



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

**ESTABLECIMIENTO Y APLICACIÓN DE PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN
EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LENTES ÓPTICOS EN EL ÁREA DE ACABADO**

Samuel David Ixcaquic Vásquez

Asesorado por la Inga. Amanda Abedyna Chávez Taks

Guatemala, octubre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTABLECIMIENTO Y APLICACIÓN DE PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN
EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LENTES ÓPTICOS EN EL ÁREA DE ACABADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SAMUEL DAVID IXCAQUIC VÁSQUEZ

ASESORADO POR LA INGA. AMANDA ABEDYNA CHÁVEZ TAKS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

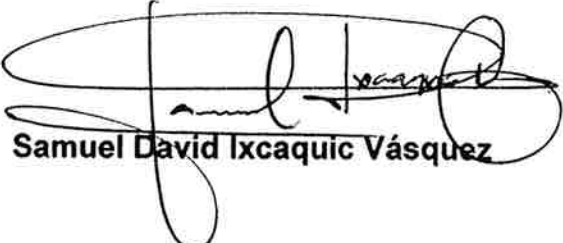
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

**ESTABLECIMIENTO Y APLICACIÓN DE PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN
EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LENTES ÓPTICOS EN EL ÁREA DE ACABADO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 15 de febrero de 2011.



Samuel David Ixcaquic Vásquez

Guatemala, 24 de octubre de 2011.

Ingeniero
Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Director de Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero Cesar Urquizu:

En atención a la autorización y designación de fecha 15 de febrero de 2011, he procedido a asesorar y revisar el trabajo de graduación que se titula: **"Establecimiento y aplicación de principios de producción más limpia en el proceso de fabricación de lentes ópticos en el área de acabado"**, presentado por el señor: **Samuel David Ixcaquic Vásquez**.

Al haber asistido en su investigación al ponente, he llegado a la conclusión que el trabajo de graduación del señor Ixcaquic Vásquez, cumple con las exigencias académicas para ser sometido a su presentación y discusión en el Examen General Publico, previo a conferirle el título de Ingeniero Industrial, en el grado académico de Licenciado, al haber obtenido la aprobación de la suscrita mediante el presente dictamen.

Sirve la presente para reiterarle, las muestras de mi alta consideración.

Atentamente,

f) 
Inga. Amanda A. Chávez T.
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 7773

Amanda Abedyna Chávez Tak
INGENIERA INDUSTRIAL
COL. No. 7773



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTABLECIMIENTO Y APLICACIÓN DE PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LENTES ÓPTICOS EN EL ÁREA DE ACABADO**, presentado por el estudiante universitario **Samuel David Ixcaquic Vásquez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. ~~Nora Leonor Elizabeth García Tobar~~
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2012.

/mgp



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 **ESTABLECIMIENTO Y APLICACIÓN DE PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LENTES ÓPTICOS EN EL ÁREA DE ACABADO**, presentado por el estudiante universitario **Samuel David Ixcaquic Vásquez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, octubre de 2012.

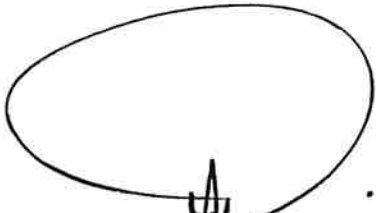
/mgp



DTG. 531.2012

El Decano 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: **ESTABLECIMIENTO Y APLICACIÓN DE PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LENTES ÓPTICOS EN EL ÁREA DE ACABADO**, presentado por el estudiante universitario **Samuel David Ixcaquic Vásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 24 de octubre de 2012.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Mi creador y salvador, por cada una de las facultades y aptitudes que al crearme en su providencia me concedió. Por su poder y amor manifestado en cada instante de mi vida y por ser mi generoso benefactor y preservador.

Mis padres

Pablo Ixcaquic Reynoso y Rubí Elizabeth Vásquez de Ixcaquic.

Como un pequeño reconocimiento, agradeciéndoles de todo corazón su incondicional amor, apoyo, consejos, comprensión e interminables sacrificios.

Mi hijo

José Pablo Ixcaquic Gómez, gracias por estar siempre a mi lado, por ser mi apoyo incondicional, por cada sacrificio y por ser a tu corta edad un ejemplo a seguir para mí. ¡Te amo campeón, lo logramos!

Mi hermano

Juan Carlos Ixcaquic Vásquez, gracias por ser un gran amigo y por todo el apoyo y ayuda que me has brindado en el transcurso de mi vida y de mi carrera. Dios te siga bendiciendo hoy y siempre.

Mi hermana

Dolores Graciela Ixcaquic Vásquez, gracias por tu apoyo y ayuda.

Especialmente

Gabriela Paola Letona Ramírez, por creer que este sueño podía convertirse en realidad y haberme ayudado a dar el primer paso y cada uno de los demás, también por haber compartido aquellos momentos alegres y difíciles y ser el apoyo ideal en el transcurso de este proyecto. Mil gracias. ¡Te amo!

AGRADECIMIENTOS A:

- Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña** Por todo el apoyo y ayuda incondicional para la obtención de este sueño.
- Inga. Amanda Abedyna Chávez Taks** Por el apoyo y la orientación profesional en la elaboración de este trabajo.
- Los señores** Edgar Vinicio Rojas Lara y Luis Rogelio Rojas Marroquín, por su amistad, apoyo y colaboración en la elaboración del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES	1
1.1. Identificación de la empresa	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Reseña histórica	1
1.1.3. Actividades principales	3
1.1.4. Misión	3
1.1.5. Visión	4
1.1.6. Valores.....	4
1.1.7. Organización.....	4
1.1.7.1. Organigrama	6
1.2. Producción más Limpia (PML).....	6
1.2.1. Definición	7
1.2.2. Características	7
1.2.3. Principios	8
1.2.4. Orientación.....	8
1.2.5. Beneficios	9
1.2.6. Etapas.....	9

1.3.	Procesos para la elaboración de lentes ópticos	10
1.3.1.	Proceso de superficie	12
1.3.2.	Proceso de acabado.....	14
1.4.	Clasificación de elementos.....	18
1.4.1.	Lentes.....	19
1.4.1.1.	Vidrio	20
1.4.1.2.	Plástico	20
1.4.1.3.	Polycarbonato.....	21
1.4.2.	Aros	22
1.4.2.1.	Forma	22
1.4.2.2.	Material.....	23
1.5.	Descripciones fundamentales.....	25
1.5.1.	Lente óptico	26
1.5.2.	Lente semiterminado	27
1.5.3.	Lente terminado.....	28
1.5.4.	Refracción	29
1.5.5.	Superficies.....	31
1.5.6.	Lente visión simple	31
1.5.7.	Lente bifocal	32
1.5.8.	Lente trifocal	32
1.6.	Mantenimiento	33
1.6.1.	Preventivo.....	33
1.6.2.	Correctivo	34
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE ACABADO	35
2.1.	General.....	35
2.1.1.	Análisis FODA	35
2.1.2.	Distribución física	37
2.1.3.	Esquema simplificado del proceso	38

2.2.	Información técnica sobre los procesos.....	39
2.2.1.	Producción.....	39
2.2.1.1.	Diagrama de flujo de proceso	40
2.2.1.2.	Maquinaria y equipo.....	53
2.2.1.3.	Diagrama de recorrido	58
2.2.1.4.	Diagramas de flujo de Operaciones Unitarias.....	60
2.2.1.5.	Identificación, medición y tratamiento de residuos.....	66
2.2.1.6.	Identificación, medición y tratamiento de desechos.....	67
2.2.1.7.	Operaciones Unitarias Críticas (OUC)	67
2.2.1.8.	Balance de masa y energía de OUC...	68
2.2.1.9.	Causas de ineficiencia en el uso de materia y energía	71
2.2.2.	Materia prima	72
2.2.2.1.	Recepción y control.....	72
2.2.3.	Agua	73
2.2.3.1.	Uso y ciclo.....	73
2.2.3.2.	Cantidad y costo del servicio.....	74
2.2.4.	Energía	75
2.2.4.1.	Uso.....	75
2.2.4.2.	Cantidad y costo del servicio.....	76
2.2.5.	Otros insumos.....	77
2.2.5.1.	Recepción y control.....	78

3.	PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO	79
3.1.	Producción	79
3.1.1.	Diagrama de flujo de proceso.....	82
3.1.2.	Diagrama de recorrido.....	95
3.1.3.	Diagrama de flujo de Operaciones Unitarias Críticas	96
3.1.4.	Reciclar, reutilizar o recuperar flujos	100
3.1.4.1.	Porcentaje de reducción esperado por unidad de producto.....	100
3.1.5.	Tratamiento al final de proceso	101
3.2.	Materia prima.....	101
3.2.1.	Recepción y control	101
3.3.	Utilización del agua	103
3.3.1.	Porcentaje de reducción esperado por unidad de producto.....	105
3.4.	Utilización de la energía	105
3.4.1.	Porcentaje de reducción esperado por unidad de producto.....	107
3.5.	Utilización de otros insumos.....	107
3.5.1.	Recepción y control	107
3.6.	Planeación.....	109
3.6.1.	Diagrama de Gantt	109
3.7.	Presupuesto	111
3.7.1.	Gastos de administración	111
3.7.2.	Costos de fabricación	111
3.7.3.	Gastos varios.....	112

4.	CAPACITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	113
4.1.	Capacitación del operario o trabajador	113
4.1.1.	Preparación y orientación	113
4.1.2.	Presentación de los cambios en la operación.....	114
4.1.3.	Prueba de desempeño.....	115
4.1.4.	Seguimiento	115
4.2.	Cronograma.....	116
4.2.1.	Actividades.....	117
4.2.2.	Responsables	118
4.2.3.	Tiempos	118
4.2.4.	Recursos.....	119
5.	SEGUIMIENTO Y CONTROL	121
5.1.	Mecanismos de control	121
5.1.1.	Establecimiento de estándares.....	121
5.2.	Medición del desempeño real	125
5.3.	Comparación del desempeño con el estándar.....	129
5.3.1.	Diagrama de Pareto.....	133
5.4.	Acciones correctivas	134
6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	135
6.1.	Marco referencial	135
6.1.1.	Base jurídica	135
6.2.	La empresa	136
6.2.1.	Identificación.....	137
6.3.	Escenario ambiental	138
6.3.1.	Estado actual	138
6.4.	Abastecimiento de agua y energía.....	142
6.5.	Descripción de la maquinaria.....	143

6.6.	Descripción de los procesos.....	144
6.7.	Generación y disposición de residuos	146
6.8.	Impactos positivos y negativos generados	147
CONCLUSIONES.....		149
RECOMENDACIONES		153
BIBLIOGRAFÍA.....		155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama general del Laboratorio Ocular	6
2.	Flujograma del proceso general de elaboración de lentes ópticos.....	11
3.	Inspección inicial de lente	15
4.	Marcar, cortar y tallar lentes.....	16
5.	Montar los lentes.....	17
6.	Inspección final de anteojos	17
7.	Empaque de anteojos	18
8.	Aro tipo cerrado.....	22
9.	Aro tipo semiaéreo	23
10.	Aro tipo aéreo.....	23
11.	Aro cerrado de metal.....	25
12.	Aro cerrado de acetato.....	25
13.	Lente óptico.....	26
14.	Cambio de dirección de la luz en cristal cóncava y convexa.....	27
15.	Tipos de curvas utilizadas en la elaboración de lentes	27
16.	Corte de trozo de vidrio y lente semiterminado	28
17.	Lente terminado	28
18.	Emetropía.....	29
19.	Miopía..	30
20.	Hiperopía o hipermetropía.....	30
21.	Tipos de lente bifocal para cada ametropía	32
22.	Tipos de lentes trifocales.....	33
23.	Distribución física del Laboratorio Ocular.....	37

