Cumplimiento en 12 hrs	84%
Producción esperada	415,238
T. holgura / requerido (hrs)	-11.5
Sugerencias:	 Ver

Fuente: Elaboración propia

b- Agregar indicador visual a cada puesto si está siendo ocupado o no.

Al inicio de la creación del mapa de proceso se estableció un espacio para cada puesto de trabajo el cual indica que el espacio debe ser ocupado, sin embargo, no tenía ningún indicador si efectivamente había sido ocupado o no más lo que indicaba el módulo de personal operativo. Durante la sesión de retroalimentación, la segunda sugerencia fue el definir algún tipo de ayuda visual que indicase si realmente el espacio había sido ocupado o no.

Para ello se programó un algoritmo que indica en verde o rojo si ha sido ocupado, al mismo tiempo con un ícono de cara feliz o triste. En la figura 30 adjunta se observa cómo trabaja y como se puede interpretar o leer el atributo en cada espacio.

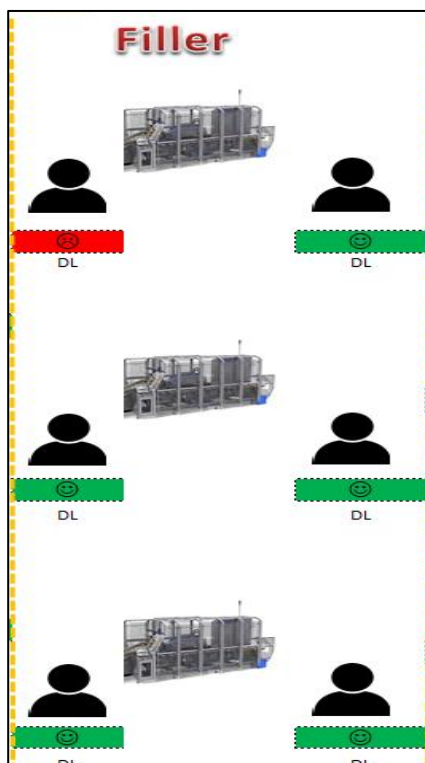


Figura 29. Ayuda visual de espacios ocupados por estación de trabajo

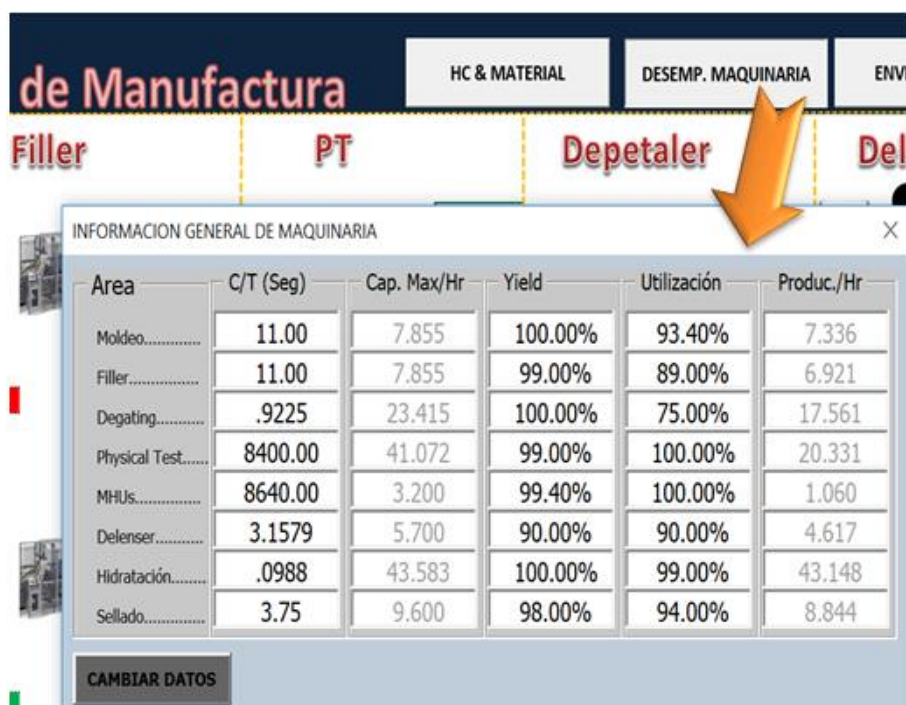
Fuente: Elaboración propia

Tal y como se puede observar, el área de Filler debe de ser ocupado por 6 operadores, sin embargo, en la figura 30 se observa cómo ha faltado uno de ellos y de forma automática la herramienta refleja dicho comportamiento de forma fácil y flexible en rojo y con un ícono de cara triste.

5.1.2.5.2 Programación del módulo Yields, Utilización, Tiempos de Ciclo y Capacidades

Este módulo ha sido programado en una tabla consolidada interactiva bajo la opción "Desemp. Maquinaria", la misma contiene los datos estándar obtenidos en el estudio presentado en la sección 5.1.1 tabla 16. Los mismos fueron previstos para que las proyecciones sean de las siguientes 12 horas y sean calculadas bajo dicha base, sin embargo, la herramienta permite modificarlos y establecer nuevos yields o utilización, con base en escenarios reales, siempre y cuando el Supervisor del turno entienda que en el momento tiene una situación diferente a la estándar sugerida, como lo son equipos detenidos mucho tiempo, lo cual impacta la utilización o raw material (material prima) que impacta el yield. Adicional a todo esto, las máquinas están validadas de

esa manera para que las misma operen a velocidades máximas, pero al mismo tiempo puede ser modificables debido a que se den situaciones que lo requieran como el tener menos personal operativo que las maneje y esto deba de resultar en una reducción de las velocidades y capacidad máxima productiva esta opción también es modificable en la herramienta adjunta en la figura 31 para su fácil entendimiento.



The screenshot shows a software interface with a top navigation bar containing 'de Manufactura', 'HC & MATERIAL', 'DESEMP. MAQUINARIA', and 'ENVI'. Below this are sections for 'Filler', 'PT', 'Depetaler', and 'Del'. A pop-up window titled 'INFORMACION GENERAL DE MAQUINARIA' is open, displaying a table with the following data:

Area	C/T (Seg)	Cap. Max/Hr	Yield	Utilización	Produc./Hr
Moldeo.....	11.00	7.855	100.00%	93.40%	7.336
Filler.....	11.00	7.855	99.00%	89.00%	6.921
Degating.....	.9225	23.415	100.00%	75.00%	17.561
Physical Test.....	8400.00	41.072	99.00%	100.00%	20.331
MHUs.....	8640.00	3.200	99.40%	100.00%	1.060
Delenser.....	3.1579	5.700	90.00%	90.00%	4.617
Hidratación.....	.0988	43.583	100.00%	99.00%	43.148
Sellado.....	3.75	9.600	98.00%	94.00%	8.844

At the bottom of the pop-up window is a button labeled 'CAMBIAR DATOS'.

Figura 30. Módulo información general de máquinas

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que las columnas de “Cap. Max/Hr” y “Produc. /Hr” son cálculos automáticos como resultados de los datos que el usuario ingresa, por ende, no pueden ser modificados, aunque son visibles, su opción de edición fue desactivada.

5.1.2.5.3 Programación del módulo de Balance de Líneas

El módulo de balance de líneas está compuesto por 3 opciones que están ubicadas en lo que se denominará “Tendencias y Proyecciones” tal y como se observa en la figura 32.



Figura 31. Módulo de Balance de Líneas

Fuente: Elaboración propia

Este módulo tiene como objetivo brindar al usuario la información necesaria, consolidar y analizar de forma fácil y flexible para que el Supervisor pueda tomar las decisiones correctas sobre los diferentes escenarios que podría experimentar durante el turno con los insumos que tiene a la mano, esto para elegir e inferir la mejor forma de correr el piso de producción.

Cada una de las opciones tiene diferentes alcances, las cuales se describen a continuación:

1. **Meta vs Output:** esta opción tiene como objetivo mostrarle al usuario de la herramienta la predicción de los resultados de la producción que obtendrá en caso de que decida correr el cuarto de manufactura tal cual lo ha configurado. En el caso del gráfico 24, se muestra un ejemplo simulado durante la programación de la herramienta, cómo en todas las áreas se llegará a alcanzar la meta e inclusive existe un proceso “Moldeo” donde se excederá la meta, sin embargo, hay uno donde no se alcanzará la meta, en el proceso de Filler. El usuario debe de ir a los demás recursos de la herramienta y revisar la razón del por qué no se alcanzará y como se ha mencionado en otras secciones, los 3 atributos que el usuario investigará será por la falta de personal operativo, Material o disponibilidad de equipo.

