



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES EN UNA EMPRESA
MANUFACTURERA DE LENTES OFTÁLMICOS DE POLICARBONATO**

Edgar Javier Ponce Nuñez

Asesorado por el Ing. Carlos Fernando Manzo Pineda

Guatemala, marzo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES EN UNA EMPRESA
MANUFACTURERA DE LENTES OFTÁLMICOS DE POLICARBONATO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDGAR JAVIER PONCE NUÑEZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS FERNANDO MANZO PINEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERÍA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Selvin Estuardo Joachin Juárez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE LENTES OFTÁLMICOS DE POLICARBONATO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 21 de agosto de 2018.

Edgar Javier Ponce Nuñez

Guatemala, 19 de mayo de 2020

Ingeniero

Cesar Ernesto Urquizú Rodas

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero

Por medio de la presente le informo que he asesorado y revisado el trabajo de graduación titulado **“Rediseño de la distribución de operaciones en una empresa manufacturera de lentes oftálmicos de policarbonato”** Elaborado por el estudiante Edgar Javier Ponce Nuñez, con carné 2015-20499, número de DPI 2993 84152 0101 previo a obtener el título de Ingeniero Industrial.

Habiendo determinado que el presente trabajo cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería, y reconociendo la importancia del tema. Por todo anterior tanto el autor como el asesor somos responsables del contenido y conclusiones del presente trabajo de graduación y por medio de la presente permito **APROBARLO**.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Carlos Fernando Manzo Pineda

Ingeniero Industrial

Colegiado No. 2783

Carlos Fernando Manzo Pineda
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 2783



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.078.020

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE LENTES OFTÁLMICOS DE POLICARBONATO**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Javier Ponce Nuñez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Guillermo Federico Mijangos Martínez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 16692

Ing. Guillermo Federico Mijangos Martínez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2020.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.019.021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE LENTES OFTÁLMICOS DE POLICARBONATO**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Javier Ponce Nuñez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2021.

mgp



DTG. 114.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE LENTES OFTÁLMICOS DE POLICARBONATO**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar Javier Ponce Nuñez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, marzo de 2021

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser una influencia en mi carrera universitaria y darme la sabiduría y protección necesaria para alcanzar cada meta propuesta, y en especial este logro.
- Mis padres** Edgar Estuardo Ponce García y Aura Yolanda Nuñez Reyes de Ponce por el apoyo incondicional, por acompañarme y haber realizado tantos sacrificios para que lograra alcanzar esta meta.
- Mi hermano** Francisco Estuardo Ponce Nuñez, por haber sido un ejemplo por seguir y haberme brindado su cariño y apoyo cuando más lo necesite.
- Mis abuelos** Por su amor y lecciones de vida en donde me demostraron que con humildad y esfuerzo es posible alcanzar todo lo que uno se propone.
- Mi familia** Mis tíos y primos por haberme acompañado en este camino, brindado su apoyo y sobre todo el cariño.
- Mis catedráticos** Por haber compartido sus conocimientos y haberme formado como ingeniero.

Mis amigos

Por haberme acompañado durante todo mi proceso de formación profesional y haber compartido tantas alegrías y tristezas juntos. Sobre todo, por la confianza y amistad creada.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por permitirme realizar mis estudios profesionales en tan prestigiosa universidad.

Facultad de Ingeniería

Por haberme brindado todas las herramientas y conocimientos para mi formación como profesional.

Mis amigos de la Facultad

Por haber compartido tantos momentos y hacer mi paso por la Universidad una gran experiencia.

Ing. Carlos Fernando Manzo Pineda

Por aceptar el reto de asesorar mi trabajo de graduación, haberme guiado y compartido de su gran experiencia y conocimiento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SIMBOLOS	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Inicios de la empresa en Guatemala	1
1.2. Información general.....	5
1.2.1. Misión	6
1.2.2. Visión.....	6
1.3. Tipo de organización	6
1.3.1. Organigrama.....	7
1.3.2. Descripción de los puestos.....	8
1.4. Planteamiento de la distribución interna y manejo de materiales	14
1.4.1. Cuellos de botella	15
1.4.2. Tiempos de ocio	15
1.4.3. Reposiciones	16
1.4.4. Diagrama de operaciones.....	17
1.4.5. Diagramas de flujo.....	22
1.4.6. Diagrama de recorrido	31
1.5. Distribución de planta	47
1.5.1. Distribución de acuerdo con el proceso.....	47

2.	SITUACIÓN ACTUAL	49
2.1.	Descripción del producto.....	49
2.2.	Materia prima	50
2.3.	Descripción del equipo	53
2.3.1.	Maquinaria.....	53
2.3.2.	Herramientas.....	55
2.3.3.	Insumos.....	58
2.4.	Descripción del proceso	62
2.4.1.	Área de tallado digital	63
2.4.2.	Área de tallado convencional	64
2.4.3.	Área de refinado y pulido.....	64
2.4.4.	Área de <i>coating</i>	65
2.4.5.	Área de aplicación de antirreflejo	65
2.4.6.	Área de montaje	67
2.4.7.	Área de control de calidad.....	68
2.4.8.	Área de empaque.....	69
2.5.	Análisis de desempeño	69
2.5.1.	Factores que afectan la producción	70
3.	PROPUESTA PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES... 73	
3.1.	Acondicionamiento del área de trabajo	73
3.1.1.	Volumetría de la maquinaria.....	73
3.1.2.	Volumetría de los muebles	78
3.1.3.	Área de trabajo.....	79
3.1.4.	Iluminación	81
3.1.5.	Temperatura.....	89
3.1.6.	Humedad.....	89
3.2.	Planeación de los procesos	89
3.2.1.	Diagrama de operaciones	89

3.2.2.	Diagrama de flujo.....	106
3.2.3.	Diagrama de recorrido	114
3.2.4.	Distribución en planta	121
4.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	123
4.1.	Plan de acción	123
4.1.1.	Implementación de la redistribución	124
4.1.2.	Diseño de operaciones	124
4.1.2.1.	Diagramas bimanuales.....	125
4.1.2.2.	Diagramas hombre/máquina	127
4.2.	Readecuación de áreas.....	131
4.2.1.	Reubicación de maquinaria	131
4.2.2.	Implementación de equipo de trabajo.....	132
4.2.3.	Diagrama de recorrido	132
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA	133
5.1.	Resultados obtenidos	133
5.1.1.	Interpretación.....	137
5.1.2.	Aplicación	139
5.2.	Ventajas y beneficios.....	140
5.3.	Acciones correctivas.....	141
	CONCLUSIONES	143
	RECOMENDACIONES.....	145
	BIBLIOGRAFÍA.....	147
	APÉNDICES.....	149
	ANEXOS.....	151

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	8
2.	Diagrama de operaciones tallado convencional.....	18
3.	Diagrama operaciones montaje graduaciones comunes actual.....	20
4.	Diagrama de operaciones tallado digital actual.....	21
5.	Diagrama de flujo tallado convencional.....	24
6.	Diagrama de flujo graduaciones comunes actual.....	27
7.	Diagrama de flujo tallado digital actual.....	29
8.	Diagrama de recorrido tallado convencional actual.....	33
9.	Diagrama de recorrido tallado digital actual.....	35
10.	Diagrama de recorrido graduaciones comunes actual.....	37
11.	Hombre/máquina tallado digital actual.....	41
12.	Hombre/máquina pulido digital actual.....	42
13.	Hombre/máquina tallado convencional actual.....	43
14.	Hombre/máquina pulido convencional actual.....	44
15.	Hombre/máquina corte de lente actual.....	45
16.	Dimensiones Generador Coburn SL2.....	74
17.	Dimensiones pulidoras Acuity Plus.....	75
18.	Dimensiones MRIII.....	75
19.	Dimensiones Generador vft-orbit.....	76
20.	Dimensiones LayoutBlocker.....	76
21.	Dimensiones pulidora Toro-Flex.....	77
22.	MeiEdger.....	77
23.	Mueble para trabajo de pie.....	78

24.	Área de trabajo	79
25.	Distribución laboratorio	80
26.	Distribución de luminarias.....	88
27.	Método propuesto tallado convencional.....	90
28.	Propuesta diagrama operaciones tallado digital	95
29.	Método propuesto para área de montaje	101
30.	Propuesta diagrama flujo tallado convencional.....	107
31.	Propuesta diagrama de flujo graduaciones comunes	110
32.	Propuesta diagrama flujo tallado digital	112
33.	Propuesta diagrama recorrido tallado convencional	115
34.	Propuesta diagrama recorrido graduaciones comunes.....	117
35.	Propuesta diagrama de recorrido tallado digital.....	119
36.	Nueva distribución	121
37.	Propuesta montaje de lentes	125
38.	Propuesta empaque de lentes	126
39.	Propuesta hombre/máquina generado lentes digitales	127
40.	Propuesta hombre/máquina pulido digital.....	128
41.	Propuesta hombre/máquina corte del lente	129

TABLAS

I.	Resumen tallado convencional	19
II.	Resumen diagrama operaciones graduaciones comunes	20
III.	Resumen diagrama operaciones tallado digital actual	22
IV.	Resumen diagrama flujo tallado convencional.....	26
V.	Resumen diagrama flujo graduaciones comunes actual.....	28
VI.	Resumen diagrama flujo tallado digital actual	31
VII.	Resumen tallado convencional actual.....	34
VIII.	Resumen tallado digital actual	36

IX.	Resumen graduaciones comunes actual.....	38
X.	Therbligs.....	46
XI.	Dimensiones áreas de trabajo.....	81
XII.	Factor de reflexión.....	81
XIII.	Cavidades de las habitaciones.....	82
XIV.	Razón cavidad habitación, piso y techo	83
XV.	Coeficiente reflectancia efectiva.....	83
XVI.	Coeficiente de utilización.....	84
XVII.	Factor de mantenimiento.....	84
XVIII.	Flujo lumínico total.....	85
XIX.	Flujo lumínico de la luminaria	86
XX.	Número de luminarias	86
XXI.	Espaciamiento, número luminarias largo y ancho	88
XXII.	Resumen método propuesto tallado convencional.....	91
XXIII.	Tiempo de estándar de las operaciones convencional.....	91
XXIV.	Tiempo ciclo, Índice operarios y número estaciones convencionales.....	93
XXV.	Estaciones y números operarios convencional	94
XXVI.	Ritmo productivo convencional.....	95
XXVII.	Resumen propuesta tallado digital	96
XXVIII.	Tiempo estándar de las operaciones digital	96
XXIX.	Tiempo de ciclo, índice operarios y número estaciones de digital.....	98
XXX.	Estaciones y números de operarios tallado digital.....	99
XXXI.	Ritmo productivo digital	100
XXXII.	Resumen propuesta montaje	102
XXXIII.	Tiempo estándar de las operaciones de montaje.....	102
XXXIV.	Tiempo de ciclo, índice operarios y número estaciones montaje	104
XXXV.	Estaciones y número de operarios montaje	105
XXXVI.	Ritmo productivo montaje.....	106
XXXVII.	Resumen propuesta tallado convencional.....	109

XXXVIII.	Resumen propuesta graduaciones comunes	111
XXXIX.	Resumen tallado digital	114
XL.	Resumen propuesta tallado convencional	116
XLI.	Resumen propuesta graduaciones comunes	118
XLII.	Resumen tallado digital	120
XLIII.	Resultados redistribución en diagramas de recorrido	133
XLIV.	Tiempos de ocio	134
XLV.	Operarios línea tallado digital	134
XLVI.	Operarios área montaje	135
XLVII.	Operarios de líneas tallado convencional	135
XLVIII.	Producción semanal promedio de la empresa	136
XLIX.	Producción propuesta con balance de líneas	136
L.	Salario devengado promedio por trabajador	137
LI.	Comparación planilla	137

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
cm³	Centímetros cúbicos
dpt	Dioptría
≈	Equivalente
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
Hr	Hora
Lm	Lumen
m	Metros
m³	Metros cúbicos
mm	Milímetros
mm³	Milímetros cúbicos
Min	Minutos
No.	Número
%	Porcentaje
“	Pulgadas
Plg³	Pulgadas cúbicas
Q.	Quetzales
Σ	Sumatoria

GLOSARIO

Armazón	Estructura metálica o plástica sobre la cual se montan los lentes oftálmicos.
Bases	Son los materiales base para la fabricación de lentes oftálmicos, los cuales pueden plástico, policarbonato o vidrio.
Batch	También se puede definir como producción por lotes que se caracteriza por la introducción de una materia prima total y se obtiene como resultado un producto terminado completo al finalizar el proceso.
Flujo lumínico	Define la cantidad de luz que es capaz de emitir una fuente en todas las direcciones.
Lensómetro	Instrumento utilizado para medir la potencia de un lente oftálmico y definir su centro óptico.
Lumen	Unidad del sistema internacional de medidas para medir el flujo luminoso.
Luminaria	Aparato o serie de dispositivos los cuales son capaces de emitir un flujo lumínico.

Monofocal	Es un tipo de lentes oftálmicos los cuales tienen una misma graduación en toda su superficie, por ello solo son utilizados para una visión cercana o visión lejana.
Reflexión de luz	Proceso el cual ocurre cuando los rayos de luz emitidos por un cuerpo interactúan con una superficie y este cambia su dirección.
Tiempo de ciclo	Es un parámetro utilizado para establecer el tiempo en el que un proceso o una operación específica es realizada desde el comienzo hasta el final.

RESUMEN

El proceso de elaboración de lentes oftálmicos es un proceso especializado el cual utiliza equipo y maquinaria de última tecnología el cual permite la adaptación de distintos lentes y diseños tallados a distintos armazones logrando cumplir con las expectativas de los clientes y satisfacer su demanda en base a las dos líneas de producción con las que se cuenta y así poder ofrecer al mercado una gran variedad de estilos y diseños.

Se realizó un análisis mediante la implementación de distintas herramientas proporcionadas por la ingeniería, las cuales mostraron un sistema deficiente en su proceso de fabricación. Para ello se plantea una propuesta en la cual se toma en cuenta aspectos básicos como la iluminación, equipo de trabajo, área disponible, como el análisis de cada una de las operaciones.

La realización de una propuesta para la mejora en su proceso productivo tiene como finalidad el mejorar el flujo de trabajo tanto como lo es entre las operaciones, es decir sus transportes, como en la realización de cada una de ellas. Para lograr la misma fue necesario el análisis general tanto de la empresa como de su proceso, hasta un análisis más específico.

Se tiene contemplado una redistribución en las operaciones de tal forma que se logre utilizar de forma adecuada el área disponible, de forma logre adecuar el equipo y personal necesario para la realización de las operaciones realizadas dentro de la institución.

OBJETIVOS

General

Rediseñar la distribución en las operaciones de la elaboración de lentes oftálmicos.

Específicos

1. Analizar el proceso actual de elaboración de lentes oftálmicos dentro de la empresa.
2. Determinar las fallas y problemas existentes en el proceso de producción de lentes.
3. Optimizar el espacio de trabajo para la realización de las operaciones de lentes oftálmicos.
4. Optimizar el proceso de producción de lentes en base a la redistribución de la planta.
5. Desarrollar una propuesta de mejora en la distribución de operaciones en la línea de producción.
6. Comparar los costos de fabricación de la manera actual, con la propuesta planteada en el rediseño de operaciones.

7. Elaborar un balance de líneas para determinar cuellos de botella y basar la redistribución de la planta para hacerla más eficiente.

INTRODUCCIÓN

La evaluación y mejora de los procesos productivos dentro de una empresa son indispensables para el progreso de esta. Esto se debe a que, mediante un sistema productivo eficiente, se logran reducir mermas tanto en material como en tiempo. Esto quiere decir que permite el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y emplea mejoras en tiempos de ciclo. Por consiguiente, mejora el rendimiento y eficiencia de la empresa.

El laboratorio es una empresa la cual se dedica a la elaboración de lentes oftálmicos tanto a nivel nacional como internacional. Presta sus servicios a países como El Salvador, Honduras y Belice. Actualmente cuentan con dos líneas de producción capaces de satisfacer los requerimientos de cada uno de los clientes con su alta y variada gama de diseños y lentes los cuales los hacen competitivos dentro del mercado.

El laboratorio actualmente cuenta con su proceso de elaboración de lentes oftálmicos, el cual presenta una serie de deficiencias. Los mismos fueron identificados mediante el análisis de los distintos diagramas de procesos. Se logra apreciar grandes distancias incurridas en su proceso y una alta cantidad de cruces entre operaciones debido a la falta de linealidad.

El presente trabajo de graduación está constituido por una serie de cinco capítulos, en el cual, el primer capítulo contiene información respecto de la empresa. Es decir que contiene misión, visión, organigrama e información que detalla la forma de trabajo y aporta una idea de dónde se realiza el presente trabajo. Así mismo, aporta información importante del proceso actual, de tal forma

que sirve como punto de partida. El capítulo dos aborda temas sobre el sistema y proceso productivo de elaboración de lentes oftálmicos, es decir que se amplía la información respecto del equipo, maquinaria e insumos utilizados.

En el capítulo tres se muestra el análisis y distintas propuestas planteadas para la redistribución de operaciones en donde se tomó aspectos como la temperatura y humedad para satisfacer los requerimientos del equipo y aspectos como la iluminación y muebles para lograr acoplar las áreas a cada operación de tal forma que no se sacrifique el confort de cada operario o colaborador.

En el capítulo cuatro se muestra el desarrollo de la propuesta, en donde se plantea la forma en la se realizará la redistribución, es decir ya se toma en cuenta cada uno de los factures específicos y para el plan de acción. Donde se detalla la nueva distribución y planteamiento a mejoras en distintas operaciones. En el último capítulo se denota el seguimiento y la aplicación que se obtuvo al realizarlo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Inicios de la empresa en Guatemala

La empresa tuvo sus inicios hace más de 30 años, iniciando como venta de armazones o aros para las ópticas dentro de la ciudad capital. Estos eran importados y la empresa se encargaba de distribuirlos a sus clientes. Al determinar que existía un gran mercado en la salud visual, se comenzó a incorporar a su gama de productos todos los lentes terminados. Esto quiere decir que cada lente ya porta con una graduación específica. Por lo general no son graduaciones altas y la mayor parte de la población con problemas de visión cuentan con esta graduación, se puede decir que son graduaciones comunes a nivel mundial.

En sus inicios, el único material que se trabajó para la elaboración de lentes oftálmicos dentro del laboratorio fue el vidrio. Por lo que la compra y venta de lentes con graduaciones, se reducía únicamente a este material.

Con el crecimiento que comenzó a tener la empresa se comenzaron a fabricar lentes con graduaciones personalizadas, es decir, que a pesar de que existieran lentes con graduaciones, ellos eran capaces de generar cualquier tipo de graduación dependiendo de la necesidad del cliente. Así mismo, se comenzó a incursionar con distintos materiales distintos al vidrio.

Cuando el laboratorio dio sus inicios con la fabricación de lentes, la materia prima con la que se contaba no poseía una curva externa, se le llamaban bases scrap. Por este motivo se tenía que tallar tanto la curva externa como la curva

interna que conforman un lente para poder generar la graduación requerida. Se contaba con dos máquinas totalmente manuales con un motor posicionado verticalmente que giraba una polea y esto hacía que girara el molde, en este caso, el vidrio para poder generar la curva deseada. Debido a que no existía mucha tecnología dentro del laboratorio y la maquinaria era sumamente costosa, su producción estaba limitada solo a graduaciones esféricas. No era posible generar ningún tipo de cilindro por más pequeño que este fuera. Ya que el movimiento de estas máquinas manuales era circular y no se podrían generar otras curvas que no fuesen circulares. Entonces al lograr generar lo que era la curva externa del lente, esta se debía de refinar y pulir para posteriormente poder generar lo que era la curva interna del lente que iba a dictar la graduación. Debido a que no se contaba con una máquina especializada que generara el grosor y curva adecuada, manualmente se reducía al grosor deseado y posteriormente en el proceso de refinado y pulido se generaba la curva deseada.

De igual manera, el proceso de montaje y corte del lente era todo de forma manual. Se contaba con una máquina con un motor que hacía girar una lija, en la cual se colocaba el lente hasta reducirlo al tamaño y forma del aro. Posterior a alcanzar su forma deseada, a este se le tallaba una especie de bisel o ranura, dependiendo del tipo de aro, para que ensamblara en el aro. Su producción estaba limitada a un promedio de 18 y 15 pares de lentes al día, teniendo un récord de 22 pares de lentes en un día.

Por el crecimiento de la empresa, esta se vio forzada a introducir las graduaciones con cilindros dentro de su producción para mantenerse dentro del mercado de la salud visual. Así mismo la mayor parte de laboratorios dentro del mercado comenzaron a introducir nueva materia prima denominada bases semi-terminadas las cuales ya contaban con la curva externa y ya no se tenía que trabajar dentro del laboratorio. Esta ya contaba con el proceso de refinado y

pulido, por lo que solo se necesitaba generar dentro del laboratorio la curva interna. Hasta la fecha, se sigue utilizando este tipo de materia prima.

Se incorporó el primer generador manual, el cual era una especie de torno y dentro de él ya se podía generar la curva deseada tanto con esfera o cilindro. Esto permitió al laboratorio ofrecer al mercado nacional graduaciones combinadas. Se contó con dos distintos tipos de máquinas, una que lograba procesar un par de lentes y la otra que lograba procesar 2 pares de lentes. Dentro de estas máquinas como ya contaban con distintos tipos de mecanismos los cuales permitían hacer movimientos cilíndricos, se podría realizar el proceso de refinado y pulido dentro de ellas. Gracias a la incorporación de este tipo de mecanismo se logró reducir el tiempo de producción de lentes oftálmicos, no solo porque ya no se debía generar la curva externa, sino porque el mismo generador manual se encargaba de asignar el grosor especificado en la graduación.

En vista de que se incorporó un nuevo equipo para la generación de las curvas, se introdujo dos máquinas semiautomáticas de corte del lente. En una se realizaba el patrón y forma en la que se necesitaba el corte y la segunda era una máquina en la cual se introducía el lente y este cortaba el patrón establecido. Esto permitía que el corte del lente fuese más exacto y se redujeran los errores por su reducción. Cabe mencionar que en esta máquina ya era posible cortar plástico y vidrio. Por lo que se utilizaba una especie de esmeril distinto para cada tipo de material. Estos esmeriles se diferenciaban porque uno contaba con polvo de diamante, el cual realizaba un corte más fino para no dañar el vidrio. Al salir de esta máquina se debía matar el filo a las orillas del lente, debido a que el corte afilaba las orillas.

Posterior a esto se comenzó a modernizar más la empresa y se comenzó a tomar más el concepto de un laboratorio óptico. Se comenzó a introducir más

maquinaria y equipo automático y digital en el área de montaje del lente. El diseño del aro era palpado y su trazo era guardado y almacenado dentro de una base de datos, la cual genera un código de barras y es utilizado en los procesos de corte del lente. Se contaba con máquinas de corte de tipo industrial, en donde solo era necesario el escanear el código de barras de cada lente y este recopilaba toda la información acerca de las dimensiones, tipo de aro y demás elementos requeridos para que el corte fuese más preciso. Estas máquinas ya realizaban el bisel o ranura de tal forma que solo fuese necesario el ensamble del lente.

Debido a que ya se contaba con un tiempo de fabricación más eficiente, se optó por comenzar a introducir el plástico a la producción de lentes hace 22 años. El volumen de ventas del vidrio ocupaba el primer lugar y luego se posicionaba el plástico. Se trabajó con esos dos distintos materiales hasta que hace 16 años se introdujo el policarbonato al mercado. El policarbonato tuvo un gran impacto en los lentes, debido a que contaba con propiedades con las que no contaba el plástico y el vidrio. Este es más resistente a quebraduras y en temas de seguridad, este material era el indicado.

Cuando se introdujo el policarbonato dentro de la gama de productos ofrecidos por el laboratorio, este se vio forzado en la introducción de una máquina de aplicación de laca. Debido que el policarbonato incluso después del proceso de pulido, este siempre cuenta con imperfecciones que hay que cubrir. De igual forma, esta capa ayuda a proteger al lente de rayones o golpes. El policarbonato sin esta capa es un material muy propenso a daños.

Posterior a la introducción del policarbonato al mercado, se introdujo lo que eran unos generadores computarizados. Los cuales tallaban la curva interna del lente de forma totalmente automática. Solo era necesario ingresar los datos de

las curvas, tipo de material, espesor, entre otros; y este se encargaba de realizar la graduación especificada.

Debido a que existen distintos tipos de productos relacionados a los lentes oftálmicos, se incursionó con la aplicación del antirreflejo. Comenzó como un proceso tercerizado, en donde los lentes trabajados en el laboratorio eran enviados a Estados Unidos para que se le aplicara esta capa de antirreflejo. Este era un proceso muy tardado, ya que demoraba alrededor de 20 días hábiles. Por lo que hace 9 años se introdujo la primera máquina de antirreflejo a la empresa. La cual cuenta con una capacidad de 41 lentes por *batch*.

Con el crecimiento de la industria de los lentes y el desarrollo de nuevas tecnologías para su elaboración y fabricación, se introdujo al laboratorio lo que se le conoce como tallado libre o tallado digital. De igual forma se introdujeron nuevas máquinas de corte de lente, el cual permite realizar cortes muy exactos y permite realizar ranuras, biseles y permite facetar las orillas del lente.

El laboratorio siempre busca ir a la vanguardia con equipo, métodos, materia prima y demás. Contando actualmente con dos líneas de producción siendo esta la de tallado libre o digital y tallado convencional. Incursionando así con nueva maquinaria en el área de aplicación de antirreflejo y logrando así el posicionamiento de la empresa como tal a nivel nacional y centroamericano. Se cuenta con un segundo laboratorio en El Salvador, sin embargo, este solo cuenta con el área de tallado convencional.

1.2. Información general

A continuación, se hace una breve descripción de la empresa y la forma en que labora actualmente basado en su misión, visión según su organización.

1.2.1. Misión

Ser el complemento ideal para cualquier óptica del país, estando siempre comprometidos a brindar un servicio que cumpla y supere los requerimientos de nuestros clientes. Cuenta con una amplia gama de productos oftálmicos de la más avanzada tecnología, elaborados según los más estrictos estándares de calidad internacional, que garantizan a los clientes la seguridad de obtener los mejores productos del mercado óptico y garanticen una visión perfecta para sus pacientes.

Nuestro compromiso con los profesionales de la salud visual hace que enfoquemos nuestros esfuerzos en cinco pilares principales: precisión, calidad, garantía, puntualidad y servicio, sobre los cuales fundamentamos el trabajo de cada día.

1.2.2. Visión

Seguir innovando con productos, servicios y tecnología que contribuyan a continuar dirigiendo la tendencia del mercado óptico del país y mantener la posición de ser el laboratorio óptico líder de Guatemala. Queremos contar con recurso humano capacitado, comprometido, responsable y orientado al servicio, lo cual es fundamental para potencializar al crecimiento de la organización.

1.3. Tipo de organización

Es un laboratorio el cual mantiene una organización por funciones, es decir que cuenta con un plantel de gerencias, las cuales se encargan de la dirección y coordinación del recurso humano y materia prima de tal forma que se logre cumplir con los objetivos trazados por la junta directiva y gerencia general.

Se cuenta con gerencias como administrativa, financiera, comercial, producción y ventas. Las cuales cuentan con asistentes y delegados los cuales se encargan de mantener un alto nivel en la calidad del producto terminado, cumpliendo con las expectativas de los clientes. Brindando siempre un buen servicio al cliente y un buen trato a cada uno de los colaboradores dentro de la empresa.

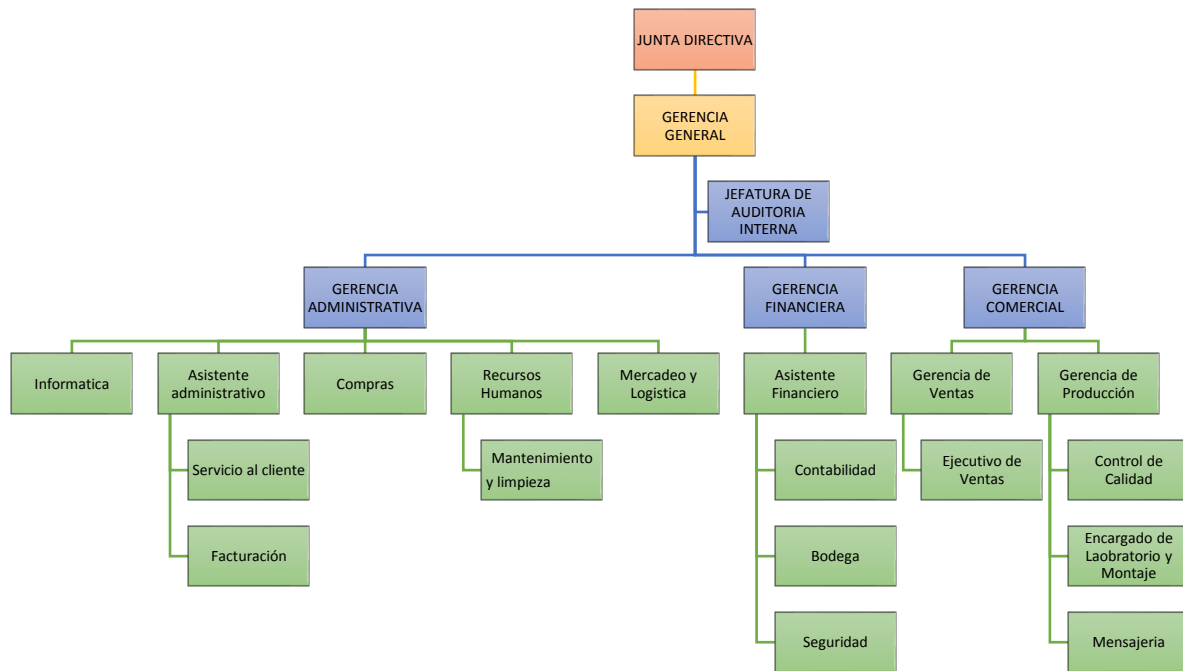
1.3.1. Organigrama

Es una herramienta que nos permite de manera gráfica representar cada uno de los puestos dentro de una empresa, con el fin de establecer el orden jerárquico de cada uno de ellos. Logra establecer las líneas de mando, estructuras departamentales y las relaciones que existen entre ellas. Existen dos tipos de organizaciones, la lineal y funcional.