24.	Esquema simplificado del proceso.....	38
25.	Diagrama de flujo del proceso de lentes de vidrio	41
26.	Diagrama de flujo del proceso de lentes de plástico.....	45
27.	Diagrama de flujo del proceso de lentes de policarbonato	49
28.	Biseladora artesanal	53
29.	Biseladora de diamante Whansida NH-35V de un disco	54
30.	Biseladora de diamante Silux de tres discos	54
31.	Perforadora Micro Drill XJ-9.....	55
32.	Pulidora Pixie Model 18080	55
33.	Horno Hilco Div Model 1/L	56
34.	Anteojos aéreos (tres piezas)	57
35.	Ranuradora Weike XJ-7.....	57
36.	Diagramas de recorrido del proceso de acabado de lentes.....	58
37.	Diagramas de flujo de Operaciones Unitarias comunes	60
38.	Diagramas de flujo de Operaciones Unitarias no comunes en los lentes de vidrio.....	63
39.	Diagramas de flujo de Operaciones Unitarias no comunes en los lentes de plástico	64
40.	Diagramas de flujo de Operaciones Unitarias no comunes en los lentes de policarbonato.....	65
41.	Balance de masa y energía de Operaciones Unitarias Críticas.....	68
42.	Ciclo de uso del agua en el proceso	73
43.	Distribución actual de iluminación y tomacorrientes en área de acabado	76
44.	Diagrama de flujo del proceso de mejora para lentes de vidrio	83
45.	Diagrama de flujo del proceso de mejora para lentes de plástico.....	87
46.	Diagrama de flujo del proceso de mejora para lentes de policarbonato	91
47.	Diagramas de recorrido propuestos para el proceso	95

48.	Diagramas de flujo propuestos para Operaciones Unitarias Críticas del proceso.....	97
49.	Formato de control de recepción de materia prima	102
50.	Filtro propuesto	104
51.	Ciclo propuesto del uso del agua en el proceso.....	105
52.	Distribución de iluminación y tomacorrientes final.....	106
53.	Formato de control de recepción de insumos varios	108
54.	Diagrama de Gantt.....	110
55.	Diagrama de Pareto de factores que afectan estándares	134
56.	Coordenadas de localización geográfica Laboratorio Ocular	139
57.	Localización geográfica.....	140
58.	Operaciones del proceso de montaje de lentes	145
59.	Contaminación en el proceso de montaje de lentes.....	146

TABLAS

I.	Cantidad de personal por departamento	2
II.	Atribuciones por departamento y puesto.....	5
III.	Matriz FODA	36
IV.	Comparativo de masa útil para lentes de vidrio, plástico y policarbonato de 70 mm de diámetro	39
V.	Consumo de agua por operaciones en el área de acabado.....	74
VI.	Consumo actual de servicio de energía eléctrica.....	77
VII.	Tipo de gasto y costo	111
VIII.	Cronograma de actividades	116
IX.	Actividades e involucrados.....	117
X.	Actividades y responsables.....	118
XI.	Actividades y tiempo asignado.....	119
XII.	Recursos utilizados	120

XIII.	Estándares para montaje de lentes de vidrio	122
XIV.	Estándares para montaje de lentes de plástico	123
XV.	Estándares para montaje de lentes de policarbonato	124
XVI.	Desempeño real para montaje de lentes de vidrio.....	126
XVII.	Desempeño real para montaje de lentes de plástico	127
XVIII.	Desempeño real para montaje de lentes de policarbonato.....	128
XIX.	Comparativo tiempo estándar versus cada unidad real montaje de lentes de vidrio.....	130
XX.	Comparativo tiempo estándar versus cada unidad real montaje de lentes de plástico	131
XXI.	Comparativo tiempo estándar versus cada unidad real montaje de lentes de policarbonato.....	132
XXII.	Descripción de maquinaria por tipo y cantidad	144

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
C	Grado centígrado
gal	Galón
gr	Gramo
kW	Kilovatio
mm	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Norte
O	Oeste
V	Voltio
W	Vatio

GLOSARIO

Ametropía	Defecto ocular que impide que los rayos de luz sean llevados a un foco único exactamente sobre la retina.
Artesanal	Actividad u oficio realizado por un trabajador manualmente.
Bisel	Corte oblicuo en el borde o en la extremidad a lo largo del contorno de los lentes ópticos.
Centro óptico	Punto tal que cualquier rayo luminoso que pasa por el no sufre desviación.
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente.
Convergente	Dícese de algo que se dirige hacia un mismo punto.
CR-39	Lente oftálmico de plástico.
Curva de aprendizaje	Representación gráfica del progreso en la efectividad de producción con el paso del tiempo.
Despostillado	Deteriorar o desgastar el borde de los lentes de vidrio.

Divergente	Dícese de algo que tiende a irse apartándose progresivamente una de otra.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.
Eficiencia	Relación entre la actuación (o producción) real y la actuación (o producción) estándar.
Emetropía	Ausencia del vicio de refracción. La imagen de un objeto distante se enfoca sobre la retina.
EMPAGUA	Empresa Municipal de Agua.
Estándar	Que se singulariza por ciertas características en el detalle suficiente para que otras clasificaciones se puedan considerar superiores, inferiores o comparables al estándar de referencia.
Estrategia	Planificar y realizar acciones con el fin de alcanzar un objetivo.
<i>Flat top</i>	Lente bifocal de tope recto.
FODA	Análisis que muestra las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de alguna empresa.
Fotocromático	Lente de vidrio que se oscurece al ser expuesto a la luz.

IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
Insumos	Recursos físicos, humanos, la energía, materiales, financieros y de información que intervienen en el proceso de transformación.
Lámpara fluorescente	Es aquella que descarga por arco un gas (vapor de mercurio a baja presión). Esta descarga es de radiación ultravioleta, que al incidir sobre el material fluorescente que recubre las paredes del tubo, excita sus electrones, que absorben la energía ultravioleta y la convierten en visible de color característico, según la composición del recubrimiento.
Materia prima	Material en estado natural o elaborado por otras empresas que se transforman, ensamblan o combinan para hacer un producto nuevo o distinto, es un factor importante del costo de producción ya que es el elemento básico del producto.
Operación unitaria	Es un componente de un proceso de producción que cumple una función específica, sin la cual el proceso no podría cumplir su función global.
Operación unitaria crítica	Aquella que tiene o puede tener impactos negativos importantes, sean estos ambientales, productivos o económicos.
PML	Producción más Limpia.

PM10	Partículas menores a 10 micras.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
PTS	Partículas Totales Suspendidas.
UV	Ultra violeta.
PTS	Partículas Totales Suspendidas.

RESUMEN

En 1992 inicia en Guatemala el Laboratorio Ocular, como una empresa dedicada a satisfacer la necesidad de refracción visual de la sociedad guatemalteca que utilizaba anteojos. En 1993, es necesario ampliar el espacio físico razón por la que se traslada a la 6ta. calle 1-78 zona 1, ofreciendo por primera vez reparaciones de anteojos y el montaje de lentes. Posteriormente, en el 2002 debido a la demanda, se implementa el servicio de clínica médica visual y el montaje de lentes a otras empresas.

En la actualidad, el proceso de montaje de lentes en el área de acabado no está claramente definido, ante esta situación es necesario realizar acciones donde se evalué y documente el proceso actual, lo cual permitirá planes de mejora a corto y largo plazo.

Uno de los planes de mejora que se desea documentar e implementar en el área de acabado, es la estrategia de Producción más Limpia, la cual es aplicable a cualquier industria ya que contempla aspectos ambientales preventivos que proporcionan ventajas tales como: reducción del nivel de contaminación y riesgo ambiental, uso más eficiente de materiales y la optimización de desechos durante los procesos productivos, brindando un enfoque en la salud y seguridad ocupacional de los colaboradores de esta área.

Dentro de los beneficios esperados para la empresa se tiene: reducción en la cantidad de residuos y desechos, disminución de la cantidad de agua y energía eléctrica utilizada durante el proceso, permitirá la reutilización de los residuos y del agua, pero sobre todo permitirá realizar el montaje de lentes de vidrio, plástico o policarbonato con calidad, oportunamente, al menor costo posible, logrando la máxima satisfacción de los clientes y empleados, permitiendo un crecimiento ecológicamente sostenible.

OBJETIVOS

General

Establecer y aplicar principios de Producción más Limpia en el proceso de fabricación de lentes ópticos en el área de acabado, en un laboratorio óptico.

Específicos

1. Describir el proceso actual del área de acabado.
2. Identificar operaciones críticas durante el proceso.
3. Determinar operaciones generadoras de residuos.
4. Generar opciones de minimización de residuos.
5. Revisar el proceso e identificar el origen de los desechos.
6. Proponer soluciones para el manejo de los desechos.
7. Elaborar una propuesta para el uso más eficiente de recursos naturales, incluyendo energía y agua.
8. Realizar un plan de mejora en la recepción y manejo de materia prima e insumos.

9. Preparar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaria utilizada durante el proceso.

INTRODUCCIÓN

La Producción más Limpia es, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, a los productos y a los servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente. Es importante resaltar que la utilización de Producción más Limpia (PML), no niega el crecimiento, insiste simplemente en que este crecimiento sea ecológicamente sostenible. No debe ser considerada solamente como una estrategia ambiental, ya que también está relacionada con las consideraciones económicas.

Esta es aplicable a los procesos usados en cualquier industria, a los productos mismos y a los distintos servicios que proporciona la sociedad. Dicha estrategia, será utilizada para la elaboración del presente trabajo de graduación.

La empresa en estudio cuenta con 19 años de estar trabajando en el mercado de la distribución y venta a nivel nacional, se dedica a la producción, distribución y venta de lentes ópticos.

Actualmente, el proceso de fabricación en el área de acabado no está claramente definido, ni cuenta con algún tipo de control ambiental, ante esta situación es necesario realizar acciones en las que se evalúe y documente el proceso actual, lo cual a su vez permitirá determinar operaciones críticas o generadoras de residuos, revisar el proceso e identificar el origen de los desechos, generando opciones para la minimización de residuos.

Se utilizarán diversas herramientas que proporciona la Ingeniería Industrial, tales como diagramas de proceso, estudio de tiempos y movimientos y principalmente la aplicación de la estrategia Producción más Limpia (PML).

1. GENERALIDADES

1.1. Identificación de la empresa

El Laboratorio Ocular, es una empresa dedicada a satisfacer la necesidad de refracción visual de la sociedad guatemalteca que utiliza anteojos, se dedica a la producción, distribución, venta y montaje de lentes ópticos.

1.1.1. Ubicación

La empresa en estudio realiza sus actividades comerciales en la 6a. calle 1-78 zona 01, de la ciudad de Guatemala, departamento de Guatemala.

1.1.2. Reseña histórica

Inicia labores en 1992, en la 15 avenida y 5a. calle de la zona 6, de la ciudad de Guatemala, produciendo únicamente lentes oftálmicos de vidrio semiterminados, en esa época contaba con un total de tres trabajadores distribuidos de la siguiente manera: una persona en ventas, una en producción y una en actividades administrativas.

A finales de 1992, deciden trasladarse a la 6a. avenida A y 15 calle zona 1, donde diversifican sus productos y servicios, trabajando con lentes oftálmicos de plástico (CR-39) y realizando jornadas oftalmológicas a nivel empresarial.

Debido al éxito de las acciones implementadas, surge la necesidad de ampliar el espacio físico, razón por la que el 25 de mayo de 1993, se realiza el último traslado, esta vez a la 6a. calle 1-78 zona 1, ofreciendo por primera vez reparaciones de anteojos y el montaje de lentes.

Posteriormente en el 2002 debido a la demanda, se implementa el servicio de clínica médica visual y el montaje de lentes a otras empresas.

En la actualidad, la empresa cuenta con 40 trabajadores distribuidos de la forma que se indica en la tabla a continuación.

Tabla I. **Cantidad de personal por departamento**

Departamento	Cantidad de personal
Gerencia general	2
Producción	20
Mantenimiento y servicios	3
Servicio médico	3
Administrativo y contabilidad	5
Ventas y servicio al cliente	7
Total	40

Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Actividades principales

Dentro de las actividades principales de la empresa, se tienen:

- Fabricación: incluye el diseño, corte, tallado y montaje de los lentes de vidrio, plástico y policarbonato.
- Reparación y venta de accesorios para anteojos.
- Clínica médica de oftalmología: se hacen exámenes de refracción visual y se receta según la ametropía encontrada al paciente.

En la actualidad la empresa cuenta con un sistema rudimentario de producción de pequeños lotes y piezas únicas, realiza montajes de lentes en aro cerrado, semiaéreo, aéreo (tres piezas) y acabados especiales según el requerimiento o necesidad del cliente.