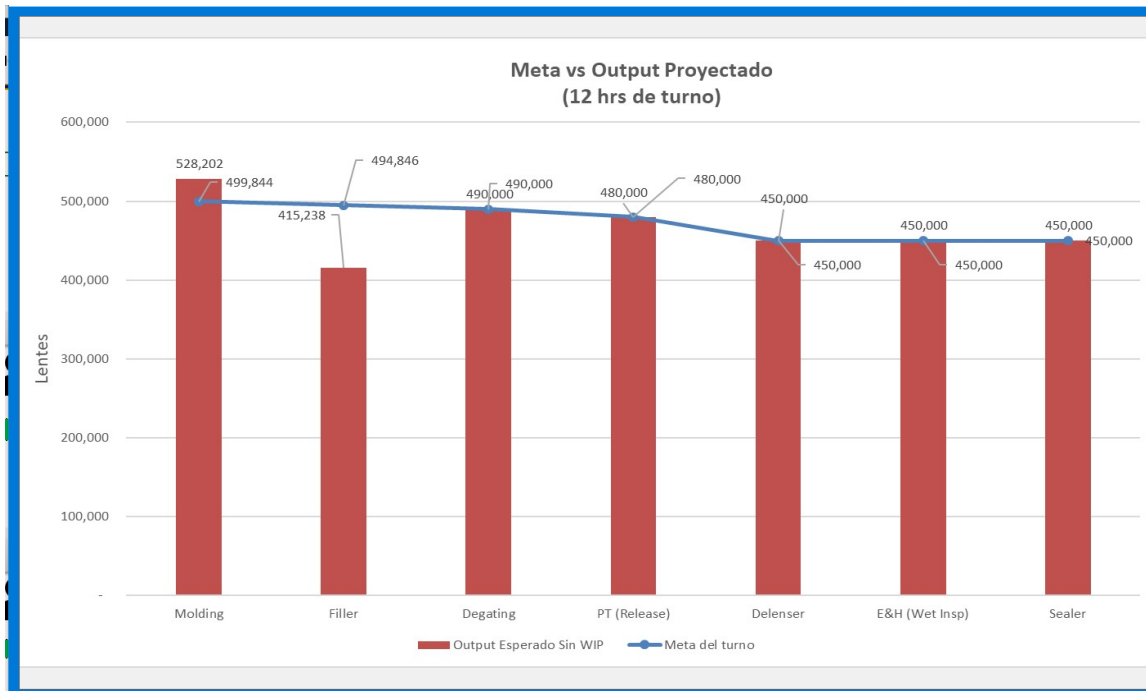


Gráfico 24. Proyección de cumplimiento de la producción

Fuente: Elaboración propia

2. Porcentaje de Cumplimiento: con esta opción se puede hacer una comparación entre el material que cada turno debe consumir y que está destinado para 12 horas, sin embargo, cada turno le deja un inventario de dos horas al siguiente para que arranque sin ningún inconveniente, bueno esto en algunas ocasiones no aplica, ya sea porque la empresa va para cierre de operaciones por vacaciones, mantenimientos, u otras situaciones. Esta opción realiza la comparación entre cuál será la producción de las siguientes 12 horas consumiendo lo que se supone que el turno deba y otra con qué producción obtendrá si consume los inventarios y los deja en cero, ver gráfico 25, el cual muestra cómo algunos procesos pueden exceder sus metas consumiendo la cantidad del WIP mantenido para el arranque de otros turnos. En esta instancia el Supervisor de producción es el encargado de tomar la decisión de hasta dónde puede llegar y donde detenerse siempre y cuando evalúe que su capacidad es la óptima y de que las decisiones que tome no tendrán consecuencias en las próximas 12 horas. La herramienta ofrece tal facilidad y seguridad en cierto grado de lo que puede esperar o evitar. Muy importante, a lo largo de 12 horas un turno puede experimentar diversos escenarios, la herramienta puede ser utilizada las veces que cada usuario considere necesario para corregir el comportamiento.

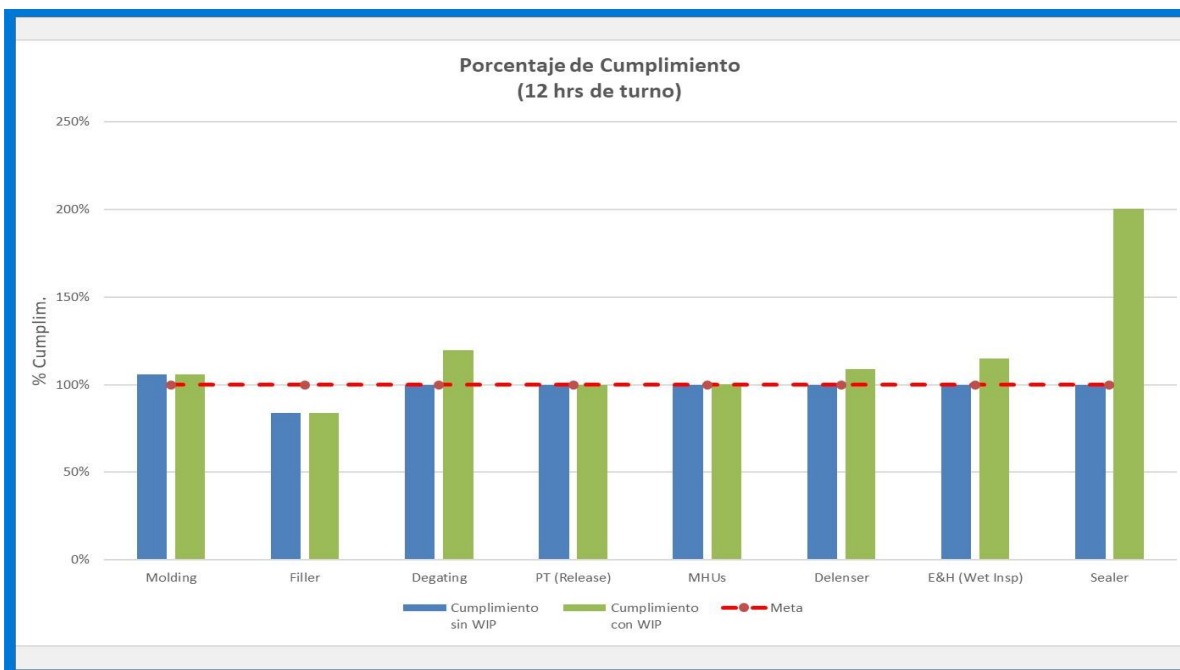


Gráfico 25. Proyección de cumplimiento de la producción

Fuente: Elaboración propia

- 3. Tiempo de Holgura:** Esta es quizá la opción más importante de este módulo, la opción de “Tiempos de Holgura” muestra los tiempos que cada proceso tiene de más para alcanzar su producción o en consecuencia los tiempos requeridos y faltantes para alcanzar dichas metas. Los usuarios con esta opción podrán hacer en detalle las correcciones en el escenario que han establecido y verdaderamente balancear las líneas de manufactura para proyectar el cumplimiento de las metas definidas por gerencia y así evitar sorpresas en el camino cuando ya es tarde corregir. En el gráfico 26 se observa un ejemplo de cómo se muestran dichos datos en cada escenario.

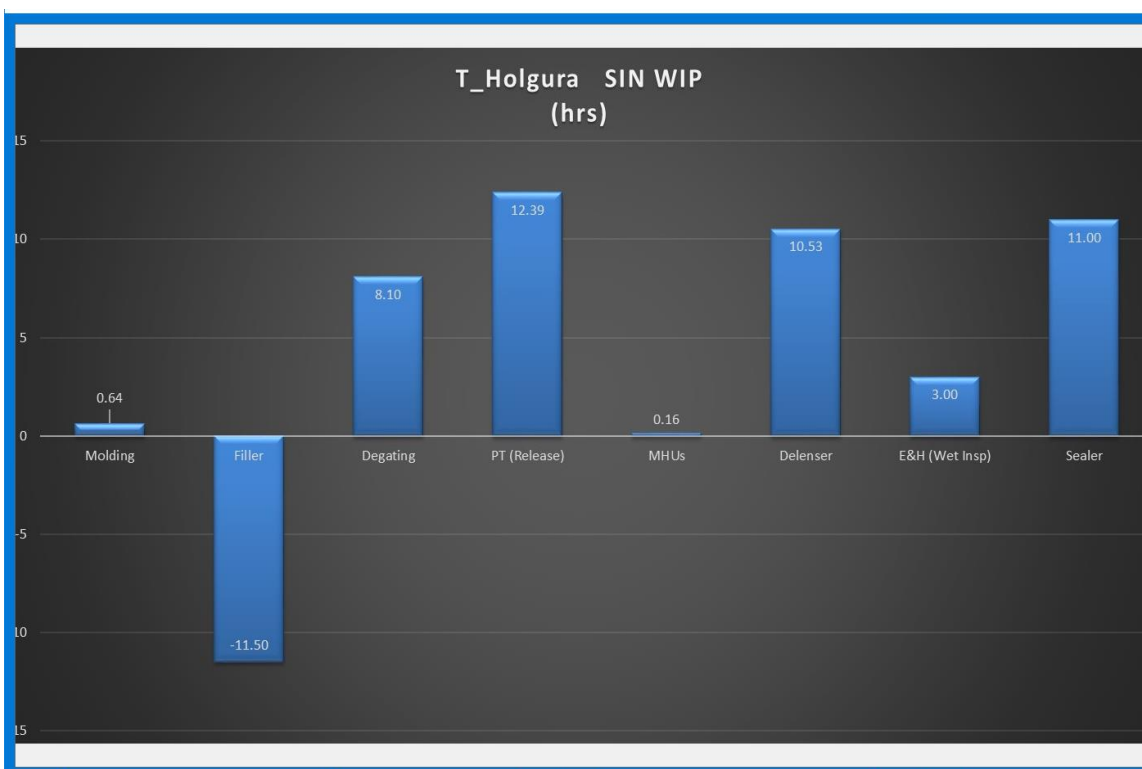


Gráfico 26. Proyección tiempos de holgura por proceso

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 26 se observa un ejemplo de cómo una vez establecido un escenario, en el proceso de Filler tiene una necesidad de 11.50 horas para poder cumplir con la producción, sin embargo se tiene otros procesos tales como Physical Test o Sealer, donde se puede perfectamente alcanzar las metas productivas con un tiempo de holgura superior al tiempo productivo requerido, Physical Test muestra un tiempo de holgura de 12.39 horas y Sealer de 11 horas mientras que Filler registra un faltante de horas productivas equivalentes a -11.50 horas, por ende y al mismo tiempo se tiene personal para mover y utilizar el Filler para igualmente balancear las líneas y hacer uso de los recursos de forma eficiente siempre buscando cumplir con el compromiso de la producción sin descuidar ninguna área,. El usuario puede volver al MAIN de la herramienta y hacer los movimientos que crea conveniente y volver a correr la simulación para ver los resultados hasta que quede convencido de la decisión que ha tomado para las siguientes 12 horas de producción.

5.1.2.5.4 Programación del módulo de Reportes

El módulo de los reportes se ha creado con el objetivo de siempre mantener a los altos mandos al tanto de cómo está corriendo el cuarto de manufactura, además de ser una solicitud explícita en el proyecto de parte de ellos. El botón “Enviar Reporte” es el módulo que compila los datos más relevantes del análisis del balance que haya realizado el usuario, le da estructura a modo de resumen y lo ingresa de forma automática en un correo electrónico de tal manera que el usuario no debe hacer nada más que estar seguro de que enviará los datos correctos y de que el balance que haya elegido es el más adecuado.