El tipo de organización lineal es uno de los tipos de organización más antiguos que existe, por consiguiente, es uno de los más sencillos. Como su nombre lo indica, existen líneas únicas directas de autoridad y responsabilidad. Se puede ver representado en forma piramidal en donde los superiores transmiten información a cada una de sus áreas.

El tipo de organización funcional existe una mayor cantidad de supervisores, cada uno más especializado en la rama que desempeña. Debido a esto no existe una línea directa mando entre los superiores y los rangos medios y bajos del organigrama. En este caso cada uno de los trabajadores tiene que rendirle cuenta a varios supervisores o jefes, es decir que tienen que buscar al más adecuado en cada área para la solución de problemas.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: Laboratorio oftálmico. *Manual de inducción*. p. 6.

1.3.2. Descripción de los puestos

- Informática

Encargado de mantener en buen estado, funcionamiento y actualizado el sistema operativo con el que opera la empresa. Esta cuenta con ERP el cual mantiene en conexión todos los departamentos internos. Por consiguiente, se encarga de dar mantenimiento a los servidores y red de la institución. Se encarga

de mantener en buen estado todo el equipo de cómputo con el que se cuenta, reparando y dando servicio a las áreas administrativas, financieras y comerciales con soporte técnico.

- Asistente administrativo

Es el encargado de los departamentos de servicio al cliente y facturación. Se encarga de supervisar y lograr el correcto funcionamiento de dichos departamentos.

Así mismo, lleva un control de todas las ordenes de lentes de contacto que se reciben. Es la encargada de notificar a cada cliente si se cuenta con la graduación especificada o si es necesario realizar un pedido y establecer el plazo que tomará su entrega. Estas órdenes son especiales, ya que los lentes de contacto tienen vida útil y por el tipo uso tiene fecha de vencimiento.

También se encarga de la autorización de trabajos urgentes y especiales, esto quiere decir que se trabajan con materiales delicados. Se encarga de monitorear dichas órdenes y de que estas no sufran ninguna demora.

- Facturación

Este departamento es el encargado de facturar todas las órdenes en base a cada cliente. Es decir, que a cada óptica se le aplican los distintos cobros como materia prima, tinte, montaje, graduación, entre otros. De igual forma se encargan de aplicar los distintos descuentos y promociones establecidos por el laboratorio.

- Servicio al cliente

Este departamento se especializa directamente en atender las necesidades, solicitudes o dudas que cualquier persona o cliente pueda tener. Se encarga de brindar información precisa acerca del estado de las órdenes, precios, productos, diseños y tiempos de entrega.

- Recursos Humanos

Es el área encargada de crear los perfiles del personal que actualmente labora y que se requiere para optar a una plaza dentro de la institución. De igual forma se encarga del proceso de reclutamiento y capacitación de personal a cada una de las personas que ingresarán a laborar al establecimiento.

Una de sus funciones es autorizar permisos, verificar las horas extras y horarios de trabajo, corroborar citas agendadas al IGSS, entre otros. De tal forma que si existe alguna anomalía se realice un llamado de atención o se levante un acta.

- Mantenimiento y limpieza

Para el mantenimiento de los equipos se cuenta con el respaldo de los proveedores, quienes prestan el servicio y de esta forma mantener los mismos en óptimas condiciones. Adicional se cuenta con el personal encargado del aseo y orden dentro de laboratorio para efectos de la infraestructura.

- Compras

Es el departamento encargado de gestionar y autorizar todas las compras relacionadas con insumos, materia prima y equipo. Son los responsables de verificar órdenes de envío, agilizar tiempos de entrega y mejorar políticas de pago y precios de materia prima. Busca mantener una buena relación con los proveedores.

- Mercadeo y logística

Son los encargados del manejo de la página web y redes sociales, de tal manera que sea posible establecer promociones, ofertas o nuevos productos que se realizan dentro del laboratorio. Busca que este sea conocido a nivel nacional y centroamericano.

Así mismo, se encarga de organizar los pedidos y monitorear todo el proceso de producción, envío y entrega de las órdenes de tal forma que se cumpla con la política de entrega con la que se cuenta.

- Gerencia financiera

Su función es llevar un control del flujo de efectivo de la empresa de tal forma que se puedan establecer políticas adecuadas de cobro y pago adecuadas y sea posible realizar negociaciones con los proveedores y acreedores. Tiene a su cargo la toma de decisiones y asignación de presupuesto a las distintas áreas dentro de la empresa.

- Asistentes financieros

Son los encargados de llevar las relaciones con compas y mejorar el sistema de pago. Este lleva un control de la planilla, gastos de organización, gastos de operaciones y demás.

- Contabilidad

Es el departamento que encarga del control de todas las cuentas por cobrar y por pagar de la empresa. Se encargan de llevar un control de todas las facturas dentro de la empresa y organizarlas por número de serie, facturas anuladas, entre otros. De la misma forma se encarga de seleccionar las facturas por clientes para que estas, una vez el pago sea realizado, estas sean enviadas a su destinatario.

- Bodega

Son los encargados de organizar y administrar toda la materia prima e insumos con los que cuenta la empresa. Son los encargados de surtir al área de producción todas las órdenes que se facturan dentro del laboratorio.

En esta sección se realizan pruebas y se inspecciona cierta materia prima que será utilizada para trabajos especiales u trabajos delicados. Esto se realiza para determinar si estas no poseen imperfecciones para que pueda ser trabajada y de ser necesario que se realicen los reclamos pertinentes a los proveedores.

Se encargan de realizar reportes diarios de todas las reposiciones diarias que ocurren dentro del laboratorio. Especificando el operario, instancia del proceso y fallo específico que sufrió.

Son los encargados de llevar un control de toda la materia prima e insumos que ingresan, por lo que se encargan de realizar inventarios periódicamente con el fin de notificar cuando se necesita realizar una compra de algún producto.

- Gerencia de ventas

Encargado de establecer y autorizar distintas políticas de ventas o promociones para las ópticas que iniciarán a fabricar sus lentes con el laboratorio. Es el encargado de establecer metas de ventas a los distintos vendedores a nivel nacional y departamental.

Es el encargado de las relaciones con todos clientes a nivel centroamericano, trabajando con clientes de alto impacto. Busca el posicionamiento de la empresa a nivel internacional.

- Ejecutivos de ventas

Son los encargados de mantener al margen a la competencia en relación de la elaboración de lentes oftálmicos a nivel nacional. Su función es visitar a los distintos clientes, en este caso, ópticas para mejorar el servicio y lograr ofrecer nuevos productos y diseños que mantienen al laboratorio a la vanguardia en la salud visual.

- Gerencia de producción

Se encarga de determinar que la producción de lentes oftálmicos cumpla con los tiempos de elaboración y fechas de entrega determinados. Busca la asignación de recursos y maquinaria adecuada de tal manera que se logre satisfacer con la demanda diaria.

- Control de calidad

Son los encargados de determinar si el producto terminado cumple con los requerimientos de la receta prescrita, es decir, que este tenga la graduación indicada, si se le aplicó antirreflejo o no se aplicó esta capa, si la materia prima es la indicada, entre otros. Así mismo, verifica que no tenga ninguna imperfección y que el lente sea estético para cumplir con las expectativas del cliente.

- Encargado de laboratorio y montaje

Se encarga de abrir el laboratorio y encender toda la maquinaria y equipo utilizada en el proceso de elaboración de lentes oftálmicos. Se encarga de dirigir y organizar el personal de tal forma que se logre mejorar el flujo de material en proceso. Se encarga de mantener monitoreadas ordenes, de tal forma que logre organizar a los mensajeros, quienes se encargan de entregar todo el producto terminado a cada cliente.

- Mensajería

Son los encargados de organizar, repartir y entregar a tiempo todo el producto terminado a las distintas ópticas a nivel nacional. Para todas aquellas ópticas que son internacionales o departamentales, se encargan de entregarlos en el correo o encomienda indicado.

1.4. Planteamiento de la distribución interna y manejo de materiales

Para un planteamiento adecuado de la distribución interna, se es necesario tomar en cuenta factores que interactúen con los operarios y colaboradores la

mayor parte del tiempo, por ello es necesario el cálculo de la iluminación, cuellos de botella, estudios de tiempos, reposiciones, diagramas, entre otros.

1.4.1. Cuellos de botella

Los cuellos de botella en un proceso productivo se pueden establecer como todas aquellas operaciones o elementos que reducen la capacidad de la empresa. Se puede establecer como los puntos en donde se acumula mayor cantidad de trabajo, debido a que tiempos de procesamientos muy largos, provocando tiempos de espera y demoras a todo el material en proceso.

Dentro del proceso de elaboración de lentes oftálmicos existen diversos cuellos de botella, tanto en el tallado convencional como en el tallado digital. Estos cuellos de botella pueden ser representados como demoras en un diagrama de flujo de procesos. En el tallado convencional existen tres cuellos de botella al igual que en el tallado digital.

1.4.2. Tiempos de ocio

El tiempo de ocio se considera cuando una persona, empleado u operario dedica tiempo a realizar actividades ajenas al trabajo, es decir, que estas no tienen relación alguna con el rol que desempeñan dentro del establecimiento. Para un operario puede ser representado como el tiempo en el que no tiene materia prima para procesar o maquinar.

Estos tiempos de ocio tienden a incrementar cuando las operaciones son muy repetitivas.

1.4.3. Reposiciones

Se conocen internamente en la empresa como todos aquellos lentes que inician su proceso de transformación y el lente en algún punto se daña por errores humanos, errores en el maquinado o condiciones ajenas, las cuales ya no tienen corrección y se debe iniciar de nuevo todo el proceso de elaboración del lente dañado. Entre las más comunes se pueden mencionar las siguientes:

- Lentes aberrados: este un 90 % ocurre por el sobrecalentamiento del lente que se está trabajando. El otro 10 % ocurre por el tema del espesor del lente, esto quiere decir que el lente es más delgado del mínimo especificado por el software. Este último ocurre en su mayor parte por las especificaciones del cliente, ya que desea un lente más estético y se debe de modificar el grosor previo a ser generado. Un lente aberrado se puede identificar al momento de inspeccionar la graduación en un lensometro, este no dictará la misma graduación en cualquier punto. Esto quiere decir que hay una variación en el paso de la luz a través del lente. Lo que se busca en un lente es que el paso de la luz sea uniforme y al no cumplir con este principio es que ocurre una distorsión de la graduación del lente.
- Imperfecciones por la cara externa: menciona toda la materia prima que es inspeccionada y no se detecta la imperfección hasta el control de calidad. Esta puede ser una burbuja, que es un defecto de la materia prima; o puede ser algún golpe.
- Lentes deformes: ocurre cuando se coloca de manera inadecuada la pegatina al momento de bloquear el lente para su proceso de corte. Por la misma presión que ejerce la máquina y mal posicionamiento del block, crea una deformación en el lente.

- Error de transposición: ocurre cuando el colaborador que ingresa las órdenes al software ingresa un valor erróneo. Esto quiere decir que ingresa incorrectamente alguna graduación por sus signos, ya sea positivo o negativo, adición, distancia pupilar, tipo de aro, entre otros.
- Mala graduación: este error es más común en el área de tallado convencional. Se debe a que, en el proceso de refinado, si no se cuenta con el molde que contiene la curva exacta del lente, se genera una variación.

1.4.4. Diagrama de operaciones

Este diagrama es la representación gráfica de un proceso, principalmente productivo, en donde se muestra el orden lógico de las distintas operaciones e inspecciones durante todo el proceso. Este posee una leve descripción de las distintas operaciones de su lado derecho y su duración con exactitud en el lado izquierdo de cada símbolo. Sus acciones son:

- Operación: es cuando el material en proceso incurre en una transformación física o química, esta se representa mediante un círculo.
- Inspección: esta ocurre cuando el material es examinado y se determina si cumple o no cumple con las características adecuadas. Es representado con un cuadrado.

Estos símbolos están unidos por líneas, los cuales muestran la secuencia en la cual es realizado dicho proceso o procedimiento. Este diagrama por lo general es el más utilizado para realizar un balance de líneas. El proceso de lentes oftálmicos está representados por órdenes de trabajo, es decir, cada orden está integrada por dos lentes por trabajar (ojo derecho y ojo izquierdo) y

están representados en los distintos diagramas de operaciones que se muestran a continuación:

Figura 2. **Diagrama de operaciones tallado convencional**

Diagrama: tallado convencional de lentes

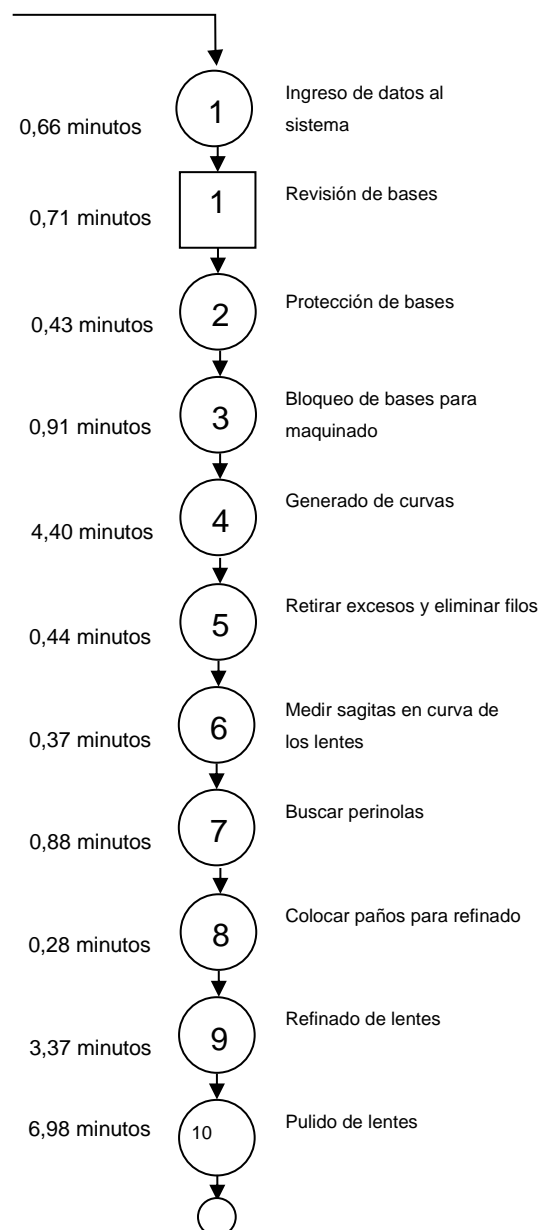
Inicio: bodega

Fin: empaque

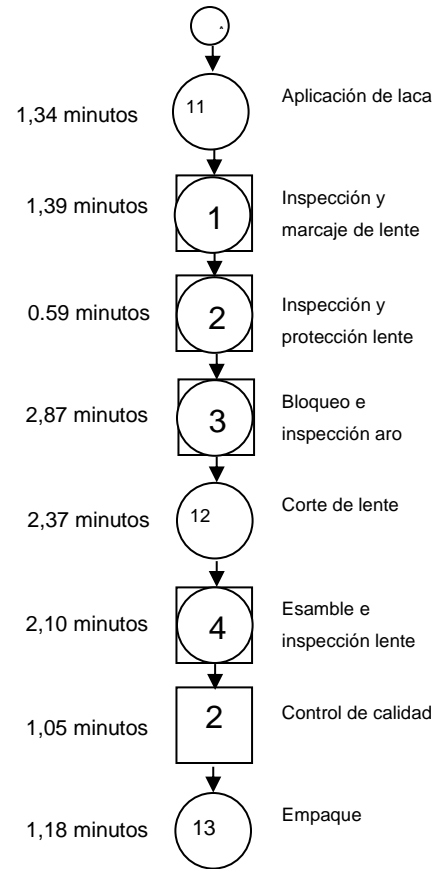
Diagrama No. 1

Método: actual

Realizó: Javier Ponce



Continuación figura 2.



Fuente: elaboración propia.

Tabla I. **Resumen tallado convencional**

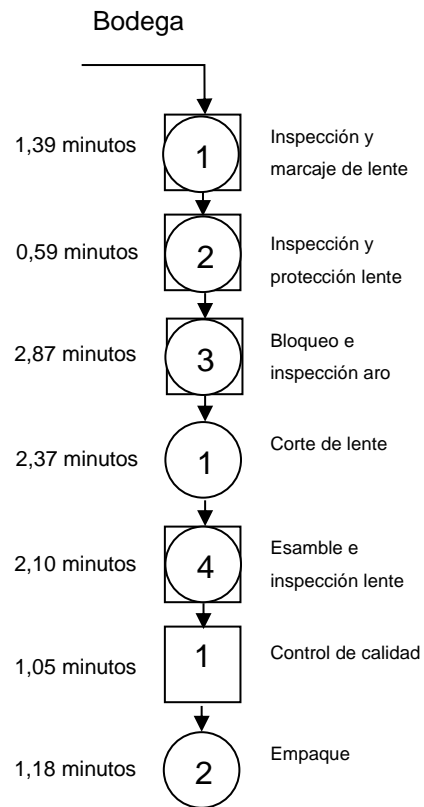
Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]
Operación	13	23,61
Inspección	2	1,76
Ins/Op	4	6,95
TOTAL [Min]		32,32
TOTAL [Hr]		0,54

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Diagrama operaciones montaje graduaciones comunes actual**

Diagrama: montaje graduaciones comunes
 Inicio: bodega
 Fin: empaque

Diagrama No. 2
 Método: actual
 Realizó: Javier Ponce



Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Resumen diagrama operaciones graduaciones comunes**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]
Operación	2	3,55
Inspección	1	1,05
Ins/Op	4	6,95
TOTAL [Min]		11,55

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Diagrama de operaciones tallado digital actual**

Diagrama: diagrama de operaciones tallado digital

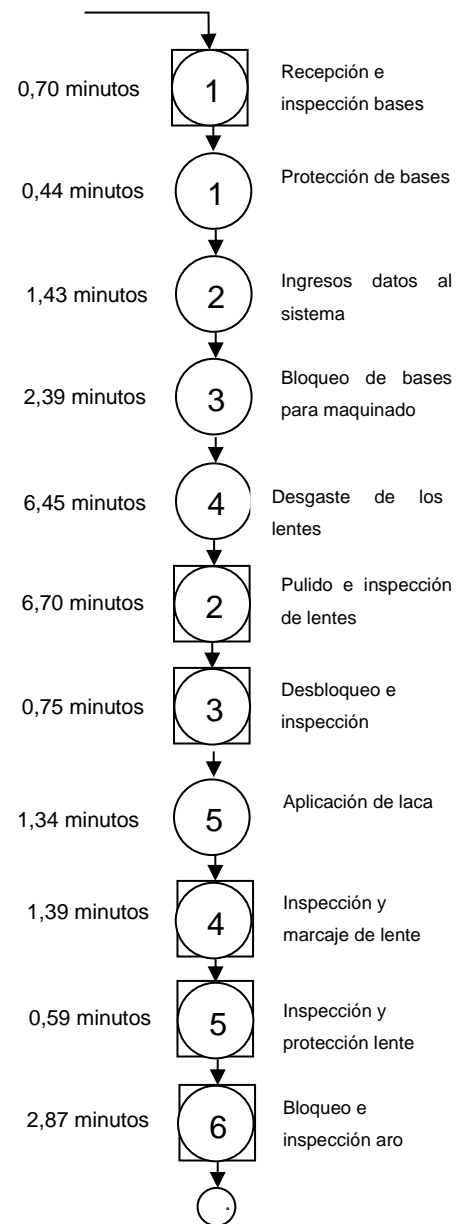
Inicio: bodega

Fin: empaque

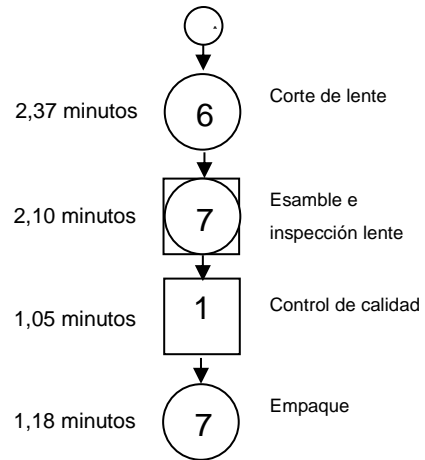
Diagrama No. 3

Método: actual

Realizó: Javier Ponce



Continuación figura 4.



Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Resumen diagrama operaciones tallado digital actual**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]
Operación	7	15,70
Inspección	1	1,05
Ins/Op	7	15,10
TOTAL [Min]		31,85
TOTAL [Hr]		0,53

Fuente: elaboración propia.

1.4.5. Diagramas de flujo

Este tipo de diagrama es una representación gráfica de un proceso, en su mayor parte productivo, que utiliza símbolos para para reflejar paso a paso el mismo. Este contiene una breve descripción de cada paso y su duración. Estos símbolos se encuentran unidos mediante líneas, las cuales establecen el orden lógico del proceso. Entre las acciones más comunes se pueden encontrar:

- Operación: es cuando el material en proceso incurre en una transformación física o química, esta se representa mediante un círculo.
- Inspección: esta ocurre cuando el material es examinado y se determina si cumple o no cumple con las características adecuadas. Es representado con un cuadrado.
- Demora: son todos los retrasos presentes en el proceso, estas pueden ser los cuellos de botella. Se representa con una letra D.
- Transporte: se considera cuando el material en proceso recorre una distancia mayor a 1,5 metros de distancia entre operaciones. Esta se representa con una flecha.
- Almacenamiento: ocurre cuando se posee almacenado algún material, en este caso puede ser materia prima o producto terminado. Se representa con un triángulo.
- Operaciones combinadas: esta ocurre cuando se realizan dos actividades al mismo tiempo, la más común se operación/inspección. Se representa con un círculo dentro de un cuadrado.

A continuación, se muestran los diagramas de flujo del proceso de elaboración de lentes oftálmicos:

Figura 5. Diagrama de flujo tallado convencional

Diagrama: diagrama de flujo tallado convencional

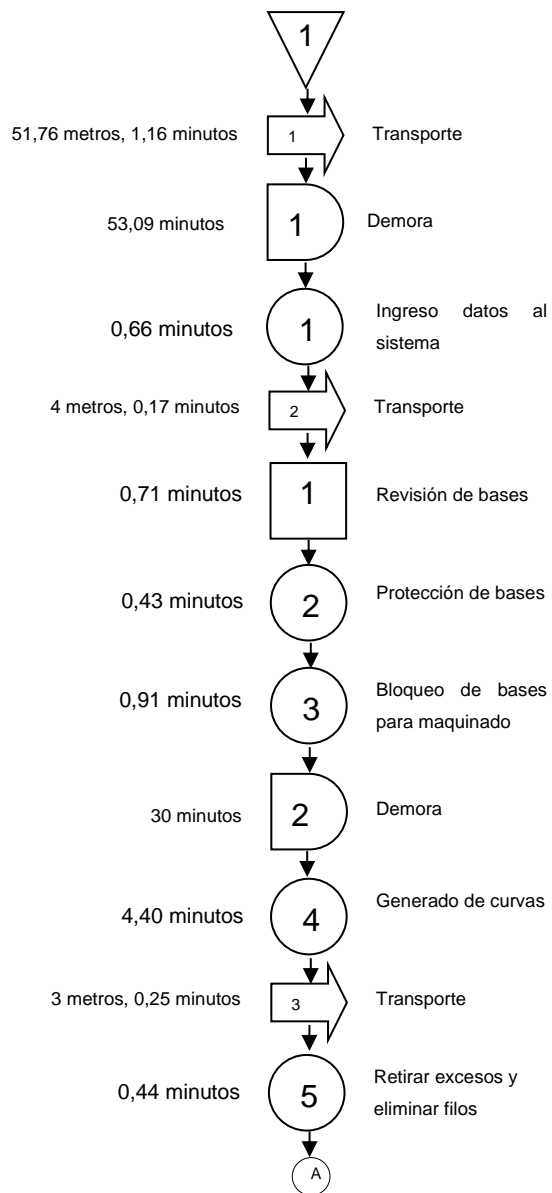
Inicio: bodega

Fin: producto terminado

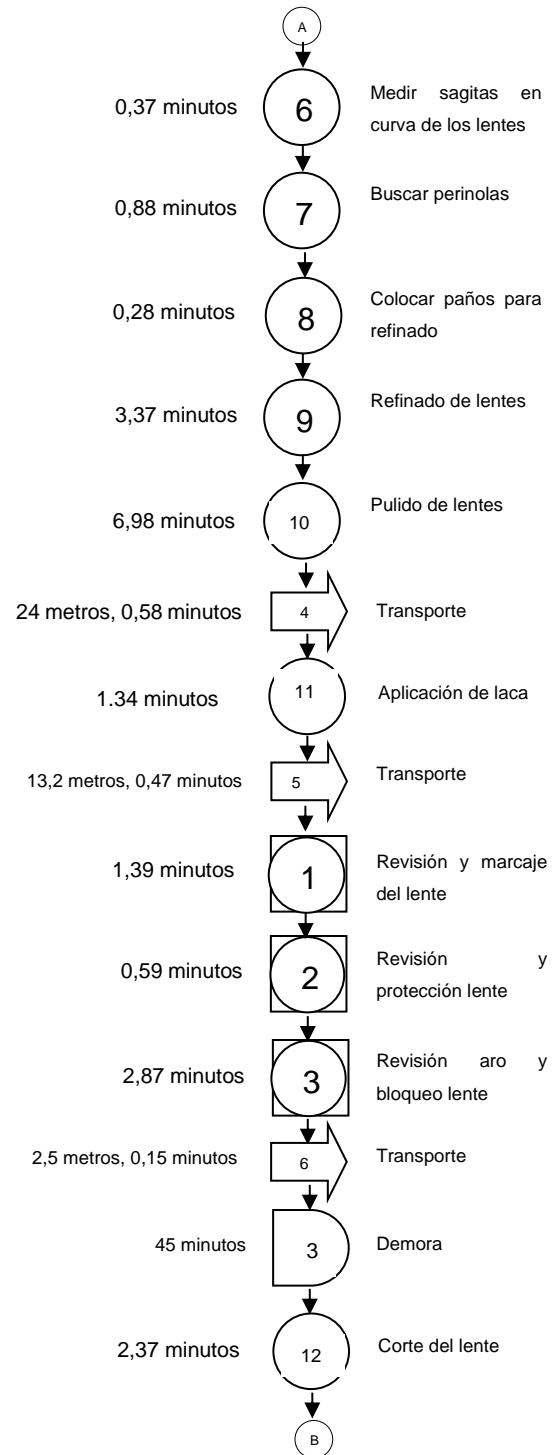
Diagrama No. 4

Método: actual

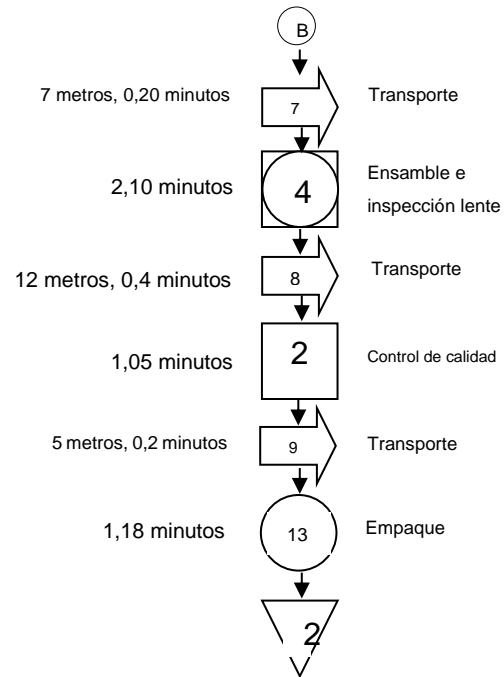
Realizó: Javier Ponce



Continuación figura 5.



Continuación figura 5.



Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Resumen diagrama flujo tallado convencional**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[m]
Operación	13	23,61	0
Inspección	2	1,76	0
Ins/Op	4	6,95	0
Demora	3	128,09	0
Transporte	9	3,58	122,46
TOTAL [Min]		163,99	0
TOTAL [Hr]		2,73	0
TOTAL [m]		0	122,46

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Diagrama de flujo graduaciones comunes actual**

Diagrama: montaje graduaciones comunes

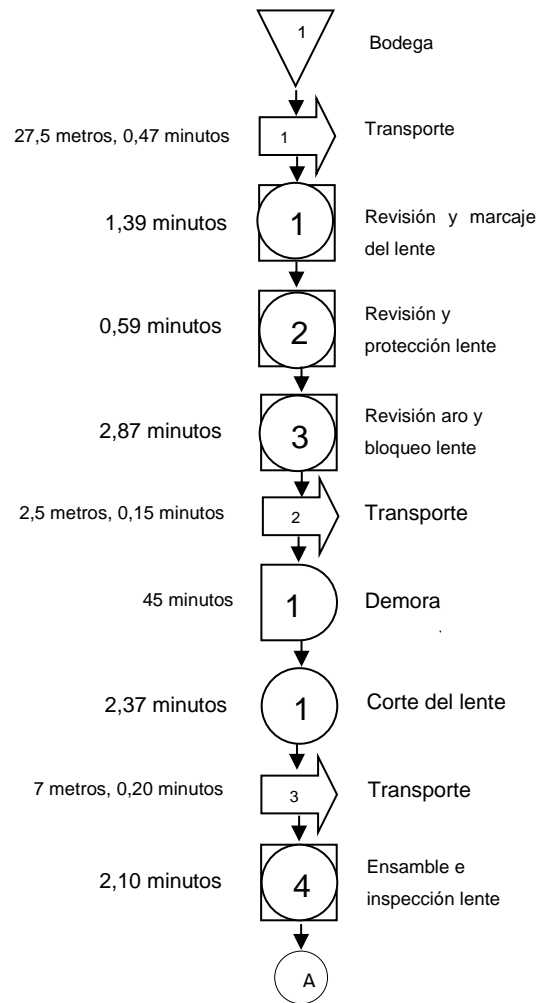
Inicio: bodega

Fin: empaque

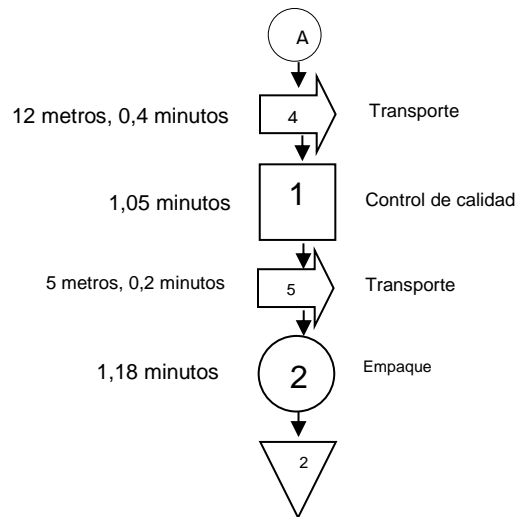
Diagrama No. 5

Método: actual

Realizó: Javier Ponce



Continuación figura 6.



Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Resumen diagrama flujo graduaciones comunes actual**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[m]
Operación	2	3,55	0
Inspección	1	1,05	0
Ins/Op	4	6,95	0
Demora	1	45	0
Transporte	5	1,42	54
TOTAL [Min]		57,98	0
TOTAL [Hr]		0,97	0
TOTAL[m]			54

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Diagrama de flujo tallado digital actual

Diagrama: tallado de lentes digital

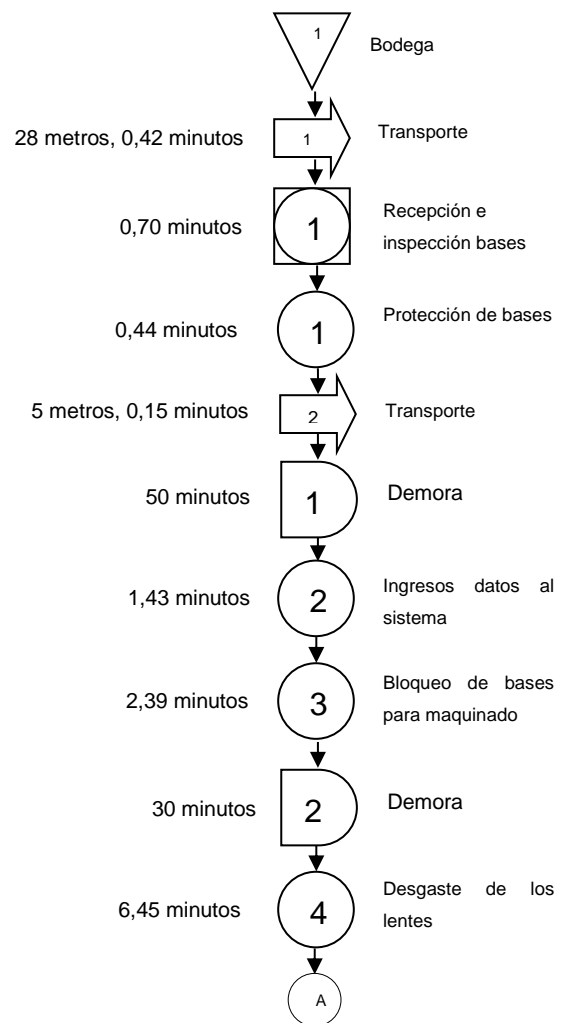
Inicio: bodega

Fin: empaque

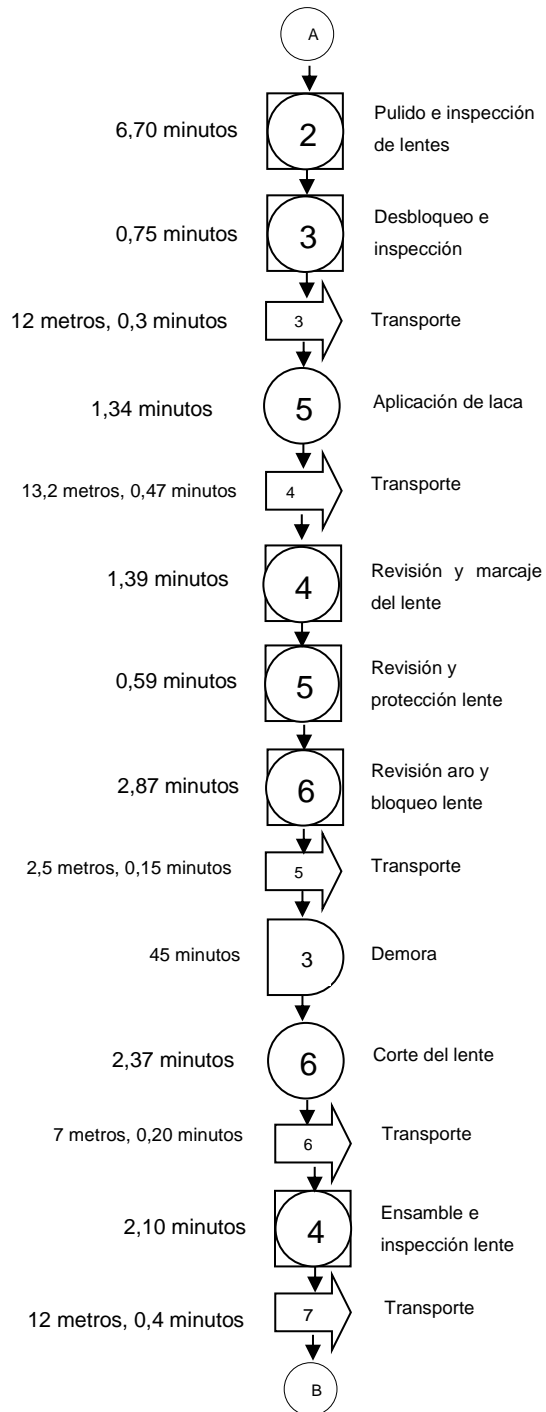
Diagrama No. 6

Método: actual

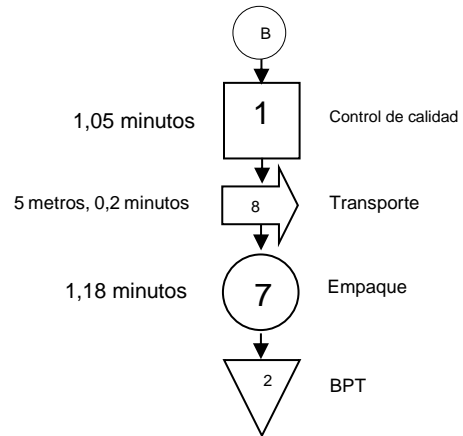
Realizó: Javier Ponce



Continuación figura 7.



Continuación figura 7.



Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Resumen diagrama flujo tallado digital actual**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[m]
Operación	7	15,7	0
Inspección	1	1,05	0
Ins/Op	7	15,10	0
Demora	3	125	0
Transporte	8	2,29	84,70
TOTAL [Min]		159,14	0
TOTAL [Hr]		2,65	0
TOTAL [m]			84,70

Fuente: elaboración propia.

1.4.6. Diagrama de recorrido

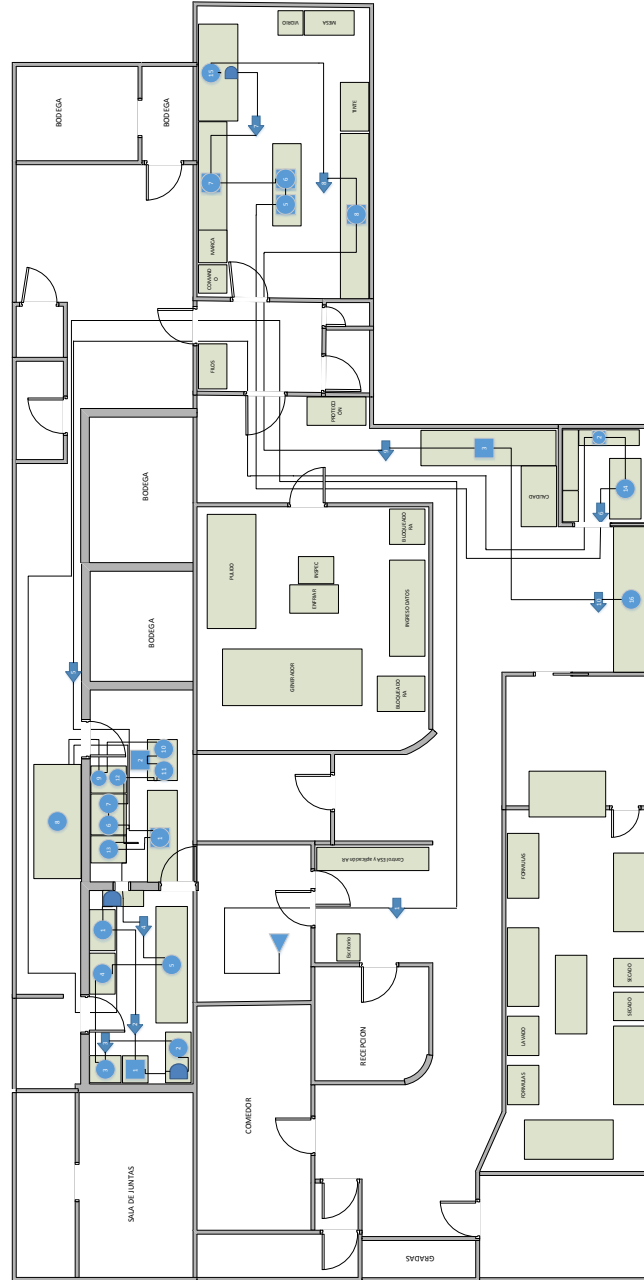
Es la representación gráfica de un diagrama de flujo sobre un plano. Este permite ver el recorrido del proceso en vista de planta. Debido a que es una

representación sobre un plano de un diagrama de flujo, este utiliza los mismos símbolos que este diagrama. Su diferencia es que estos símbolos se colocan en el punto exacto en el plano donde se realiza cada operación. De esta forma se logra establecer el recorrido que tiene el proceso y como se plantea la distribución actual. Su principal función es determinar problemas en el proceso y determinar sus mejoras. Este diagrama debe cumplir con ciertos principios, los cuales son:

- Integración: esto hace referencia a que todos los elementos envueltos en el proceso productivo, es decir, maquinaria, personal, materia prima, entre otros; se encuentren conectados y funcionen como uno solo.
- Mínima distancia recorrida: este principio busca que exista la menor distancia que recorra el personal o el material en proceso.
- Disminución de cruces: busca evitar los cruces entre las operaciones realizadas en el proceso, de tal forma que no existan accidentes entre operarios o el material en proceso sufra daños o exista confusión por cruces.
- Volumen ocupado: que el espacio de trabajo sea el indicado, de tal forma que sea posible el aprovechamiento del volumen disponible en base a la maquinaria y área de trabajo.
- Flujo de material: la organización de los procesos en base al orden en el que se realizan.

A continuación, se muestran los diagramas de recorrido del proceso de elaboración de lentes oftálmicos:

Figura 8. Diagrama de recorrido tallado convencional actual



Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Resumen tallado convencional actual**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[m]
Operación	13	23,61	0
Inspección	2	1,76	0
Ins/Op	4	6,95	0
Demora	3	128,09	0
Transporte	9	3,58	122,46
TOTAL [Min]		163,99	0
TOTAL [Hr]		2,73	0
TOTAL [m]		0	122,46

Fuente: elaboración propia

Figura 9. Diagrama de recorrido tallado digital actual

Diagrama: tallado de lentes digital

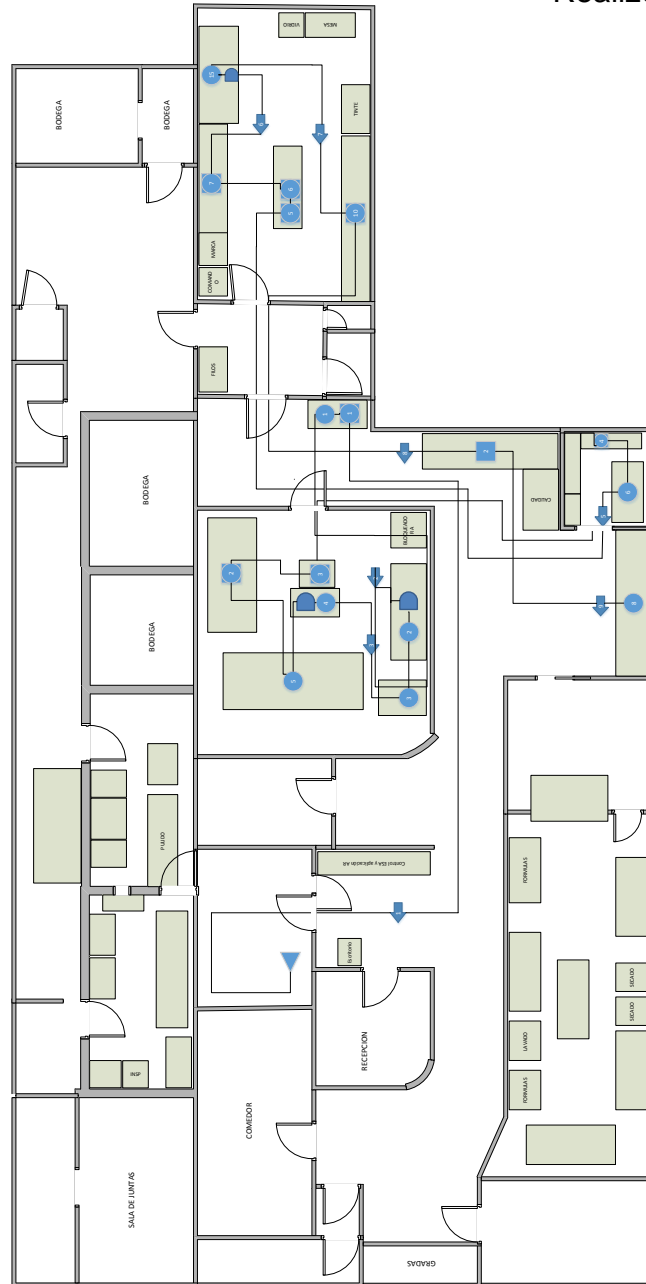
Inicio: bodega

Fin: empaque

Diagrama No. 8

Método: actual

Realizó: Javier Ponce



Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Resumen tallado digital actual**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[m]
Operación	7	15,7	0
Inspección	1	1,05	0
Ins/Op	7	15,10	0
Demora	3	125	0
Transporte	8	2,29	84,70
TOTAL [Min]		159,14	0
TOTAL [Hr]		2,65	0
TOTAL [m]			84,70

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Diagrama de recorrido graduaciones comunes actual**

Diagrama: montaje lentes graduaciones comunes

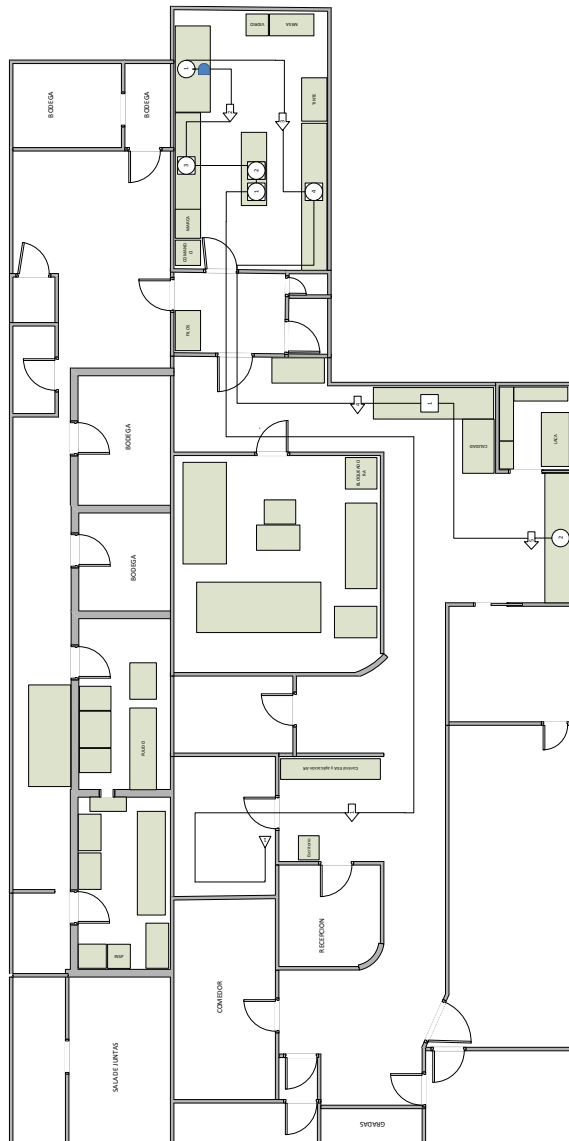
Diagrama No. 9

Inicio: bodega

Método: actual

Fin: empaque

Realizó: Javier Ponce



Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Resumen graduaciones comunes actual**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[m]
Operación	2	3,55	0
Inspección	1	1,05	0
Ins/Op	4	6,95	0
Demora	1	45	0
Transporte	5	1,42	54
TOTAL [Min]		57,98	0
TOTAL [Hr]		0,97	0
TOTAL[m]		0	54

Fuente: elaboración propia.

- Balance líneas

Una vez planteados los distintos diagramas, existen herramientas las cuales nos ayudan a su análisis. Una de las herramientas más poderosas es el balance de líneas, el cual utiliza como base el análisis de los diagramas de operaciones. Es una herramienta utilizada para el análisis y evaluación de procesos productivos con el fin de mejorar el rendimiento de las líneas productivas mejorando la productividad de una empresa. Busca establecer un tiempo de ciclo del proceso:

$$T_C = \frac{T_D * Eficiencia}{P_D}$$

Permite establecer estaciones de trabajo con el fin del aprovechamiento del tiempo, por lo cual se establece la cantidad de estaciones en una línea:

$$NE = \frac{\sum T_S}{T_C}$$

Una vez obtenido el número de estaciones requerido en la línea, se prosigue a elaborar las estaciones de trabajo. Estas se agrupan de forma secuencial donde se cumpla la siguiente expresión:

$$\sum T_S \leq T_C$$

De igual forma permite establecer el ritmo de producción diario que posee la línea:

$$\text{Ritmo productivo} = \frac{T_D * \text{eficiencia}}{T_{SL}}$$

Como objeto de estudio y mejor utilización de los recursos con los que se cuentan es posible la determinación de la cantidad de operarios requeridos en la línea para ello se establece un índice de operarios denotado en la siguiente ecuación:

$$\text{Indice} = \frac{P_D}{T_D}$$

Posteriormente, se sustituye el índice en la siguiente ecuación para determinar la cantidad de operarios:

$$NO = \frac{T_S * \text{indice}}{\text{eficiencia}}$$

Por último, es posible establecer la operación más lenta:

$$O_L = \frac{T_S}{NO}$$

- Diagrama hombre/máquina

Así mismo, otra de las herramientas que nos ayudan a visualizar de una forma más detallada cada una de las operaciones que se realizan dentro de un proceso productivo son los diagramas hombre/ máquina. Este procedimiento tiene un enfoque más específico

Como su nombre lo indica, establece una relación entre el trabajador y la máquina. Busca asignar trabajo a un operario de tal forma que se utilice al máximo el tiempo disponible reduciendo los tiempos de ocio y tiempos muertos. Permite visualizar los tiempos de trabajo de actividades simples y múltiples. Utiliza la siguiente simbología:

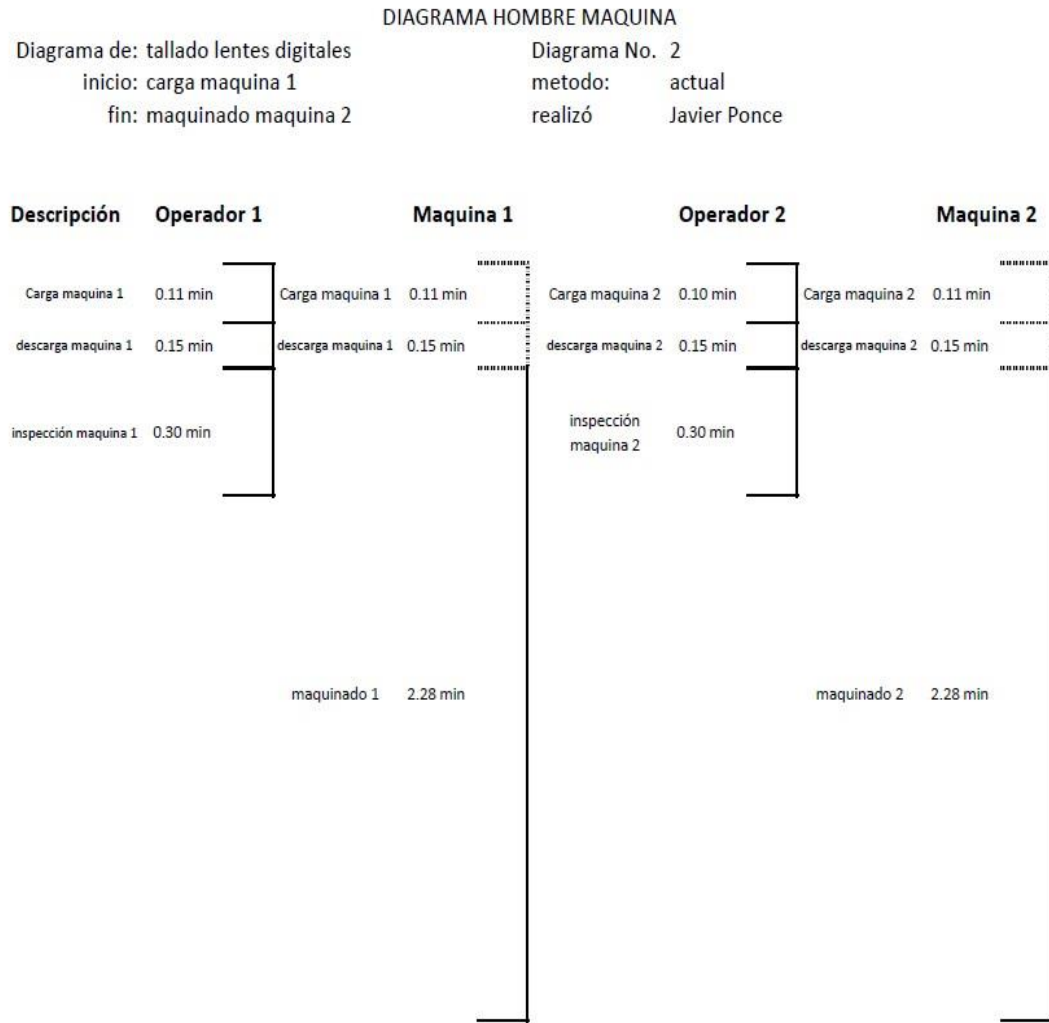
- Operaciones: línea continua
- Carga y descarga: línea discontinua
- Si no trabaja: en blanco

Este diagrama se trabaja de izquierda a derecha en orden cronológico. Consiste en conocer el tiempo en que intervienen las operaciones tanto de un operario como de una máquina. Con esta información es posible la asignación de operarios y máquinas para mejorar su eficiencia. Para realizar los diagramas es necesario cumplir con los siguientes pasos:

- Establecer la operación que se desea diagramar.
- Determinar el inicio y final del ciclo que se desea diagramar.
- Determinar los elementos que conforman la operación para dividirlos y establecer su duración.

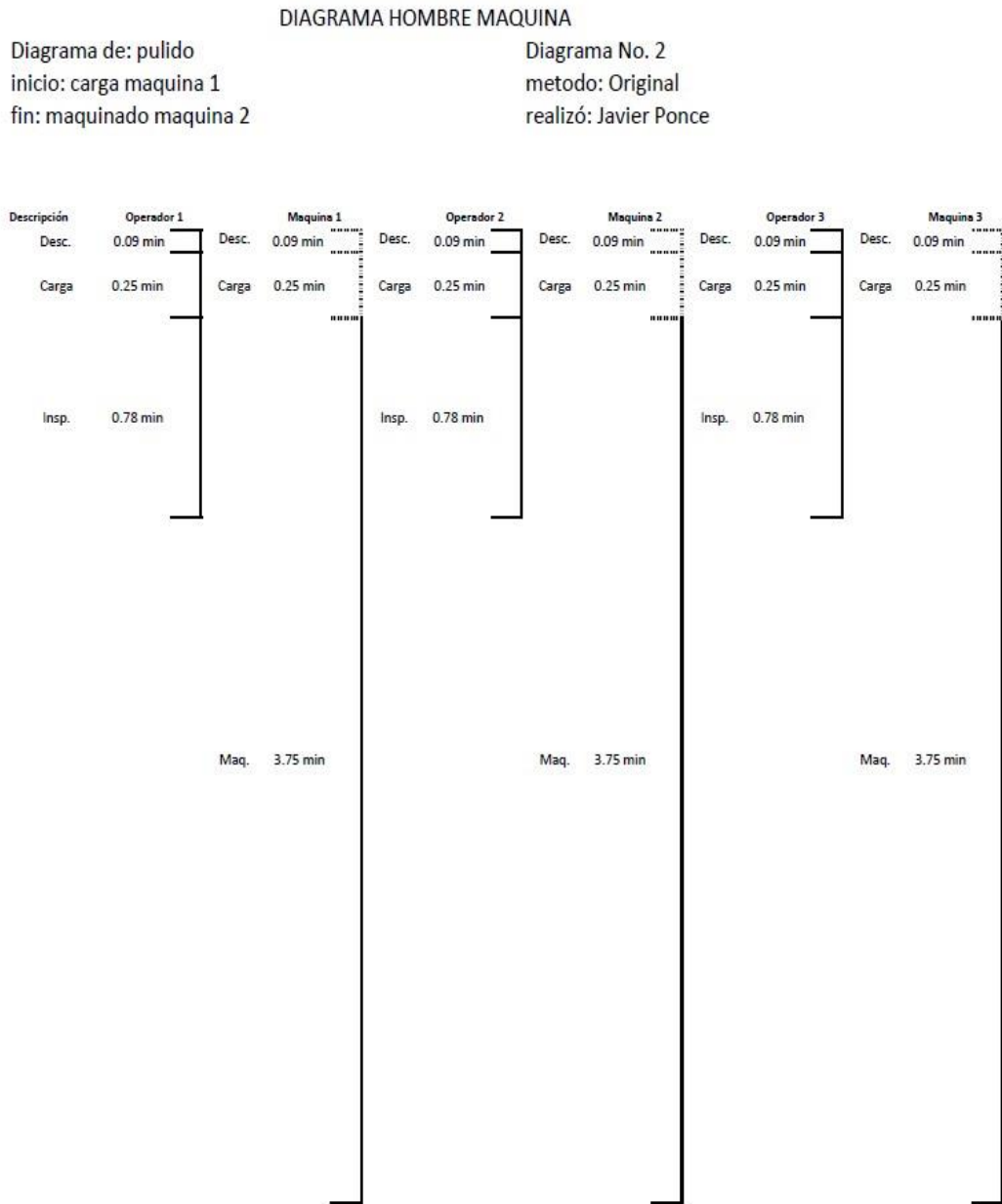
A continuación, se muestran los diagramas hombre/máquina actuales dentro de la empresa:

Figura 11. **Hombre/máquina tallado digital actual**



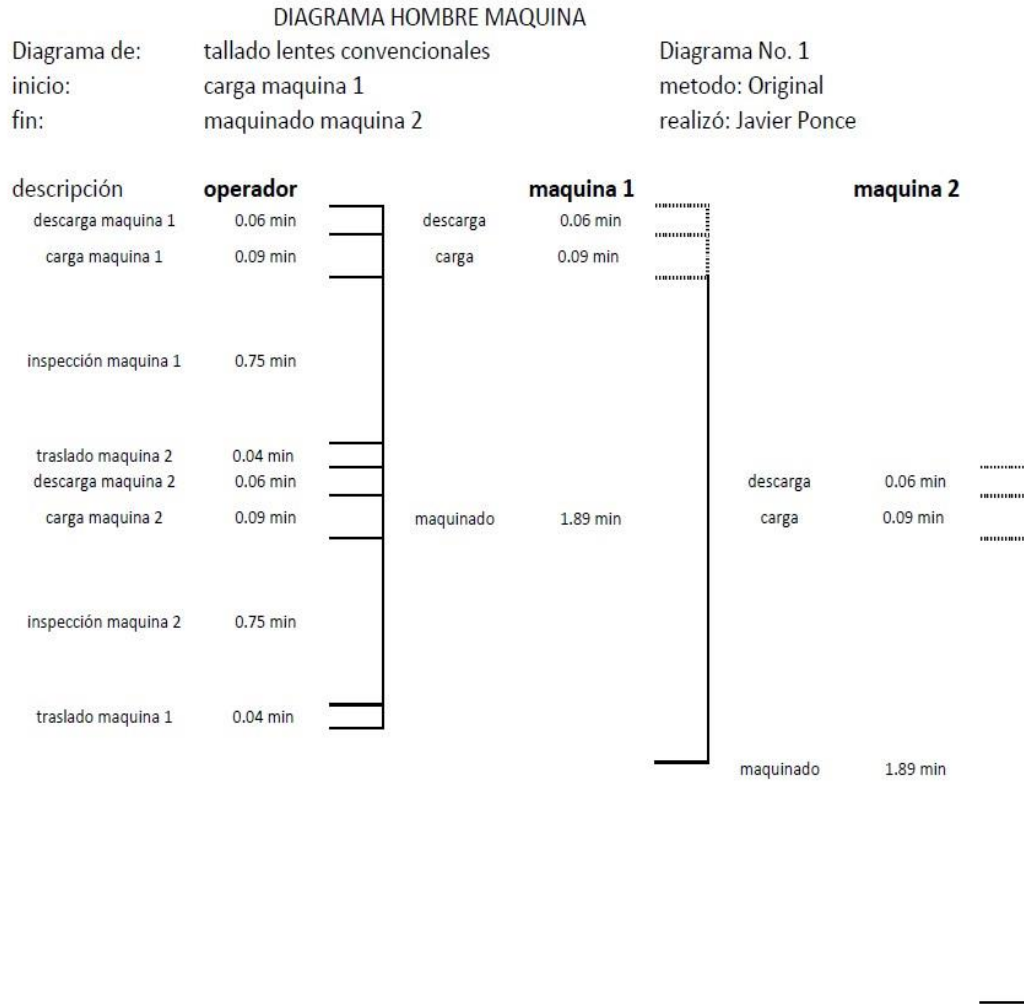
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Hombre/máquina pulido digital actual**



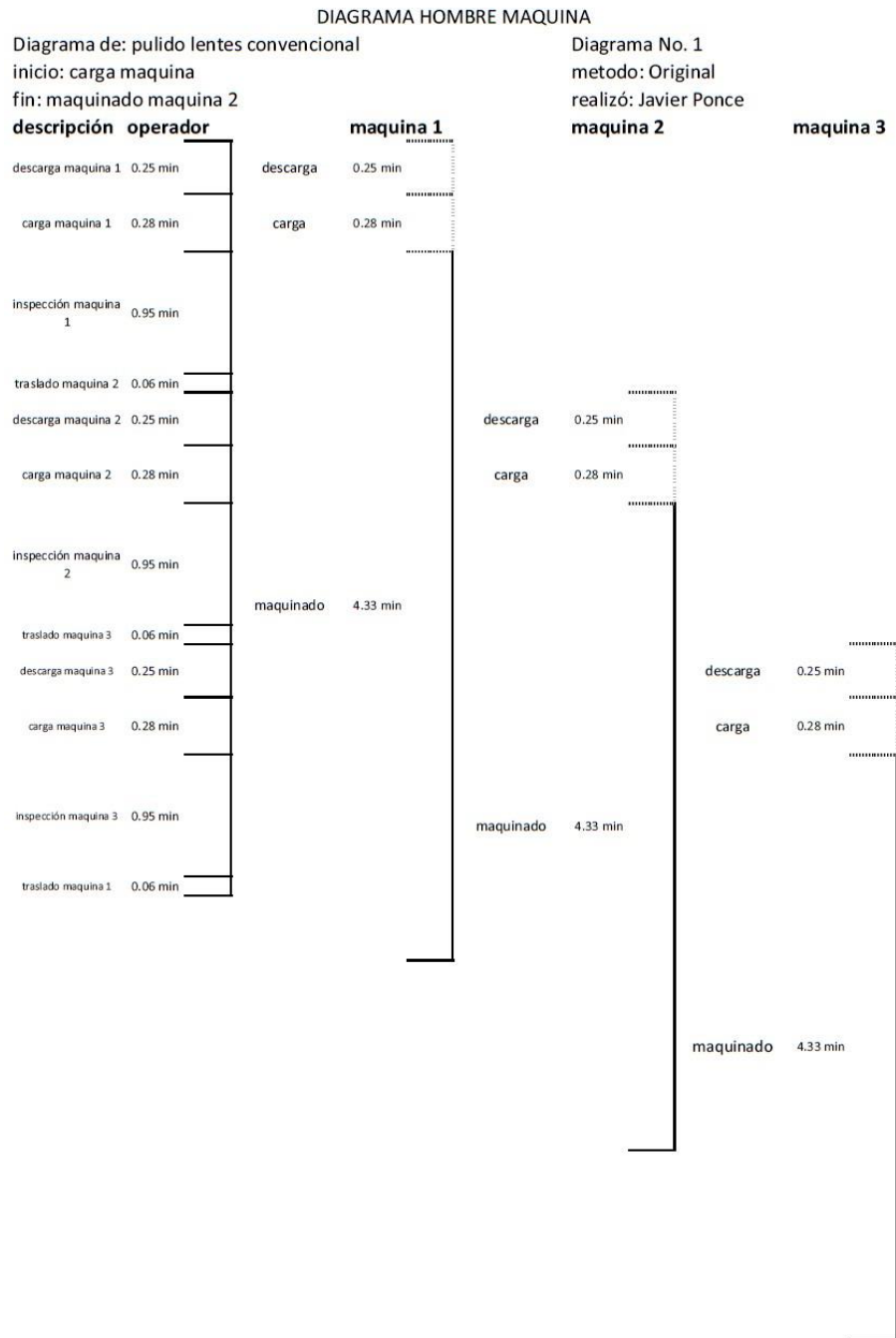
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Hombre/máquina tallado convencional actual**



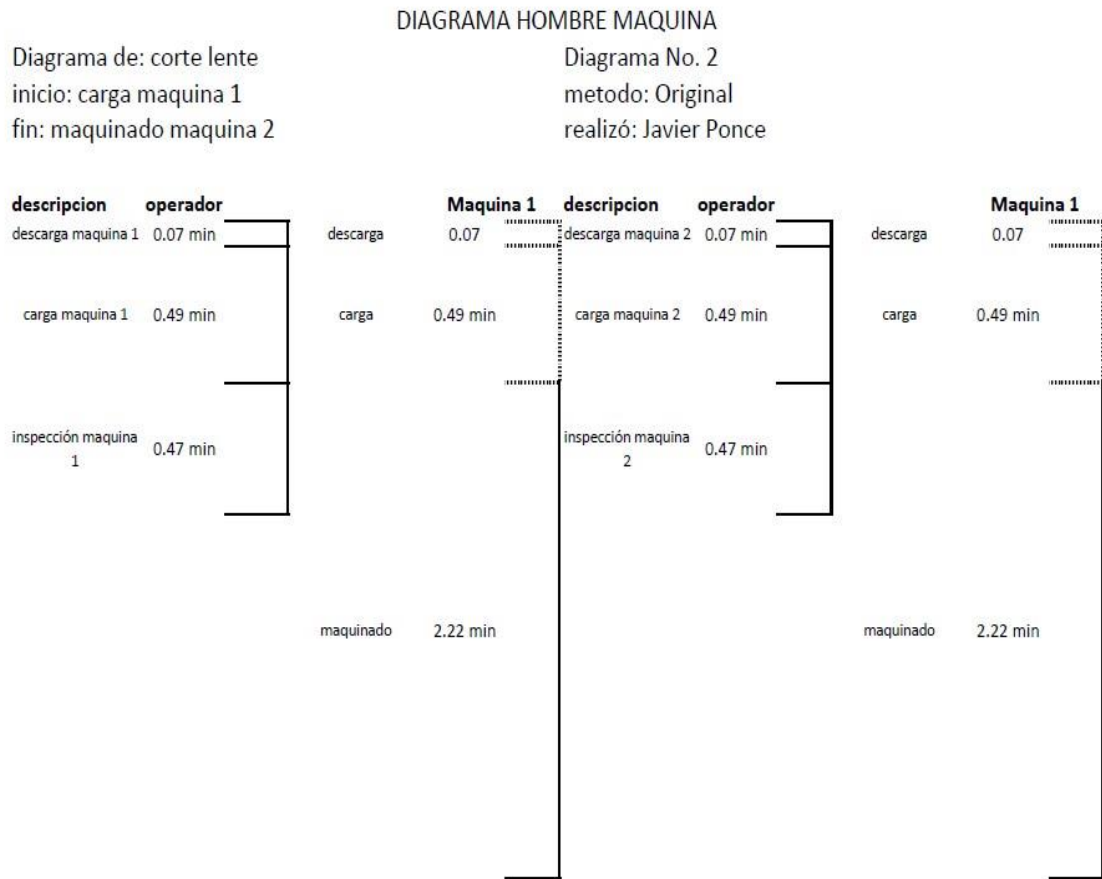
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Hombre/máquina pulido convencional actual**



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Hombre/máquina corte de lente actual**



Fuente: elaboración propia.


















- Diagramas bimanuales

Por último, tenemos otro diagrama el cual nos permite el análisis de los micro movimientos. Es conocido como diagrama bimanual y es un diagrama utilizado para el análisis de las operaciones, en donde su análisis se fundamenta en los movimientos que se realizan con la mano izquierda y mano derecha. Su finalidad es la utilización de ambas manos al máximo de tal forma que se eviten

los movimientos ineficientes mediante la asignación de trabajos equitativos y acomodación de área de trabajo adecuada.

Utiliza una cantidad de 17 movimientos o Therbligs, los cuales describen los distintos movimientos que un operario puede realizar en su área de trabajo, estos se representan en la siguiente tabla:

Tabla X. **Therbligs**

Therbligs en español		Therbligs en inglés		Color distintivo	Símbolo
Nombre	Abreviatura	Nombre	Abreviatura		
Buscar	B	Search	S	Negro	
Seleccionar	SE	Select	SE	Gris claro	
Tomar o asir	T	Grasp	G	Rojo lago	
Alcanzar	AL	Reach	RE	Verde olivo	
Mover	M	Move	M	Verde	
Sostener	SO	Hold	H	Ocre dorado	
Soltar	SL	Release	RL	Carmin	
Colocar en posición	P	Position	P	Azul	
Precolocar en posición	PP	Pre-position	PP	Azul cielo	
Inspeccionar	I	Inspect	I	Ocre quemado	
Ensamblar	E	Assemble	A	Violeta oscuro	
Desensamblar	DE	Disassemble	DA	Violeta claro	
Usar	U	use	U	Púrpura	
Demora o retraso inevitable	DI	unavoidable delay	UD	Amarillo ocre	
Demora o retraso evitable	DEv	avoidable delay	AD	Amarillo limón	
Planear	PL	plan	PL	Castaño o café	
Descansar para contrarrestar la fatiga	DES	rest to overcome fatigue	R	Naranja	

Fuente: BLANCO, Renata. *Ingeniería de métodos. Introducción a la ingeniería de métodos.* p. 33.

1.5. Distribución de planta

La distribución de una planta consiste en el posicionamiento de maquinaria y equipo dentro de áreas de trabajo de tal forma que se utilice de manera adecuada el espacio físico con el que se cuenta, tomando en cuenta el proceso que se realiza. Principal objetivo es la optimización de los procesos de una empresa, de tal forma que esta sea productiva y eficiente. Esto quiere decir que se puede mejorar el tiempo de entrega del producto terminado, desde que se hace el pedido hasta el momento de su entrega, reducción de los espacios utilizados, mejor supervisión, reducción o disminución de los retrasos que pueden ocurrir durante la producción, entre otros.

Es necesario tener en cuenta el espacio necesario que requiere el personal para realizar sus funciones y que tanto la materia en proceso, como el personal puedan moverse sin ningún inconveniente. Cabe mencionar que al tener en cuenta estos factores se logra mejorar la seguridad dentro del establecimiento.

Actualmente la planta cuenta con dos líneas de producción, las cuales se basan en el tallado digital de lentes y en el tallado convencional para la elaboración de lentes oftálmicos.

1.5.1. Distribución de acuerdo con el proceso

Este es un tipo de distribución en el cual la maquinaria y equipo de trabajo se encuentran fijos en una posición establecida. En este caso el personal, es decir los operarios, deben acudir a la maquinaria junto con el material que será procesado para su fabricación. En este sistema de distribución, todas las operaciones o trabajos son agrupados con el fin de que su función sea similar.

Esta distribución busca cumplir con el orden lógico de cada operación, de tal forma que, de una estación de trabajo, continúe a la siguiente. Busca que exista una continuidad entre las operaciones de tal forma que no sean elevados los costos de movimiento de material entre ellas.

Esta posee ventajas tales como el poder adaptarse a una demanda inconsistente o intermitente, continuidad en el proceso productivo, mejor aprovechamiento de la maquinaria y tiempos de fabricación, y es posible una producción elevada de piezas o productos.

Así mismo se puede establecer un tipo de distribución por posición fija. Este es un tipo de distribución en la cual el material a trabajar permanece en el mismo lugar desde el inicio del proceso. Esto quiere decir que todo el material, equipo, personal o maquinaria que se requiera durante el proceso, serán los que se incorporarán en este lugar. Este tipo de distribución se da principalmente cuando se fabrican piezas sumamente grandes, o el proceso y espacio no permitan una distribución distinta.

Cabe mencionar que este tipo de distribución posee ventajas, tales como que las pieza o producto que se fabrica no realice mayores movimientos o desplazamientos, es posible la realización de diversos productos y no se requiere de una planificación de trabajos o fabricación.

2. SITUACIÓN ACTUAL

A continuación, se detalla la descripción del producto, materia prima, equipo empleado, el proceso y el análisis de desempeño de la línea de producción que se maneja actualmente en el laboratorio oftalmológico con lo cual se da inicio al presente estudio.

2.1. Descripción del producto

Dentro del laboratorio se encarga de fabricar y ensamblar los lentes dentro de sus respectivos armazones o aros. Esto quiere decir que el laboratorio es únicamente encargado de generar la graduación indicada para cada cliente en sus gafas respectivas. Independientemente del material que se trabaje, estos contienen la misma información como lo es cilindro, esfera y adición.

La medida del cilindro se utiliza cuando se tiene dificultad para ver de lejos, es decir, miopía. También se utiliza cuando se tiene dificultad para enfocar o diferenciar objetos de cerca, conocida como hipermetropía. Los valores de la esfera pueden ser positivos y negativos. En el caso de que estos valores sean negativos, son utilizados para la miopía y si estos son positivos, se utilizan para la hipermetropía.

De igual forma se utiliza la medida del cilindro cuando se posee astigmatismo, esto quiere decir que la córnea del ojo no es uniforme presentando alguna curva no regular. Esto provoca que las imágenes percibidas se vean distorsionadas. Al igual que las medidas del cilindro, estas pueden ser positivas o negativas.

Por último, se encuentra la medida de la adición, esta es utilizada para lo que son lentes bifocales y progresivos o multifocales. Este valor es utilizado para representar las graduaciones de visiones cercanas. A diferencia de los valores de la esfera y cilindro, este valor únicamente puede ser representado con signo positivo. Esta en general es causada por la presbicia, la cual es la imposibilidad o dificultad de una visión cercana. Por lo que la visión en un punto determinado del lente es la que permite ver con claridad los objetos a cercanía.

A diferencia de los progresivos o multifocales, estos permiten mejorar la visión de lejana y cercana. Como su nombre lo dice, dependiendo el punto del lente en el que se esté enfocando, este tendrá una graduación específica. Cada punto del lente posee valores distintos.

Así mismo, se cuenta con una capa que se les aplica a los lentes denominada antirreflejo, o más conocida por sus siglas AR. Esta es una película que se añade a los lentes ya tallados, la cual tiene como principal función eliminar los reflejos de la luz artificial y natural. Estos reflejos dificultan la visión, por lo que proporcionan una visión más cómoda. Esta aplicación ha sido un gran avance para la salud visual.

2.2. Materia prima

La materia prima que se utiliza para los lentes oftálmicos ha ido variando con el tiempo, se utiliza vidrio, plástico y policarbonato. A la materia prima utilizada en la elaboración de lentes oftálmicos, sin importar el material, se le conocen como bases semiterminadas. Se les conoce así debido a que estas ya poseen la curva convexa del lente talladas. Gracias a esto solamente es necesario tallar la cara cóncava del lente, la cual es la responsable de asignar la graduación al lente.

De igual forma, como existen bases semiterminadas, existen bases terminadas. Estas ya poseen tallada tanto la cara convexa como la cara cóncava. Estas ya poseen una graduación, en estas se cuenta con un inventario de las más comunes o con mayor demanda. Su fin es que no se sature tanto las líneas de producción. Estas poseen una gran ventaja, ya que estas bases se encuentran con antirreflejo y sin antirreflejo. Esto permite que la materia prima ingrese directamente al área de montaje, donde el lente es cortado y ensamblado en su respectivo armazón.

- Vidrio: fue el material con el que se comenzó a trabajar los lentes, sin embargo, este material tenía muchas desventajas ya que era un material muy pesado, muy difícil de trabajar y muy frágil. Aunque es un material que no se raya, actualmente ha perdido mucha participación en el mercado y no se trabaja dentro del laboratorio.
- Plástico: es un material que se comenzó a utilizar posterior al vidrio y trajo muchas ventas a los lentes oftálmicos. Este es más resistente y no se dobla ni se raya. Sin embargo, este sí se raja. Es un material más liviano que el vidrio. Trajo muchas facilidades al laboratorio ya que este se puede trabajar tanto en un tallado digital, como en un tallado convencional. Este material únicamente se puede utilizar para lentes ranurados y aros completos.

Este es un material con una gran variedad de estilos, como lo es un lente monofocal. Esto quiere decir que se le puede tallar una graduación y se puede encontrar en colores blanco o transparente, gris y café.

También podemos encontrar una gama de bases de lentes bifocales, estos son aquellos que son utilizados para la visión cercana, y se encuentran en colores blanco o transparente, gris y café.

Por último, se cuenta con la gama de bases semiterminadas progresivas. Estas son utilizadas para tallar lentes de visión cercana, media y lejana. Se cuenta con colores blanco o transparente, verde, café y gris.

- Policarbonato: este material es el que actualmente posee mayor participación en el mercado por sus ventajas otorgadas a la salud visual. El policarbonato posee una gran transparencia al paso de la luz, este no se quiebra, dobla ni raja a diferencia de los otros materiales. Sin embargo, este material es propenso a rayarse. Por eso es necesario la aplicación de una capa uniforme de laca, la cual le da una protección extra. Cabe mencionar que este es más liviano que el vidrio y el plástico.

Este material por su composición es adaptable a cualquier tipo de aro o armazón, es decir que puede ser un lente aéreo, ranurado, aro completo, entre otros. Y se puede utilizar dentro del tallado digital y tallado convencional. Se puede encontrar una gama amplia de estilos, como lo es los lentes *transitions*.

De igual forma se puede encontrar en lentes monofocales, es decir que solo se utiliza para una visión. Este se puede encontrar en colores verde, café y gris.

También se cuenta con los lentes bifocales, los cuales son utilizados para visión cercana y lejana. Estos solo se encuentran en color blanco o transparente. Sin embargo, si el cliente lo desea, se puede aplicar un tinte a su gusto para que estos posean un tono polarizado.

Por último, se cuenta con los lentes progresivos, los cuales sirven para los tipos de visiones cercana, lejana y media. Se cuenta con los colores verde,

café y gris. Como se puede notar, en el policarbonato existe una mayor variedad de colores y estilos debido a que este material otorga muchos beneficios a la salud visual, siendo el preferido por las ópticas para la fabricación de los lentes.

2.3. Descripción del equipo

El equipo utilizado en el proceso de elaboración de lentes oftálmicos es muy diverso y amplio debido al cuidado del material y su elaboración es muy delicada. No solo porque el material puede sufrir algún daño o desperfecto en el proceso, sino que este puede que no cumpla con la graduación que el cliente desea. Al tratarse de la salud visual, esta debe ser lo más exacta posible de tal forma que cada persona que utilice lentes oftálmicos sienta comodidad en relación con su vista. Se debe mantener a la vanguardia de tal forma que se logren mejorar los procedimientos y se reduzcan los errores.

2.3.1. Maquinaria

En el proceso de elaboración de lentes se utiliza maquinaria especializada y de alta tecnología la cual garantiza que el producto terminado sea de alta calidad. Dentro del tallado digital toda la maquinaria se encuentra conectada entre sí, lo cual permite escanear un código de barras proporcionado por el software, dentro de la maquinaria están:

- Coburn 990 Alloy blocker: esta máquina es la utilizada para el bloqueo de las bases semiterminadas. Permite la colocación del bloque metálico mediante la aplicación de una aleación de diferentes metales, la cual permite que este quede adherido a la cara convexa de la base del lente.

- Generador SL² CTO: es la máquina encargada de tallar la graduación en la base semiterminada en el área de tallado convencional. Contiene un sujetador especial el cual se encarga de fijar el bloque de la base, para que pueda maquinada.
- Gerber Coburn Acuity Plus: esta máquina es la que se encargada del refinado y pulido del lente. Esta posee un adaptador especial en el cual se sujetan las perinolas que tienen adheridos los paños de refinado y de pulido. De igual forma sujeta los bloques adheridos a la base del lente trabajado.
- Layout blocker PRA: es la máquina encargada el bloqueo de la base semiterminada en el área de tallado libre o digital mediante comandos numéricos computarizados. Permite adherir los bloques para maquinado de una forma más precisa y amplía la cantidad de diseños que se pueden generar dentro del laboratorio.
- VFT-Orbit: es la máquina que realiza los tallados de las bases en el área digital, es decir es la que se encarga del desgaste del lente y genera la curva interna que proporciona la graduación a los lentes oftálmicos. Su funcionamiento se basa en comandos numéricos computarizados los cuales generan movimientos precisos de tal forma que se garantice la curva. Su tallado se realiza con una punta de diamante.
- Toro-FLEX: es la máquina encargada del pulido en la sección de tallado digital. Al igual que el demás equipo esta funciona con comando numérico computarizado y se encarga de establecer una de las seis distintas esponjas que le otorgan al lente un acabado estético sin afectar la graduación previamente tallada.

- Ultra Optics MR3: es la máquina encargada de aplicar una capa de laca a parte cóncava del lente. Esta es sujeta mediante ventosas y se encarga de pasar por tres estaciones en la cual se limpia, se aplica la capa de laca y por último pasa por un proceso de secado. Cada estación tiene una duración aproximada de 30 segundos.
- Essilor Kappa edger/ tracer/ blocker: esta máquina es la encargada de trazar y digitalizar la forma en que tiene que ser cortado el lente para que este sea ensamblado en su respectivo armazón. Una vez digitalizada la forma, esta máquina se encarga de colocar un bloque plástico por su cara externa de tal forma que su corte pueda realizarse de forma exitosa.
- MeiEdger 641: esa es la encargada de realizar el corte de los lentes, los cuales mediante el escaneo de un código de barras se despliega digitalmente la forma del lente y como debe ser cortado. En esta área se es necesario especificar qué tipo de lente se va a ensamblar, debido a que de esto depende si la maquina le realiza una ranura o un bisel, los cuales se encarga de que este encaje a la perfección en el armazón. Así mismo, se especifica si se debe facetar, esto deja un acabado estético en las orillas del lente cortado.

2.3.2. Herramientas

Dentro del proceso de elaboración de lentes oftálmicos existen distintas herramientas utilizadas principalmente para la calibración de maquinaria o ensamble de los lentes. Son objetos que facilitan las operaciones dentro del laboratorio.

- Área de montaje

- Pinzas de desbloqueo: estas son unas pinzas especiales con la forma del block. Permite sujetar y despegar el block adherido al lente con facilidad.
 - Pinzas de hilero: son utilizadas para introducir en la ranura del lente el hilo que lo sujetará en el aro y quede con la presión adecuada para que este no se reviente.
 - Pinza de rotación de eje: esta pinza es utilizada para sujetar el lente ya ensamblado y girarlo con el fin de que coincida la graduación.
 - Pinza de puentes: tiene como finalidad enderezar y ajustar el puente del aro.
 - Pinza de varillas: es una pinza con extensiones horizontales largas las cuales permiten sujetar las varillas del aro y enderezarlas.
 - Destornilladores: se cuentan con Philips y de castigadera para ajustar las varillas flojas de los aros o ajustar los lentes con aro metálico.
 - Extractor de tornillos: es utilizado para extraer los tornillos que son barrenados o que se encuentran atorados en el aro.
 - Horno: es utilizado para calentar los aros de acetato y lograr enderezar el puente, varillas o dilatar el aro de tal forma que en ensamble a presión del lente no se dificulte.
- Área de tallado convencional

- Cuchillas: son utilizadas para despegar los distintos tipos de paños de las perinolas o moldes de espuma utilizados en el proceso de pulido y refinado.
- Desbloqueadora: es utilizada para retirar el block adherido al lente tallado. Básicamente consiste en un cilindro, el cual encaja con el lente tallado. Se golpea repetidamente hasta despegar el block.
- Área de tallado digital
 - Microscopios: son utilizados al momento de la calibración de las maquinas. Se generan lentes sin graduación y se verifica si no existe alguna imperfección microscópica.
 - Medidor de espesor: este es utilizado al momento de la calibración de las maquinas. Se genera un lente sin graduación y se verifica si el espesor indicado, coincide con el espesor que la maquina genera.
 - Martillo: es utilizado para golpear repetidamente los lentes para retirarles el block adherido a ellos posterior a su pulido.
- Área de antirreflejo
 - *Rack* de lavado: son secciones especiales utilizadas para colocar cinco pares de lentes en el lavado previo a la aplicación de antirreflejo.
 - *Rack* de secado: son secciones especiales utilizadas para colocar cinco pares de lentes para ser colocados en hornos especiales previo a la aplicación de antirreflejo.

- Secciones de aplicación antirreflejo: son utilizadas para colocar los lentes en el proceso de aplicación de antirreflejo. La cantidad de lentes por *batch* de aplicación de antirreflejo, varía por el diámetro de los lentes.

2.3.3. Insumos

Se puede establecer como insumo a todo aquel elemento que es utilizado para la elaboración de un producto y representa una pequeña parte del producto terminado.

- Área de montaje
 - Tíner: es utilizado para eliminar las marcas de marcador en los lentes ya cortados de plástico.
 - Acetona: es utilizado para eliminar las marcas de marcador en los lentes de policarbonato.
 - Alcohol: es utilizado para limpiar los lentes posteriores al ensamble del aro.
 - Cinta adhesiva: utilizada para proteger al lente previo al bloqueo utilizado en el corte del lente.
 - Blocks: utilizado para que el lente pueda ser sujetado y maquinado en el proceso de corte. Estos son plásticos.

- Pegatinas: son utilizadas para adherir el block plástico al lente previo a ser cortado.
- Papel de lensometría: es utilizado para la impresión de la lensometría al momento de la inspección de la graduación de los lentes.
- Bluechips: son adhesivos especiales los cuales se utilizan para la protección de los lentes al reducir dimensiones en máquinas de limado.
- Trapos de tela: utilizados para limpiar los lentes con el alcohol.
- Hisopos: utilizados para la eliminación de marcas en el lente utilizando acetona o tiner.
- Esmalte: utilizado para darles acabado más brillante al bisel o a la ranura de los aros con el fin de que esté más estético.
- Hilo de 40, 50 y 60mm de diámetro: son utilizados para fijar los aros con el lente que es ranurado. Su grosor depende del espesor del lente.
- Tintes: utilizados para agregarle un todo polarizado al lente. Se cuenta con 6 distintos tipos de colores base, siendo estos: azul, amarillo, rosado, verde, gris y café. Con estos colores se pueden crear distintas tonalidades y colores distintos a especificación del cliente.
- Glicerina: se agrega a los tintes para que estos se adhieran con mayor facilidad.

- Área tallado convencional
 - Servitape: es un adhesivo que protege al lente por la cara externa y así mismo su fin es servir como aislante térmico al momento de aplicar el alloy sobre el lente.
 - Alloy: es una aleación de metales la cual es utilizada para adherir el block utilizado en el bloqueo del lente. Este posee bismuto, plomo, indio, estaño y cadmio.
 - Blocks: se fijan al lente para ser maquinados. Este block se utiliza desde el desgaste del lente, hasta el pulido de este.
 - Moldes de espuma: estos son utilizados para generar la curva interna del lente para poder refinarlos y pulirlos. Esto se debe a que no son graduaciones o curvas comunes, por lo que se necesita crear un molde especial para poder trabajarlos.
 - Paño de primer refinado: es un paño que se adhiere a la perinola o al molde de espuma y contiene una capa áspera la cual elimina cualquier tipo de impureza en la cara interna del lente.
 - Paño de segundo refinado: es un paño más fino que se adhiere a la perinola o al molde de espuma. Esta tiene una capa más fina, la cual da a la cara interna un acabado más estético.
 - Paño de pulido: es un paño suave y delicado. Es utilizado para darle un acabado brillante al lente.

- Material de pulido: es un líquido utilizado en el proceso de pulido y rinde hasta 250 pares de lentes pulidos.
- Área de tallado digital
 - Servitape: adhesivo que protege al lente por la cara externa y así mismo su fin es servir como aislante térmico al momento de aplicar el alloy sobre el lente.
 - Alloy: aleación de metales la cual es utilizada para adherir el block utilizado en el bloqueo del lente. Este posee bismuto, plomo, indio, estaño y cadmio.
 - Blocks: se fijan al lente para poder ser maquinados. Este block se utiliza desde el desgaste del lente, hasta el pulido de este.
 - Material de pulido: el cual es un líquido utilizado para el proceso de pulido. Este tiene un uso de 2 500 segundos de maquinado.
 - Tools o esponjas de pulido: estas son una serie de esponjas blandas, las cuales tienen distintas curvas y se cuenta con 7 diferentes. Estas son capaces de pulir hasta 400 segundos.
- Área de *coating*
 - Agua desmineralizada: utilizada para limpiar el lente en la primera etapa de la aplicación de laca. También sirve para eliminar la estática presente en el lente.