1.1.4. Misión

La empresa desarrolla sus actividades productivas sin tener clara la misión que tienen como organización, parte del trabajo realizado será la propuesta de una nueva, clara y efectiva misión. La misión bajo la cual se trabaja actualmente es:

“Servir a todos nuestros clientes con responsabilidad y calidad en cada uno de nuestros servicios y productos ópticos para la sociedad guatemalteca”.

1.1.5. Visión

Esta es la Visión bajo la cual la empresa desarrolla sus actividades productivas:

“Ser la opción en cuanto a servicios y productos de calidad para mejorar la salud visual”.

1.1.6. Valores

“Los valores implícitos en la misión y visión son:

- Servicio
- Responsabilidad”

1.1.7. Organización

Laboratorio Ocular está formado por un gerente general, su secretaria y varios departamentos entre los que se puede mencionar, Producción, Servicios, Departamento Administrativo y Ventas, donde cada uno cuenta con trabajadores quienes tienen atribuciones únicas tal y como se indica a continuación:

Tabla II. **Atribuciones por departamento y puesto**

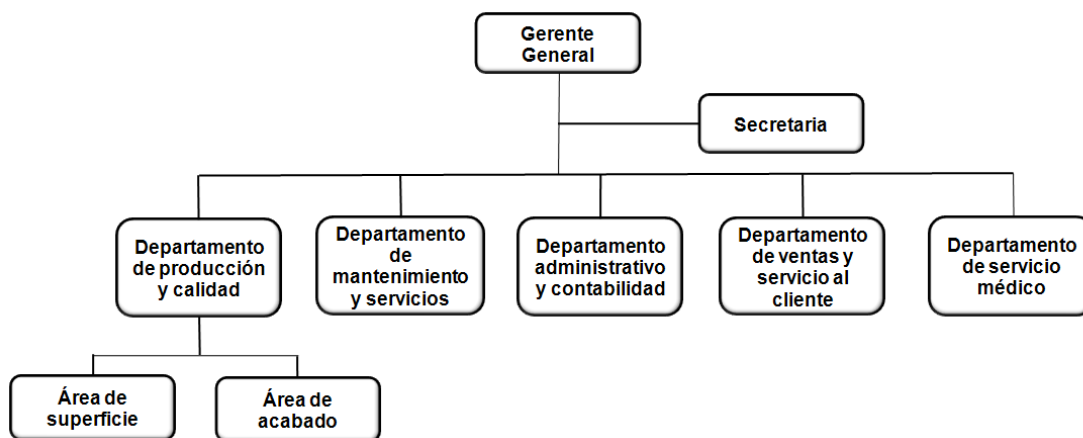
DEPARTAMENTO	PUESTO	ATRIBUCIÓN
Gerencia general	Gerente general	Planear, organizar, dirigir y controlar las actividades asignadas a cada departamento.
	Secretaria de gerencia	Recepción de correspondencia, elaboración de actas y reuniones, facilitar comunicación entre proveedores, oferentes, clientes, etcétera.
Producción y calidad	Operarios (área de superficie)	Selección, tallado, desbaste, afinado y refinado, pulido e inspección de lente.
	Operarios de área de acabado	Cortar, tallar, montar e inspeccionar los anteojos.
Servicios médicos	Médico oftalmólogo	Realizar los exámenes y elaborar recetas médicas.
Mantenimiento y servicios	Conserje	Encargado de limpieza de oficinas, clínicas, sala de ventas, planta de producción y servicios generales.
Administrativo y contabilidad	Asistente administrativo	Selección, contratación y registro de personal y capacitaciones varias.
	Asistente contable	Elaboración de cheques, planillas y estados financieros, control de compras y pago a proveedores.
Ventas y servicio al cliente	Ejecutivo de sala de ventas	Asesorar técnicamente a los clientes en la sala de ventas según las necesidades refractarias.
	Ejecutivo promotor de servicios	Promover y auxiliar servicios en jornadas medicas en empresas, iglesias, salones comunales, municipalidades, mercados, etcétera.
	Auxiliar de servicio al cliente	Asiste al ejecutivo de sala de ventas y es mediador en reclamos planteados por los clientes.

Fuente: elaboración propia.

1.1.7.1. Organigrama

Actualmente el Laboratorio Ocular está formado por seis departamentos, a continuación se presentan gráficamente las relaciones y funciones entre ellos, es decir, se presenta la estructura organizacional de dicha empresa.

Figura 1. Organigrama general del Laboratorio Ocular



Fuente: elaboración propia.

1.2. Producción más Limpia (PML)

La introducción de un programa de Producción más Limpia en una empresa supone la planificación, programación y ejecución de medidas que se desarrollan de manera sistemática y ordenada. A continuación se define esta técnica, sus características, principios, beneficios y etapas.

1.2.1. Definición

La Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, a los productos y a los servicios, para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente.

Esta estrategia se puede aplicar a los procesos usados en cualquier industria, a los productos mismos y a los distintos servicios que proporciona la sociedad, según se describe a continuación:

- Para los procesos de producción: en la conservación de materias primas e insumos, tales como agua y energía.
- Para los productos: en la reducción de los impactos ambientales, la salud y la seguridad en los productos durante el ciclo de vida del mismo.
- Para los servicios: aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

1.2.2. Características

Dentro de las principales se tienen: es una estrategia preventiva, aplicable a todos los procesos, productos y servicios, promueve que el crecimiento sea ecológicamente sostenible y cuyo fin primordial es ganar-ganar.

1.2.3. Principios

Comprende tres principios básicos:

- **Precaución:** evita situaciones legalmente perjudiciales y también asegura que los trabajadores estén protegidos contra problemas de salud irreversible.
- **Preventivo:** indica la búsqueda adelantada de cambios en la cadena de producción y consumo.
- **Integración:** la introducción de la idea de PML en la visión del ciclo de vida, tanto del producto como del proceso.

1.2.4. Orientación

Se orienta en tres bases fundamentales:

- **Procesos:** en la conservación y ahorro de materias primas e insumos.
- **Productos:** en la reducción de los impactos negativos, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final.
- **Servicios:** se orienta a la incorporación de la dimensión ambiental, desde el diseño hasta la prestación de los mismos.

1.2.5. Beneficios

Dentro de los beneficios que proporciona la aplicación de PML a un proceso, servicio o producto se encuentran:

- Disminuye los riesgos para los trabajadores, la comunidad, los consumidores de los productos y las generaciones futuras.
- Mejora la eficiencia del proceso y la calidad del producto.
- Disminuye los costos de producción y tratamiento al final del proceso.

1.2.6. Etapas

El método para desarrollar un programa de Producción más Limpia, se basa en un conjunto ordenado de las siguientes etapas:

- Creación de la base del programa de PML
- Preparación del diagnóstico de PML
- Diagnóstico detallado de las operaciones críticas
- Diagnóstico detallado de la evaluación técnica
- Implementación, seguimiento y evaluación

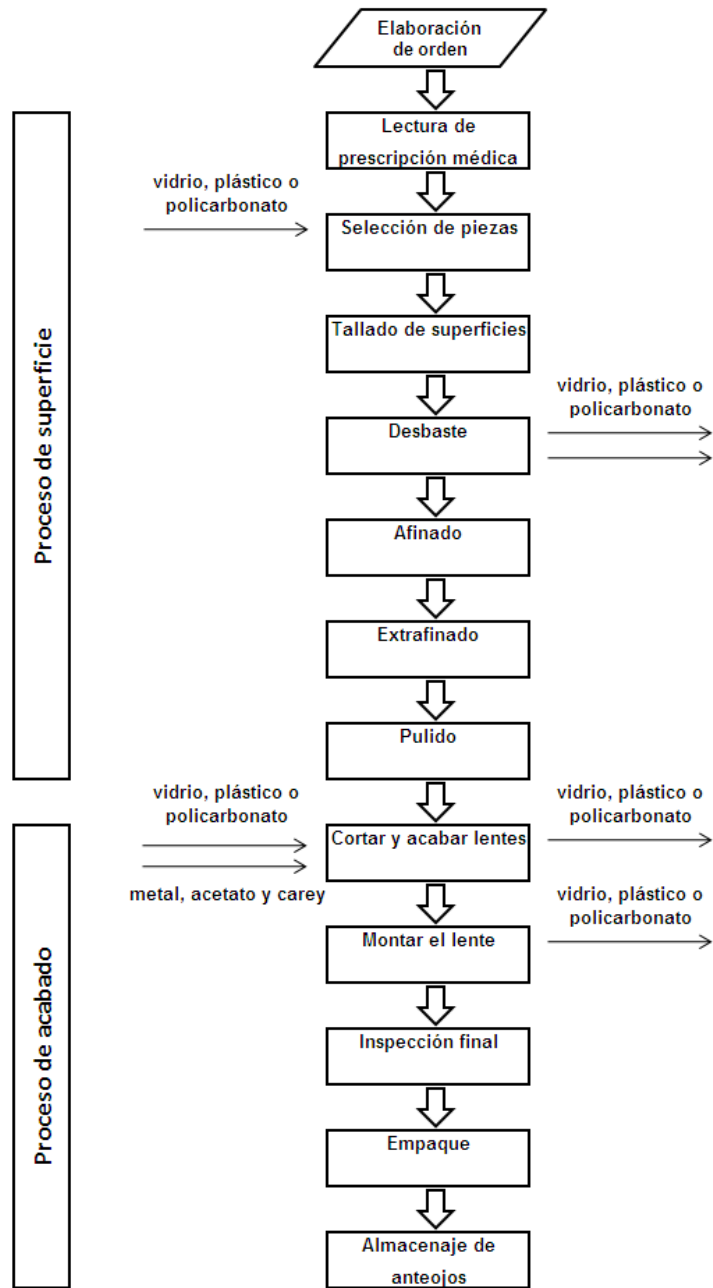
1.3. Procesos para la elaboración de lentes ópticos

El proceso para la elaboración de un lente en un taller óptico, se divide en dos:

- Proceso de superficie: en el que se elabora el lente que se va a utilizar usando la materia prima según sea el material del lente a fabricar.
- Proceso de acabado: en el cual a dicho lente se le da la forma y tamaño adecuado (según el aro seleccionado) para luego proceder a montarlo en la armazón requerida por el cliente.

A continuación se presenta el flujograma del proceso general de elaboración de lentes ópticos:

Figura 2. **Flujograma del proceso general de elaboración de lentes ópticos**



Fuente: elaboración propia.

1.3.1. Proceso de superficie

Una vez recibida la orden de elaboración y su asignación, el proceso de superficie comienza con la selección de las piezas en bruto hasta que el lente queda listo para ser entregado al área de acabado (proceso descrito en figura 2).

Este proceso está conformado por las siguientes operaciones:

- Lectura e interpretación de la orden médica: el tallado de un lente es un proceso único y específico para cada cliente, debido a ello, a los lentes a fabricar se les debe adjuntar la orden médica durante todas las operaciones del proceso.
- Selección de piezas: se selecciona del depósito de materia prima los lentes o blocs en bruto apropiados, desechando los que tengan defectos de masa o superficie.
- Tallado: para formar la superficie redondeada de la lente, se moldea dicha superficie con herramientas cóncavas o convexas cargadas con abrasivos, a este proceso se le llama talla de la lente. La superficie de una lente convexa se forma mediante la herramienta cóncava y viceversa. Generalmente, se emplean dos o más herramientas en el proceso de tallado, esto para darle forma a la superficie, utilizando grados de abrasivo cada vez más finos, uno por vez.

- Desbaste: después que se ha despojado de las partes más rústicas o bastas del vidrio (en la operación de tallado), se procede a darle una forma más fina y necesaria a la lente semiterminada a lo que se llamará desbastado.
- Afinar y refinar el lente: este proceso es el más delicado y esencial en la fabricación de vidrios para anteojos, debido a la importancia de dar la máxima exactitud a la lente para que posteriormente pueda ser pulido. Durante este proceso, la lente debe conseguir el radio de curvatura necesario y el aspecto adecuado, el cual debe ser de un grano uniforme y fino, para que el cliente pueda ver sin problemas.
- Pulido de lente: durante este proceso se debe obtener una superficie transparente y uniforme, este se realiza mediante una herramienta de hierro cubierta de brea o barniz especial y es bañada con un químico especial denominado: Mordiente Rojo y Agua, la superficie debe quedar libre de defectos visibles que puedan causar problemas en la visión.
- Inspección final: se procede a verificar que el centro físico coincida con su centro óptico para que pueda proporcionar una graduación correcta, además, de verificar el eje de la lente y establecer los parámetros de ametropía o defecto visual, esto se realiza utilizando el lensómetro.
- El lente queda listo para ser enviado al proceso de acabado.