Figura 33. Módulo reporte del balance de líneas

Fuente: Elaboración propia

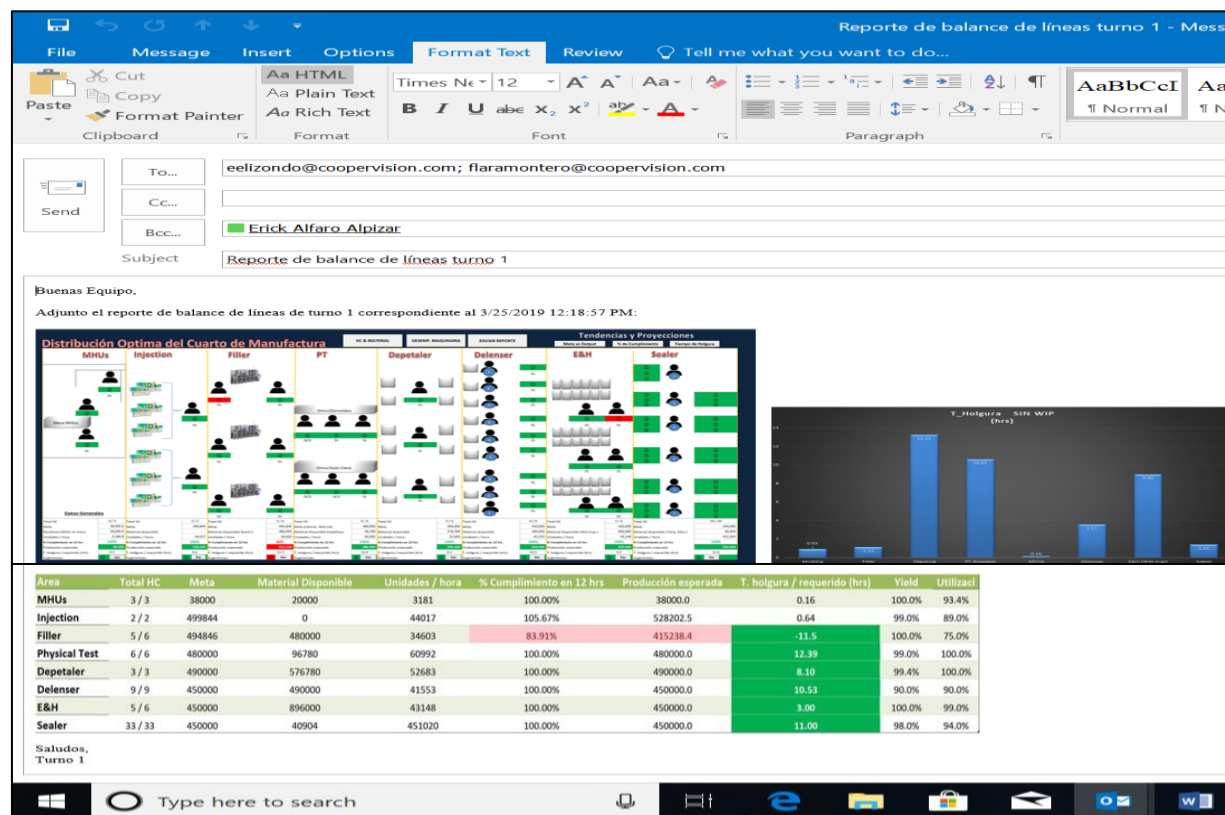


Figura 32. Módulo reporte del balance de líneas – Resultados

Fuente: Elaboración propia

Los tres datos que el reporte incluye en el correo son en mapa completo de cómo el Supervisor haya elegido correr el cuarto de manufactura, el gráfico con los tiempos de holgura por proceso y una tabla resumen que muestra varios indicadores relevantes como la proyección de la producción, los tiempos de ciclo a los que se están corriendo los equipos y el resumen del personal disponible por área.

5.1.2.6 Presentación Fase II a los Supervisores de producción

Se realiza la presentación de la fase II de la implementación de la herramienta del balance de líneas, esta vez con las dos modificaciones que se habían solicitado y que fueron detalladas en la sección 5.1.2.5.1 ítem a y b, en adición se prueban las funciones con todos los Supervisores presentes y se obtiene la aprobación de estas.

Se muestran los 3 nuevos módulos (balance de líneas, desempeño de las máquinas y reportes), se extiende la sesión y se dedica un tiempo considerable al entendimiento de las funciones, se debate sobre su uso, además se realizan varias pruebas que retaron la herramienta con escenarios que los Supervisores conocían muy bien y sabían qué esperar.

Al final de la sesión llevada a cabo el día 12 de abril del 2019 se recibe la aprobación de todos los cambios realizados y sugeridos como también la aprobación de todos los nuevos módulos, sus funciones, cálculos e interacciones entre la herramienta y el usuario final. Los Supervisores ven en la herramienta un gran aliado y esperan que sea implementada formalmente para comenzar con su uso, adicional expresan que la herramienta viene a llenar los espacios vacíos sobre incertidumbre, lo cual se lo atribuyen en gran medida a la falta de estandarización el cual fue una de las oportunidades claramente identificadas durante el análisis de la situación actual y el Ishikawa mostrado en la sección 4.5.1 del capítulo IV.

Adjunto se podrá encontrar la minuta (Figura 34) con el detalle de los temas discutidos durante la reunión y los siguientes pasos a seguir.

MINUTA

Reunión de revisión proyecto – Balance de Líneas en Producción

Fecha / Hora: Abril 12, 2019 | 10:00 am | Reunión dirigida por: Erick Alfaro

Temas Discutidos

- Acciones sugeridas y modificaciones realizadas de la reunión del 20 de Marzo
- Programación módulo de balances de línea
- Programación módulo de Yields, Utilización y Capacidades
- Módulo Reportes

Acciones

Item #	Acción	Responsable	Fecha	Estatus
1.				
2.				

No se realiza ninguna observación o acción que deba de ser integrada a la herramienta.

Siguientes Temas

- Pruebas en vivo por dos semanas con los Supervisores
- Depuración del sistema después de las pruebas en vivo. En caso de que aplique.
- Presentación a Gerencia
- Integración de la herramienta a la Intranet de Coopervision

Información Adicional



Figura 33. Minuta reunión 12 de abril 2019 – FASE II
Fuente: Elaboración propia

5.1.2.7 Programación herramienta de simulación - Fase III

5.1.2.7.1 Pruebas en vivo por dos semanas con los Supervisores

Dado que durante la reunión ejecutada el día 12 de abril 2019 con los principales usuarios de la herramienta que a su vez son parte del proyecto que se expone en este documento, no se solicitaron nuevos cambios a la herramienta ni tampoco reparaciones, correcciones de ningún tipo y por el contrario se aprobaron todos los módulos, funcionalidad, estética y resultados de las proyecciones, se procede de forma continua con la fase III que consiste en una prueba en vivo por dos semanas con los principales usuarios ya que los mismo fueron entrenados durante la sesión del 12 de abril 2019.

Se realiza una lista de cotejo que se le ha facilitado a los principales usuarios para que de forma sencilla puedan evaluar la herramienta cada vez que es utilizada, la misma consta de los siguientes atributos:

- Flexibilidad
- Disponibilidad
- Estética
- Rapidez
- Precisión

Cada uno de ellos son los que se han definido como relevantes para la operación donde dentro de cada uno se evalúan una serie de preguntas rápidas para obtener la información que se busca.

En la sección de anexos se podrá encontrar el formulario de cotejo con el nombre de “EVALUACION DE LA HERRAMIENTA PARA EL BALANCE DE LAS LINEAS DE PRODUCCION”, ahí se detallan las preguntas que se han evaluado en cada atributo.

En la tabla 21 adjunta abajo se detallan los resultados de los 15 días (2 evaluaciones por día) permitiendo que los 4 turnos hayan tenido la oportunidad de poder usar la herramienta de balanceo para al mismo tiempo emitir su juicio sobre la misma y así poder recolectar la mayor cantidad de sugerencias, opiniones y comentarios sobre

cada uno de los atributos que anteriormente se han mencionado. La prueba da inicio el 19 de abril 2019 y termina el 03 de mayo 2019 con los siguientes resultados:

Tabla 21. Resultados de la evaluación del uso de la herramienta

Atributos		Flexibilidad			Disponibilidad		Estética		Rapidez		Precisión
Turno	Fechas	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Turno 1	19/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 1	20/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Turno 1	21/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	22/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Turno 2	23/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Turno 2	24/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	25/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 1	26/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 1	27/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Turno 1	28/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 1	29/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	30/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	01/05/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 2	02/05/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 1	03/05/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	19/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	20/04/2019	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Turno 3	21/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Turno 4	22/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 4	23/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 4	24/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 4	25/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	26/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	27/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	28/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	29/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 4	30/04/2019	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Turno 4	01/05/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Turno 4	02/05/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turno 3	03/05/2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nota por pregunta		100%	100%	100%	100%	96.7%	100%	100%	90%	86.7%	96.7%
Nota por atributo		100.00%			98.33%		100.00%		88.33%		96.7%

Fuente: Elaboración propia.

Internamente con el grupo de trabajo se ha decidido que todos los atributos y preguntas que estén por encima de un 95% se dejarán tal cual están funcionando siendo esta la nota mínima obtenida para un resultado satisfactoria de cada atributo medido, y lo que esté por debajo de esa nota deberá ser corregido para una mejor función.

5.1.2.8 Depuración del sistema después de la ejecución de las pruebas

En la evaluación que se desarrolló durante las fechas el 19 de abril al 03 mayo del 2019, se realiza una evaluación de la herramienta con una serie de atributos en la cual uno de ellos indicaba específicamente “Rapidez”, esto se refiere a la velocidad con que los datos se tramitan y el tiempo de respuesta de la herramienta para transferir datos, ejecutar análisis y entregar resultados. En ese atributo se encontrón que la nota que los usuarios le han asignado fue de un 88.33%, por lo que se define como un área de mejora en la herramienta de forma automáticamente. Durante la semana del 10 de mayo 2019 se concluye con la revisión de todo el código con que fue programada la herramienta, se corrigen ineficiencias en el tiempo de respuesta con los servidores y se cambias fórmulas que se utilizaban para hacer cálculos extensos por otros que mejoran el tiempo de respuesta de la herramienta sin tener que disminuir en la calidad de las proyecciones o datos que la herramienta entrega al usuario.