- Laca: es utilizada para eliminar imperfecciones presentes en el lente. Permite agregarles a los lentes de policarbonato una capa uniforme en su cara interna.

2.4. Descripción del proceso

El proceso de elaboración de lentes oftálmicos es un proceso el cual cuenta con maquinaria automática que esta interrelacionada entre sí. Esto quiere decir que se ingresan datos específicos de una orden como lo son distancia pupilar, ejes, distancia al puente, tipo de material, entre otros para que el software genere la información necesaria para ser procesada den las distintas estaciones de trabajo con las que se cuenta.

De esta forma solo es necesario escanear un código de barras y cada máquina automáticamente genera la graduación especificada, todos necesarios para su pulido, diseño del corte del lente, entre otros.

Se cuenta con personal calificado para la manipulación de la maquinaria y para el control e inspección de los lentes trabajados. Aunque se cuenta con alta tecnología, el montaje, control de calidad y empaque son procesos totalmente manuales debido a que se busca siempre satisfacer las especificaciones el cliente. Por lo que se examinan grosores, estética, y graduaciones con el fin que el producto terminado cumpla con las expectativas de cada uno de los clientes.

Se cuenta con herramientas que ayudan a determinar los grosores y si el cliente lo desea, que este mejore estéticamente.

2.4.1. Área de tallado digital

En esta área se inicia con la inspección de la materia prima, es decir, que esta no contenga ninguna imperfección tales como burbujas o rayones. Al pasar por esta inspección, se le coloca una protección térmica. Este es una cinta adhesiva que permite que la base semiterminada no se dañe durante el proceso de bloqueo, desgaste y pulido. Este adhesivo es importante para el proceso de bloqueo, ya que se coloca un material caliente para que este pueda ser maquinado por la fijación de un block especial.

Una vez colocado el adhesivo, ingresa al área de cálculo. Aquí se ingresan todos los datos relacionados a la graduación, medidas del aro distancia al vértice, si es un diseño personalizado y por último el software genera una boleta la cual contiene la información completa del trabajo que se va a realizar. Luego se inicia la operación del bloqueo, que es la colocación de un block mediante un material caliente y unos anillos que sirven como guía. Una vez la materia prima alcanza la temperatura del ambiente, siendo esta la temperatura del laboratorio (17 °C), puede ser maquinada.

Al inicio el proceso de maquinado se cuenta con dos herramientas. La primera es una presa, la cual se encarga de desgastar el lente y otorgarle la curva y diámetro especificado por el software. Luego interactúa la segunda herramienta, la cual es una punta de diamante la cual se encarga de tallar el diseño dentro de la base semiterminada.

Así mismo, el diamante contiene un complemento que es una punta de metal, la cual sirve para especificar el tipo de diseño del lente y material. Una vez generado el lente, se ingresa a las maquinas pulidoras. Estas cuentan con unos paños sumamente blandos, los cuales eliminan el color opaco de los lentes.

Dando un tiempo establecido de pulido de tal manera que no se altere la graduación y diseño establecido y le dé un acabado brillante e impecable al lente.

2.4.2. Área de tallado convencional

En esta sección de trabajo se inicia ingresando los datos generales de la orden, como lo son: datos de la factura, tipo de aro, medidas horizontales, verticales, diagonales, ejes, lado a trabajar (izquierdo o derecho) o ambos, la graduación, tipo de material. Es necesario especificar si este es progresivo o bifocal, ya que de ser así se deberá ingresar el dato de la adición.

Posteriormente, se revisa que la materia prima en la que se va a trabajar el lente no posea ninguna imperfección y se le coloca un protector térmico por su parte externa. Este es necesario ya que se aplica un material caliente, el cual permite fijar un block por la cara externa del lente. Esta forma es que se puede bloquear el lente para poder ser maquinado. Cabe mencionar que este debe enfriarse para ser procesado e ingresar al desgaste del lente, es decir, darle la curva que contiene la graduación.

2.4.3. Área de refinado y pulido

En esta área de trabajo se revisa que la curva generada, cumpla con las especificaciones de la orden. Se revisa que la curva de la esfera y del cilindro sean las adecuadas. Para esta revisión se utiliza un sagometro. Posteriormente se busca una perinola, la cual contiene la curva exacta del lente generado. A esta se le coloca un paño áspero, el cual se encarga de refinar el lente por primera vez. Al finalizar, se le coloca un segundo paño menos áspero. Este con el fin de eliminar cualquier imperfección dentro de la base del lente.

Se revisa el lente que no contenga ninguna impureza de una forma visual y pasa a la última sección en la cual se le coloca un paño muy fino, el cual se utilizará para pulir el lente y darle el acabado brillante y final. Al terminar esta operación se desbloquea y se le retira la protección térmica que este poseía.

2.4.4. Área de *coating*

Una vez los lentes salen del área de pulido, tanto del área de tallado convencional; estas ingresan a la aplicación de laca o proceso de *coating*. Esta es una capa que se le aplica a todos los lentes de policarbonato, el cual crea una capa uniforme eliminando cualquier tipo de rayón o imperfección presente en el lente. Asimismo, otorga una mayor protección al lente contra un rayones o golpes.

El proceso inicia con la colocación del lente en un brazo que lo sujeta, este hace que el lente pase por 3 estaciones, siendo la primera el lavado a presión de aire. Esto con el fin de eliminar cualquier tipo de suciedad y así generar microporos en los cuales se va a adherir la capa de laca. En la segunda estación, el lente gira a 400 revoluciones por minuto durante un lapso de 10 segundos para aplicar la capa de laca; luego gira a 2000 revoluciones por minuto con el fin de esparcir la capa y que esta sea uniforme en toda la superficie.

Por último, pasa por una lámpara de luz ultravioleta que se encarga de secar la capa esparcida en el lente de policarbonato.

2.4.5. Área de aplicación de antirreflejo

En esta sección de trabajo se ingresan los lentes a los cuales ya les aplico la capa de *coating* o laca. Se revisa que los lentes no cuenten con ninguna

imperfección y se colocan en cajas especiales para un mayor control y una mayor higiene.

Estos lentes inician un proceso de lavado, el cual consta de cuatro estaciones y se colocan en bandejas de 5 pares de lentes cada uno. La primera estación es un jabón especial, el cual ayuda a eliminar todo tipo de impurezas en el lente. Como segundo paso, este ingresa a un segundo jabón el cual sirve para comenzar a contrarrestar los efectos del primer jabón; el cual es muy fuerte y puede llegar a dañar el lente. Luego ingresa a un proceso de lavado en agua desmineralizada para eliminar residuos de jabón en el lente y, por último, es remojado durante tres minutos en agua desmineralizada para eliminar cualquier tipo de partícula dentro de él.

Posterior a su proceso de lavado se revisa que el lente no tenga defectos por lavado, es decir que no contenga ninguna mancha o impureza. De ser así, este debe de ser lavado de nuevo. Si este no cuenta con ningún defecto inicia su proceso de secado en donde se colocan en una nueva bandeja de cinco pares de lentes y se colocan durante 90 minutos en un horno que oscila entre 45 °C y 60 °C. Con esto se logra realizar un proceso de desgasificación. Ya que este tipo de material cuenta con poros, microporos y nano-poros y mediante esto se logra eliminar cualquier residuo líquido que el material en sí pueda contener.

Una vez transcurrido el tiempo de secado, los lentes son colocados en secciones especiales las cuales son utilizadas para ingresar los lentes a las máquinas que aplican el antirreflejo. Una vez se colocan los lentes en esta sección, se ingresan y se le aplica a la parte convexa del lente. Una vez aplicada la capa a la parte convexa, se revisa que no exista ningún defecto en esta cara del lente y por último se le aplica a la parte cóncava del lente.

2.4.6. Área de montaje

A esta sección de traba ingresan todos los lentes provenientes de la aplicación de laca y/o de la aplicación de antirreflejo. Al ingresar, estos son inspeccionados mediante unos lensómetros digitales en los cuales se revisa que la graduación correspondiente de la orden coincida con la de los lentes trabajados.

Una vez se rectifica la orden, a los lentes se le marcan distintos puntos, los cuales sirven como referencia para el proceso de bloqueo y corte del lente. Estos lentes ya marcados son protegidos con adhesivo tanto en la cara externa como interna del lente. De tal forma que este no se dañe en todo el proceso de corte y ensamble.

Una vez colocado el adhesivo, este ingresa a unas máquinas de bloqueo. En esta sección se revisa el tipo de material, se revisa el aro y se digitaliza el diseño del aro para el proceso de corte del lente. Se programa la distancia pupilar, altura, tipo de material. Se le colocan unas pegatinas a unos bloques especiales, los cuales le colocan en un brazo mecánico y lo coloca en el punto exacto sobre la parte convexa del lente. Este bloque es utilizado para que el lente pueda ser sujetado y maquinado en las máquinas de corte. Posterior se genera un nuevo código de barras, el cual contiene toda la información del lente por trabajar, junto con el patrón y diseño de la forma en que será cortado el mismo.

Una vez el lente es bloqueado, este ingresa a las máquinas de corte. En este punto se escanea el código de barras y se rectifica que el diseño y forma del lente, coincida con el especificado. Estando en la máquina de corte, esta logra realizar con lo que es la ranura, en todo caso estos lentes sean ranurados. Realiza un bisel en el caso de que los lentes trabajados sean aros a presión.

Realiza una operación especial, la cual es a especificación del cliente y es el facetado del lente.

El facetado es un acabado especial que se le talla al lente de tal forma que sea un lente más estético. Al salir del corte con unas pizas especiales se retira el block y el adhesivo que se utilizó para protegerlo.

Una vez se cuenta con el par de lentes cortados, pasa al área de armado o ensamble final del lente. En esta área todo es completamente manual, es decir que solo se cuenta con colaboradores encargados de montar los lentes en su respectivo aro. Se utiliza acetona o tiner, dependiendo del material, para eliminar las marcas que posee el lente ya cortado. Posteriormente se limpia con una mezcla de alcohol y agua previo a su montaje. Se determina si el lente es un ensamble a presión, si este es ranurado o si es un armado. Este último se presenta en todos los aros que son metálicos, por lo que para fijar el lente es necesario atornillar el aro.

En el caso que sea por perforaciones, no se cuenta con un aro donde ensamblar el lente. Solo se cuenta con el puente y las varillas, las cuales serán ensambladas en el lente cortado posterior a su perforación.

En esta área se cuenta con una serie de tintes, que dependiendo la especificación del cliente y si este lo desea se le puede realizar una coloración especial a todo tipo de lente o material.

2.4.7. Área de control de calidad

En el área de control de calidad se cuenta con unos lensómetros, en los cuales se especifica la curva del cilindro y de la esfera y se determina si la

graduación es la correcta o es necesario volver a trabajar el lente. Una vez se establece que la graduación es la correcta, se procede a determinar si lente tiene un toque estético acorde al aro que se trabajó. Posterior se revisa que el aro no tenga ninguna deformación y si es necesario enderezarlo.

Si el aro no cuenta con ningún defecto se le colocan distintos certificados o manuales dependiendo del tipo de lente que se trabajó. Esto quiere decir que, si se trabajó un lente progresivo, se le incluye un manual de uso. Si se utilizó un material Spektra, se le coloca su certificado que garantiza la protección contra la luz azul emitida por dispositivos electrónicos y por último si a este se le aplicó la capa con antirreflejo se le añade su certificado con nombre del paciente que portará los lentes.

2.4.8. Área de empaque

En esta sección de trabajo llega todo el producto terminado con sus respectivos certificados. Los colaboradores se encargan de colocar los certificados dentro del empaque de la empresa y proteger los lentes con un papel especial. Se coloca la orden de la óptica, se cierra el empaque y, por último, se adjunta la factura que recibe el cliente.

2.5. Análisis de desempeño

El análisis de desempeño es una herramienta con la que cuentan las empresas, las cuales se basa en el análisis y evaluación de distintos puntos de observación. Esta principalmente busca antecedentes los cuales sirvan como parámetro a mejorar en un proceso o persona. Su estudio es fundamental de tal forma que sea posible la eliminación de los errores previamente cometidos o la disminución de estos.

En el laboratorio existen análisis de desempeño basados en el análisis de las reposiciones y cantidad de reclamos diarios. Los reclamos principalmente se deben a que los lentes oftálmicos son productos hechos a la especificación de cada cliente, si estos no cumplen con las expectativas por motivos de grosores, estética o graduación, ocurrirá un reclamo. El laboratorio busca brindar cada vez un mejor servicio, por lo que conoce las exigencias de cada óptica con el fin de adecuar los lentes a sus especificaciones y evitar reclamos.

En el tema de las reposiciones se analizan los reportes diarios de la cantidad de lentes dañados y la cantidad de ocurrencias a través del tiempo con el fin de determinar las distintas causas que ocasionaron algún defecto en el trabajo. Se busca establecer la falla y trabajarla para reducir la cantidad de errores que dañan el estado del lente.

2.5.1. Factores que afectan la producción

Existen diversos factores que pueden afectar una producción, tanto factores internos como factores externos. Entre los factores internos podemos mencionar como el fallo en el compresor de aire. El laboratorio es una empresa que un gran porcentaje de su maquinaria funciona a través de la presión de aire para que estas puedan desempeñar sus funciones de manera adecuada. Existiendo un fallo en la fuente que distribuye el aire, la producción se ve estancada en lo que se logra solucionar el problema.

Otro factor son todas las reposiciones que ocurren dentro del laboratorio debido a que estas deben de ser procesadas nuevamente; debido a que esta orden ya había sido procesada y debe cumplir con su fecha de entrega, esta tiene prioridad para ser trabajada. Esto quiere decir que sin importar cuanto trabajo

exista, esta orden será la primera en ser maquinada. Por lo que la elaboración de lente oftálmicos se ve interrumpida.

Actualmente el laboratorio no cuenta con una metodología de incentivo a los operarios para la reducción de las reposiciones y de igual forma no se cuenta con un análisis de desempeño. Su fundamento es el análisis de la cantidad de reposiciones diarias sin tomar en cuenta la cantidad producida diaria y/o el motivo por el cual la lente llegó a dañarse.

Un análisis de los motivos de las reposiciones y sus causas son un punto importante de partida, así como la implementación de un indicador en base a reposiciones/unidades producidas. Así mismo, se fundamentan en base a la cantidad de reclamos que se recibe al día y no se cumplió con los requerimientos del cliente.

Por otra parte, tenemos los factores externos que son principalmente factores provenientes de la óptica o de algún cliente en específico. podemos mencionar uno de los factores que más afectan la producción, y estos son los trabajos urgentes. Cuando nos referimos a un trabajo urgente, hace mención de que el cliente necesita que sus lentes sean entregados previo al día establecido para su entrega.

Los motivos de la óptica pueden ser diversos, sin embargo, dentro del laboratorio se ve forzado a darle prioridad y a trabajar los lentes de tal forma que se logre cumplir con la petición del cliente. Estos lentes sin embargo no tienen un aumento de precio por la prioridad que se les brinda.

El problema radica, que al igual que las reposiciones, el proceso de elaboración de lentes oftálmicos se ve interrumpido momentáneamente mientras

la orden urgente es procesada. Por lo que el laboratorio incide en pequeñas demoras dentro del proceso.

3. PROPUESTA PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES

3.1. Acondicionamiento del área de trabajo

Para el acondicionamiento de las áreas de trabajo se es necesario contemplar el espacio disponible como los requerimientos de la maquinaria en cuestiones de temperatura, volumetría, humedad y así como el espacio necesario para el manejo del equipo garantizar la seguridad de los operarios.

3.1.1. Volumetría de la maquinaria

Para el proceso y elaboración de lentes oftálmicos se cuenta con un sistema de maquinaria especializada la cual permite el tallado de la graduación y diseño según sea necesario de tal forma que sea posible montarlo en todo tipo de armazón para lograr satisfacer las expectativas de los clientes. Este equipo y maquinaria especializado es otorgado por los mismos proveedores y fabricantes de la materia prima. Esto se debe a que, en el proceso de su elaboración en su mayoría de casos, los lentes poseen diseños los cuales son posibles realizarlos únicamente con dicho equipo ya que los diseños varían según los proveedores.

Tanto en el área de tallado convencional, tallado digital, como en el área de montaje se cuentan con este tipo de máquinas, para el mejor aprovechamiento del espacio disponible dentro de la empresa es necesario tener en cuenta las dimensiones de dicho equipo de tal forma que se pueda realizar de una forma más efectiva la redistribución, a continuación, se detalla las dimensiones del equipo utilizado.

Esta máquina es la cual se encarga del proceso de tallado convencional de lentes oftálmicos. Con una dimensión de 72 352 plg³. Sus medidas son 38 pulgadas de ancho, fondo 28 pulgadas y 68 pulgadas de alto.

Figura 16. **Dimensiones Generador Coburn SL2**



Fuente: Coburn Technologies. *SL2 IQ Generator*.

<https://www.shopcoburn.com/PublicStore/catalog/SL2-IQ-Generator,173.aspx>. Consulta: enero 2020.

Así mismo, se cuenta con máquinas que realizan el proceso de refinado y de pulido del lente, ambas máquinas realizan la misma función a diferencia que en la parte de refinado estas funcionan con agua y en el proceso.

Figura 17. **Dimensiones pulidoras Acuity Plus**



Ancho: 18" (45.7 cm)
Fondo: 30" (76.2 cm)
Alto: 54" (137.2 cm)

Fuente: Coburn Technologies. *Acuity Plus Lens Polisher and Finer*.

<https://www.coburntechnologies.com/surfacing/finerspolishers/acuity-plus/>. Consulta: enero 2020.

Se cuenta con la máquina encargada de la aplicación de una capa de anti-rayas. Con unas dimensiones 63,5x76,2x200 cms. Con un volumen de 0,97 m³.

Figura 18. **Dimensiones MR3**



Fuente: Ultra Optics. *MR3*. <https://www.ultraoptics.com/products/mr3>. Consulta: enero 2020.

En el tallado digital se cuenta con generadores más avanzados.

Figura 19. **Dimensiones Generador vft-orbit**

Sin cargador: 1.420 x 1500 x 1695 mm /
56 x 59 x 67 pulgadas



Fuente: Satisloh. *Generador Vft-Orbit*. <https://www.satisloh.com/ophthalmic/certified-pre-owned/cpo-buy>. Consulta: enero 2020.

De igual forma se cuenta un sistema de bloqueo automatizado

Figura 20. **Dimensiones LayoutBlocker**



Productividad	hasta 120 lentes por hora
Rango de trabajo:	plano hasta +15 dpt prismático lentes progresivos, multifocales, de visión simple
Dimensiones (ancho x largo x alto)	1050 x 950 x 1000 mm 41 x 37 x 39 pulgadas

Fuente: Satisloh. *Layoutblocker-PRA*. <https://www.satisloh.com/ophthalmic/blocking-deblocking/layoutblocker-pra>. Consulta: enero 2020.

Así mismo, se cuenta con un sistema de pulido más avanzado con unas dimensiones de 69,5x134,4x184,3 cms.

Figura 21. **Dimensiones pulidora Toro-Flex**



Fuente: Satisloh. *Toro-Flex*. <https://www.satisloh.com/opthalmic/polishing/toro-flex>. Consulta: enero 2020.

Por último, se cuenta con la maquina encargada de realizar los cortes previos a ser montados, con dimensiones de 97x97x165 cms.

Figura 22. **MeiEdger**



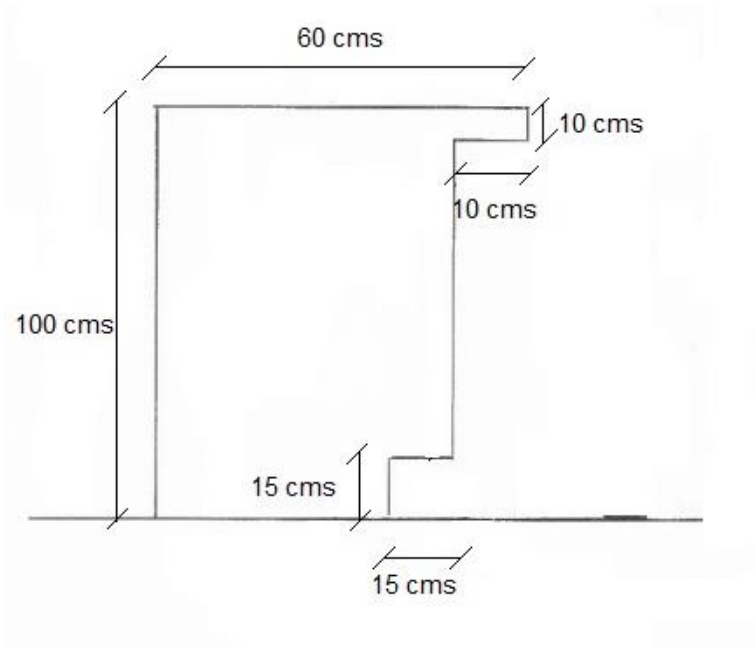
Fuente: Mei System. *Mei 641 auto*. <https://meisystem.com/es/producto/mei641-auto/>. Consulta: enero 2020.

3.1.2. Volumetría de los muebles

Para la elaboración de los muebles se tiene contemplado la altura promedio de un guatemalteco, siendo de 163,4 centímetros para un hombre promedio y de 150,7 centímetros para una mujer. de tal forma que se logre la mayor comodidad y ergonomía posible. Para ello se contemplan áreas de trabajo con muebles en donde sus actividades se realizan de pie.

Para dichos muebles se tiene contemplada la estatura promedio de los hombres, debido a que por políticas de la empresa y tipos de procesos únicamente se cuenta con personal del sexo masculino.

Figura 23. Mueble para trabajo de pie

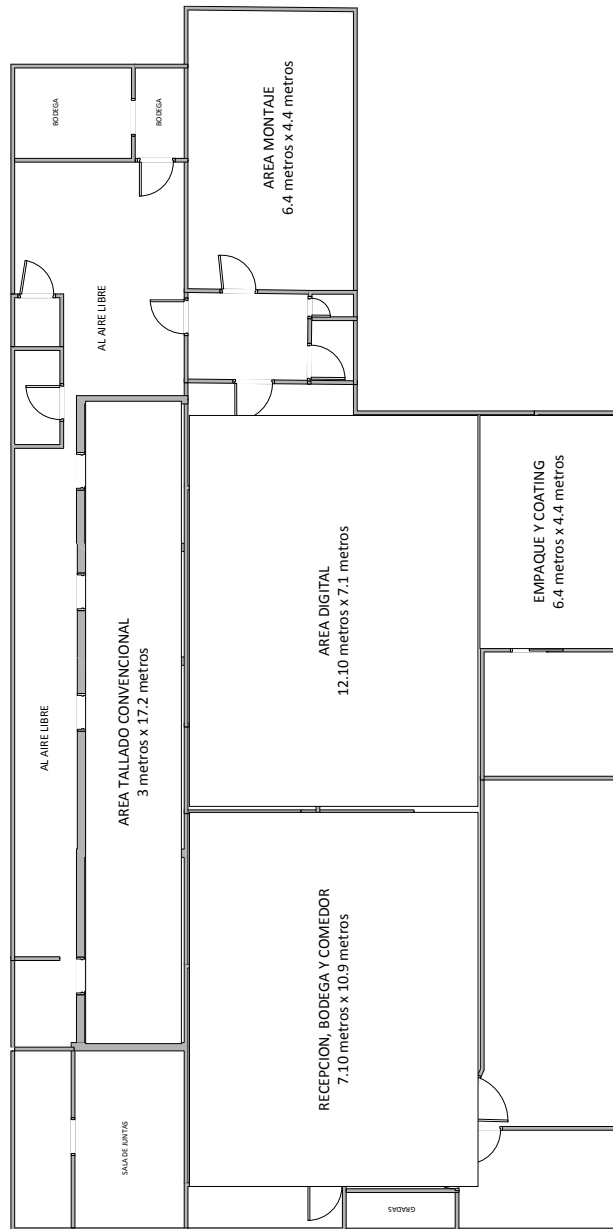


Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Área de trabajo

El laboratorio cuenta con una distribución y área de trabajo desglosada en la siguiente imagen

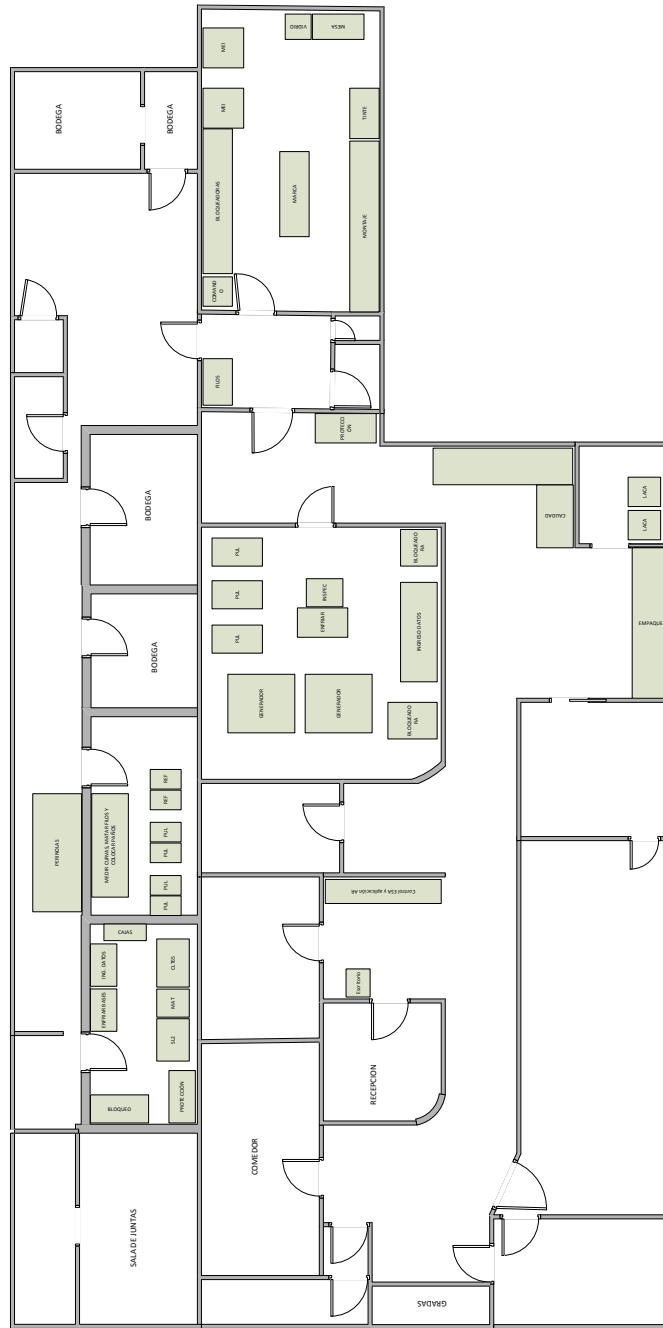
Figura 24. Área de trabajo



Fuente: elaboración propia.

En donde cumpliendo con las dimensiones del equipo y distribución actual el laboratorio se encuentra distribuido de la siguiente forma:

Figura 25. **Distribución laboratorio**



Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Iluminación

Se realizó el cálculo de la iluminación requerida en el laboratorio, la misma se realizó por segmentos de trabajo debido a que la intensidad lumínica requerida en cada área es distinta y de igual forma en cada área tiende a variar las cavidades zonales. Se partió de la distribución del área de trabajo representada en la figura número 24. Para ello nos delimita las áreas requeridas para la determinación de la iluminación

Tabla XI. Dimensiones áreas de trabajo

Distancias	Tallado digital	Empaque y coating	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Largo	12,1 metros	6,4 metros	6,4 metros	10,9 metros	17,2 metros
Ancho	7,1 metros	4,4 metros	4,4 metros	7,1 metros	3 metros

Fuente: elaboración propia.

Se determinaron los factores de reflexión, utilizando de referencia utilizando el anexo 5. Cabe mencionar que los factores que afectan en la misma son debido a los colores de cada área y dichos factores son adimensional.

Tabla XII. Factor de reflexión

Factor reflexión	Tallado digital	Empaque y coating	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Pf	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1
Pp	0,3	0,3	0,7	0,5	0,3
Pc	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7

Fuente: elaboración propia.

Es necesario establecer las cavidades de cada una de las áreas, las cuales se denotan en la siguiente tabla:

Tabla XIII. **Cavidades de las habitaciones**

Cavidad	Tallado digital	Empaque y coating	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Hca	1,7 m	1,7 m	2,03 m	2,2 m	1,7 m
Hcc	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
Hcp	0,80 m	0,8 m	0,74 m	0,80 m	0,8 m

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de las cavidades de la habitación se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$R_{CA} = \frac{5H_{CA} * (l + a)}{l * a}$$

$$R_{CC} = \frac{5H_{CC} * (l + a)}{l * a}$$

$$R_{CP} = \frac{5H_{CP} * (l + a)}{l * a}$$

- R_{CA} = razón de la cavidad de la habitación
- R_{CC} = razón de la cavidad del techo
- R_{CP} = razón de la cavidad del suelo
- L = largo del local (m)
- A = ancho del local (m)
- H_{ca} = altura útil de la habitación
- H_{cp} = altura de la cavidad del piso
- H_{cc} = altura de la cavidad del techo

Sustituyendo los valores para el área de tallado digital obtenemos los siguientes resultados:

$$R_{CA} = \frac{5 * 1,7m(12,1 m + 7,1 m)}{12,1 m * 7.1 m} = 1,9$$

$$R_{Cc} = \frac{5 * 0 m(12,1 m + 7,1 m)}{12,1 m * 7,1 m} = 0$$

$$R_{Cp} = \frac{5 * 0,8 m(12,1 m + 7,1 m)}{12,1 * 7,1 m} = 0,89$$

De esta forma es posible determinar la razón de la cavidad de cada una de las habitaciones descritas con los valores de las tablas número 11 y 13.