1.3.2. Proceso de acabado

Dicho proceso consiste en darle forma y tamaño requerido a los lentes según la armazón (aro seleccionado) para luego proceder con el montaje de los mismos. En dicho proceso la operación clave es el centrado del centro óptico y la altura pupilar, así como, el alineado de los mismos, antes de proceder a cortarlos.

La maquinaria que se encuentra en el área de acabado se lista a continuación:

- Una biseladora de diamante de un disco
- Una perforadora
- Una pulidora para lentes plásticos
- Una biseladora de diamante con 3 discos y bisel
- Una biseladora artesanal
- Una soldadora eléctrica
- Un horno de arena
- Una ranuradora
- Un lensómetro

El proceso de acabado está formado por las operaciones que se detallan a continuación, recordando que algunas operaciones varían dependiendo del material con que son elaborados los anteojos (vidrio, plástico o policarbonato). Según se detalla más adelante para este estudio se utilizarán solamente los lentes con armazón o aro cerrado:

- Inspección inicial de lente: se revisa minuciosamente cada uno de los lentes que se van a montar, verificando que ninguno de ellos tenga astilladuras o rayas que puedan afectar el proceso, a continuación se localiza el centro óptico de cada uno de ellos y se marca su posición para luego hacerla coincidir con la altura pupilar del paciente, ya que en este punto cualquier rayo luminoso que pasa por el centro de la lente, no sufre desviación alguna, cabe mencionar que el centro óptico en la mayoría de casos no coincide con el centro físico.

Figura 3. **Inspección inicial de lente**



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

- Marcar, cortar y tallar los lentes: se marca la forma de los aros seleccionados, sobre los lentes haciendo coincidir el centro óptico y la altura pupilar, para luego cuando ya se encuentra marcada la forma en los lentes se proceda a cortarlos (la maquinaria utilizada depende del material del lente, que puede ser de plástico, vidrio o policarbonato) para luego tallarlos con las máquinas biseladoras (de uno o tres discos dependiendo el tipo de material y la forma de los aros).

Figura 4. **Marcar, cortar y tallar lentes**



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

- Montar los lentes: se retiran manualmente los lentes plásticos que vienen desde el inicio con la receta médica y aros, a continuación se procede a quitar los tornillos de las bisagras laterales para luego montar los lentes terminados dentro de la cavidad de los aros, teniendo cuidado que los lentes no queden demasiado presionados para que no se astillen en sus orillas al colocar de nuevo los tornillos laterales.

Figura 5. Montar los lentes



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

- Inspección final de anteojos: se realiza una inspección en la cual se verifica que durante el montaje de los lentes, el aro o los lentes no hayan sufrido deformación alguna, ya que de ser así, se endereza o se reemplaza la parte dañada. Seguidamente se procede a limpiar los lentes con un líquido especial.

Figura 6. Inspección final de anteojos



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

- Se colocan los anteojos envueltos en un paño, dentro de una bolsa plástica juntamente con la orden recibida.

Figura 7. **Empaque de anteojos**



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

- Almacenaje de anteojos: los anteojos juntamente con los aros se limpian y se envuelven en papel *toilette* para luego ser almacenados en una caja de cartón para cuando sean solicitados por los clientes. Cuando el paciente solicita sus anteojos, se quita el envoltorio de papel *toilette* y estos se envuelven en un paño limpio y son colocados en su estuche final.

1.4. **Clasificación de elementos**

En el siglo XIII aparecen los primeros lentes convergentes y 100 años más tarde aparecen los lentes para miopes aunque no se conoce la fecha exacta de estos últimos.

Posiblemente fueron los vidrieros venecianos los inventores de los lentes, del taller de los famosos sopladores de vidrio de Venecia en la isla de Murano proceden los primeros cristales tallados ideados en principio para un solo ojo.

Los procesos empleados en la fabricación de lentes no han cambiado demasiado desde la Edad Media, salvo el empleo de brea para el pulido, que introdujo Isaac Newton. El reciente desarrollo de los plásticos y de procesos especiales para moldearlos ha supuesto un uso cada vez mayor de estos materiales en la fabricación de lentes.

Existen diferentes materiales formas, estilos y colores, sin embargo, la elección de los lentes y aros depende en gran medida del gusto del paciente, pero también se deben considerar las indicaciones que el profesional dé, para que así los anteojos sean de utilidad, durabilidad, comodidad y sobre todo estéticos.

1.4.1. Lentes

En los primeros anteojos se utilizó el cuarzo y el agua marina, pero conforme aumentó la demanda fue necesario elaborar vidrio óptico que se rompe con facilidad por lo que resulta peligroso. A partir de este momento las gafas han evolucionado según las necesidades de la sociedad. La mayoría de las lentes están hechas de variedades especiales de vidrio de alta calidad, conocidas como vidrios ópticos, libres de tensiones internas, burbujas y otras imperfecciones.

En la actualidad están siendo más utilizados el plástico y el policarbonato en la elaboración de lentes ópticos.

1.4.1.1. Vidrio

Los lentes minerales (vidrio) son sin duda el tipo de lente que más se ha utilizado en la confección de lentes ópticos u oftálmicos. Durante décadas fue el único material disponible para tal propósito. El vidrio es una sustancia amorfa y transparente, constituida químicamente por una mezcla homogénea de silicatos o de silicatos y boratos. Su principal componente es la Sílice, pero no el único. El vidrio óptico por excelencia es el *Crown*. Se caracteriza fundamentalmente por su transparencia y aptitud para el tallado. Son frágiles y su ruptura se produce apenas se sobrepasa el límite de elasticidad. Su dureza los hace resistentes a las ralladuras y deformaciones.

Existen blancos, fotocromáticos y coloreados en masa. Se puede someter a tratamientos de endurecido (excepto el High Lite) y de antirreflejos. Este se diferencia de los demás vidrios por su forma de desviar (refractar) la luz. La fabricación de vidrio óptico es un proceso delicado y exigente. Las materias primas deben tener una gran pureza y hay que tener mucho cuidado para que no se introduzcan imperfecciones.

1.4.1.2. Plástico

El reciente desarrollo de los plásticos y procesos especiales para moldearlos ha supuesto un uso cada vez mayor de estos materiales en la fabricación de lentes. El dietilenglicol es el material orgánico que reúne óptimas condiciones para la fabricación de lentes. Es más conocido como CR-39. Son resistentes a los impactos, difíciles de quebrar lo que los hace especialmente aptos para niños. Si ocurre la fragmentación, deja pedazos más grandes y menos cortantes. Por su escasa dureza se rayan con facilidad. Su menor densidad los hace más livianos, pesando hasta un 45% menos que uno mineral.

Quedan más gruesos que los minerales por lo que no se recomienda para lentes muy negativos (alta miopía). Para los positivos si se aconsejan, ya que con curvas esféricas se ven más planos y delgados. Se les puede colocar la protección UV (ultravioleta), la capa antirreflejo y cualquier color.

1.4.1.3. Policarbonato

Es un grupo de termoplásticos fácil de trabajar, moldear y termoformar, son utilizados ampliamente en la manufactura moderna. El nombre se basa en que se trata de polímeros, que presentan grupos funcionales unidos por grupos carbonato en una larga cadena molecular. Material de altas prestaciones, sostenible y ecoeficiente que se utiliza en múltiples aplicaciones esenciales de uso diario.

Tiene una combinación única de propiedades, pues ofrece claridad, durabilidad, seguridad, versatilidad y resistencia al calor y la fragmentación. El policarbonato tiene más de medio siglo de historia de uso seguro y fiable. Su extraordinario equilibrio de propiedades es en la mayoría de los casos clave para las cualidades funcionales de las aplicaciones finales. Además, mejora la calidad de vida, promueve la seguridad y la comodidad de los usuarios y consumidores de todo el mundo.

Dichos lentes son más delgados, más livianos y más resistentes que los lentes convencionales, incluyen la protección UV (ultravioleta) y se adaptan bien en armazones al aire (tres piezas).

1.4.2. Aros

La forma más común de aros consiste en una moldura de metal, carey o acetato que se adapta al puente de la nariz y se mantiene en posición mediante dos patillas o abrazaderas que se afianzan a la cabeza o alrededor de las orejas.

1.4.2.1. Forma

Según la forma de la armazón estas se pueden clasificar como aro completo cuando la gota del aro es totalmente cerrada, semiaéreo cuando la mitad de la gota está formada por la armazón y la otra mitad queda sujeta por un hilo plástico y aéreo cuando más del 80% de la gota queda sujeta por un hilo plástico.

Figura 8. **Aro tipo cerrado**



Fuente: NEYRA FERRO, Yuridia. Catálogo Armazón Solar. p. 2.

Figura 9. **Aro tipo semiaéreo**



Fuente: NEYRA FERRO, Yuridia. Catálogo Armazón Solar. p. 11.

Figura 10. **Aro tipo aéreo**



Fuente: NEYRA FERRO, Yuridia. Catálogo Armazón Solar. p. 9.

1.4.2.2. Material

Los materiales más utilizados en la actualidad para la elaboración de aros son los siguientes:

- Aluminio: es el tercer químico en abundancia, es fuerte, liviano, no se corroe, es reciclable, mantiene la forma aún cuando se abusa de su uso, permite el ajuste, la calibración y la inserción.

- Titanio: es el material más liviano que existe y el noveno en abundancia, además, tiene una sobresaliente relación peso-fatiga, es un excelente producto que es imagen de tecnología de punta.
- Monel: es un material que se usa actualmente, pues ha demostrado ser durable, resistente, fuerte, flexible y maleable. Es una aleación de varios metales. Níquel, cobre, hierro, manganeso, silicona y carbón.
- Carey: desde que se incluyera en el apéndice I de la CITES, el comercio internacional de la tortuga carey y sus productos, está prohibido salvo que la transacción comercial se efectúe con fines no comerciales. Debido a lo anterior el uso de aros para lentes de carey se ha visto reducido y casi ha desaparecido en su totalidad.
- Acetato: en la actualidad es utilizado como sustituto del carey, es el más usado entre los jóvenes, por su variedad de formas y colores, es resistente, fácil de ajustarse a la cara del paciente, también puede estar combinado con otros materiales como algunos metales, lo que los hace más originales y estéticos. Una de sus desventajas es que conforme el paso del tiempo tiende a perder un poco de brillo.

Figura 11. **Aro cerrado de metal**



Fuente: NEYRA FERRO, Yuridia. Catálogo Armazón Solar. p. 1.

Figura 12. **Aro cerrado de acetato**



Fuente: NEYRA FERRO, Yuridia. Catálogo Armazón Solar. p. 7.

1.5. Descripciones fundamentales

A continuación se presentan las descripciones necesarias para una mejor comprensión del tema de estudio. Partiendo con la definición de lente óptico, luego se presentarán los tipos de lente según el proceso de producción, la necesidad de refracción y las diferentes formas en que se pueden presentar las superficies de los lentes.

1.5.1. Lente óptico

Piezas de vidrio o plástico, blancas, fotocromáticas o teñidas, con fuerza óptica (aumento) o neutras, positivas, negativas, astigmáticas o mixtas, montadas en un armazón y que son utilizadas para corregir vicios de refracción (lentes ópticos), para protegerse de la luz solar (anteojos de sol) o para protegerlos de agentes físicos o radiaciones nocivas (lentes de seguridad). Pueden ser minerales u orgánicas y se les puede agregar tratamientos de superficie (antirreflejos, antirrayas, etcétera), de acuerdo con las necesidades del usuario.

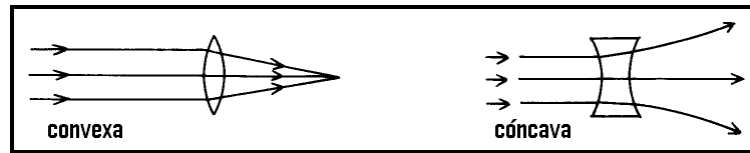
Se pueden mencionar dos tipos de lentes, los que presentan una curvatura convexa se llaman lentes positivos o convergentes y se denotan con el signo (+) y por el contrario los que tienen las caras cóncavas o divergentes y se llaman negativos (-).