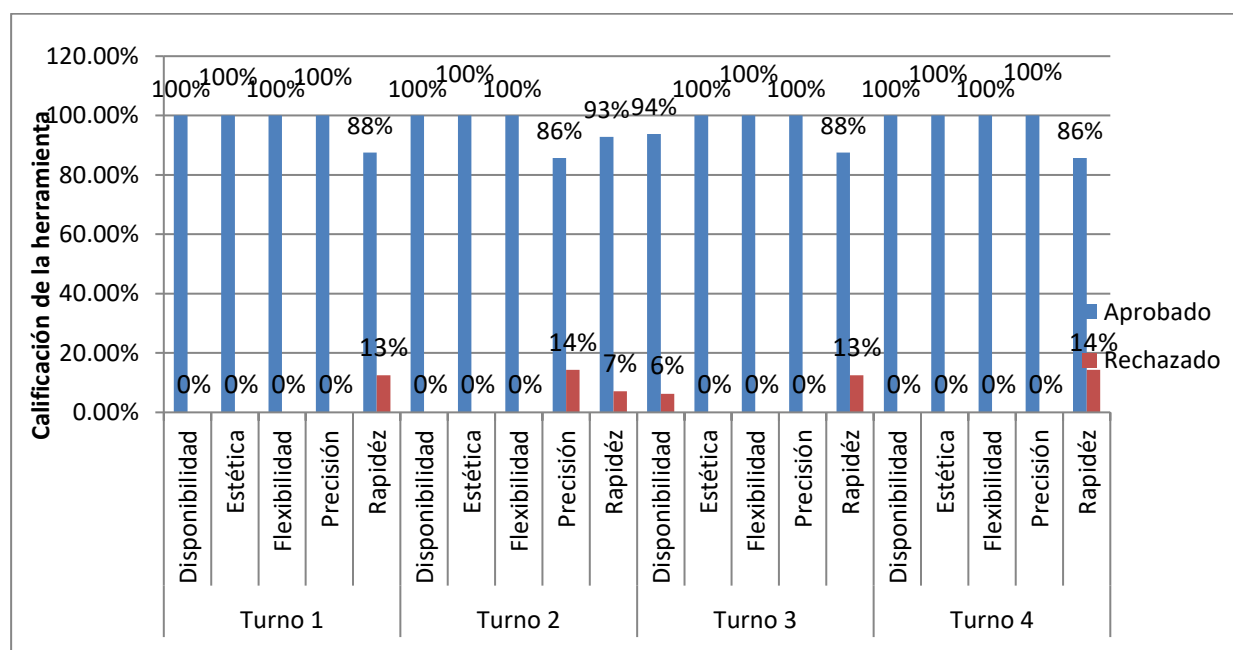


Gráfico 27. Evaluación por atributos de la herramienta por turno

Fuente: Elaboración propia

Tal y como se puede observar en la gráfica 27, los usuarios de los diferentes turnos han estado conforme con la herramienta, otorgando una buena calificación al desempeño de la misma y poniendo evidencia el valor que la misma puede dar a la hora de utilizarla para el balance de líneas.

Todos los turnos indicaron que en cierto momento la herramienta no respondía tan rápidamente como ellos esperaban, esto sucedía debido a que estaba ubicada en un servidor de Puerto Rico y se procedió a pasarla a uno de Costa Rica corrigiendo así la sugerencia. Turno 2 indicó específicamente que la precisión de la herramienta no siempre era la correcta, esto se debía a que los valores que les estaban ingresando con respecto a las unidades definidas no eran las correctas, por lo que era un asunto de entrenamiento y se procedió con la explicación del caso y por último turno 3 indicó que algunas personas no tenían la disponibilidad de la herramienta y esto respondía falta de accesos a los usuarios, se procedió a dar los accesos y se corrigió el comentario.

El resultado final de sobre el funcionamiento de la herramienta se puede observar en la siguiente gráfica 28.

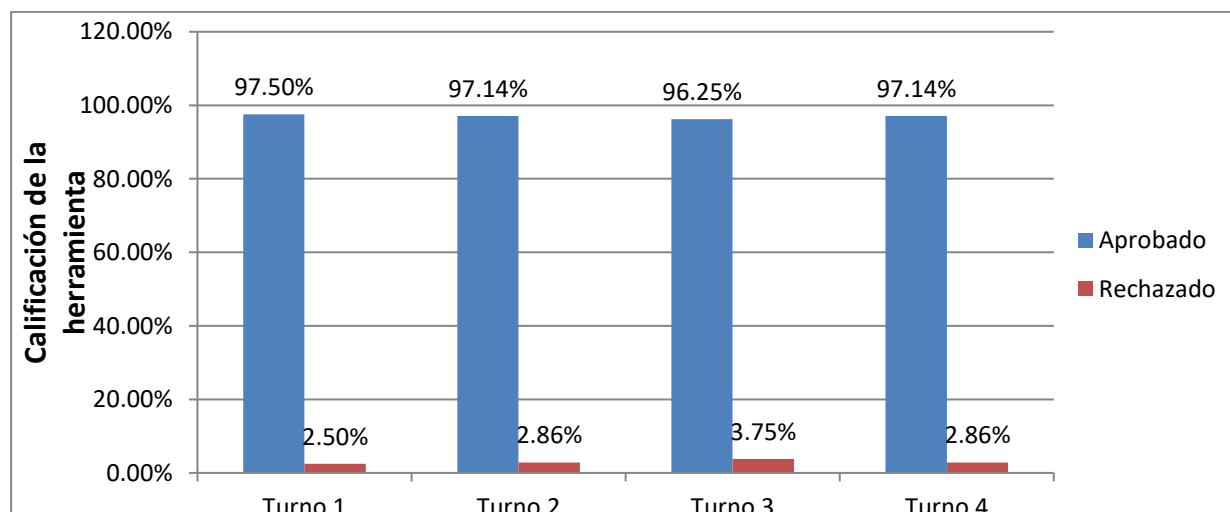


Gráfico 28. Evaluación final de la herramienta por turno

Fuente: Elaboración propia

Con la evaluación obtenida por turno se concluye que la herramienta es completamente funcional y se considera óptima para la fase de implementación formalmente.

5.2 Análisis Económico

El análisis económico que se pretende desarrollar se basa en los costos que podrían estar intrínsecos en la implementación de una herramienta como la que se propone con todos los puntos en orden y los recursos que se necesitan tanto a nivel de servicios profesionales como también los recursos físicos y virtuales que se necesitan y esto se compara contra los beneficios que se esperan obtener con dicha implementación.

Tabla 22. Supuesto de presupuesto para la implementación de una aplicación

Item	Fase	Recursos necesarios	Cantidad	Costo de la unidad \$	Costo Total \$ Anuales
1	IMPLEMENTACIÓN	Servicios profesionales para el análisis de capacidades, tiempos y requerimientos de materiales	96 horas	\$15	\$1,440
2		Licencia de MS Offices que incluya Excel y Access	5	\$150 anual	\$750
3		Servicios profesionales para el diseño y programación de la herramienta	300 horas	\$23.33	\$7,000
4		Espacio en un servidor	12 meses	\$135	\$1,620
5	CAPACITACIÓN	Contratación de personal de entrenamiento operativo	80 horas	\$3	\$2,880
6		Capacitación del personal de entrenamiento	20 horas	\$23.33	\$467
7		Creación de manuales de usuario por el diseñador experto	30 horas	\$23.33	\$700
8	SEGUIMIENTO	Creación de manuales técnicos por el diseñador experto	50 horas	\$23.33	\$1,167
9		Contratación de un Técnico de IT	10 horas	\$5	\$600
10		Capacitación del Técnico en la herramienta	50 horas	\$23.33	\$1,167
Total, para un año					\$17,790

Fuente: Costos dados por CooperVision (Ingeniería de IT y Finanzas)

La tabla 22 muestra el dato de los cálculos generales que maneja de forma interna la empresa CooperVision dado que la empresa subcontrata constantemente servicios profesionales para el desarrollo de diversas aplicaciones y en donde una de las

características del presupuesto que cambia es la herramienta en la que será desarrollada. En el caso de la herramienta para el balance de líneas se propone desarrollarla en el lenguaje de Visual Basic con una interfaz de análisis e interacción con el usuario en MS Excel 2019.

Estos cálculos siempre se realizan a un año fiscal que es donde se espera que la tasa interna de retorno pueda recuperar lo invertido como máximo de tiempo para este tipo de proyectos. En el caso de la herramienta propuesta se proyecta según el cálculo presupuestado se espera que la **inversión inicial sea de \$14 600** para poner a funcional la herramienta en los sistemas de la compañía que incluye todos los ítems de la tabla 22 excepto el salario anual del personal a ser contratado y por el contrario se considera únicamente un mes de su salario, por consiguiente se propone la contratación de 5 personas, (4 Entrenadores y un Técnico de IT), sin embargo la compañía ya posee dichos recursos por ende la propuesta supone horas dedicadas al mes con ese salario, por ende se espera que con 20 horas mensuales de cada uno de los Entrenadores al mes (\$240 al mes) y 10 horas (\$50 al mes) del Técnico sea suficiente dar el soporte requerido a la herramienta lo cual tiene un costo de **seguimiento anual de \$3 480.**

En la sección 4.11 de este documento se indica que: *“El costo asignable al problema por la falta del cumplimiento de la producción corresponde al 4.35% por turno de cada 12 horas, que es igual a 17400 lentes. Esto es igual a 34 800 lentes menos en 24 horas de trabajo. Esto significa que de forma anualizada CooperVision deja de vender en su mercado 12 354 000 lentes lo que significa una pérdida de la producción anualizada de \$1,111,860.”*

Por ende, se espera que la inversión sea recuperada en tan solo 1 mes de la implementación que los indicadores de producción sean alcanzados. Tal y como se puede observar en el análisis del VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno), los cálculos resultados que favorecen la implementación de la herramienta como también el mantenimiento y seguimiento de esta según la tabla 23.

Tabla 23. Cálculos del VAN y TIR del proyecto propuesto

	Jun-19	Jul-19	Aug-19	Sep-19	Oct-19	Nov-19
FLUJO DE INGRESOS	0	\$92,655	\$92,655	\$92,655	\$92,655	\$92,655
FLUJO DE EGRESOS	\$92,655	\$46,328	\$34,746	\$23,164	\$11,582	\$0
FLUJO NETO	(\$107,255.0)	\$46,328	\$57,909	\$69,491	\$81,073	\$92,655
INVERSION INICIAL	14600	\$3,480	\$3,480	\$3,480	\$3,480	\$3,480
TASA DE DESCUENTO	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
TIR	49%					
VAN	\$431,701					

Fuente: Elaboración propia.

En la table 23 anteriormente mostrada se observa como la TIR (Tasa Interna de Retorno) se comporta de una forma muy favorable para la implementación del proyecto en cuestión y definido en este documento, obteniendo así un 49% de retorno del capital en tan sólo 5 meses de haber implementado el proyecto y estimando así que los flujos de caja se comportarán hasta el mes de noviembre con un flujo de egresos de \$0. En adición podemos mencionar que el resultado obtenido por el cálculo del VAN (Valor Actual Neto) nos muestra que el valor obtenido en términos positivos de \$ 431,701 que significa el costo de la oportunidad de haber producido el excedente de los lentes que la empresa CooperVision podrá vender como parte de la mejora en el proceso de maximización de los recursos y alcance de las metas de producción es superior al punto cero que de igual forma podría ser rentable debido al corto tiempo en que se espera el retorno de la inversión, sin embargo no es el caso que vemos en este proyecto y por el contrario todos los escenarios favorecen y sugieren que el proyecto es completamente viable en términos financieros.

Es importante mencionar que este proyecto al ser desarrollado como un requisito para la conclusión de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Hispanoamérica, el estudio, diseño, desarrollo e implementación de la herramienta del balance de líneas que es la solución que se propone después del estudio realizado a través de las diferentes secciones, no tendrá ningún costo asociado y los recursos que se utilizarán a nivel de licencias y servidores serán los que la empresa ya posee a su haber y que serán facilitados para dicho fin.