Tabla XIV. **Razón cavidad habitación, piso y techo**

Razón de cavidad	Tallado digital	Empaque y coating	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Rca	1,9	3,26	3,89	2,56	3,3
Rcc	0	0	0	0	0
Rcp	0,89	1,53	1,42	0,93	1,57

Fuente: elaboración propia.

Se determinó el coeficiente de reflectancia efectiva para cada una de las áreas utilizando la tabla del anexo número 1 de referencia.

Tabla XV. **Coficiente reflectancia efectiva**

Reflectancia efectiva	Tallado digital	Empaque y coating	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Coficiente	25	22	22	36	9

Fuente: elaboración propia.

De igual forma se determinó el coeficiente de utilización tomando de referencia la tabla del anexo número 2.

Tabla XVI. **Coeficiente de utilización**

Coeficiente utilización	Tallado digital	Empaque y coating	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Coeficiente	0,75	0,77	0,60	0,68	0,79

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Factor de mantenimiento**

Factor mantenimiento	Tallado digital	Empaque y coating	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Coeficiente	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6

Fuente: elaboración propia.

Se determina el flujo lumínico total utilizando como referencia la tabla del apéndice anexo 3 para determinar el flujo necesario en cada área y la ecuación presente ecuación:

$$\phi_t = \frac{\text{Area} * \text{flujo lumínico}}{\text{factor mantenimiento} * \text{coeficiente utilización}}$$

- Φ_t = flujo lumínico total

Sustituyendo los valores de la formula utilizando los valores de la tabla número 11, 16 y 17; así mismo utilizando un flujo lumínico de 1 500 luxes por ser

un trabajo con requerimientos visuales especiales obtenemos el siguiente resultado para el tallado digital:

$$\phi_t = \frac{85,91 \text{ m}^2 * 1\,500 \text{luxes}}{0,7 * 0,75} = 244\,062$$

Sustituyendo los demás valores obtenemos los resultados de todas las áreas expresadas en la siguiente tabla:

Tabla XVIII. Flujo lumínico total

Flujo lumínico total	Tallado digital	Empaque y <i>coating</i>	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Φ_t (Lumen)	244062	91034	116591	122143	163983

Fuente: elaboración propia.

De igual forma se determinó el tipo de luminaria por utilizar, para el área de tallado digital, empaque y *coating* se emplearán balastos con 4 tubos led. Para el área de montaje, tallado convencional y recepción balastos de dos tubos led. En su totalidad se utilizarán tubos de 65 vatios. Se calculó el flujo lumínico del tipo de luminaria mediante la siguiente ecuación:

$$\phi_l = \text{Numero luminarias} * \text{vatios} * 80$$

- Φ_l = flujo lumínico luminarias

Sustituyendo la fórmula para el tallado digital se obtiene:

$$\phi_l = 4 * 65 \text{vatios} * 80 = 20\,800 \text{lumens}$$

Sustituyendo los valores en las demás áreas obtenemos los siguientes resultados.

Tabla XIX. **Flujo lumínico de la luminaria**

Flujo lumínico luminaria	Tallado digital	Empaque y coating	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Φ_l (lm)	20800	20800	10400	10400	10400

Fuente: elaboración propia.

Con el cálculo del flujo lumínico de la luminaria y el flujo lumínico total es posible el cálculo del número de luminarias necesarias empleando la siguiente ecuación:

$$NL = \frac{\phi_t}{\phi_l}$$

Sustituyendo los valores para el tallado digital se obtiene:

$$NL = \frac{244062 \text{ lumens}}{20800 \text{ lumens}} = 11,73 \approx 12$$

Al sustituir los valores de las demás áreas se obtiene la siguiente tabla:

Tabla XX. **Número de luminarias**

Número luminarias	Tallado digital	Empaque y coating	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Cantidad	12	4	11	12	16

Fuente: elaboración propia.

Para determinar la cantidad de luminarias necesarias a lo largo y ancho de cada área es necesario el cálculo del espaciamiento según la ecuación:

$$E = \sqrt{Area * NL}$$

Sustituyendo los valores para el tallado digital se obtiene:

$$E = \sqrt{85,91m^2 * 12} = 32,11$$

De igual forma se determina el espaciamiento para cada una de las áreas representadas. Con el espaciamiento es posible establecer el número de luminarias a lo largo y a lo ancho mediante las siguientes ecuaciones:

$$NLL = \frac{E}{l}$$

$$NLA = \frac{E}{a}$$

- E = espaciamiento
- NLL = número de luminarias a lo largo
- NLA = número de luminarias a lo ancho

Sustituyendo los valores en estas ecuaciones para el tallado digital se obtiene:

$$NLL = \frac{32,11}{12,1} = 2,65 \text{ luminarias}$$

$$NLA = \frac{32,11}{7,1} = 4,52 \text{ luminarias}$$

Sustituyendo en las demás áreas se obtiene la siguiente tabla:

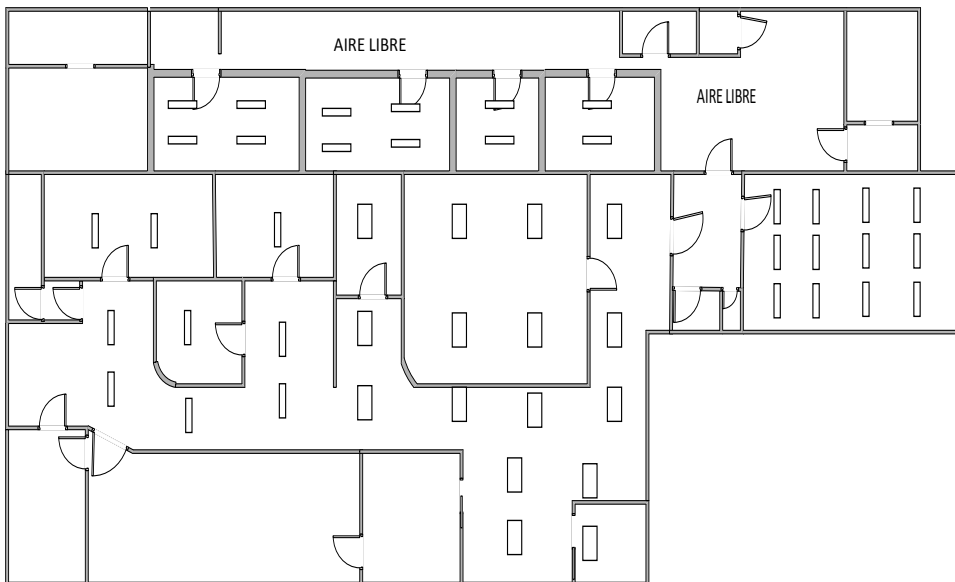
Tabla XXI. **Espaciamiento, número luminarias largo y ancho**

Número luminarias totales	Tallado digital	Empaque y coating	Montaje	Recepción	Tallado convencional
Espaciamiento	32,11	10,61	19,40	30,47	28,73
No. Luminarias largo	2,65	1,66	2,55	2,80	8,58
No. Luminarias ancho	4,52	2,41	4,31	4,29	1,67

Fuente: elaboración propia.

Una vez se estableció la cantidad de luminarias totales necesarias, así como la cantidad que se necesitan a lo largo y a lo ancho, es posible realizar la distribución de estas. Estas se ven representadas en la siguiente imagen:

Figura 26. **Distribución de luminarias**



Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Temperatura

En el laboratorio se cuenta con un sistema de aire acondicionado que es capaz de mantener cada habitación a la temperatura requerida por cada maquinaria y proceso. Es decir que, como el proceso de elaboración de lentes oftálmicos debe ser lo más exacto posible, debido a que variaciones en la misma produce ligeras deformaciones térmicas, tanto de dilatación como de contracción. Esto altera en el producto final, es decir altera las graduaciones talladas y en los grosores de los lentes, por ello se mantiene estable y controlada la temperatura.

3.1.6. Humedad

Así mismo, existe maquinaria la cual necesita cierto grado de humedad, lo cual se controla mediante medidores y deshumificadores de tal forma que se garanticen las condiciones de trabajo para cada una. Se mantienen ambientes controlados.

3.2. Planeación de los procesos

Se analizaron los distintos diagramas de procesos del proceso de elaboración de lentes oftálmicos. A continuación, se mostrarán los métodos propuestos para cada uno de ellos de tal forma que se logre mejorar el rendimiento de cada línea. Sirve como base para la redistribución de las operaciones dentro del laboratorio.

3.2.1. Diagrama de operaciones

A continuación, se muestran los diagramas de operaciones y el balance de líneas correspondiente a cada uno:

Figura 27. **Método propuesto tallado convencional**

Diagrama: tallado convencional de lentes

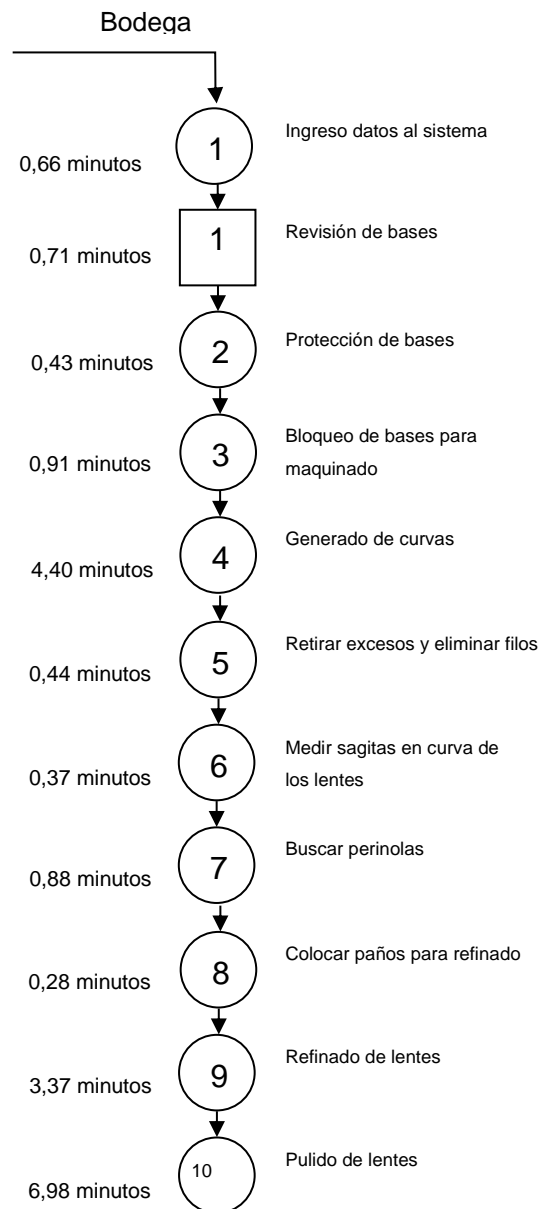
Inicio: bodega

Fin: pulido

Diagrama No. 10

Método: propuesto

Realizó: Javier Ponce



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resumen método propuesto tallado convencional**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]
Operación	10	18,72
Inspección	1	0,71
Ins/Op	0	0
TOTAL [min]		19,43
TOTAL [horas]		0,32

Fuente: elaboración propia.

Para su balance de línea se estableció un tiempo disponible de 10 horas, contemplando las horas promedio extras y una eficiencia de la línea del 85 % con una producción estimada de 175 órdenes.

Tabla XXIII. **Tiempo de estándar de las operaciones convencional**

	Operación	tiempo estándar (minutos)
a	Ingreso datos al sistema	0,66
b	Revisión bases	0,71
c	Protección bases	0,43
d	Bloqueo bases maquinado	0,91
e	Generado de curvas	4,4
f	Retirar exceso de filos	0,44
g	Medir sagita en los lentes	0,37
h	Buscar perinolas	0,88
i	Colocación paños para refinado	0,28
j	Refinado	3,37
k	Pulido lentes	6,98
Sumatoria de tiempo		19,43

Fuente: elaboración propia.

Se realizó el cálculo del tiempo de ciclo mediante la siguiente ecuación:

$$T_C = \frac{T_D * Eficiencia}{P_D}$$

- T_D = tiempo disponible
- T_C = tiempo del ciclo
- P_D = producción diaria

Sustituyendo los valores se obtiene el siguiente resultado:

$$T_C = \frac{600 \text{ min} * 0,85}{175} = 2,91$$

Se determina el índice de los operarios mediante la siguiente ecuación:

$$Indice = \frac{P_D}{T_D}$$

Sustituyendo los valores se obtiene un índice de:

$$Indice = \frac{175}{600 * 0,85} = 0,34$$

Así mismo, es necesario establecer el número de estaciones en las cuales se agrupará el proceso, denotada por la ecuación:

$$NE = \frac{\sum T_S}{T_C}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene:

$$NE = \frac{19,43 \text{ min}}{2,91 \text{ min}} = 6,68 \text{ estaciones}$$

Tabla XXIV. **Tiempo ciclo, Índice operarios y número estaciones convencionales**

Tiempo del ciclo	2,91
Índice operarios	0,34
Número estaciones	6,68

Fuente: elaboración propia.

Una vez establecido es posible comenzar a crear las estaciones del balance mediante la siguiente inecuación:

$$\sum T_s \leq T_c$$

Sustituyendo valores para la primera estación se obtiene:

$$0,66 \text{ min} + 0,71 \text{ min} + 0,43 \text{ min} + 0,91 \text{ min} \leq 2,91$$

$$2,71 \leq 2,91$$

De esta forma se realiza el tiempo de cada una de las estaciones, posteriormente se establece la cantidad de operarios empleando la siguiente ecuación:

$$NO = \frac{T_s * \text{índice}}{\text{eficiencia}}$$

Sustituyendo los valores en esta ecuación obtenemos para la primera ecuación:

$$NO = \frac{2,71 \text{ min} * 0,34}{0,85} = 1,10 \approx 2$$

Por último, se establece la operación más lenta mediante la siguiente ecuación:

$$O_L = \frac{T_s}{NO}$$

Sustituyendo los valores en la presente ecuación para la primera estación se establece:

$$O_L = \frac{2,71 \text{ min}}{2} = 1,36 \text{ min}$$

Los presentes datos se representan en la siguiente tabla para cada una de las operaciones del proceso.

Tabla XXV. **Estaciones y números operarios convencional**

Estaciones	Tiempo estándar	No. personal	Operación más lenta
Estación 1, abcd	2,71	1,10≈2	1,36
Estación 2, e	4,40	1,78≈2	2,20
Estación 3, fghi	1,97	0,79≈1	1,97
Estación 4, j	3,37	1,36≈1	3,37
Estación 5, k	6,98	2,82≈3	2,33

Fuente: elaboración propia.

De tal forma que se estableció que su operación más lenta, siendo el refinado del lente. Cabe mencionar que el refinado de la lente se aproxima a un

operario debido a que solo se posee una máquina la cual realiza dicho proceso. Es posible establecer el ritmo productivo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ritmo productivo} = \frac{T_D * \text{eficiencia}}{T_{SL}} = \frac{600 \text{min} * 0,85}{3,37 \text{min}} = 151,34 \text{ ordenes}$$

Tabla XXVI. **Ritmo productivo convencional**

Producción	151,34 órdenes
-------------------	----------------

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Propuesta diagrama operaciones tallado digital**

Diagrama: diagrama de operaciones tallado digital

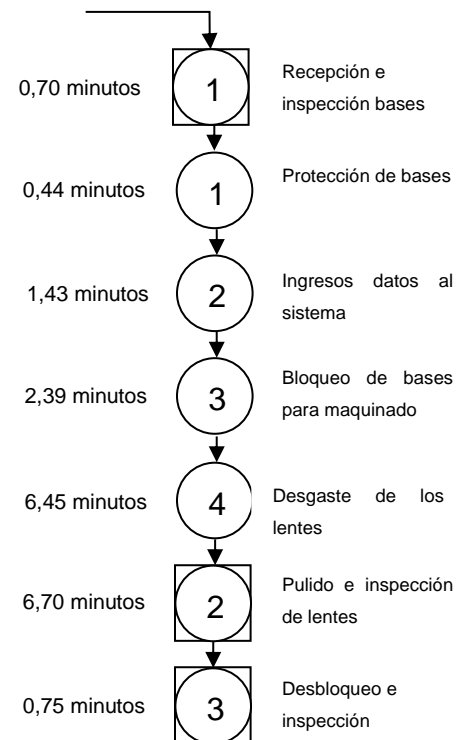
diagrama No. 11

Inicio: bodega

Método: propuesto

Fin: pulido

Realizó: Javier Ponce



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Resumen propuesta tallado digital**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]
Operación	4	10,71
Inspección	0	0
Ins/Op	3	8,15
TOTAL [min]		18,86
TOTAL [horas]		0,31

Fuente: elaboración propia.

Para su balance de línea se estableció un tiempo disponible de 10 horas, contemplando las horas promedio extras y una eficiencia de la línea del 85 % con una producción estimada de 200 órdenes. A diferencia del tallado convencional aquí se contempla una mayor cantidad de órdenes debido a que su demanda es mayor.

Tabla XXVIII. **Tiempo estándar de las operaciones digital**

	Operación	tiempo estándar (minutos)
a	Recepción e Inspección del lente	0,70
b	Protección de las bases	0,44
c	Ingreso datos al sistema	1,43
d	Bloqueo de bases	2,39
e	Desgaste de lente	6,45
f	Pulido e inspección	6,7
g	Desbloqueo e inspección	0,75
Tiempo estándar		18,86

Fuente: elaboración propia.

Se realizó el cálculo del tiempo de ciclo mediante la siguiente ecuación:

$$T_C = \frac{T_D * Eficiencia}{P_D}$$

- T_D = tiempo disponible
- T_C = tiempo del ciclo
- P_D = producción diaria

Sustituyendo los valores se obtiene el siguiente resultado:

$$T_C = \frac{600 \text{ min} * 0,85}{200} = 2,55$$

Se determina el índice de los operarios mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice} = \frac{P_D}{T_D}$$

Sustituyendo los valores se obtiene un índice de:

$$\text{Índice} = \frac{200}{600 * 0,85} = 0,39$$

Así mismo, es necesario establecer el número de estaciones en las cuales se agrupará el proceso, denotada por la ecuación:

$$NE = \frac{\sum T_S}{T_C}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene:

$$NE = \frac{18,86 \text{ min}}{2,55 \text{ min}} = 7,40 \text{ estaciones}$$

Tabla XXIX. **Tiempo de ciclo, índice operarios y número estaciones de digital**

Tiempo del ciclo	2,55
Índice operarios	0,39
Número estaciones	7,40

Fuente: elaboración propia.

Una vez esto establecido es posible comenzar a crear las estaciones del balance mediante la siguiente inecuación:

$$\sum T_s \leq T_c$$

Sustituyendo valores para la primera estación se obtiene:

$$0,70 \text{ min} + 0,44 \text{ min} \leq 2,55 \text{ min}$$

$$1,14 \text{ min} \leq 2,55 \text{ min}$$

De esta forma se realiza el tiempo de cada una de las estaciones, posteriormente se establece la cantidad de operarios empleando la siguiente ecuación:

$$NO = \frac{T_s * \text{índice}}{\text{eficiencia}}$$

Sustituyendo los valores en esta ecuación obtenemos para la primera ecuación:

$$NO = \frac{1,14 \text{ min} * 0,39}{0,85} = 0,53 \approx 1$$

Por último, se establece la operación más lenta mediante la siguiente ecuación:

$$O_L = \frac{T_S}{NO}$$

Sustituyendo los valores en la presente ecuación para la primera estación se establece:

$$O_L = \frac{1,14 \text{ min}}{1} = 1,14 \text{ min}$$

Los presentes datos se representan en la siguiente tabla para cada una de las operaciones del proceso.

Tabla XXX. **Estaciones y números de operarios tallado digital**

Estaciones	Tiempo estándar	No. Operarios	operación más lenta
estación 1, ab	1,14	0,53≈1	1,14
estación 2, c	1,43	0,66≈1	1,43
estación 3, d	2,39	1,10≈1	2,39
estación 4, e	6,45	2,98≈2	3,23
estación 5, f	6,70	3,09≈3	2,23
estación 6, g	0,73	0,33≈1	0,73

Fuente: elaboración propia.

De tal forma que se estableció que su operación más lenta, siendo esta el generado del lente. Con este dato es posible establecer el ritmo productivo de la línea empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Ritmo productivo} = \frac{T_D * \text{eficiencia}}{T_{SL}} = \frac{600\text{min} * 0,85}{3,23} = 157,89 \text{ ordenes}$$

Tabla XXXI. **Ritmo productivo digital**

Producción	157,89 ordenes
-------------------	----------------

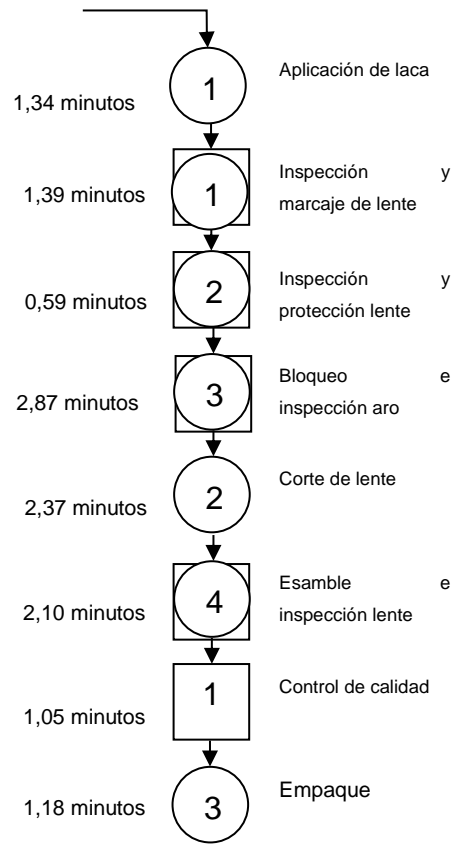
Fuente: elaboración propia.

De igual forma cabe mencionar que la estación número 4, siendo esta el generador del lente se aproxima a dos operarios debido a que solo se poseen dos máquinas que realizan esta operación.

Figura 29. **Método propuesto para área de montaje**

Diagrama: montaje
Inicio: bodega
Fin: empaque

Diagrama No. 1
Método: actual
Realizó: Javier Ponce



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Resumen propuesta montaje**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]
Operación	3	4,89
Inspección	1	1,05
Ins/Op	4	6,95
TOTAL [min]		12,89
TOTAL [horas]		0,21

Fuente: elaboración propia.

Para su balance de línea se estableció un tiempo disponible de 10 horas, contemplando las horas promedio extras y una eficiencia de la línea del 85 % con una producción estimada de 300 órdenes. A diferencia de las otras líneas, es en este punto en donde ambas se unen, por lo que la línea debe ser capaz de satisfacer ambas, por ello se tiene una producción mayor en estas.

Tabla XXXIII. **Tiempo estándar de las operaciones de montaje**

	Operación	Tiempo estándar (minutos)
A	Aplicación de laca	1,34
B	Inspección y marcar el lente	1,39
C	Inspección y protección del lente	0,59
D	Bloqueo e inspección del aro	2,87
E	Corte del lente	2,37
F	Ensamble e inspección del lente	2,10
G	Control de calidad	1,05
H	Empaque	1,18
Sumatoria tiempos		12,89

Fuente: elaboración propia.

Se realizó el cálculo del tiempo de ciclo mediante la siguiente ecuación:

$$T_C = \frac{T_D * Eficiencia}{P_D}$$

- T_D = tiempo disponible
- T_C = tiempo del ciclo
- P_D = producción diaria

Sustituyendo los valores se obtiene el siguiente resultado:

$$T_C = \frac{600 \text{ min} * 0,85}{300} = 1,70$$

Se determina el índice de los operarios mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice} = \frac{P_D}{T_D}$$

Sustituyendo los valores se obtiene un índice de:

$$\text{Índice} = \frac{300}{600} = 0,5$$

Así mismo, es necesario establecer el número de estaciones en las cuales se agrupará el proceso, denotada por la ecuación:

$$NE = \frac{\sum T_S}{T_C}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene:

$$NE = \frac{12,89 \text{ min}}{1,70 \text{ min}} = 7,58 \text{ estaciones}$$

Tabla XXXIV. **Tiempo de ciclo, índice operarios y número estaciones montaje**

Tiempo del ciclo	1,70
Índice operarios	0,50
Número estaciones	7,58

Fuente: elaboración propia.

Una vez esto establecido es posible comenzar a crear las estaciones del balance mediante la siguiente inecuación:

$$\sum T_s \leq T_c$$

Sustituyendo valores para la primera estación se obtiene:

$$1,34 \text{ min} \leq 1,70 \text{ min}$$

De esta forma se realiza el tiempo de cada una de las estaciones, posteriormente se establece la cantidad de operarios empleando la siguiente ecuación:

$$NO = \frac{T_s * \text{índice}}{\text{eficiencia}}$$

Sustituyendo los valores en esta ecuación obtenemos para la primera ecuación:

$$NO = \frac{1,34 \text{ min} * 0,5}{0,85} = 0,79 \approx 1$$

Por último, se establece la operación más lenta mediante la siguiente ecuación:

$$O_L = \frac{T_s}{NO}$$

Sustituyendo los valores en la presente ecuación para la primera estación se establece:

$$O_L = \frac{1,34 \text{ min}}{1} = 1,34 \text{ min}$$

Los presentes datos se representan en la siguiente tabla para cada una de las operaciones del proceso.

Tabla XXXV. **Estaciones y número de operarios montaje**

Estaciones	Tiempo estándar	No. Operarios	Operación más lenta
A	1,34	0,79≈1	1,34
B	1,39	0,82≈1	1,39
C	0,59	0,35≈1	0,59
D	2,87	1,69≈2	1,44
E	2,37	1,39≈2	1,19
F	2,10	1,24≈2	1,05
G	1,05	0,62≈1	1,05
H	1,18	0,69≈1	1,18

Fuente: elaboración propia.

De tal forma que se estableció que su operación más lenta, siendo esta del bloqueo e inspección del aro es posible establecer el ritmo productivo de la línea empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Ritmo productivo} = \frac{T_D * \text{eficiencia}}{T_{SL}} = \frac{600\text{min} * 0,85}{1,44} = 354,17 \text{ ordenes}$$

Tabla XXXVI. **Ritmo productivo montaje**

Producción	354.17 órdenes
-------------------	-----------------------

Fuente: elaboración propia.

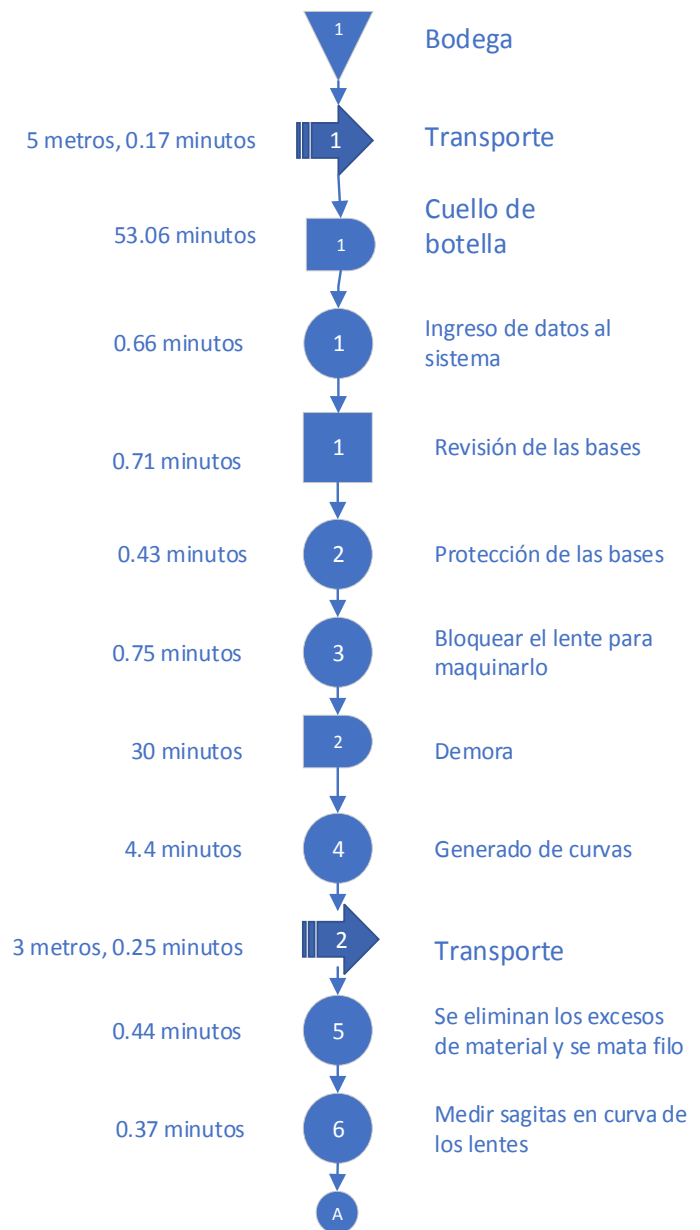
3.2.2. Diagrama de flujo

Se presenta una propuesta para la distribución de las operaciones y de la planta tomando como base los diagramas de flujos propuestos con el fin de reducir los transportes en su mayor parte. Debido a que estos representan una gran cantidad en distancia y en tiempo. Mediante los siguientes diagramas se busca la corrección de la distribución de la empresa como punto de partida.