Figura 13. Lente óptico



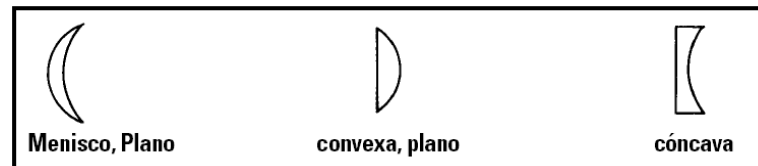
Fuente: DIOR, Christian. Catálogo Moda y Estilo 2020. p. 43.

Figura 14. **Cambio de dirección de la luz en cristal cóncava y convexa**



Fuente: Leica Microsystems. Glosario de términos ópticos. p. 8.

Figura 15. **Tipos de curvas utilizadas en la elaboración de lentes**



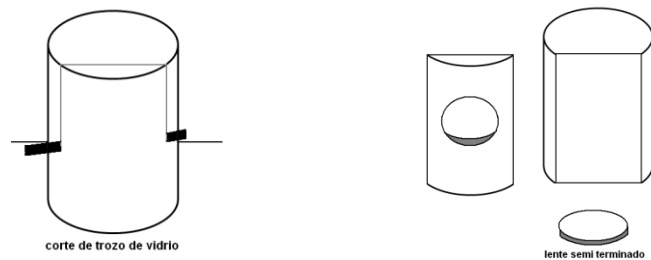
Fuente: Leica Microsystems. Glosario de términos ópticos. p. 8.

1.5.2. **Lente semiterminado**

Es el lente al que le hace falta agregar las curvaturas y el pulimento para ser usado de acuerdo con una prescripción de refracción (receta médica). Sólo se ha terminado la primera superficie, ya que se ha generado, afinado y pulido la superficie convexa y se ha dejado en bruto la superficie cóncava, así como un determinado espesor del centro y diámetro.

Estos se fabrican en lotes (en el que un número de lentes iguales es elevado) y al conjunto de procesos y operaciones necesarias para su obtención se le denomina fabricación seriada.

Figura 16. **Corte de trozo de vidrio y lente semiterminado**



Fuente: elaboración propia.

1.5.3. **Lente terminado**

Es el lente que está listo para ser montado en un aro de acuerdo con una prescripción de refracción (receta médica). Este tipo de lente se utiliza en el proceso de montaje de lentes ópticos en el área de acabado.

Figura 17. **Lente terminado**



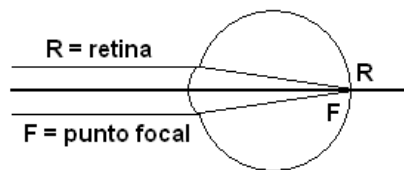
Fuente: Grupo óptico Bilde. Materiales oftálmicos. p. 5.

1.5.4. Refracción

Se puede definir como la desviación y cambio de velocidad que sufre un rayo luminoso al pasar de un medio transparente a otro de diferente densidad o bien, se produce cuando la luz pasa de un medio de propagación a otro con una densidad óptica diferente, sufriendo un cambio de rapidez y un cambio de dirección si no incide perpendicularmente en la superficie.

Anteriormente, era común usar el término Emetropía, para designar una refracción normal y Ametropía, cuando se quiere decir que existe un error de refracción el cual impide que las imágenes se formen debidamente en la retina.

Figura 18. **Emetropía**



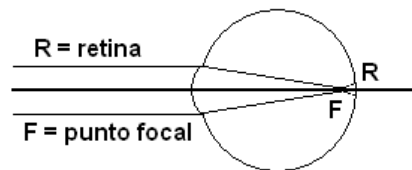
Fuente: elaboración propia.

Los principales errores de refracción son:

- Presbiopía: es la pérdida de la acomodación que experimenta toda la gente, empieza presentando una dificultad para leer letras pequeñas o discriminar objetos muy cercanos alrededor de los 44 a 46 años, se vuelve más intensa cuando hay poca luz y por lo general, la dificultad es mayor en la madrugada o cuando la persona está fatigada.

- Miopía: también llamada vista corta, sucede cuando la imagen de los objetos distantes es enfocada antes de la retina, en un ojo que no acomoda.

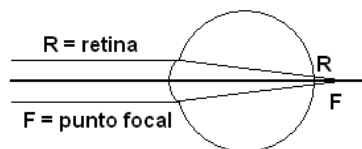
Figura 19. **Miopía**



Fuente: elaboración propia.

- Hiperopía o hipermetropía: también se le llama vista larga, es la situación en la cual el ojo con acomodación defectuosa enfoca la imagen detrás de la retina.

Figura 20. **Hiperopía o hipermetropía**



Fuente: elaboración propia.

- Hiperopía latente: es cuando el ojo con acomodación defectuosa enfoca la imagen detrás de la retina, pero se demuestra hasta que se pone en reposo el músculo ciliar, paralizando la acomodación y dilatando la pupila, durante la prueba de refracción.

- Astigmatismo: tipo de error de refracción que se presenta cuando alguno de los componentes del sistema de refracción del ojo está fuera de combate, descentrado o inclinado. El astigmatismo hace que objetos que estén derechos, se vean ladeados o deformados.

1.5.5. Superficies

Se puede definir como la magnitud que expresa la extensión de un cuerpo en dos dimensiones largo y ancho. En óptica se definen varios tipos de superficies:

- Superficie plana o chata: es igual a una superficie chata, frecuentemente se utiliza la palabra plano en lugar de chato, cuando debe combinarse con otra palabra, plano-convexo.
- Superficie esférica: es la más usada en la fabricación de lentes. Tiene la misma curvatura que una bola. El tamaño de la bola determina el aspecto de la curva.
- Superficie cilíndrica: cuando la curvatura no es esférica.

1.5.6. Lente visión simple

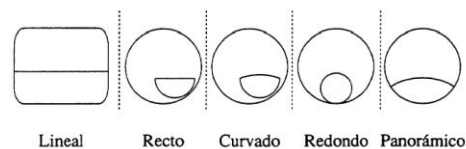
Lente con poder de refracción sólo para una determinada distancia. Pueden ser minerales u orgánicas y se les puede agregar tratamientos de superficie (antirreflejos, antirayas, etcétera), de acuerdo con las exigencias del usuario.

1.5.7. Lente bifocal

Son lentes correctivas que contienen dos potencias diferentes. Son utilizados mayormente para personas con presbicia y que también requieren corrección para miopía o hipermetropía. En la actualidad la mayoría de bifocales consisten en un pequeño segmento moldeado dentro o sobre el lente.

Estos lentes están disponibles con el segmento para lectura en una gran variedad de formas y anchuras. La más popular es la de tope recto (*flat top*) de 28 milímetros. En los últimos años también se han popularizado los bifocales invisibles, que tienen la peculiaridad de que el segmento no puede ser distinguido por un observador que mire a un usuario de bifocales a cierta distancia, lo cual tiene un fin meramente estético.

Figura 21. Tipos de lente bifocal para cada ametropía



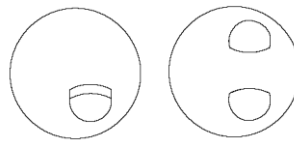
Fuente: LUPON, M. Tecnología óptica, lentes oftálmicas, diseño y adaptación. p. 223.

1.5.8. Lente trifocal

Dicho lente se funde dado dos vidrios de diferentes índices. Cada índice proporciona una longitud focal diferente: una para trabajar a distancias próximas y la otra para ver a distancias intermedias. El primer trifocal lo describió J.I. Hawkins en 1826 para su uso particular a partir de la misma idea que Benjamín Franklin.

Consistía en tres piezas de vidrio con distinta potencia. Sin embargo, hasta más de un siglo después no se comercializaron, siguiendo la idea del bifocal fundido, también se han desarrollado trifocales monobloque del mismo modo que los bifocales.

Figura 22. **Tipos de lentes trifocales**



Fuente: LUPON, M. Tecnología óptica, lentes oftálmicas, diseño y adaptación. p. 199.

1.6. Mantenimiento

Serie de pasos o actividades que deben ser realizadas en el equipo o en las instalaciones con el fin de mantenerlas en un nivel de servicio adecuado para el cual fueron creadas. Generalmente, se divide en dos grupos: mantenimiento correctivo el cual no se puede desechar y además presenta varios inconvenientes y el preventivo que al contrario presenta grandes ventajas como se detalla más adelante.

1.6.1. Preventivo

Este se refiere al mantenimiento que no debe esperar a que algún equipo falle para realizar alguna reparación, sino que se programan los recambios con el tiempo necesario antes que se presenten las fallas, esto se puede lograr conociendo las especificaciones técnicas de los equipos a través de los manuales de los mismos.

Trata de prevenir fallas en la maquinaria, se basa en inspecciones periódicas programadas, lo que permite una disminución de los tiempos muertos de producción debido a dichas fallas, puede ser respaldado por el mantenimiento predictivo. Las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva o de cambio.

Dentro de las ventajas que presenta este tipo de mantenimiento se tienen: equipo en óptimas condiciones, satisfacción del personal, poco desperdicio de materia prima, cumplimiento en entregas, presupuestos con mayor exactitud, disminución de costos, etcétera.

1.6.2. Correctivo

Es aquel mantenimiento que nunca se puede desechar, pues aunque se tenga un programa de mantenimiento preventivo eficiente, las fallas mecánicas no se pueden prever por completo, se da cuando la máquina falla, en otras palabras, la máquina indica cuando debe hacerse mantenimiento, los pasos más convenientes para realizarlo son: identificar las causas, evaluar las alternativas, emplear la alternativa más conveniente y archivar la información.

Este tipo de mantenimiento presenta algunos inconvenientes, dentro de los que se pueden mencionar: mayor cantidad de personal, el desgaste produce mayor incidencia en fallas, falta de existencia de repuestos en el momento de necesitarlos, condiciones de riesgo, la calidad del producto terminado cada vez es menor. Hay que tomar en cuenta que con equipo electrónico, este tipo de mantenimiento es mejor.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE ACABADO

2.1. General

Es necesario y útil presentar en forma clara y lógica la información actual de los hechos relacionados con el proceso en el área de acabado, ya que actualmente no existe ningún documento que pueda evidenciar la forma de trabajo actual de esta área, por lo que para reunir dicha información se utilizarán algunas herramientas, dentro de las cuales se puede mencionar: análisis FODA, diagramas de distribución física, esquema simplificado del proceso, diagramas de flujo de proceso, diagrama de recorrido y balance de masa y energía.

Una vez que los hechos se presenten en forma clara y exacta, se examinarán de modo crítico, con el fin de que se puedan identificar operaciones unitarias críticas, para luego realizar la propuesta o la implementación de una opción práctica, económica y eficaz.

2.1.1. Análisis FODA

Esta herramienta proporciona la información necesaria para la implantación de acciones y medidas correctivas, así como, la generación de nuevos o mejores proyectos.