5.3 Implementación de la Herramienta propuesta

Una vez concluido que la herramienta propuesta es completamente factible a nivel de costos y se poseen los recursos suficientes para poder desarrollarla se procede con la fase de implementación de la herramienta donde se crea una propuesta por medio de un plan de acción descrito en la tabla 23 a continuación. Dicha tabla es la continuación del cronograma definido en la Tabla 16 “*Cronograma de actividades diseño de mejoras del Balance de Líneas – CooperVision*” de la sección 5.1.1. donde se consideran los ítems del 1.0 al 7.3 los cuales describen acciones específicas para el diseño de la propuesta realizada como conclusión de los estudios realizados para la solución del problema planteado en la sección 1.3 al inicio de este proyecto. La tabla 24 complementa los ítems del 8.0 al 10.0 donde se detallan las acciones que constituyen la implementación formal de la herramienta para el balance de líneas en CooperVision.

Tabla 24. Cronograma de actividades implementación de mejora del Balance de Líneas – CooperVision

Item	Sub Item	Descripción de la acción	Causas del problema	Plan de acción	Entregable	Respons / Soporte	Fecha de implement.	Estatus
8.0		Presentación Fase III a Gerencia y resultados	b- Falta de estandarización.	Presentar a Gerencia el funcionamiento de la herramienta	Recibir retroalimentación para ajustes de la herramienta. <u>Completar minuta con observaciones.</u>	Ealfaro/ Managers	17/05/2019	100%
9.0		Programación herramienta de simulación - Fase IV	a, b, c			Ealfaro	31/05/2019	100%
9.1		Evaluación integración de sugerencias de Gerencia.	a- No se distribuye el personal de forma eficiente.	Realizar las posibles modificaciones correspondientes a las observaciones de Gerencia. Implementar formalmente la herramienta en el sistema.	Finalizar la implementación de la herramienta en el sistema de Intranet con el personal de IT.	Ealfaro	24/05/2019	100%
9.2		Entrenamiento de principales usuarios.	b- Falta de estandarización. c- No existe una herramienta predictiva ni de seguimiento.			Ealfaro	29/05/2019	100%
9.3		Implementación de la herramienta formalmente en Intranet				Jvalverde	31/05/2019	100%
10.0		Seguimiento del uso de la herramienta y los resultados del piso	a, b, c	Seguimiento cumplimiento de producción.	Cumplimiento del 100% requerido.	Ealfaro	31/08/2019	100%

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1 Presentación Fase III a Gerencia y resultados

Se presenta la herramienta al CEO de CooperVision Don Rolando Torres el 17 de Mayo del 2019 con la presencia del Gerente de Planta Eligio Santiago y el Gerente de Producción Erick Elizondo en la cual se realiza una presentación puntual donde se resume el problema, la justificación con información estadística que lo respalda, se presenta el equipo que participó en la mejora y se procede con la demostración de la herramienta en detalle simulando varios escenarios y explicando los posibles caminos que un Supervisor de manufactura puede tomar en la búsqueda del mejor balance para el cuarto de manufactura siempre en la búsqueda optimización de los recursos. Como parte de los registros se adjuntan algunas fotográficas de la presentación a la hora de exponer diferentes etapas del proceso:



Figura 34. Presentación formal a Gerencia (1)

Fuente: Elaboración propia

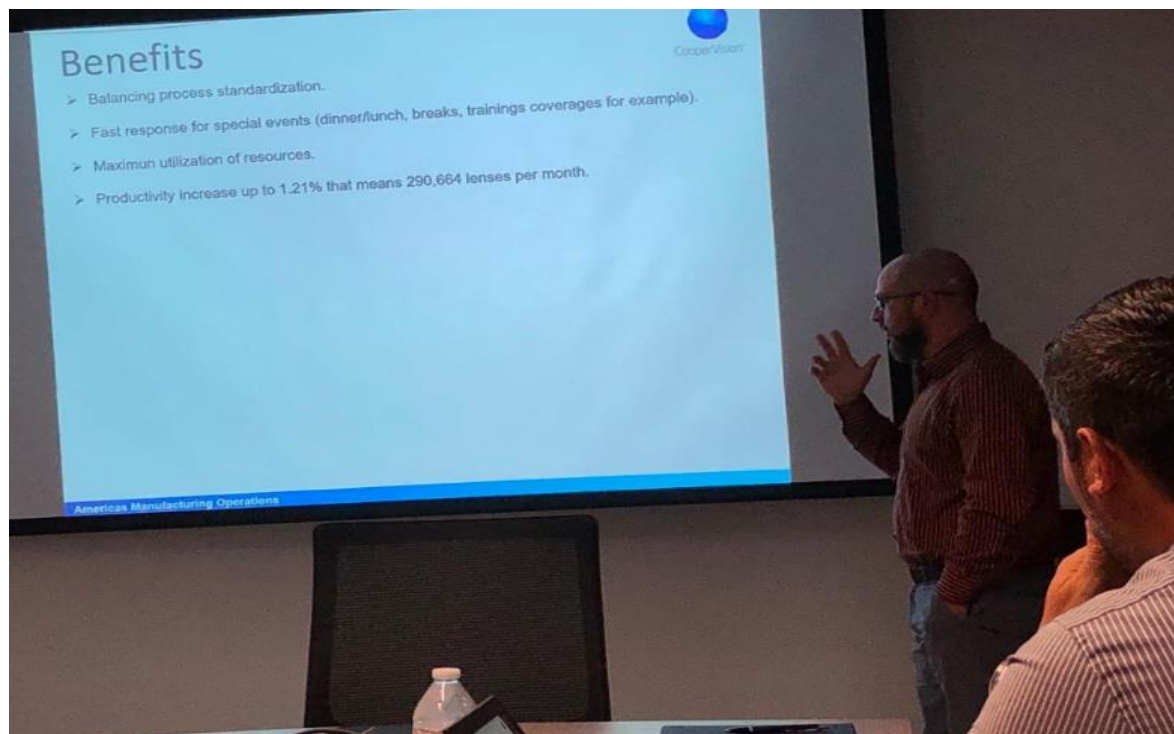


Figura 35. Presentación formal a Gerencia (2)

Fuente: Elaboración propia



Figura 36. Presentación formal a Gerencia (3)

Fuente: Elaboración propia

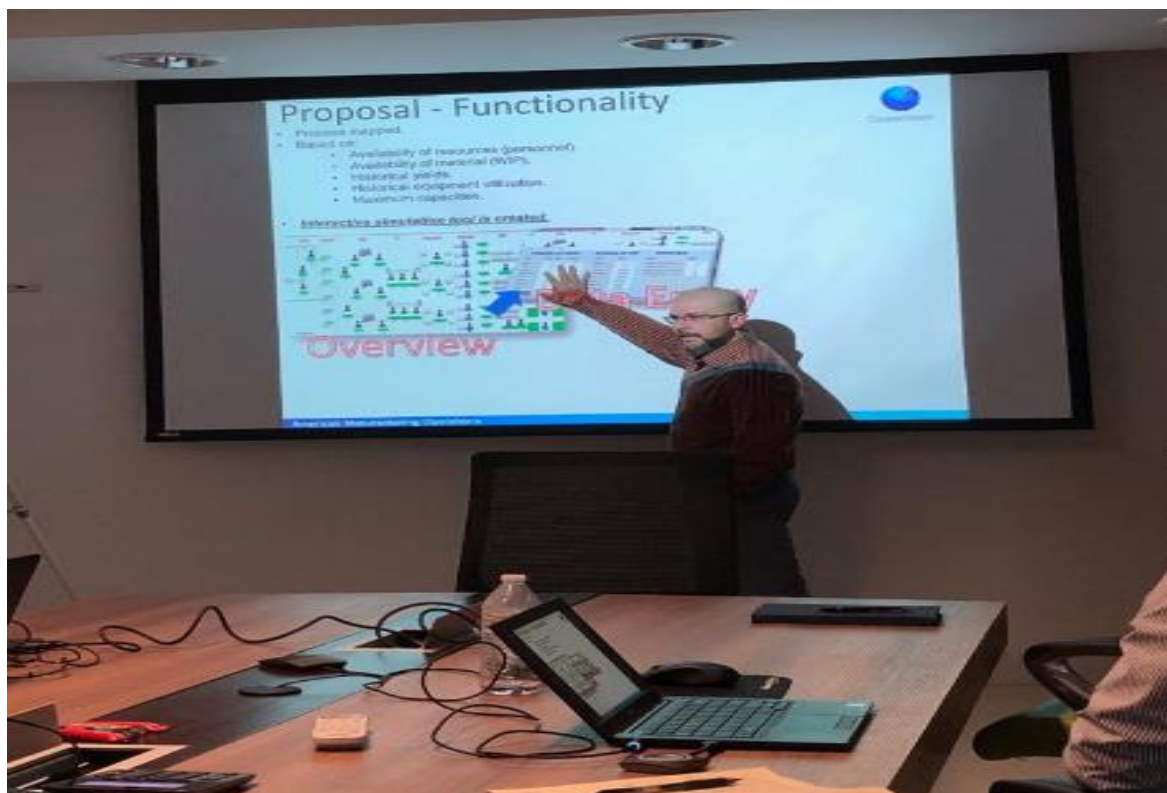


Figura 37. Presentación formal a Gerencia (4)

Fuente: Elaboración propia



Figura 38. Presentación formal a Gerencia (5)

Fuente: Elaboración propia

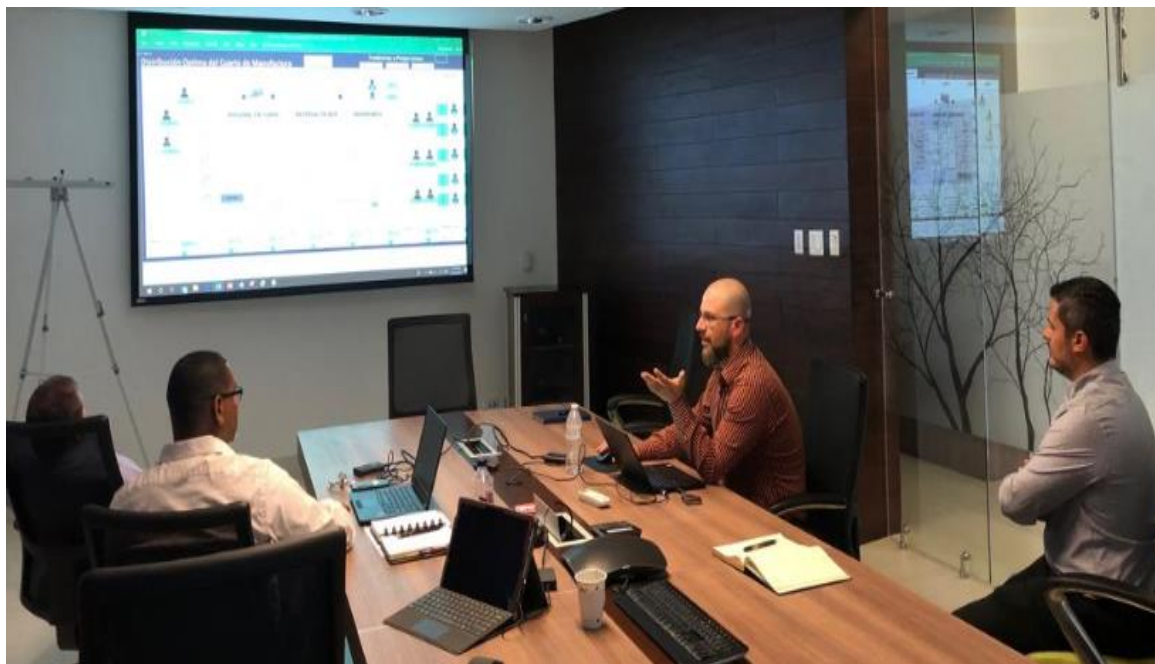


Figura 39. Presentación formal a Gerencia (6)