Figura 30. **Propuesta diagrama flujo tallado convencional**

Diagrama: tallado convencional
 Inicio: bodega
 Fin: BPT

Diagrama No. 13
 Método: propuesto
 Realizó: Javier Ponce



Continuación figura 30.



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Resumen propuesta tallado convencional**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[metros]
Operación	13	23,61	0
Inspección	2	1,76	0
Ins/Op	4	6,95	0
Demora	3	128,09	0
Transporte	4	1,17	19,5
TOTAL [min]		161,58	0
TOTAL [horas]		2,69	0
TOTAL [METROS]		0	19,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Propuesta diagrama de flujo graduaciones comunes**

Diagrama: montaje de lentes

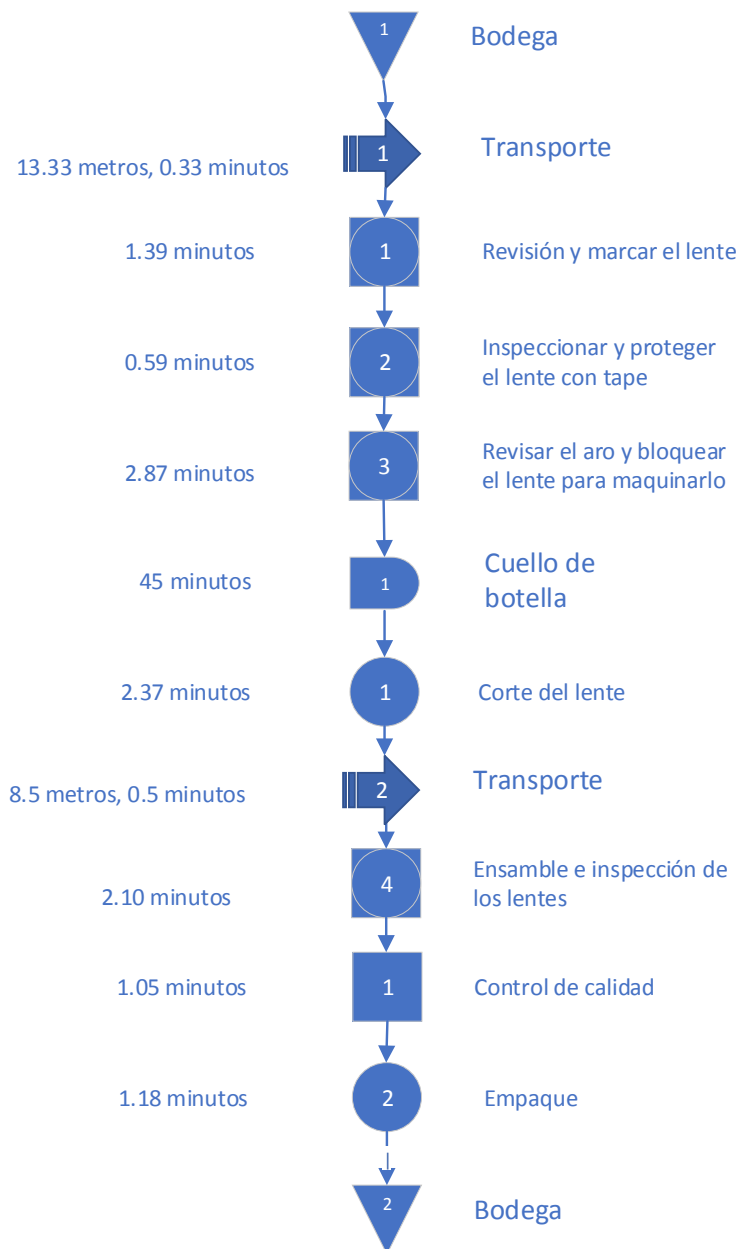
Inicio: bodega

Fin: BPT

Diagrama No. 14

Método: propuesto

Realizó: Javier Ponce



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Resumen propuesta graduaciones comunes**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[metros]
Operación	2	3,55	0
Inspección	1	1,05	0
Ins/Op	4	6,95	0
Demora	1	45	0
Transporte	2	0,83	21,83
TOTAL [MIN]		57,38	0
TOTAL [HORAS]		0,96	0
TOTAL[METROS]			21,83

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Propuesta diagrama flujo tallado digital**

Diagrama: tallado digital
 Inicio: bodega
 Fin: BPT

Diagrama No. 15
 Método: propuesto
 Realizó: Javier Ponce



Continuación figura 32.



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Resumen tallado digital**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[metros]
Operación	7	15,7	0
Inspección	1	1,05	0
Ins/Op	7	15,10	0
Demora	3	125	0
Transporte	3	1,32	36,5
TOTAL [Min]		158,17	0
TOTAL [horas]		2,64	0
TOTAL [METROS]			36,5

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Diagrama de recorrido

Tomando en cuenta los diagramas de flujo en donde se hacen los cambios a las mejoras que se pueden realizar en el proceso, aquí se pueden detallar y ver reflejados los cambios en la distribución planteada.

Tabla XL. **Resumen propuesta tallado convencional**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[metros]
Operación	13	23,61	0
Inspección	2	1,76	0
Ins/Op	4	6,95	0
Demora	3	128,09	0
Transporte	4	1,17	19,5
TOTAL [min]		161,58	0
TOTAL [horas]		2,69	0
TOTAL [METROS]		0	19,5

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Propuesta diagrama recorrido graduaciones comunes**

Diagrama: graduaciones comunes

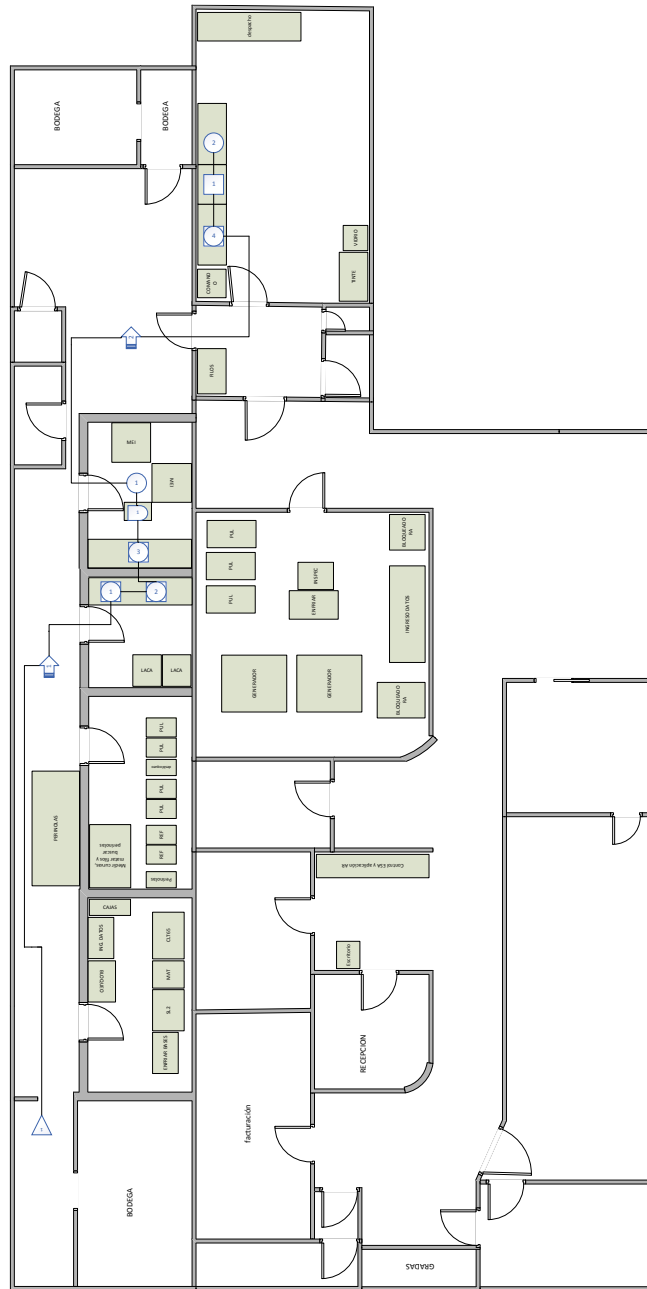
Inicio: bodega

Fin: BPT

Diagrama No. 17

Método: propuesto

Realizó: Javier Ponce



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Resumen propuesta graduaciones comunes**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[metros]
Operación	2	3,55	0
Inspección	1	1,05	0
Ins/Op	4	6,95	0
Demora	1	45	0
Transporte	2	0,83	21,83
TOTAL [MIN]		57,38	0
TOTAL [HORAS]		0,96	0
TOTAL[METROS]			21,83

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Propuesta diagrama de recorrido tallado digital**

Diagrama: tallado convencional

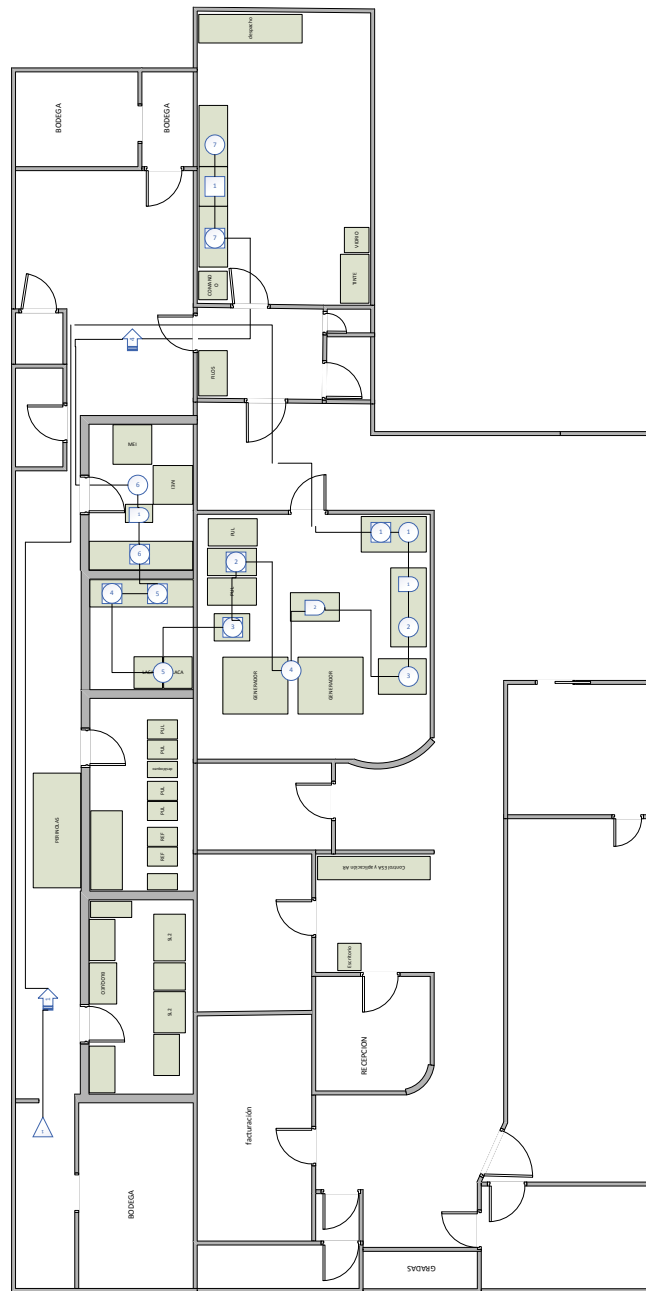
Inicio: bodega

Fin: BPT

Diagrama No. 18

Método: propuesto

Realizó: Javier Ponce



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Resumen tallado digital**

Actividad	Cantidad	Tiempo [Min]	Distancia[metros]
Operación	7	15,7	0
Inspección	1	1,05	0
Ins/Op	7	15,10	0
Demora	3	125	0
Transporte	3	1,32	36,5
TOTAL [Min]		158,17	0
TOTAL [horas]		2,64	0
TOTAL [METROS]			36,5

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Distribución en planta

Mediante el análisis de todos los procesos involucrados en la elaboración de lentes oftálmicos se puede plantear la siguiente distribución:

Figura 36. Nueva distribución



Fuente: elaboración propia.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Plan de acción

Para la redistribución de operaciones se partió desde el análisis de los distintos procesos presentes en el laboratorio con el fin de mejorar el flujo del trabajo. Se inició con el análisis de la situación actual de la empresa en donde se contaban con departamentos y áreas que debían tener conexión entre sí y estas no las contaban. Por lo que el proceso demora más de lo usual. Se planteó una distribución en la cual los departamentos logran tener una comunicación más directa.

Con esta misma redistribución se replantea un esquema en donde se presenta una mejora en la iluminación de las áreas, con el fin de que cada departamento cuente con el flujo lumínico necesario para las actividades que se requieren. Siendo un flujo lumínico mayor en el área de producción debido a que se tiene que revisar tanto la calidad de la materia prima, como del material en proceso.

Así mismo se realizó una propuesta de diseño de mueble con el fin de mejorar la ergonomía del lugar de tal forma que las operaciones que se realizan de pie no resulten en fatiga o riesgos de lesiones para los operarios.

Se realizó un análisis más profundo en las operaciones que se era posible, con el fin de mejorar el rendimiento de dichas operaciones y aprovechar al máximo el recurso del talento humano con el que cuenta la empresa, logrando así el planteamiento de mejoras mediante los diagramas hombre/máquina y

bimanuales. Su análisis más profundo nos ayudó a determinar tiempos de ciclo, como el análisis de los tiempos de ocio y tiempos muertos con los que antes se contaba, de esta manera se logra proponer una solución en relación con estos aspectos.

También se plantea una distribución en planta en donde se aprovechan las áreas disponibles dentro de la empresa para reducir los transportes, es decir, la distancia recorrida por todo el material en proceso.

4.1.1. Implementación de la redistribución

Para la redistribución de las operaciones y la reubicación de las distintas áreas, como ya se muestran reubicadas en la figura número 36 es necesario la movilización de distintos departamentos como lo son los más importantes el área de bodega y de facturación. De tal forma que estos tengan una relación más directa y mediante el posicionamiento de la bodega en este nuevo espacio, nos permite la mejora los transportes requeridos en el proceso de fabricación de lentes oftálmicos.

4.1.2. Diseño de operaciones

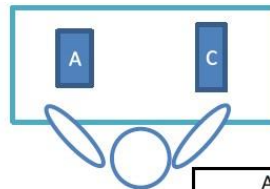
Para las distintas operaciones dentro del proceso de elaboración de lentes oftálmicos se realizó un análisis y una propuesta de tal forma que se logren mejorar los tiempos de ciclo buscando reducir al máximo los tiempos de ocio y tiempos muertos en la maquinaria ya que estos tienden a representar un costo elevado dentro de las empresas si no se tiene un seguimiento adecuado.

4.1.2.1. Diagramas bimanuales

Se analizaron las distintas operaciones y movimientos dentro del proceso productivo para lograr plantear las siguientes mejoras con el fin de mejorar la productividad.

Figura 37. Propuesta montaje de lentes

Área: montaje
 Departamento: laboratorio
 Empresa: Laboratorio Opticos Unidos
 Operación : Ensamble lentes
 Analista : Javier Ponce



Donde

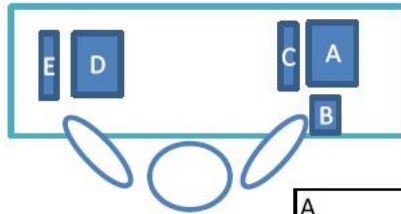
A	Ordenes
C	Pinzas

Mano izquierda	SI	TI	TD	SD	Mano derecha
Tomar orden	Alcanzar	3 segundos	3 segundos	Retraso inevitable	Descanso
	Sujetar				
	Mover				
	Liberar				
Tomar aro	Alcanzar	10 segundos	20 segundos	Alcanzar	Ensamblar lente 1
	Sujetar			Sujetar	
	Mover			Preposicionar	
Sujetar aro	Sujetar	65 segundos	30 segundos	Planear	
				Buscar	
				Sujetar	
				Utilizar	
			20 segundos	Alcanzar	Ensamblar lente 2
				Sujetar	
				Mover	
			Preposicionar		
			30 segundos	Planear	Ajustar con pinza lente 2
				Buscar	
				Sujetar	
				Utilizar	
			Ensamblar		
15 segundos	Inspeccionar	revisar y limpiar lente			
Soltar aro	mover	4 segundos	4 segundos	Retraso inevitable	Descanso
	liberar				
Descanso	Retraso inevitable	3 segundos	3 segundos	Alcanzar	Pasar orden a siguiente estación
				Sujetar	
				Mover	
				Liberar	

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Propuesta empaque de lentes

Área: montaje
 Departamento: laboratorio
 Empresa: Laboratorio Opticos Unidos
 Operación : Empaque lentes
 Analista : Javier Ponce



Donde

A	Ordenes
B	Cinta adhesiva
C	Lapicero
D	Papel protector
E	Empaque

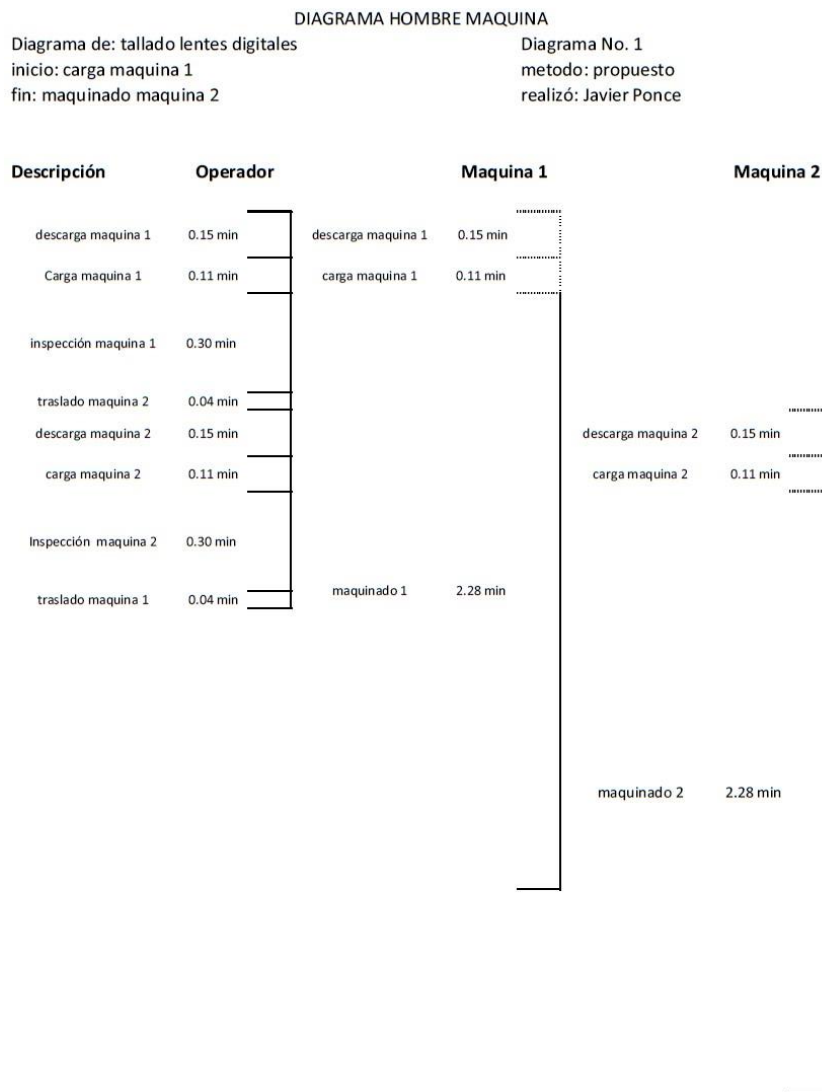
Mano izquierda	SI	TI	TD	SD	Mano derecha
Descanso	Retraso inevitable	2 segundos	2 segundos	Alcanzar	tomar orden
				Sujetar	
				Mover	
				Liberar	
envolver protector a lentes	Alcanzar	5 segundos	5 segundos	Alcanzar	Sostener aros
	Sujetar			Sujetar	
	Preposicionar				
envolver receta	Alcanzar	8 segundos	8 segundos	Sujetar	Sostener aros
	Sujetar				
	Preposicionar				
Tomar empaque	Alcanzar	14 segundos	14 segundos	Sujetar	Colocar aros en el empaque
	Sujetar			Mover	
				Preposicionar	
				Liberar	
sostener empaque	Sujetar	11 segundos	11 segundos	Alcanzar	Sellar empaque con cinta adhesiva
				Sujetar	
				Mover	
				Preposicionar	
				Liberar	
DESCANSO	Retraso inevitable	22 segundos	22 segundos	Alcanzar	Anotar nombre del destino y numero de orden
				Sujetar	
				Mover	
				Preposicionar	
				Utilizar	
				Liberar	

Fuente: elaboración propia.

4.1.2.2. Diagramas hombre/máquina

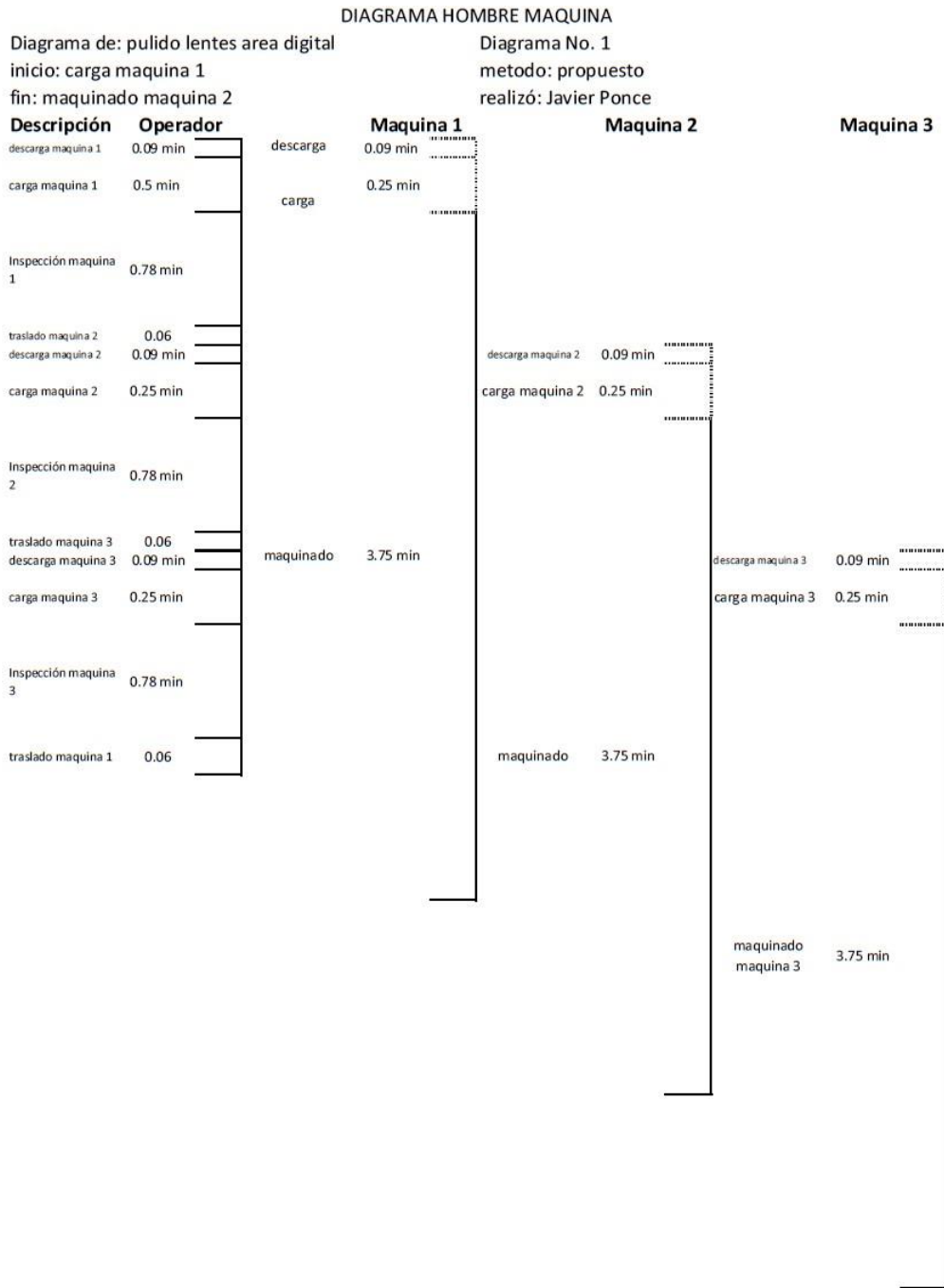
Se realiza una propuesta para mejorar la relación entre los operarios y las maquinas que operan, de tal forma que aumente el rendimiento.

Figura 39. **Propuesta hombre/máquina generado lentes digitales**



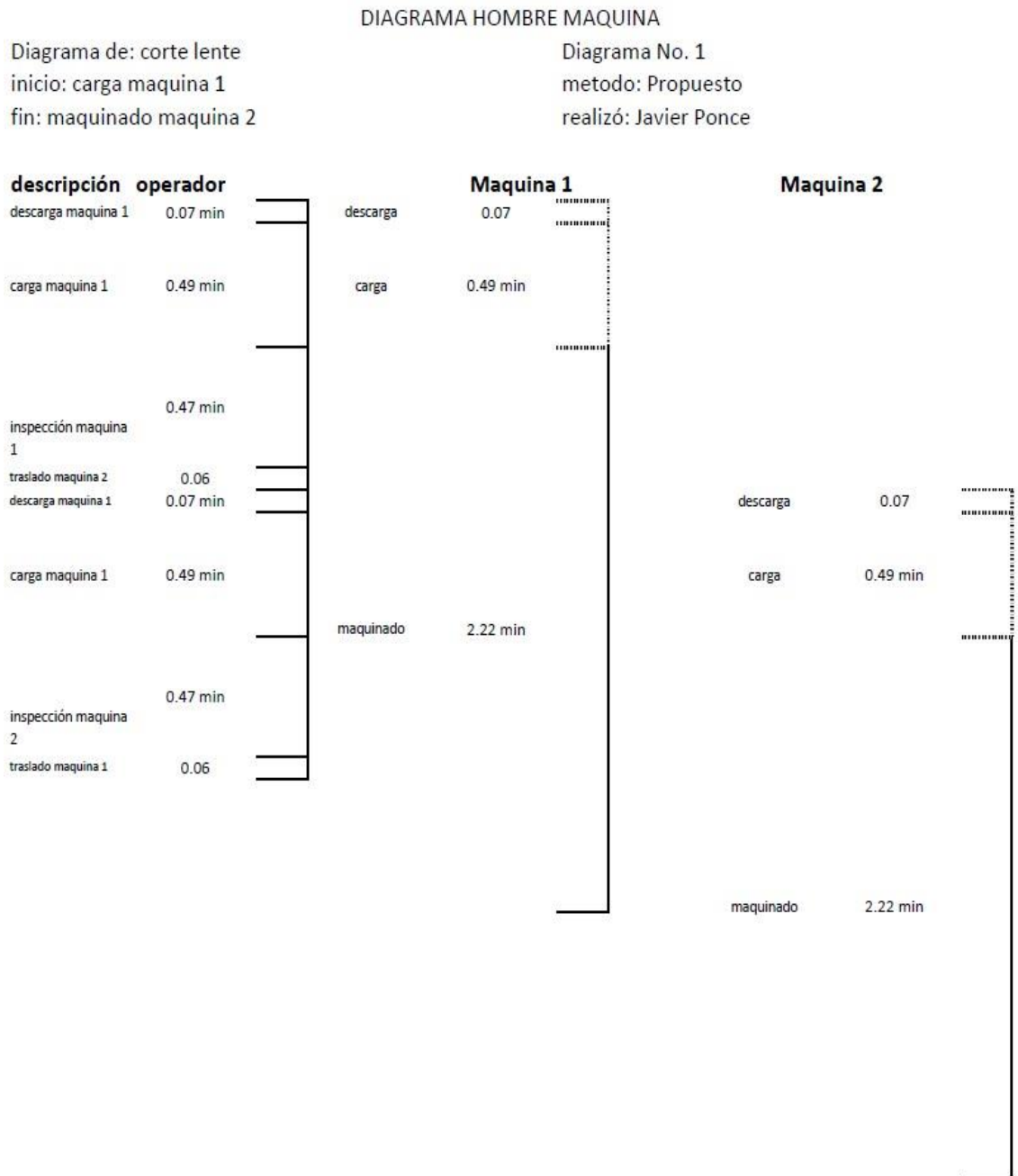
Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Propuesta hombre/máquina pulido digital



Fuente: elaboración propia.

Figura 41. Propuesta hombre/máquina corte del lente



Fuente: elaboración propia.

Se realizó el análisis y propuesta de los diagramas hombre/máquina de las operaciones en donde se es posible la elaboración de los mismos y donde había punto de mejora debido a los altos tiempos de ocio que existían en dichas operaciones y lograr de esta forma asignar la mayor cantidad de trabajo a cada operario.

En el área de tallado convencional en el área de pulido el balance de líneas recomienda 3 operarios para su realización, sin embargo, bajo el método actual es posible cubrir esta operación con un solo operario debido a que se cuentan con tres máquinas disponibles (ver figura número 14). De igual forma para el tallado de lentes convencionales, se es posible asignar un solo operario para la realización de esta operación (ver figura número 13).