Tabla III. **Matriz FODA**

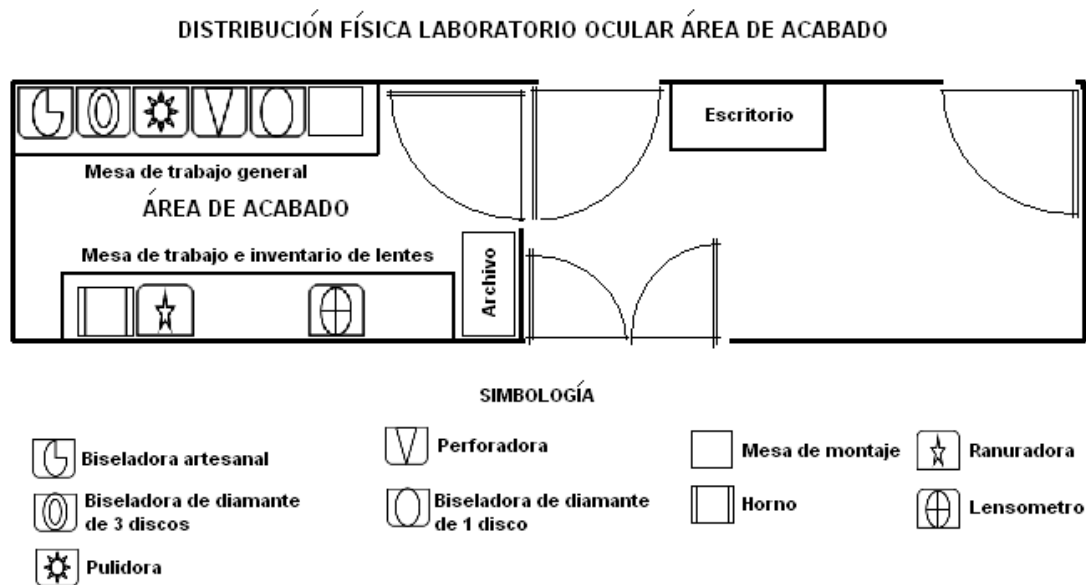
MATRIZ FODA		
Factores Internos	Lista de Fortalezas	Lista de Debilidades
	<p>F1. Productos y servicios de calidad a precios competitivos</p> <p>F2. Personal operativo y administrativo capacitado y experimentado</p> <p>F3. Personal de ventas y servicio al cliente brinda un buen servicio.</p> <p>F4. Compromiso y experiencia de la gerencia en dicho mercado</p>	<p>D1. Falta de control en recepción y manejo de materia prima, insumos, residuos y desechos.</p> <p>D2. Interrupciones en producción por problemas de calidad de materia prima e insumos.</p> <p>D3. Proceso de montaje de lentes desordenado, sin control en producción y ambiental.</p> <p>D4. Incumplimiento en tiempo de entrega a clientes.</p>
Factores Externos		
Lista de Oportunidades	FO (Maxi - Maxi)	DO (Mini - Maxi)
<p>O1. El mercado óptico ha tenido un importante crecimiento y ha creado nuevas modalidades</p> <p>O2. En la ciudad capital existe un buen porcentaje de personas que utilizan y/o necesitan anteojos</p> <p>O3. Los productores de aros cada vez presentan más y mejores opciones en diseño, precio y ventajas</p> <p>O4. Cambio de políticas económicas con el cambio de gobierno</p>	<p>Estrategia para maximizar tanto las Fortalezas como las Oportunidades</p> <p>1. Motivación y capacitación constante sobre temas de actualidad y tecnologías ópticas al personal operativo, administrativo y gerencial</p> <p>2. Constante comunicación con los productores y distribuidores ópticos sobre opciones de diseño, precio y ventajas</p> <p>3. Constante revisión sobre cambios de políticas económicas</p>	<p>Estrategia para minimizar las Debilidades y maximizar las Oportunidades</p> <p>1. Implementación de un control de recepción y manejo de materia prima e insumos varios</p> <p>2. Estudio, análisis, documentación, generación de propuestas de mejora para la optimización y estandarización del proceso de montaje de lentes de vidrio, plástico y policarbonato.</p> <p>3. Implementación de un plan de seguimiento y control de las mejoras propuestas, así como la aplicación de acciones correctivas según los resultados obtenidos</p>
Lista de Amenazas	FA (Maxi - Mini)	DA (Mini - Mini)
<p>A1. Aumento en la energía eléctrica</p> <p>A2. Cambios tecnológicos por parte de la competencia</p> <p>A3. Recesión económica</p> <p>A4. Año electoral</p>	<p>Estrategia para Fortalecer el laboratorio y minimizar las Amenazas</p> <p>1. Constante comunicación con los clientes para verificar el grado de aceptación de los producto y/o servicios</p> <p>2. Mejorar la productividad y la calidad de los productos y/o servicios</p> <p>3. Verificar la factibilidad de la implementación de nueva tecnología a mediano o largo plazo</p>	<p>Estrategia para minimizar tanto las Amenazas como las Debilidades</p> <p>1. Optimizar todos los recursos utilizados (agua, energía, materia prima e insumos varios) en el proceso de montaje de lentes</p> <p>2. Implementar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaria</p> <p>3. Implementación de la planificación en la producción, para el cumplimiento de fechas de entrega</p>

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Distribución física

El objetivo principal de una distribución efectiva del equipo en la planta es desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número de productos deseados, con calidad y al menor costo posible, evitando cruces o traslapes entre transportes. A continuación se presenta un diagrama sobre la distribución actual de maquinaria y equipo en el área de acabo de Laboratorio Ocular.

Figura 23. Distribución física del Laboratorio Ocular

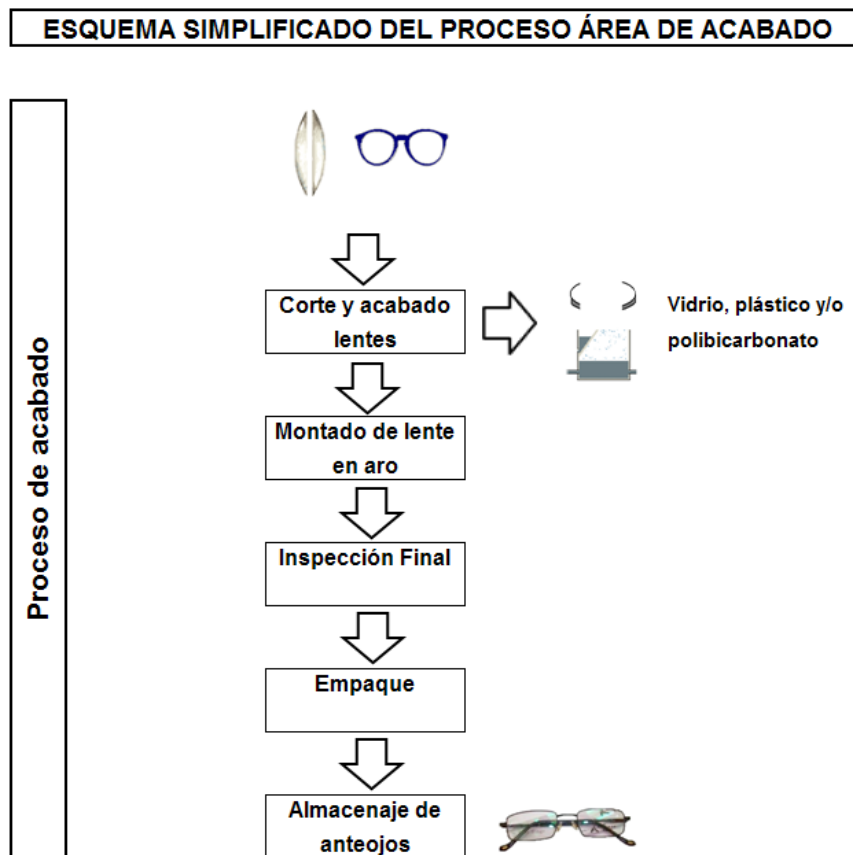


Fuente: elaboración propia, con programa Paint.

2.1.3. Esquema simplificado del proceso

A continuación se muestra un esquema general simplificado del proceso de montaje de lentes en el área de acabado. El cual permite observar cada una de las operaciones, así como, los desechos y residuos generados durante el mismo.

Figura 24. Esquema simplificado del proceso



Fuente: elaboración propia.

2.2. Información técnica sobre los procesos

A continuación se detalla información importante sobre la producción, uso y costo de materia prima, agua, energía y otros insumos, también, el tipo, cantidad y origen de residuos, desechos y pérdidas.

2.2.1. Producción

Actualmente, en el área de acabado se realizan montajes de lentes de vidrio, plástico y policarbonato cerrado, semicerrado y aéreos. Dichos lentes se adquieren por la graduación y por el diámetro que tiene la superficie de la esfera, existen diámetros de 55, 60, 65 y 70 milímetros dependiendo del tamaño de la gota de los aros. En el área de acabado se están utilizando lentes graduados con un diámetro de 70 milímetros.

A continuación se presenta una tabla comparativa entre los tipos de lentes según el material, su masa útil, inútil y la cantidad de desgaste.

Tabla IV. **Comparativo de masa útil para lentes de vidrio, plástico y policarbonato de 70 mm de diámetro**

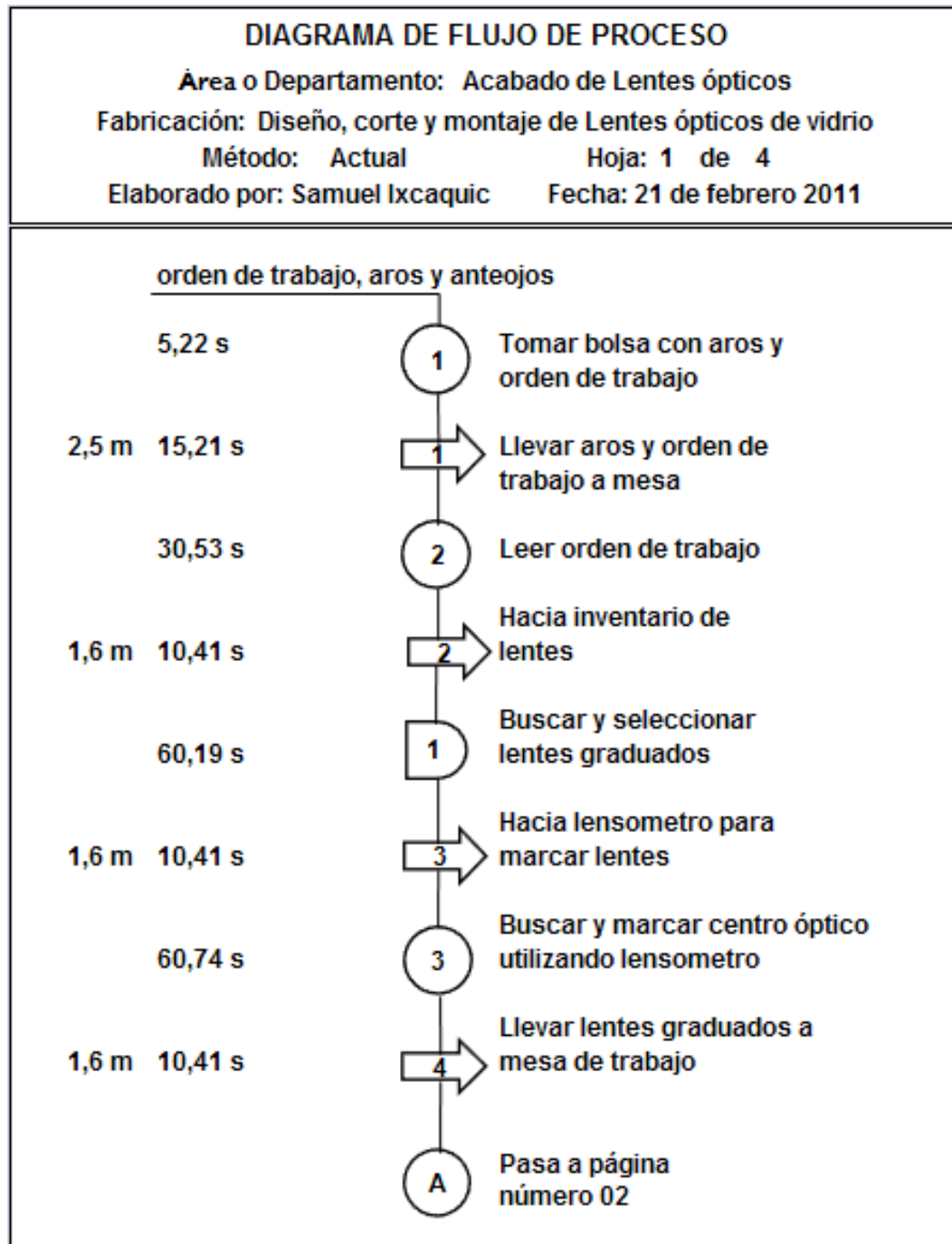
Material	Masa total (gramos)	Masa útil (gramos)	Masa desgaste (gramos)	Masa inútil (desecho) (gramos)
Vidrio	49,0	36,75	0,98	11,27
Plástico	24,3	18,23	0,49	5,58
Policarbonato	24,2	18,15	0,48	5,57

Fuente: elaboración propia.