Fuente: Elaboración propia

Se concluye la presentación de forma exitosa, no se recibe ningún tipo de retroalimentación que indique mejoras en el sistema, cambios o correcciones y por el contrario se entregan una serie de comentarios positivos sobre el proyecto y la herramienta en general. Se rescata el hecho de que el CEO de CooperVision menciona que para el 2020, desea que la herramienta sea implementada en Puerto Rico, Hungría e Inglaterra.

La herramienta y los resultados del proyecto son aprobados por los altos mandos y se solicita la instalación de la misma en la Intranet de CooperVision para su uso inmediato.

5.3.2 Programación herramienta de simulación - Fase IV

Dado que durante la sesión con Gerencia donde se presenta formalmente el proyecto no se documentaron oportunidades de mejora ni se solicitó algún tipo de modificación a la herramienta, se procede con la solicitud formal al Departamento de Sistemas para la publicación de la herramienta en la Intranet de la planta.

Durante las sesiones que se tuvieron con los Supervisores y Líderes se realizó el entrenamiento formal para el uso correcto de la herramienta, el mismo fue cubierto de

forma diligente debido a las pruebas en vivo que se programaron para las semanas del 19 de abril 2019 al 03 de mayo 2019 por ende este punto se da por cerrado formalmente también.

En la figura 41 se puede observar la instalación de la herramienta formalmente en la Intranet de la planta y disponible desde el 01 de junio del 2019.

5.3.3 Seguimiento del uso de la herramienta y los resultados del piso

Con esto se concluye la etapa de implementación cerrando y cumpliendo con todos los puntos definidos en el cronograma tal y como se observa en la figura 41 implantando así la herramienta en el sistema formal de la compañía (Intranet) y concluyendo con todos los adiestramientos requeridos a cada uno de los usuarios como también al técnico de IT para su debido mantenimiento en caso de cambios en las metas o mejoras en el sistema.

Adicionalmente de adjunta el gráfico 29 donde se evidencia la tendencia positiva en el logro de las metas de producción tal cual se planteaba al inicio del proyecto y cumpliendo así n los primeros 3 meses con lo establecido. Se toma como referencia los datos mostrados en el grafico 1 donde se presentaba la evidencia de los resultados del año 2018 y se incluyen los datos del 2019 hasta agosto que es cuando concluye el proyecto y definiendo el momento en que fue implementado para su uso (mayo 2019) tomando la medición de los próximo 3 meses que se considera suficiente información para concluir el éxito del proyecto en la empresa CooperVision Costa Rica.



Figura 40. Implementación de la herramienta de balances en la Intranet

Fuente: Elaboración propia

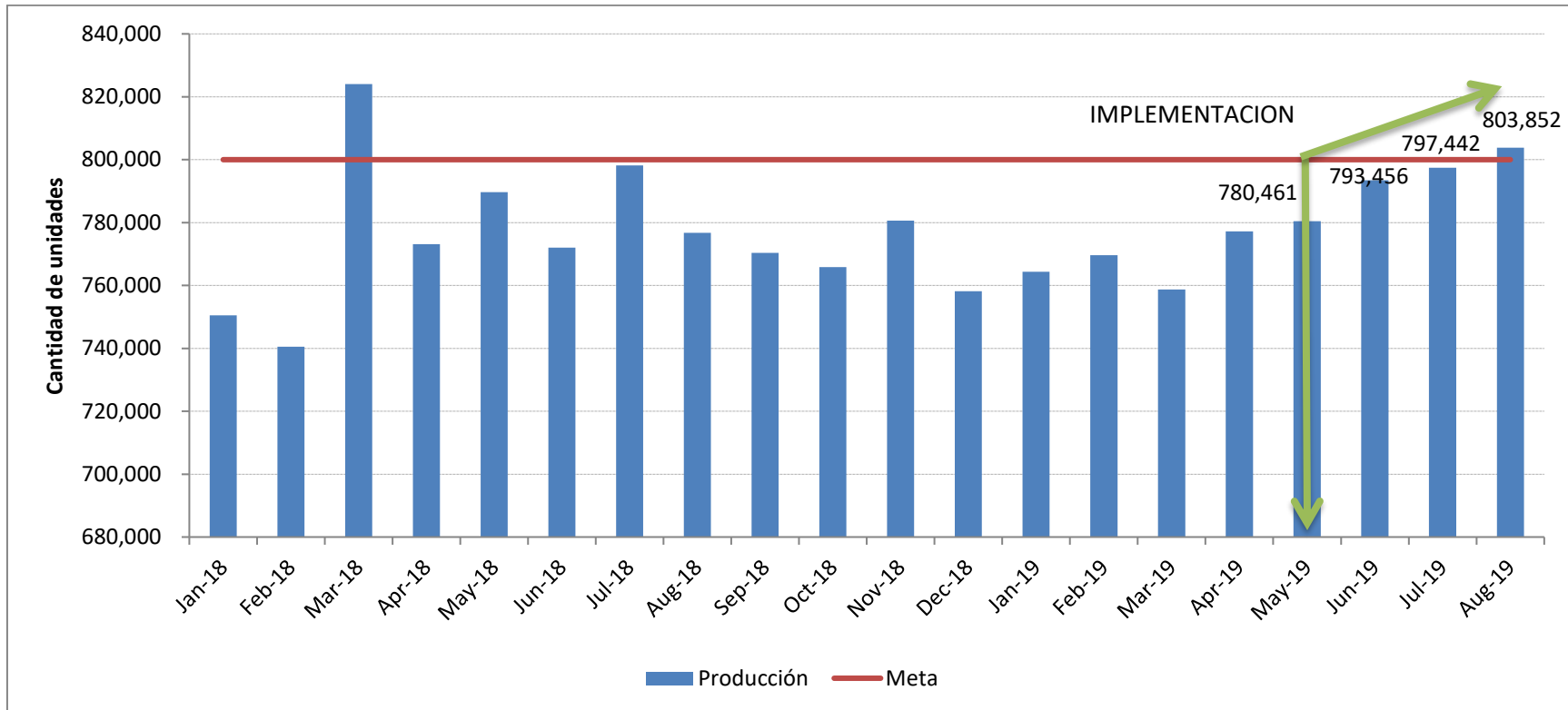


Gráfico 29. Comparación de la producción con la herramienta implementada

Fuente: Elaboración propia / Datos extraídos de CooperVision

El gráfico anterior muestra los resultados del antes y el después de la implementación del proyecto, poniendo en evidencia el aporte en el logro de las metas de producción haciendo el uso efectivo de los recursos disponibles tal y como lo plantea la herramienta para el balance óptimo del cuarto de manufactura.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El proyecto plantea un problema que consiste en justificar cuantitativamente la necesidad de solventar un problema que se basa en la falta de estandarización en la forma de balancear el uso de los recursos tales como el personal operativo, materiales y disponibilidad de los equipos.
- Con base en los análisis desarrollados a lo largo de este proyecto se concluye que el uso constante y continuo de la herramienta de balance de líneas debe ser la base estándar de configuración del cuarto de manufactura para los distintos escenarios experimentados a lo largo de los turnos de 12 horas debido al impacto positivo en los números de producción que han sido mostrados en el gráfico 29 y donde se evidencia un incremento de hasta un 3% con respecto a la fecha de implementación de la herramienta.
- La herramienta fue programada internamente y se utilizaron las bases de datos ya existentes en la compañía CooperVision, por lo que el costo de dicha herramienta y la implementación fue de \$0, sin embargo existen otros costos asociados como las tareas delegadas a empleados de la compañía como lo son el equipo de entrenamientos y el técnico de IT donde el costo asociado de seguimiento sobre el uso de la herramienta es de \$ 3 480 anuales tal y como se detalla en la sección 5.2 del análisis económico, esto siempre bajo el beneficio de alcanzar la meta en los resultados de producción.
- Se entrena a los principales usuarios que serán los encargados de trabajar y consultar la herramienta cada vez que sea requerido con la que se pretende establecer los balances más adecuados para el proceso.
- Con el uso constante de al menos una vez por turno (12 horas de trabajo) de forma continua se espera un incremento en la producción de hasta un 4%. Tal como se muestra en el gráfico 29, donde de forma sostenida se muestra un incremento en la producción de un 1% mensual hasta llegar a la meta en el tiempo establecido en el Gantt del proyecto.
- La herramienta de balance de líneas es implementada formalmente y puesta en la intranet la cual puede ser utilizada por cualquier persona y cualquier lugar en el

mundo donde haya una empresa CooperVision. Dado esto y durante la presentación con el ECO de la compañía, él solicita que para el 2020 la herramienta sea implementada en Puerto Rico, Hungría e Inglaterra. La herramienta es puesta en marcha bajo todos los estándares de la compañía y fue evaluada por un equipo de IT experto para su debida validación y aprobación.

6.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar como mínimo 1 vez por turno la herramienta siempre al inicio de cada turno con el estado inicial del cuarto de manufactura para tener una proyección del panorama completo de las siguientes 12 horas. Es importante que durante el planteamiento de este primer escenario se establezca como regla enviar el reporte a Gerencia tal y como lo hace de forma automática la herramienta.
- Utilizarlo como una herramienta de entrenamiento para las nuevas contrataciones de Supervisores y Líderes de manufactura. Con la misma se puede simular situaciones del cuarto de manufactura, realizando casos controlados y al mismo tiempo aprender sobre los datos reales obtenidos.
- Medir el desempeño de los datos productivos a partir del 01 de junio del 2019 para corroborar la mejora en los mismos.
- Consultar de forma continua a los principales usuarios sobre el desempeño de la herramienta, basados en la tabla 21 de cotejo desarrollada en la sección 5.1.2.7.1 y los atributos que se incluyeron en la misma con el objetivo de mantener la herramienta actualizada y funcional.
- Mantener a la persona designada y el entrenamiento entregado para que pueda ser el encargado en la parte de los cambios internos de la herramienta, que sea experto en programación y que pueda dar mantenimiento a los nuevos cambios sugeridos con el transcurso del tiempo y las mejoras que experimenten los procesos.