En el área de digital, en el método actual se cuenta con dos operarios para el generado de la curva (ver figura número 11), al realizar la propuesta es posible asignar un solo operario para dicha operación debido a que se cuenta únicamente con dos máquinas iguales (ver figura 39). Así mismo para el pulido en la misma área se cuenta actualmente con 3 operarios que realizan el pulido de los lentes (ver figura 12) en esta operación se cuenta con 3 máquinas, siendo posible la asignación de un solo operario para su realización (ver figura 40).

Por último, se analizó el corte del lente en la cual se cuenta con dos operarios que realizan esta operación como lo denota la figura número 15. En dicha operación se cuenta con dos máquinas iguales que realizan esta operación y así se logró asignar un operario para ambas maquinas (ver figura 41).

4.2. Readecuación de áreas

Para el correcto funcionamiento de la maquinaria con las especificaciones requeridas por cada una, en el área donde se emplazarán las máquinas de *coating* es necesario tener una temperatura de 16 °C, al igual que en donde se situarán las máquinas de corte. Para ello, por las dimensiones de cada habitación es posible la reutilización de los sistemas de aire acondicionado con los que ya se cuentan actualmente dentro del laborío en dichas áreas. En cuestiones de espacio y humedad las habitaciones cumplen con dichas especificaciones por lo que los ambientes no requieren mucho trabajo para adecuarlos.

En el caso de la reubicación de la bodega, debido a que no son materiales perecederos, adicionalmente son materiales muy versátiles los cuales no necesitan un cuidado o condiciones específicas. Al igual que con la reubicación del departamento de facturación.

4.2.1. Reubicación de maquinaria

Para la reubicación del equipo y maquinaria que se desea movilizar, en el caso de las máquinas de aplicación de *coating* y corte de lentes se es posible el transporte de esta dentro de la empresa mediante rodos que estas poseen para su transporte, siendo las maquinas con mayor volumen de desplazamiento.

En las áreas de control de calidad y empaque, son equipos livianos y de fácil transporte al igual que en la reubicación del equipo de bodega y facturación. Que en su mayoría son computadoras e impresoras. En cuestiones de materia prima que se cuenta en bodega, ocurre lo mismo. El material utilizado en el proceso de fabricación de lentes oftálmicos es liviano y de pequeñas dimensiones.

4.2.2. Implementación de equipo de trabajo

Se realizó un diseño de mueble de tal forma que mejore tanto en postura como en comodidad a los operarios que realizan actividades de pie. Se tomó como referencia la estatura promedio de los guatemaltecos como punto de partida de tal forma que se ajuste lo mejor posible a cualquier persona que desempeñe dichas actividades dentro de la empresa.

4.2.3. Diagrama de recorrido

Se realizó una propuesta para los diagramas analizados, es decir para el tallado de lentes convencionales descrito en la figura número 8, donde se describe el proceso actual de lentes. Como se es posible determinar, es una gran cantidad en distancia y cruces innecesarios dentro del proceso. De igual forma ocurre con el tallado de lentes digitales descritos en la figura número 9, en donde las operaciones dentro de su proceso están muy separadas una, de la otra. Así mismo como ocurre con el diagrama de graduaciones comunes en la figura número 10. Este se diferencia a los otros dos diagramas en que solo se es necesario llegar al área de montaje, debido a que los lentes ya están prefabricados. En todos los diagramas se logra ver las distancias y cruces en los transportes.

Se muestra una propuesta donde se reubica la bodega y operaciones de tal forma que se inicie con la reducción de transportes, en la figura 33 se muestra la mejora para el proceso de tallado convencional, en la figura 34 para graduaciones comunes y por último en la figura 35 para el tallado de lentes digitales. En estos se reduce al máximo los transportes y cruces buscando aprovechar al máximo el área dentro de la empresa.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Resultados obtenidos

Una vez terminado el desarrollo de la propuesta, se realizó el análisis de los puntos que se mejoró en el modelo planteado. Es necesario mencionar que se analizó cada uno de los procesos productivos involucrados en el proceso productivo. Se realizó un análisis general, como un análisis específico de datos que se logró obtener. Los datos más sobresalientes se detallan en las siguientes tablas:

Tabla XLIII. **Resultados redistribución en diagramas de recorrido**

	Transporte tallado convencional	Transporte graduaciones comunes	Transporte tallado digital
Distancia método original	122,46 metros	54 metros	84,70 metros
Distancia método propuesto	19,5 metros	21,83 metros	36,5 metros
Mejora porcentual	-528 %	-147 %	-132 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Tiempos de ocio**

	Generado de lente digital	Pulido lente digital	Generado lente convencional	Pulido lente convencional	Corte de lente
Tiempo ocio inicial	3,96 minutos	8,91 minutos	0,16 minutos	0,24 minutos	3,5 minutos
Tiempo ocio final	1,34 minutos	0,55 minutos	0,16 minutos	0,24 minutos	0,6 minutos
Cambio porcentual	-196 %	-1 520 %	0 %	0 %	-483 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Operarios línea tallado digital**

Estaciones	Número Operarios inicial	Número Operarios propuesta
Recepción bases y protección de bases	1	1
Ingreso datos al sistema	1	1
Bloqueo bases	1	1
Desgaste de lentes	2	1
Pulido lente	3	1
Desbloqueo lente	0	1
TOTAL OPERARIOS	8	6

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Operarios área montaje**

Estaciones	Número Operarios inicial	Número operarios propuesta
Aplicación de laca	1	1
Inspección y marcar el lente	2	1
Inspección y protección del lente	1	1
Bloqueo e inspección del aro	2	2
Corte del lente	2	1
Ensamble e inspección del lente	3	2
Control de calidad	2	1
Empaque	2	1
TOTAL OPERARIOS	15	10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Operarios de líneas tallado convencional**

Estaciones	Número operarios iniciales	Número operarios propuesta
Ingreso datos al sistema, revisión y protección bases	1	1
Bloqueo bases maquinado	1	1
Generado de curvas	1	1
Quitar exceso en lentes, medir sagita, buscar perinolas y colocar paño refinado	1	1
Refinado lente	1	1
Pulido de lente	1	1
TOTAL OPERARIOS	6	6

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Producción semanal promedio de la empresa**

Producción semanal digital	856 órdenes
Producción semanal convencional	690 órdenes

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Producción propuesta con balance de líneas**

Línea	Diaria	Semanal
Producción digital	170 órdenes	918 órdenes
Producción convencional	135 órdenes	735 órdenes

Fuente: elaboración propia.

Se realiza el cálculo de la cantidad de horas extras, tomando en cuenta que se trabaja en una jornada diurna y es necesario horas extras de lunes a viernes. En el caso de tallado convencional es una hora extra; para tallado digital y montaje son 2 horas. Para determinar presente dato se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Hora extra} = 1,5 * \text{salario minimo} * 5 \text{ días} * 4 \text{ semanas}$$

$$\text{Hora extra} = 1,5 * 1 * Q 11,61 * 5 * 4 = Q 348,30$$

Por último, este se suma al salario mínimo base, Q 3 075,10 para obtener el siguiente resultado:

$$\text{Total devengado} = Q 3 075,10 + \text{horas extras}$$

$$\text{Total devengado} = Q 3 075,10 + Q 348,30 = Q 3 423,40$$

Tabla L. **Salario devengado promedio por trabajador**

Área	Salario mínimo por hora	Horas extras	Total devengado
Tallado convencional	Q11,61	Q 348,30	Q 3 423,40
Tallado digital	Q11,61	Q 696,60	Q 3 771,70
Montaje	Q11,61	Q 696,60	Q 3 771,70

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Comparación planilla**

Total devengado mensual original	Q 109 379.30
Total devengado mensual propuesta	Q 80 887,60

Fuente: elaboración propia.

5.1.1. Interpretación

Se realizó la propuesta para una redistribución de operaciones en donde se contaba con una alta tasa de transportes dentro del proceso de elaboración de lentes oftálmicos, donde se realizó una nueva distribución donde las graduaciones comunes y el tallado de lentes convencionales se logró eliminar dichos cruces y en el tallado digital se logró minimizar la cantidad de estos.

Como se logra apreciar en la tabla 43, en el proceso del tallado convencional se logra reducir 102,96 metros en transporte. Para el proceso de graduaciones comunes de 32,17 metros y por último para el tallado digital se redujo a 36,5 metros.

Se analizó las operaciones de tal forma que se permitieran hacer mejoras en las mismas con el fin de mejorar los tiempos de ciclo reduciendo los tiempos

de ocio con los que se contaba. Se realizó una propuesta por medio de los diagramas hombre/máquina en donde como se aprecia en la tabla 44 el tallado de lentes y pulido en el área de convencional están óptimos, en el tallado de lentes digitales se redujo a 1,34 minutos de ocio mediante la asignación de un operario en ambas máquinas (ver figura 39).

Para el pulido de lentes convencionales hubo una gran mejora a 0,55 minutos mediante la asignación de un operario para esta operación como lo denota la figura 40. Por último, para el corte del lente se logra reducir el tiempo de ocio a 0,6 minutos mediante la asignación de un operario para el maquinado del corte de lentes oftálmicos. En todos los casos se reduce en 196 % el tiempo de ocio para el generado del lente, una disminución del 1 520 % para el pulido del lente y reducción del 483 % para el corte del lente como lo demuestra la tabla número 44.

Se realizó el análisis de la propuesta planteada por parte del balance de líneas, en donde se analizó más a profundidad la cantidad de operarios con los que se contaba al método propuesto. He aquí donde se complementa con las propuestas de los diagramas hombre/máquina para la deducción. Como lo muestra la tabla 45 en el área de tallado digital se reduce en dos operarios.

Para el área de montaje de los lentes, como lo muestra la tabla 46 hay una gran variación en donde se redujo 5 operarios. Por último, en la tabla 47 se muestra como la cantidad de operarios sigue siendo la misma. Aunque en esta última no varía la cantidad de operarios, la distribución de estaciones de trabajo planteadas en el balance de líneas es la que termina haciendo la diferencia.

Así mismo, se realizó la comparativa de la cantidad de lentes producidos con la propuesta planteada. Como lo muestra la tabla 48 se maneja un promedio

de 856 órdenes a la semana para el tallado digital y tallado convencional de 690 órdenes. Con la propuesta planteada se logra satisfacer una cantidad de 918 órdenes para el tallado digital y 735 órdenes para el tallado digital como lo muestra la tabla 49.

Cabe mencionar que es posible la reducción de una hora extra para el área de tallado convencional y aun así aumentar su ritmo productivo en 45 órdenes. En el área de tallado digital se mantiene el promedio de dos horas extras semanales, sin embargo, se aumenta su producción en 62 órdenes.

En la tabla 50 se muestra el salario promedio devengado a cada uno de los operarios, tomando en cuenta que la cantidad de horas extras promedio de cada uno son de dos horas diarias y ahora para el tallado de lentes convencionales solo de una hora extra. En la tabla 51 se hace la comparativa en la reducción de costo de personal mediante el planteo de la distribución en base al balance de líneas correspondiente en donde se reduce en Q. 28 491,70 el costo de la planilla de operarios.

5.1.2. Aplicación

Este tipo de acciones y readecuaciones tiene una gran aplicación dentro de las empresas, ya que logra tomar tanto aspectos generales como aspectos más específicos de cada una de las distintas operaciones que se realizan. Como el análisis de las distintas áreas disponibles para el aprovechamiento del espacio disponible. Así mismo, como el análisis de la iluminación de los espacios y áreas de trabajo.

Fue necesario el análisis de la operación para determinar el flujo lumínico necesario de tal forma que las actividades que se realicen no se vean afectadas,

es decir en el caso del laboratorio y por el tipo de inspecciones que se realizan a la materia prima y material en proceso se necesitó un flujo lumínico mayor al que se requiere en una recepción. Adicionalmente, aspectos como la temperatura que se requiere en cada una de las áreas por el tipo de equipo que se utiliza.

Así mismo, permite el análisis de las distintas operaciones desde el punto de vista del acondicionamiento del área en equipo de trabajo como lo es el tipo de mueble a utilizar, de tal forma que se acople a la mayor parte de operarios dentro del laboratorio, así como a futuras contrataciones. Para ello se realizó el análisis de la estatura media de las mujeres y hombre guatemaltecos y elaborando un diseño en el cual se reduzcan las fatigas y cada operario o colaborador se acoplen con la mayor comodidad posible.

Mediante este tipo de correcciones se es posible el mejor aprovechamiento de los recursos de la empresa, comenzando desde el aprovechamiento de las instalaciones y área disponible, como el aprovechamiento del talento humano con el que actualmente se cuenta. El análisis de los balances de líneas nos ayudó a crear estaciones de trabajo en las cuales se logró organizar al personal de trabajo con el fin de mejorar el proceso con la cantidad adecuada de personal.

Esto quiere decir que se planteó una propuesta donde se redujo la cantidad de operarios organizados en estaciones. Esto no solo trae mejoras para el flujo de trabajo sino en cuestiones económicas.

5.2. Ventajas y beneficios

Dentro de una redistribución y proceso de adecuación de las distintas operaciones dentro de una empresa logramos contar con una serie de ventajas las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Se lograron procesos más fluidos.
- Se logró una comunicación y una relación entre los departamentos internos más eficiente.
- Se logró un aprovechamiento del área disponible dentro de la empresa.
- Se logró una adecuación de los departamentos adecuada para el tipo de funciones que este realiza.
- Se logró una reducción en los transportes incurridos en el proceso de elaboración de lentes oftálmicos.

De igual forma es posible encontrar los beneficios de dichas acciones:

- Se reduce el tiempo de los procesos administrativos debido a la conexión interna que existe.
- Se aprovechó el espacio disponible dentro de la empresa de tal forma que se fue posible emplazar los departamentos sin realizar modificaciones estructurales dentro de la empresa.
- El control y manejo del material en proceso es más adecuado debido a que se redujo en un gran porcentaje los transportes incurridos en el proceso de elaboración de lentes oftálmicos.
- Al momento de la reducción en los transportes se reduce el personal que colaboraba a mover entre operaciones todo el material en proceso.

5.3. Acciones correctivas

Dentro de las propuestas realizadas para la redistribución de operaciones, se logró erradicar en su mayoría los transportes incurridos en el proceso de fabricación de lentes. Sin embargo, en la línea de tallado digital no se logra eliminar por completo los cruces de operaciones, es decir que el transporte

número 4 y el transporte número 1 tienen interferencia uno con el otro. Esto se debe a por la nueva distribución y el emplazamiento de la bodega en dicha área.

Dentro de las posibles opciones dentro de la distribución, esta fue en la que más se logró eliminar cruces y distancias recorridas por parte del análisis de los distintos diagramas de recorrido tomando en cuenta siempre el aprovechamiento del área disponible dentro de la empresa.

Al hacer una comparación entre los diagramas de recorrido entre la figura 9 donde se muestra el proceso actual del tallado digital y la propuesta en la figura 35, se logra determinar la mejora del recorrido en el proceso. Sin embargo, el cruce en la figura 35 es inevitable. Por proyecciones de la empresa se tiene contemplado en un futuro la utilización solo de la línea de tallado digital. Por lo que con una nueva redistribución se podrá mejorar.

De igual forma se determinó que en el área donde se planea establecer la nueva área de *coating*, posee una humedad elevada a las especificaciones de la maquina y su funcionamiento. Por consiguiente, se requiere de un deshumificador el cual logre regular el comportamiento de la humedad en dicho proceso.

CONCLUSIONES

1. En la elaboración de la propuesta de redistribución de operaciones de lentes oftálmicos se analizó el proceso actual y se determinó que existen procesos los cuales no tienen una relación directa entre departamentos.
2. Tras el análisis de elaboración de lentes oftálmicos se determinó que existen una alta cantidad de transportes incurridos debido a una mala distribución en planta.
3. Al evaluar el proceso de manufactura de lentes se realizó una propuesta de distribución en donde se aprovechó el área disponible dentro de la empresa. Se logró acoplar de manera adecuada las operaciones involucradas en el proceso de elaboración de lentes.
4. Para la mejora del proceso de producción de lentes oftálmicos se realizó una propuesta mediante el enfoque hombre/máquina donde se logró reducir, en su mayoría, los tiempos de ocio y rendimiento de la operación.
5. Para obtener un sistema productivo adecuado se desarrolló una propuesta de distribución en planta en donde se logró eliminar en su mayoría la gran cantidad de cruces entre operaciones. De igual forma, se redujo la distancia recorrida en transportes en su proceso y se logró el aumento del ritmo productivo en 45 órdenes para el tallado de lentes convencional y 62 para el tallado de lentes digitales.

6. Al realizar la propuesta se logró una reducción del 35,22 %, es decir, Q 28 491,70 en el costo total de la planilla mensual, es decir Q 341 900,40 anuales. En donde se tomó la cantidad de operarios necesarios en cada línea para satisfacer la demanda.

7. Basado en los diagramas de procesos se realizó un balance de líneas con el cual se determinó que nuestro cuello de botella para el proceso de elaboración de lentes oftálmicos en el área de montaje es bloqueo e inspección del aro, en el área de tallado convencional es el refinado del lente y, por último, en el área de tallado digital es el generado del lente.

RECOMENDACIONES

1. Mantener un análisis de las operaciones y procesos productivos de una empresa constante ayudan a la mejora de los tiempos de ciclo y a prever los distintos cambios en los que se puede incurrir por el crecimiento que la empresa tenga trazado.
2. Analizar principalmente los diagramas de recorrido de procesos, ya que hay puntos de mejora importantes relacionados con el transporte, de esta manera se van a mejorar las líneas de producción y todos los procesos productivos ya que, en su mayoría, las operaciones son actividades en las cuales no se pueden realizar modificaciones, es decir, son realizadas por una máquina y su tiempo es estándar.
3. Analizar factores como la temperatura del área y la iluminación y equipo necesario. Estos son fundamentales para garantizar la realización de las operaciones con el fin de reducir fatigas y enfermedades ocupacionales.
4. Realizar análisis de procesos porque así es posible tener un enfoque más específico en operaciones, en donde no se vea directamente una línea de producción sino solo un pequeño segmento. Es posible analizarlas para lograr reducir tiempos de ocio o mejoras en el rendimiento de las operaciones.
5. Mejorar el análisis del movimiento dentro de la línea mediante un diagrama de espagueti, logrando analizar los movimientos del operario dentro de su puesto de trabajo

6. Realizar la comparación entre el método actual y el propuesto para determinar sus rendimientos.
7. Analizar, en procesos productivos, los cuellos de botella debido a que estos dictan el ritmo del proceso y se logran detectar a raíz de herramientas de la ingeniería como el balance de líneas.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVA MANCHEGO, Daniel Jesús; PAREDES COTOHUANCA, Denisse Milagros. *Diseño de la distribución de planta de una fábrica de muebles de madera y propuesta de nuevas políticas de gestión de inventarios*. Perú: Pontificia Universidad Católica de Perú. 2009. 90 p.
2. CEEI. *Manual de distribución en planta*. Comunidad Valenciana: Centros Europeos de empresas innovadoras. 2008. 44 p.
3. GARRIGA GARZÓN, Federico. *Problemas resueltos de dirección de operaciones. 1*. Barcelona: OmniaScience. 2013. 168 p.
4. HEIZER, Jay; RENDER, Barry. *Dirección de la producción y de operaciones*. Madrid: Pearson Educación S.A. 2007. 598 p.
5. MUTHER, Richard. *Distribución en planta*. Barcelona: Hispano-Europea. 2018. 482 p.
6. NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería Industrial, métodos, Estándares y diseño del trabajo*. México: Alfaomega. 2018. 752 p.
7. RAU ÁLVAREZ, José Alan. *Rediseño de distribución de planta de las instalaciones de una empresa que comercializa equipos de bombeo para agua y procesos residuales*. Perú: Universidad Católica de Perú. 2009. 85 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Producción tallado convencional últimos cinco meses

Producción tallado convencional			
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
554 órdenes	526 órdenes	762 órdenes	719 órdenes
686 órdenes	673 órdenes	772 órdenes	700 órdenes
497 órdenes	699 órdenes	857 órdenes	707 órdenes
976 órdenes	721 órdenes	661 órdenes	666 órdenes
821 órdenes	675 órdenes	619 órdenes	509 órdenes

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Producción tallado digital últimos cuatro meses

Producción tallado digital			
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
749 órdenes	782 órdenes	754 órdenes	848 órdenes
818 órdenes	868 órdenes	814 órdenes	903 órdenes
1005 órdenes	1076 órdenes	924 órdenes	926 órdenes
843 órdenes	792 órdenes	817 órdenes	791 órdenes

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Reflexión efectiva

Reflectancia Piso o cielo	90				80				70			50			30			10			
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10
0.1	90	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	59	49	48	30	30	29	29	10	10	10
0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	9
0.3	89	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	49	47	46	30	29	28	27	10	10	9
0.4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	48	46	45	30	29	27	26	11	10	9
0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	64	61	48	46	44	29	28	27	25	11	10	9
0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	47	45	43	29	28	26	25	11	10	9
0.7	88	83	78	74	76	74	70	66	65	61	58	47	44	42	29	28	26	24	11	10	8
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	43	41	29	27	25	23	11	10	8
0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	46	43	40	29	27	25	22	11	9	8
1.0	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	46	42	39	29	27	24	22	11	9	8
1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	46	41	38	29	26	24	21	11	9	8
1.2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	45	41	37	29	26	23	20	12	9	7
1.3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	45	40	36	29	26	23	20	12	9	7
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	45	40	35	28	26	22	19	12	9	7
1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	44	39	34	28	25	22	18	12	9	7
1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	28	25	21	18	12	9	7
1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	38	32	28	25	21	17	12	9	7
1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	37	32	28	25	21	17	12	9	6
1.9	84	73	63	55	70	65	57	49	57	49	42	43	37	31	28	25	20	16	12	9	6
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	37	30	28	24	20	16	12	9	6
2.1	83	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	43	36	29	28	24	20	16	13	9	6
2.2	83	70	60	51	68	63	54	45	55	46	39	42	36	29	28	24	19	15	13	9	6
2.3	83	69	56	50	68	62	53	44	54	46	38	42	35	28	28	24	19	15	13	9	6
2.4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	42	35	27	28	24	19	14	13	9	6
2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	41	34	27	27	23	18	14	13	9	6
2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	53	43	35	41	34	26	27	23	18	13	13	9	5
2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	52	43	34	41	33	26	27	23	18	13	13	9	5
2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	52	42	33	41	33	25	27	23	18	13	13	9	5
2.9	81	65	53	43	65	58	48	38	51	41	33	40	33	25	27	23	17	12	13	9	5
3.0	81	64	52	42	65	58	47	38	51	40	32	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	50	40	31	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	50	39	30	40	31	23	27	22	16	11	13	8	5
3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	39	30	39	31	23	27	22	16	11	13	8	5
3.4	80	62	48	38	63	56	44	34	49	38	29	39	31	22	27	22	16	11	13	8	5
3.5	79	61	48	37	63	55	43	33	48	38	29	39	30	22	26	22	16	11	13	8	5
3.6	79	60	47	36	62	54	42	33	48	37	28	39	30	21	26	21	15	10	13	8	5
3.7	79	60	46	35	62	54	42	32	48	37	27	38	30	21	26	21	15	10	13	8	4
3.8	79	59	45	35	62	53	41	31	47	36	27	38	29	21	26	21	15	10	13	8	4
3.9	78	59	45	34	61	53	40	30	47	36	26	38	29	20	26	21	15	10	13	8	4
4.0	78	58	4	33	61	52	40	30	46	35	26	38	29	20	26	21	15	9	13	8	4
4.1	78	57	43	32	60	52	39	29	46	35	25	37	28	20	26	21	14	9	13	8	4
4.2	78	57	43	32	60	51	39	29	46	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4
4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4
4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	37	27	19	26	20	14	8	13	8	4
4.5	77	55	41	30	59	50	37	27	45	33	24	37	27	19	25	20	14	8	14	8	4
4.6	77	55	40	29	59	50	37	26	44	33	24	36	27	18	25	20	14	8	14	8	4
4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	36	26	18	25	20	13	8	14	8	4
4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	8	14	8	4
4.9	76	53	38	28	58	49	35	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	7	14	8	4
5.0	76	53	38	27	57	48	35	25	43	32	22	36	26	17	25	19	13	7	14	8	4

66

Para RCP o RCC

Fuente: CASTAÑEDA, Alejandra. Tablas de cavidad zonal. p. 8.

Anexo 2. Coeficientes de utilización

68

COEFICIENTES DE UTILIZACION PARA ALGUNAS LUMINARIAS TIPICAS

Distribución Típica	Pcc	80				70				50			30			10		
	Pp	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
	RCA	Coeficientes de Utilización, método cavidad zonal, Pcp=20																
1	.86	.84	.82	.79	.84	.81	.79	.77	.77	.75	.74	.73	.72	.71	.70	.69	.68	.68
2	.81	.77	.73	.70	.79	.75	.71	.69	.71	.69	.66	.68	.66	.64	.65	.63	.62	.62
3	.76	.70	.66	.62	.74	.69	.65	.61	.66	.63	.60	.63	.61	.58	.61	.59	.57	.57
4	.71	.64	.59	.56	.69	.63	.59	.55	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.56	.54	.51	.51
5	.67	.59	.54	.50	.65	.58	.53	.49	.56	.52	.49	.54	.50	.48	.52	.49	.47	.47
6	.63	.55	.49	.45	.61	.54	.49	.45	.52	.47	.44	.50	.46	.44	.49	.45	.43	.43
7	.59	.50	.45	.41	.57	.49	.44	.41	.48	.43	.40	.46	.42	.39	.45	.41	.39	.39
8	.55	.46	.41	.37	.54	.45	.40	.37	.44	.40	.36	.43	.39	.36	.41	.38	.35	.35
9	.51	.43	.37	.34	.50	.42	.37	.33	.41	.36	.33	.40	.35	.33	.38	.35	.32	.32
10	.47	.38	.32	.29	.46	.37	.32	.29	.36	.31	.28	.35	.31	.28	.34	.30	.27	.27
1	.73	.70	.68	.66	.71	.68	.67	.65	.66	.64	.63	.63	.62	.61	.61	.60	.59	.59
2	.67	.63	.59	.56	.66	.62	.58	.56	.59	.57	.54	.57	.55	.53	.55	.54	.52	.52
3	.62	.57	.52	.49	.61	.56	.52	.48	.54	.50	.47	.52	.49	.47	.51	.48	.46	.46
4	.58	.51	.46	.43	.57	.50	.46	.42	.49	.45	.42	.47	.44	.41	.46	.44	.41	.41
5	.53	.46	.41	.37	.52	.45	.40	.37	.44	.40	.36	.43	.39	.36	.41	.38	.36	.36
6	.50	.42	.36	.33	.48	.41	.36	.32	.40	.35	.32	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.32
7	.46	.38	.32	.29	.45	.37	.32	.29	.36	.32	.28	.35	.31	.28	.34	.31	.28	.28
8	.42	.34	.29	.25	.41	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.32	.28	.25	.31	.27	.24	.24
9	.39	.31	.25	.22	.38	.30	.25	.22	.29	.25	.22	.29	.24	.21	.28	.24	.21	.21
10	.36	.28	.23	.19	.36	.27	.23	.19	.27	.22	.19	.26	.22	.19	.25	.22	.19	.19
1		.98	.96	.95					.92	.91	.90				.87	.86	.85	.85
2		.94	.91	.89					.89	.87	.86				.85	.84	.83	.83
3		.90	.87	.85					.87	.85	.83				.83	.82	.80	.80
4		.87	.83	.81					.84	.81	.80				.81	.79	.78	.78
5		.83	.80	.77					.81	.78	.76				.79	.77	.75	.75
6		.81	.77	.75					.79	.76	.74				.77	.75	.73	.73
7		.78	.74	.72					.76	.73	.71				.74	.72	.70	.70
8		.75	.72	.69					.74	.71	.69				.72	.70	.68	.68
9		.73	.69	.67					.72	.68	.66				.70	.68	.66	.66
10		.70	.67	.64					.69	.66	.64				.68	.66	.64	.64

Fuente: CASTAÑEDA, Alejandra. Tablas de cavidad zonal. p. 10.

Anexo 3. Flujo lumínico

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1,000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1,000
Industria (en general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1,000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1,000	1,500	2,000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Fuente: CASTAÑEDA, Alejandra. Iluminación. p. 34

Anexo 4. Salario mínimo en Guatemala

De conformidad con el Acuerdo Gubernativo No. 320-2019 publicado en el Diario de Centroamérica el 30 de diciembre de 2019, se establece el salario mínimo que regirá a partir del uno de enero de 2020.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS	HORA DIURNA ORDINARIA	SALARIO DIARIO	SALARIO MENSUAL	BONIFICACIÓN INCENTIVO	SALARIO TOTAL
NO AGRÍCOLAS	Q.11.61	Q.92.88	Q.2,825.10	Q.250.00	Q.3,075.10
AGRÍCOLAS	Q.11.27	Q.90.16	Q.2,742.37	Q.250.00	Q.2,992.37
EXPORTADORA Y DE MAQUILA	Q.10.61	Q.84.88	Q.2,581.77	Q.250.00	Q.2,831.77

En la fórmula no importa si es año bisiesto. se coloca como referencia 365 ya que es para estimar un promedio del mensual tomando en cuenta que el salario mínimo se fija por hora

Fuente: Ministerio de Trabajo y Previsión Social.

<https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/dgt/salario-minimo>. Consulta: marzo 2020.

Anexo 5. **Factor de reflexión**

	Color	Factor de Reflección P
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Fuente: CASTAÑEDA, Alejandra. Caso 7, Iluminación industrial. p. 3.