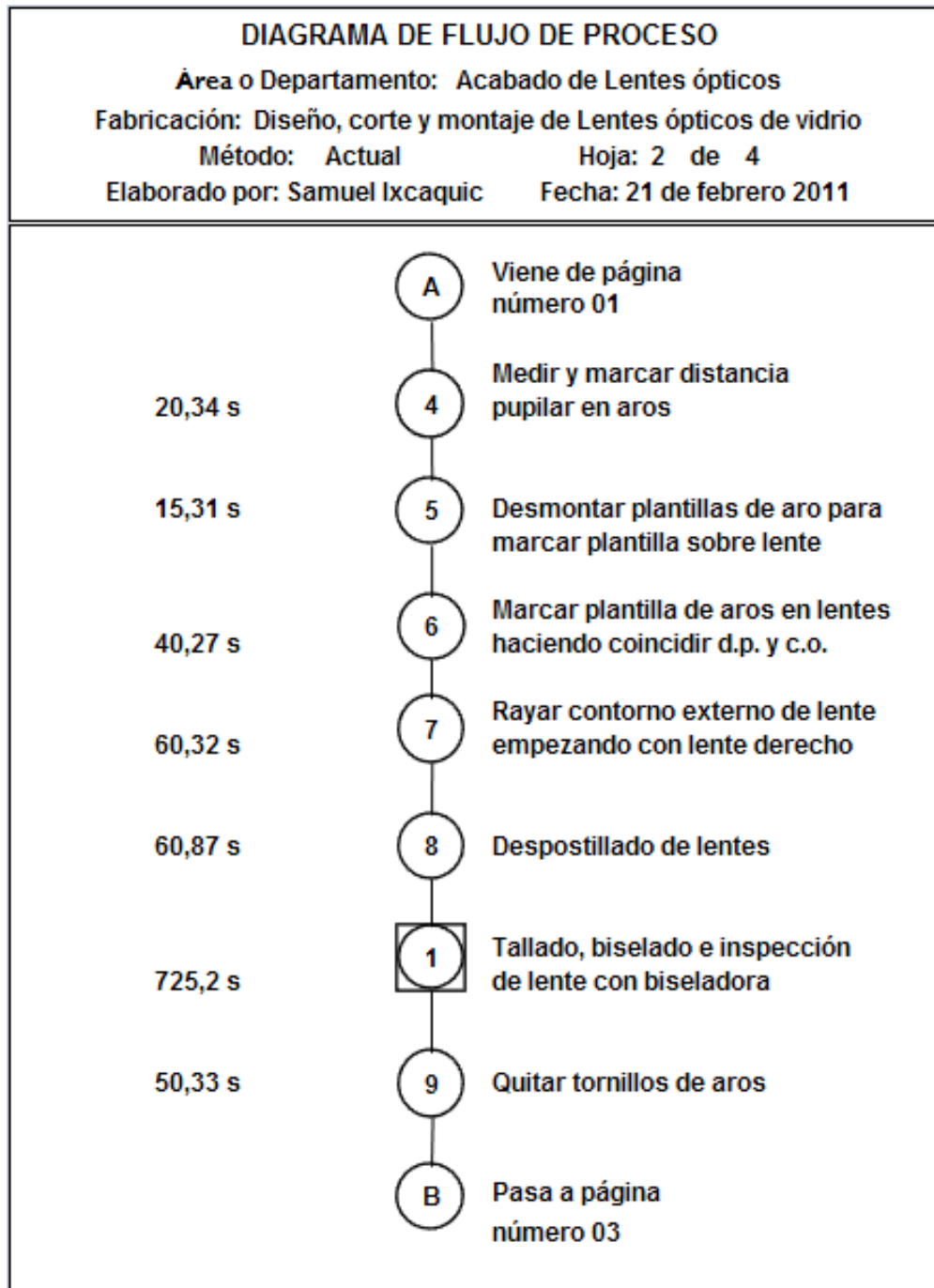
2.2.1.1. Diagrama de flujo de proceso

A continuación se presentan los diagramas de flujo de proceso de montaje de lentes de vidrio, plástico y policarbonato para aros cerrados. El montaje de lentes de vidrio consta de: 12 operaciones, 1 inspección, 7 transportes, 2 combinadas, 1 demora y 1 almacenaje. Para lentes de plástico se tienen: 13 operaciones, 1 inspección, 9 transportes, 1 combinadas, 1 demora y 1 almacenaje. Para lentes de policarbonato 13 operaciones, 1 inspección, 7 transportes, 1 combinadas, 1 demora y 1 almacenaje.

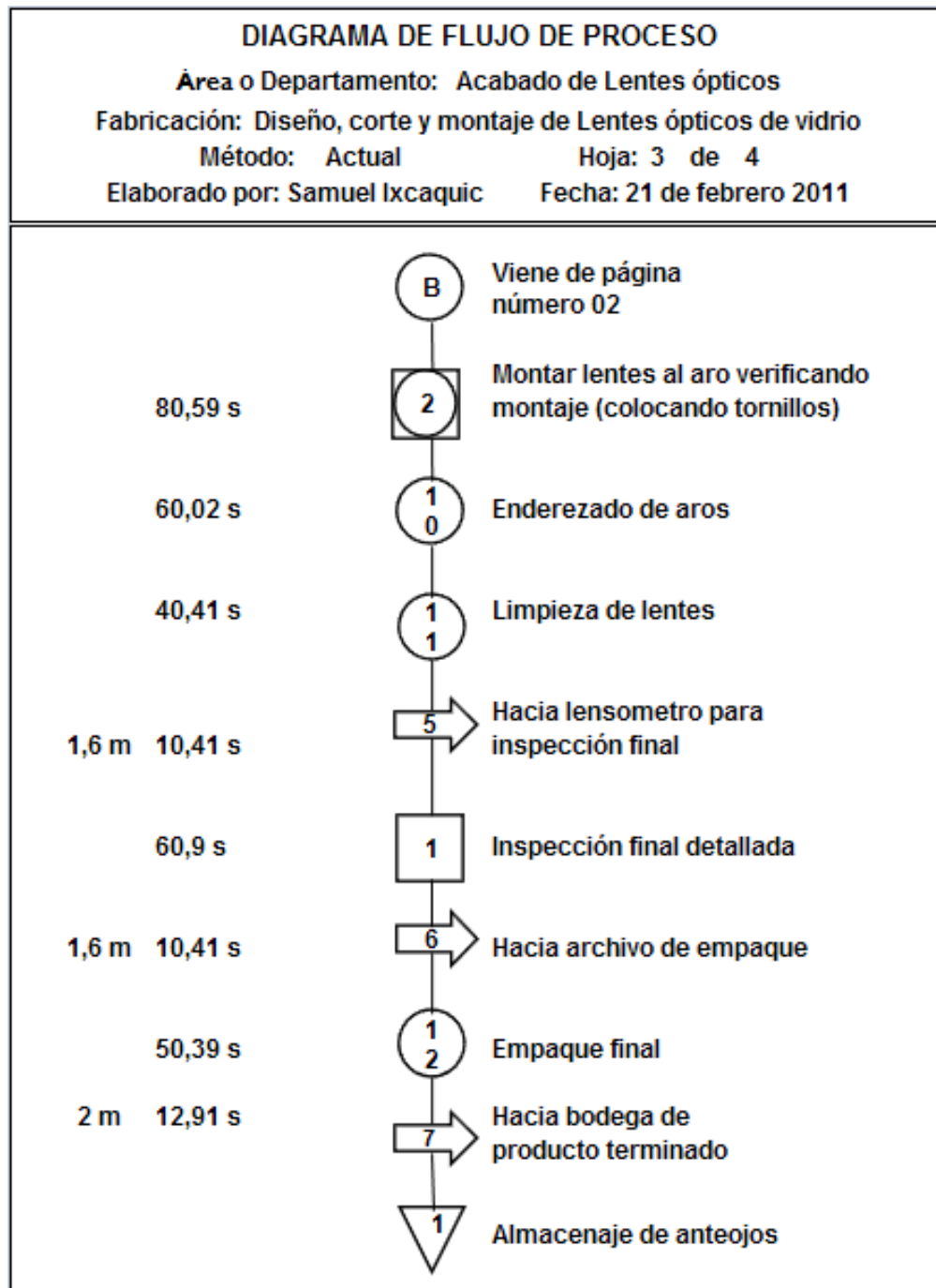
Figura 25. Diagrama de flujo del proceso de lentes de vidrio





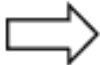




Continuación de la figura 25.



Continuación de la figura 25.

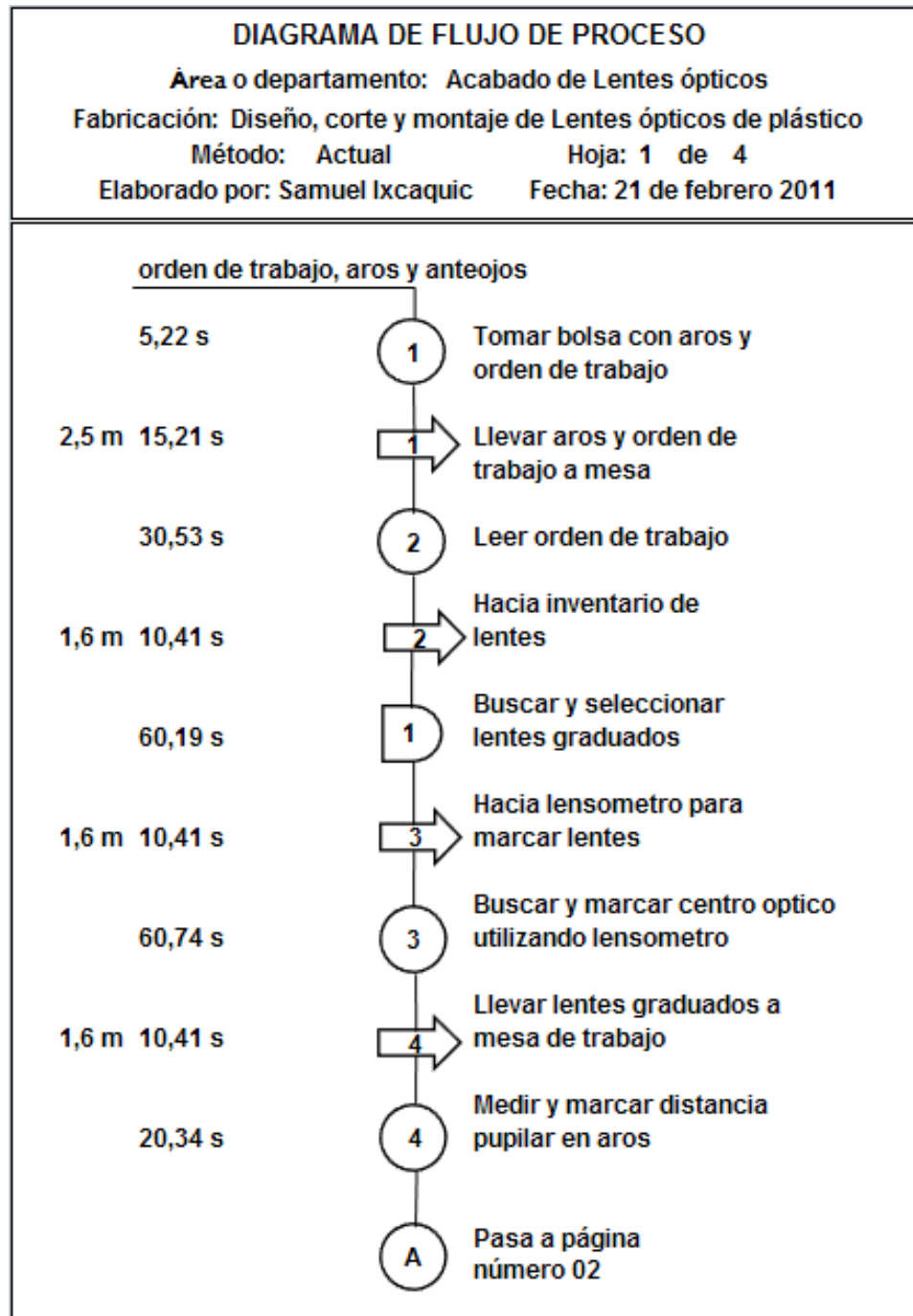


Continuación de la figura 25.