BIBLIOGRAFÍA

Nuestros valores - CooperVision. (s.f.). Recuperado 6 abril, 2019, de <http://www.eempleo.com/sitios-empresariales/costarica/CooperVision/valores.asp>

Propósito - CooperVision. (s.f.). Recuperado 13 abril, 2019, de <http://www.eempleo.com/sitios-empresariales/costarica/CooperVision/proposito.asp>

Baca, G. (2014). Introducción a la ingeniería industrial. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Sarrión, D. (2013). Estadística descriptiva. McGraw-Hill Interamericana. Página: 2. Tomado de <http://uhcr.basesdedatosezproxy.com:2222>

Pérez, U. M. L. (2013). Seis sigma : Guía didáctica para pymes. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Rajadell, C. M., & Sánchez, G. J. L. (2010). Lean manufacturing, la evidencia de una necesidad. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Gutiérrez, P. H. (2010). Calidad total y productividad (3a. ed.). Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Socconini, L. (2015). Certificación lean six sigma green belt para la excelencia en los negocios. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Colaboradores de Wikipedia. (2019, 22 febrero). SIPOC - Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 6 abril, 2019, de <https://es.wikipedia.org/wiki/SIPOC>

Cuatrecasas, A. L. (2011). Procesos en flujo flexible lean. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

4pasos para desarrollar el diagrama CTQ. (2014, 21 agosto). Recuperado 12 abril, 2019, <https://mentory.online/2014/08/3-pasos-para-desarrollar-el-diagrama-ctq.html>

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2002). Las claves de seis sigma : La implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Acosta, R., Arellano, M., & Barrios, F. (2009). Flujograma. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Diagrama de flujo - Wikipedia, la enciclopedia libre. (2019, 6 abril). Recuperado 12 abril, 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_flujo

Palacios, L. (2016). Ingeniería de métodos: Movimientos y tiempos (2a. ed.). Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Estudio de tiempos y movimientos - Wikipedia, la enciclopedia libre. (2019, 9 abril). Recuperado 13 abril, 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Estudio_de_tiempos_y_movimientos

Diagrama de Gantt - Wikipedia, la enciclopedia libre. (2019, 9 abril). Recuperado 13 abril, 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Gantt

Colaboradores de Wikipedia. (2019d, 19 julio). [proceso de manufactura]. Recuperado 3 agosto, 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_de_ensamble

ANEXOS

1. FORMULARIO DE ENTREVISTA VOZ DEL CLIENTE

FORMULARIO DE ENTREVISTA VOZ DEL CLIENTE – PROCESO EFICIENTE DE MANUFACTURA EN COOPERVISION

AREA DE PRODUCCIÓN: _____ TURNO: 1 2 3 4 FECHA: _____
HORA: _____

CRITERIOS DE EVALUACIÓN: LOS CRITERIOS EN ESTE FORMATO HAN SIDO BASADOS EN LOS PROCEDIMIENTOS GENERALES ESTABLECIDOS EN LOS "POS" DEL PERSONAL OPERATIVO; QUE CONTIENEN LOS CÓDIGOS DE DOCUMENTACIÓN NECESARIAS PARA REALIZAR LA OPERACIÓN DE CADA UNA DE LAS ACTIVIDADES, COMO TAMBIÉN DE LAS POLÍTICAS INTERNAS DE LA COMPAÑÍA. **NOTA:** LOS VALORES DE LA PREGUNTA SERAN EVALUADA S POR MEDIO DE CARACTERÍSTICAS DONDE EL MAHYOR VALOR ES 5 Y CORRESPONDE A UN CRITERIO DE "EXCELENTE", 4 MUY BUENO, 3 BUENO, 2 REGULAR, 1 MALO.

(1°) MATERIALES	Descripción	Puntos de evaluación	Observaciones	Calificación
1	● COMPONENTES, MATERIALES Y PARTES	Los niveles de inventario en el área están a la mano.		
2	● COMPONENTES, MATERIALES Y PARTES	Residuos y piezas sin uso están en contenedores claramente visibles.		
3	● COMPONENTES, MATERIALES Y PARTES	No hay material acumulado en los puestos de trabajo.		
4	+ MÁQUINAS, GABINETES, MUEBLES Y SILLAS	Las estaciones de trabajo cuentan con lo necesario se encuentran en orden y en buen estado.		
5	+ MÁQUINAS, GABINETES, MUEBLES Y SILLAS	No hay herramientas de trabajo innecesarias en el área.		
6	● MATERIALES Y COMPONENTES	Bodega entrega a tiempo los materiales solicitados		
		Total de puntos obtenidos:		

(2°) MEDIO AMBIENTE	Descripción	Puntos de evaluación	Observaciones	Calificación
7	+ DISEÑO DEL ÁREA	La línea se encuentra ordenada.		
8	+ MARCADO DE PASILLOS Y SUELO	Se respetan las salidas de emergencia, rutas de evacuación, pasillos, zonas marcadas y áreas de almacenamiento. No se obstaculizan las salidas de aire de acuerdo SOP3132.		
9	■ DOCUMENTACIÓN	Documentos necesarios permanecen en el área de trabajo. Están llenos de forma completa y poseen la revisión efectiva. Según SOP3256. La operación del DHR en EBR esta completada de forma correcta.		
10	● CONTROL VISUAL Y ALMACENAMIENTO	La línea y los materiales se encuentran identificados, debidamente documentados, de forma visible y legible.		
11	+ ALMACENAMIENTO DE MATERIALES PELIGROSOS	Los materiales peligrosos (solventes, alcohol, Monómero, etc) se encuentran identificados y correctamente ubicados.		
12	● CONTROL VISUAL Y ALMACENAMIENTO	Las jefaturas se comportan de forma correcta y se dirigen con respeto hacia sus colaboradores		
		Total de puntos obtenidos:		

(3°) METODO	Descripción	Puntos de evaluación	Observaciones <small>Nota: *colocar el nombre del operario al que se le consulte (si aplica)</small>	Calificación <small>No cumple: 0 Si cumple: 1 N/A: No aplica</small>
13	● CONTROL VISUAL Y ALMACENAMIENTO	Las jefaturas dan dirección clara y configuran las líneas de producción de forma ordenada		
14	■ DOCUMENTACIÓN	El contenido de los procedimientos es correcta y da una guía clara sobre los procesos.		
15	+ MÁQUINAS/EQUIPO	Las mesas de trabajo, las máquinas, bandas y lugares de difícil acceso han sido limpiadas y sanitizadas, se encuentran en buen estado (no presentan filos, amarras cortadas o deformaciones que pongan en riesgo el personal o el producto).		
16	● ENTRENAMIENTOS	El personal se encuentra entrenado y capacitado para realizar la operación designada.		
17	● PROCEDIMIENTOS	Los colaboradores realizan los procedimientos de acuerdo al SOP del proceso que les corresponde.		
		Total de puntos obtenidos:		

(4°) MAQUINARIA	Descripción	Puntos de evaluación	Observaciones <small>Nota: *colocar el nombre del operario al que se le consulte (si aplica)</small>	Calificación <small>No cumple: 0 Si cumple: 1 N/A: No aplica</small>
18	● EQUIPOS CALIBRADOS	Los equipos se encuentran debidamente calibrados y con la información legible y vigente.		
19	+ SEGURIDAD	Se tiene el equipo de seguridad necesario para el manejo de las maquinas disponibles en manufactura		
20	● EQUIPOS CALIBRADOS	Los equipos responden a cada operación para las que fueron creadas y mantienen la velocidad adecuada según se configura.		
21	+ SEGURIDAD	Los equipos tiene guardas de seguridad y las mismas funcionan correctamente.		
Total de puntos obtenidos:				

(5°) MANO DE OBRA	Descripción	Puntos de evaluación	Observaciones <small>Nota: *colocar el nombre del operario al que se le consulte (si aplica)</small>	Calificación <small>No cumple: 0 Si cumple: 1 N/A: No aplica</small>
22	● CONOCIMIENTO DE POLÍTICAS Y NORMAS	El personal tiene conocimiento de las reglas y el procedimiento aplicable a su puesto y es capaz de responder ante el auditor la política de calidad de la empresa.		
23	+ ERGONOMÍA	Los colaboradores realizan las operaciones siguiendo las normas de ergonomía de acuerdo a cada operación.		
24	■ DOCUMENTACION	La documentación realizada por el personal que no corresponde a producción (ejemplo: Calidad, Bodega, Técnicos), lo realiza de forma correcta y legible.		
25	■ DOCUMENTACION	Se revisa que la documentación realizada por el turno anterior no presenta errores o problema relacionado a la información.		
Total de puntos obtenidos:				

Documento no oficial de uso interno. ● PROCESO ■ DOCUMENTACIÓN + SEGURIDAD

(6°) MANTENIMIENTO	Descripción	Puntos de evaluación	Observaciones <small>Notar *colocar el nombre del operario al que se le consultó (si aplica)</small>	Calificación <small>No cumplir: 0 Si cumple: 1 N/A: No aplica.</small>
26	+ CONDICIÓN DE PISOS	El piso se encuentra limpio, libre de residuos, componentes o cualquier otro material y no presenta manchas o rupturas no reportadas a facilidades.		
27	+ MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	El equipo de trabajo se encuentra en buen estado y se reporta al departamento de Mantenimiento o Facilidades al no estarlo.		
28	+ CABLEADO DE EQUIPOS	Se mantiene el cableado de sus equipos (computadoras, teléfonos entre otros) en forma segura y ordenada.		
29	+ EQUIPO DE LIMPIEZA	Se cuenta con el equipo de limpieza, éste permanece en el lugar designado y en buen estado.		
30	+ MARCADO DE PASILLOS Y SUELO	Las demarcaciones están en buen estado, se encuentra identificado y todo lo demarcado se respeta.		
Total de puntos obtenidos:				

Comentarios generales sobre la auditoria:

Tabla de calificación						
(1) Categoría	(2) Puntuación	(3) Nota	(4) Porcentaje obtenida		Firma de Auditor:	
1-Materiales	_____ de 6	Total (2)puntos _____ *100/30 = _____ %	Verde	95% ≤ 100%	Firma de Auditado:	
2-Medio Ambiente	_____ de 6		Amarilla	85% ≤ 94%	Firma de Supervisor de producción:	
3-Método	_____ de 5		Roja	≥ 84%	Firma de Gerencia:	
4-Maquinaria	_____ de 4		_____ Coloque el porcentaje obtenido			
5-Mano de Obra	_____ de 4					
6- Mantenimiento	_____ de 5					

2. MINUTA DE SEGUIMIENTO DE ACCIONES

MINUTA

Reunión de revisión proyecto – Balance de Líneas en Producción

Fecha / Hora: XX XX, XX | XX am/pm | Reunión dirigida por: XXXXX

Temas Discutidos

-
-
-
-

Acciones

Item #	Acción	Responsable	Fecha	Estatus
1.				
2.				

Siguientes Temas

-
-

Información Adicional

3. RESULTADOS DEL VOC (Sección 4.4.1)

item#	Área	Desperdicio	Posible causa	Posible contingencia
1	Molding	Sub-utilización del personal	45 min entre stacks (tiempos estándar de la máquina), 2 operadores para 6 líneas, hay mucha distracción	Balance/Estándar
2	Molding	Inventario	Sacos de polipropileno mal acomodados en medio de las máquinas.	Automatización
3	Stand Down	Defectos, Espera	Stacks se quedan pegados – hay que moverlos manualmente	Automatización
4	Filler	Espera	1 operador por línea. Bandejas salen cada 30 minutos, hay muchas distracciones, se quedan sin material por no estar pendientes. La salida de stack vacíos También detiene la línea.	- pizarra por hora - alarma sonora cuando abre la puerta porque se acaba el material Balance/Estándar
5	Filler	Materiales/Costo	Desperdicio de alcohol	Poner dispensador
6	Filler	Materiales/Costo	Desperdicio de servilletas - para secar, limpiar, sanitizar	Poner dispensador
7	Filler	Materiales/Costo	Desperdicio de monómero en la botella	Evaluar tamaño de botella de monómero
8	Oven	Materiales/Costo	Desperdicio de nitrógeno porque se quedan válvulas abiertas	cambio de válvulas
9	Depetaler	Espera	Hornos no disponibles	Balance/Estándar
10	Depetaler	Espera, inventario	No todos los turnos son consistentes en FIFO	Balance/Estándar
11	Depetaler	Espera, inventario	No hay cobertura en el almuerzo	Balance/Estándar
12	Depetaler	Espera, inventario	Oportunidad de trabajo en equipo	Balance/Estándar
13	Depetaler	Defectos	Bandejas deformes	Reemplazo
14	Depetaler	Subutilización del personal	No se ayudan unos a otros - al llenar magazines tienen tiempo de sobra	Balance/Estándar
15	Depetaler	Espera, inventario	Se convierte en cuello de botella porque sacan personal. Pierden la secuencia del trabajo y afecta al próximo turno.	Balance/Estándar
16	Physical test	Espera, inventario	de moldeo manual	mejorar/automatizar herramienta de de moldeo
17	Physical test	Transportación	Localización estación está lejos de donde se toma la muestra	Re-Layout
18	Physical test	Transportación	Área de hidratar muy lejos de estación	Re-Layout

19	Physical test	inventario	Producto con NCR	Kaisen-Calidad
20	Physical test	Defectos, sobre proceso	Bines donde se colocan las muestras no están identificadas. Alguien puede mover las bolsas de sitio inadvertidamente y mezclar lotes.	Identificación
21	Physical test	Movimiento, Transportación, Defectos	Manejo de material – propenso a mezcla.	Identificación
22	Physical test	Espera	No se sigue FIFO consistentemente	Identificación
23	Delenser	Movimiento	Espacio entre maquinas es poco – en ocasiones trabajan dos personas en el mismo espacio.	Re-Layout
24	Delenser	Movimiento	Debido a la distancia se buscan hasta 6 cradles a la vez – no es ergonómico. Herramientas distantes: solo una caja.	Re-Layout
25	Delenser	Transportación	distancia del material – jaulas	Re-Layout
26	Delenser	Espera, defectos	PST sustituyendo a DL – pierde la secuencia del trabajo o deja de realizar tareas del puesto porque no les da tiempo	Balance/Estándar
27	Delenser	Materiales/Costo	Pantallas touch screen no están configuradas – se usa mouse y keyboard agotando innecesariamente las baterías – evaluar razón y si baterías recargables es opción	Automatización
28	Delenser	Defectos	Anilla y particulado de la misma máquina	Automatización
29	Delenser	sobre proceso	EBR – realizan tareas que no deben (se habían eliminado) por "costumbre" o porque el sistema los deja	Reforzar adiestramiento
30	Delenser	espera	1 aspiradora para dos máquinas. Si ambas terminan a la vez tiene que esperar.	Balance/Estándar
31	Delenser	movimiento	Manejo de la aspiradora requiere desenrollar y dar la vuelta.	dejar manguera fija para evitar necesidad de desenrollar y dar la vuelta
32	Delenser	espera, sobre proceso	Cambio de lote toma desde 7 hasta 20 minutos. No hay consistencia o sentido de urgencia por algunos asociados	Balance/Estándar
33	Delenser	defectos, espera	Basurero se llena y puede atascar la maquina	Automatización
34	Delenser	Materiales/Costo	Reparar piezas de repuesto.	Kaisen-Repuestos

35	Delenser	Materiales/Costo	Bolsas de lotes grandes no se reutilizan porque se rompen cuando se abren.	evaluar amarre
36	Delenser	defectos, materiales/costo	MHU (dispositivo para el manejo de lentes) se caen al mover de la mesa al área de carga – no hay lugar específico para colocarlos (se desechan en vez de lavarlos o se dejan en cualquier lado)	Identificar lugar para colocar MHU para sanitizar y así no botarlos o usarlos contaminados
37	E&H	Materiales/Costo	Desperdicio de servilletas al limpiar los taques (de 6-8 paquetes por turno)	Poner dispensador
38	E&H	espera, materiales/costo	Se pierde mucho tiempo en el proceso de limpieza y llenado – se deja la llave abierta y se desborda.	-rediseñar tanque - cambiar llave, poner timer, sensor, nivel, - asignar loop de agua
39	E&H	espera, defectos	Tanques tardan en drenar de 3-5 minutos automatizado vs hasta 15 manual. Máximo aceptable lente sin hidratar es 20 min.	Automatización
40	E&H	Materiales/Costo	Filtros se cambian cada semana – no hay estudio que diga que por pruebas micro bacterianas se deban cambiar con esa frecuencia. (48 filtros a la semana - \$12 unidad)	- hacer estudio de ingeniería, reducir frecuencia de cambio
41	Sealer	Transportación	Transporte de material – blister, foil, MHU y magazines. - blister al final de la línea - 20 m - MHU y carros vacíos - área para devolverlos está lejos de las células a los extremos	Re-Layout
42	Sealer	sobre proceso	Retrabajo de material – material sellado hay que abrir y retrabajar y Volver a empacar - no hay estudio que muestre costo/beneficio de re trabajo vs scrap	Automatización
43	Sealer	sobre proceso	reconteo al final del proceso	Balance/Estándar
44	Sealer	inventario	WIP	Balance/Estándar
45	Sealer	movimiento	Para Volver a arrancar la maquina los operadores tienen que levantarse al panel de control. ¿Poner otro botón?	Re-Layout
46	Sealer	movimiento	Ir hasta el final de la máquina para escanear nuevo lote	Re-Layout
47	Sealer	movimiento	operadores tienen que dar la vuelta pues hay un solo panel en la maquina	poner touch screen

48	Sealer	movimiento	Limpieza de dados – de línea 1 caminar hasta línea 6	Re-Layout
49	Sealer	movimiento	Solo una caja de herramientas	Poner una con herramientas de más uso en cada celda.
50	Sealer	Materiales/Costo	Desperdicio de bolsas plásticas de los blíster – no se reúsan.	reusar
51	Sealer	movimiento	Carro con solución – caminar desde sealer a lab, lo ideal sería esperar a que ellos lo llenen y tráelo en lugar de montar, desmontar para traernos el carro nuevamente.	Balance/Estándar
52	Sealer	espera	No se sigue FIFO consistentemente	Balance/Estándar
53	Sealer	espera	Falla del bowl es el mismo para todas, cambio de solución es el mismo. Tienen que ver la pantalla o no reaccionan pues creen es de otra línea.	cambiar sonido por alarma o por línea
54	MHU	Transportación	Transporte – extremos opuestos	Re-Layout
55	MHU	sobre proceso	Equipos no están automatizados – llenado de tanques, drenaje, todo es manual.	Automatización
56	MHU	Sub-utilización del personal	Operadores no tienen tareas fijas, métricas ni controles	Balance/Estándar
57	MHU	defectos, espera	No hay mantenimiento	Kaisen-Repuestos
58	MHU	defectos	El equipo no es para esa aplicación, se quiebran al sacarse, crea particulado.	Kaisen-Repuestos
59	MHU	sobre proceso, espera	Secado es ineficiente porque no saca calor (se desactivo) – se tarda el doble que si utilizara aire caliente.	Kaisen-Repuestos
60	Esterilización / decanting	movimiento	Ergonomía – manejo de magazines – mucho personal afectado porque la nueva esterilizadora no permite que se coloque lateralmente, sino que hay que levantarlo.	Kaisen-Repuestos
61	QAF/ Ralease	espera	Atrasos por NCR de mezcla de sealer	Kaisen-Calidad
62	QAF/ Release	Materiales/ Costo	Carros que no se están utilizando	Balance/Estándar

4. EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA PROPUESTA

EVALUACION DE LA HERRAMIENTA PARA EL BALANCE DE LAS LINEAS DE PRODUCCION

ATRIBUTO	PUNTO DE ENFOQUE	CRITERIO		COMENTARIOS
		YES	NO	
Flexibilidad				
1	¿Es posible moverse entre las opciones con facilidad?			
2	¿Puedo ingresar y salirme del sistema sin ningún inconveniente?			
3	¿Puedo revertir los datos que deseo corregir?			
Disponibilidad				
4	¿En todo momento que lo requerí pude usar la herramienta?			
5	¿Las opciones de la herramienta siempre estuvieron disponibles?			
Estética				
6	¿Los colores programados representan de forma correcta las alertas?			
7	¿La estética y los diseños son correctos?			
Rapidez				
8	¿De forma ágil me pude mover entre las opciones?			
9	¿El tiempo que tarde en crear mi escenario fue aceptable?			
Precisión				
10	¿Todos los resultados, análisis y proyecciones fueron correctos?			
COMENTARIOS GENERALES				