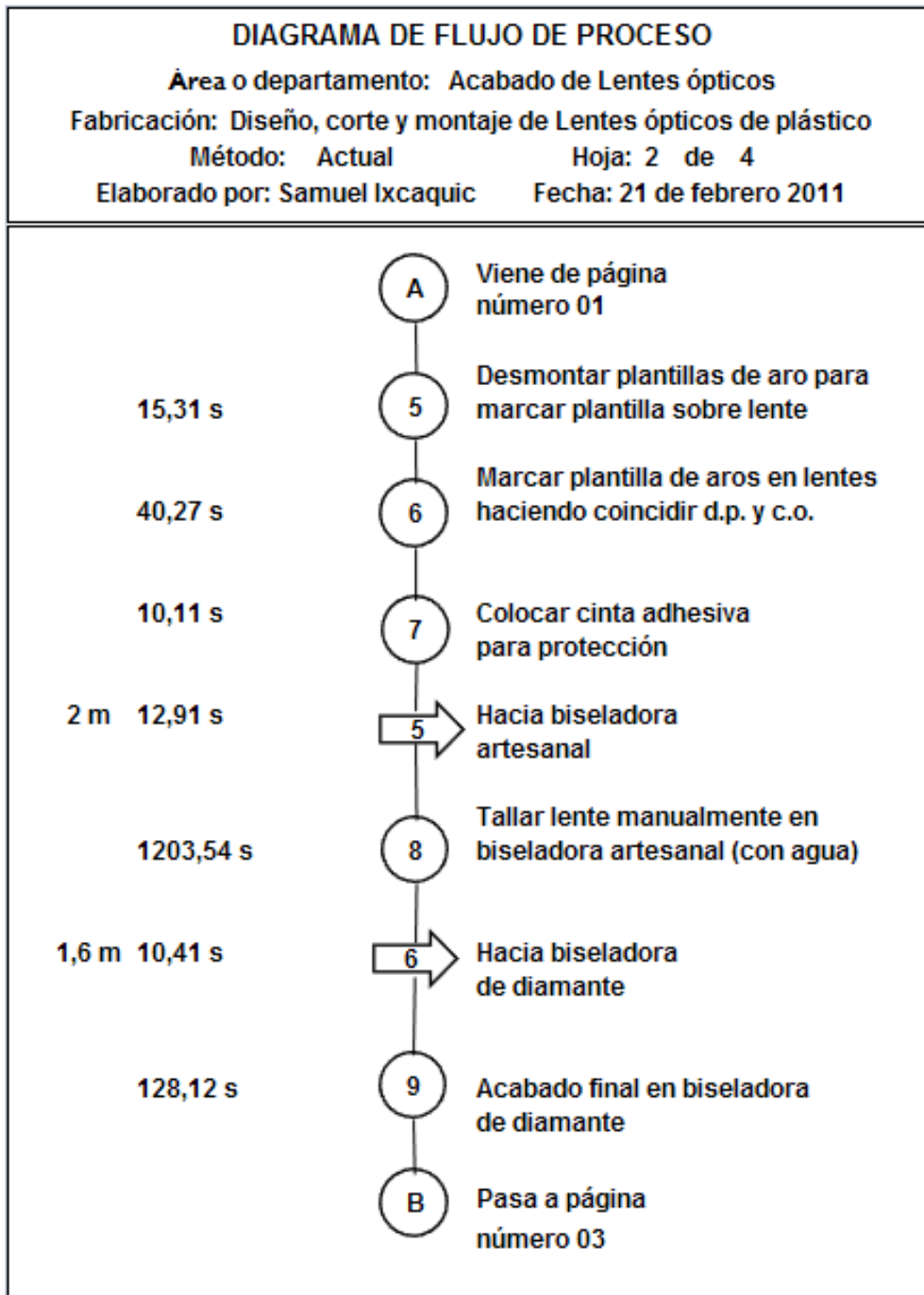
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Área o Departamento: Acabado de Lentes ópticos Fabricación: Diseño, corte y montaje de Lentes ópticos de vidrio Método: Actual Hoja: 4 de 4 Elaborado por: Samuel Ixcaquic Fecha: 21 de febrero 2011				
RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Distancia	Tiempo
Operación		12		8,25 min
Inspección		1		1,01 min
Transporte		7	12,5	1,34 min
Combinada operación e inspección		2		13,43 min
Combinada operación y transporte		0		0
Demora		1		1 min
Almacenaje		1		0

Fuente: elaboración propia.

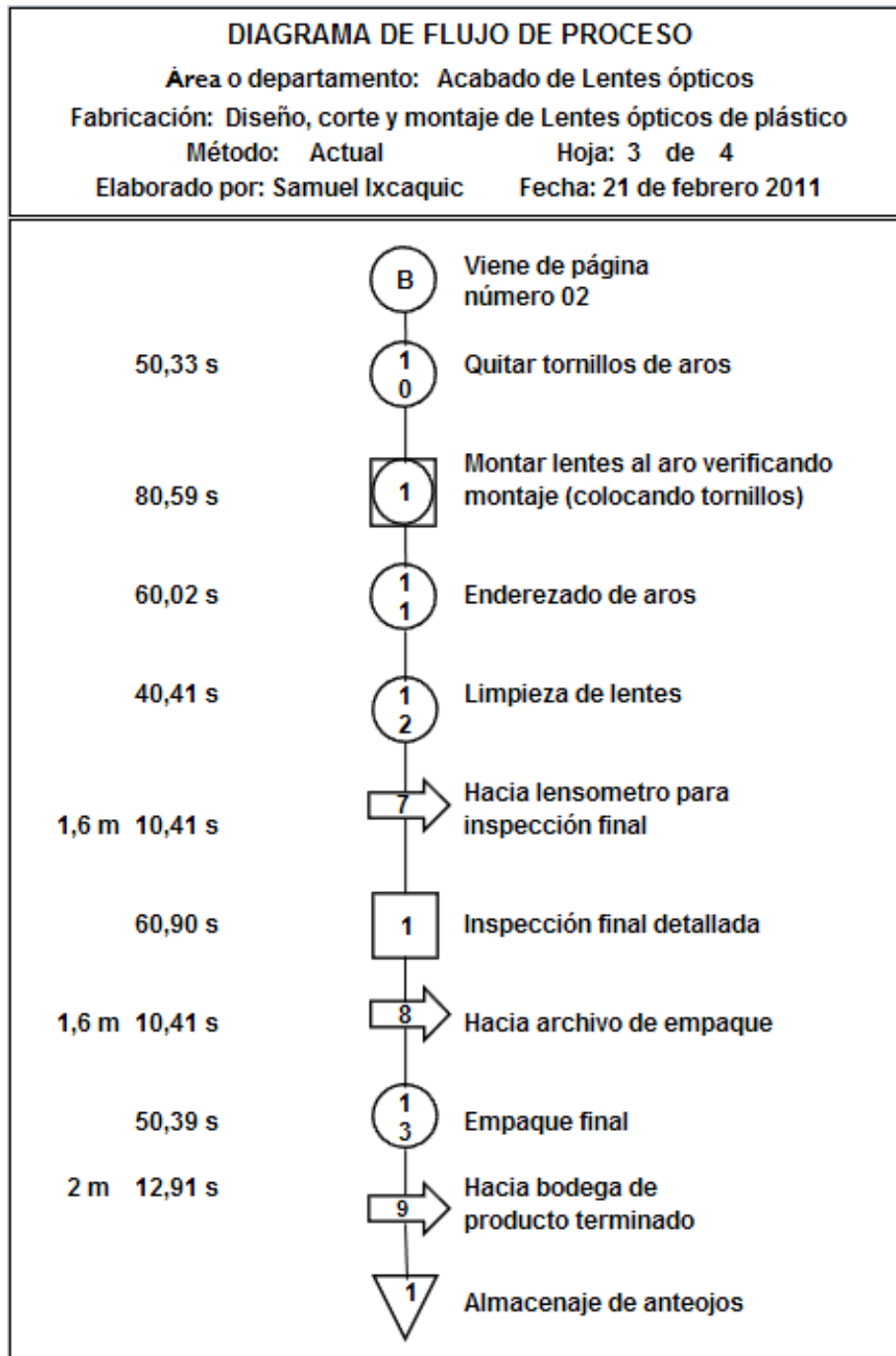
Figura 26. Diagrama de flujo del proceso de lentes de plástico





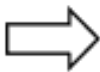




Continuación de la figura 26.



Continuación de la figura 26.

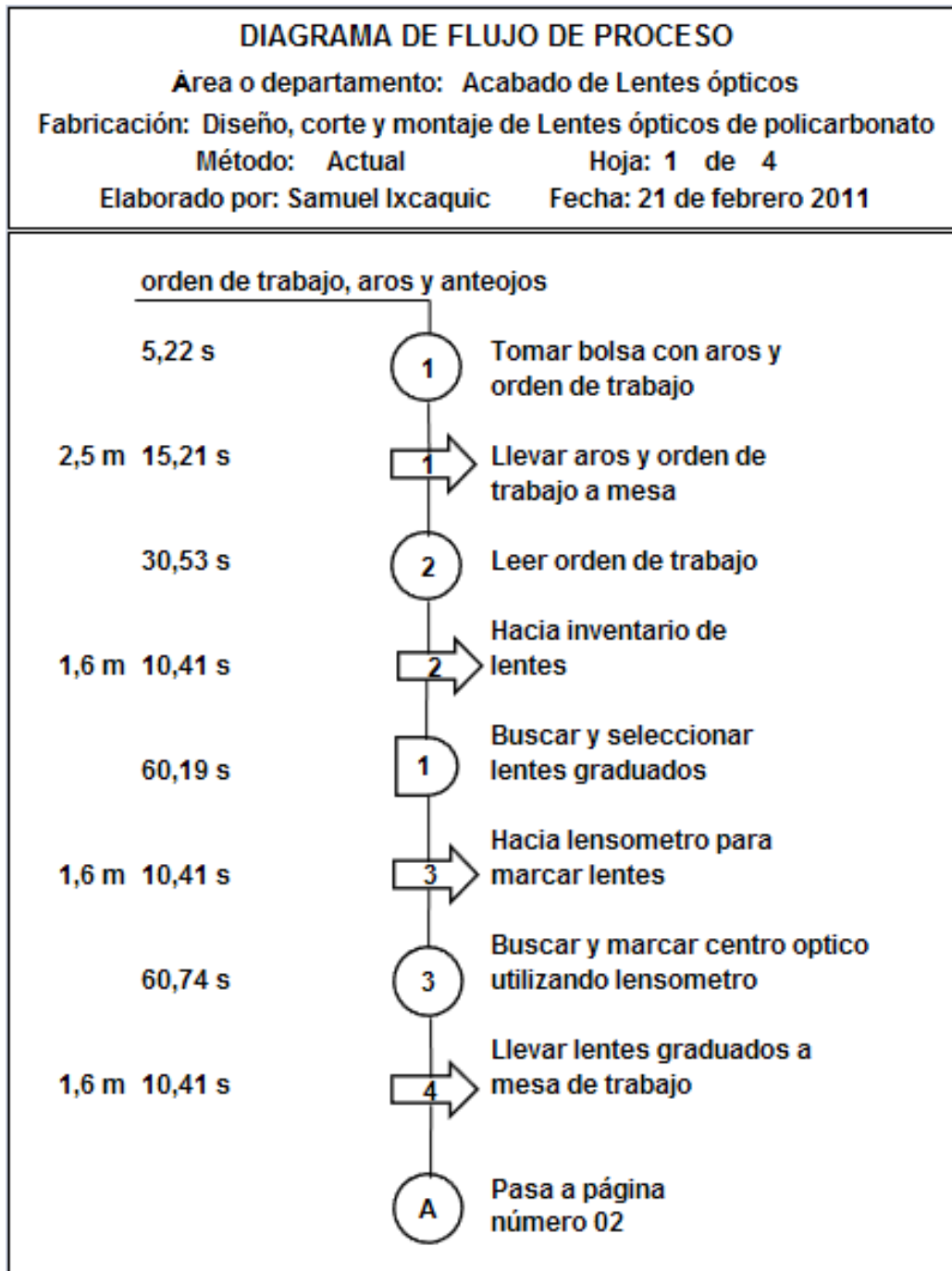


Continuación de la figura 26.

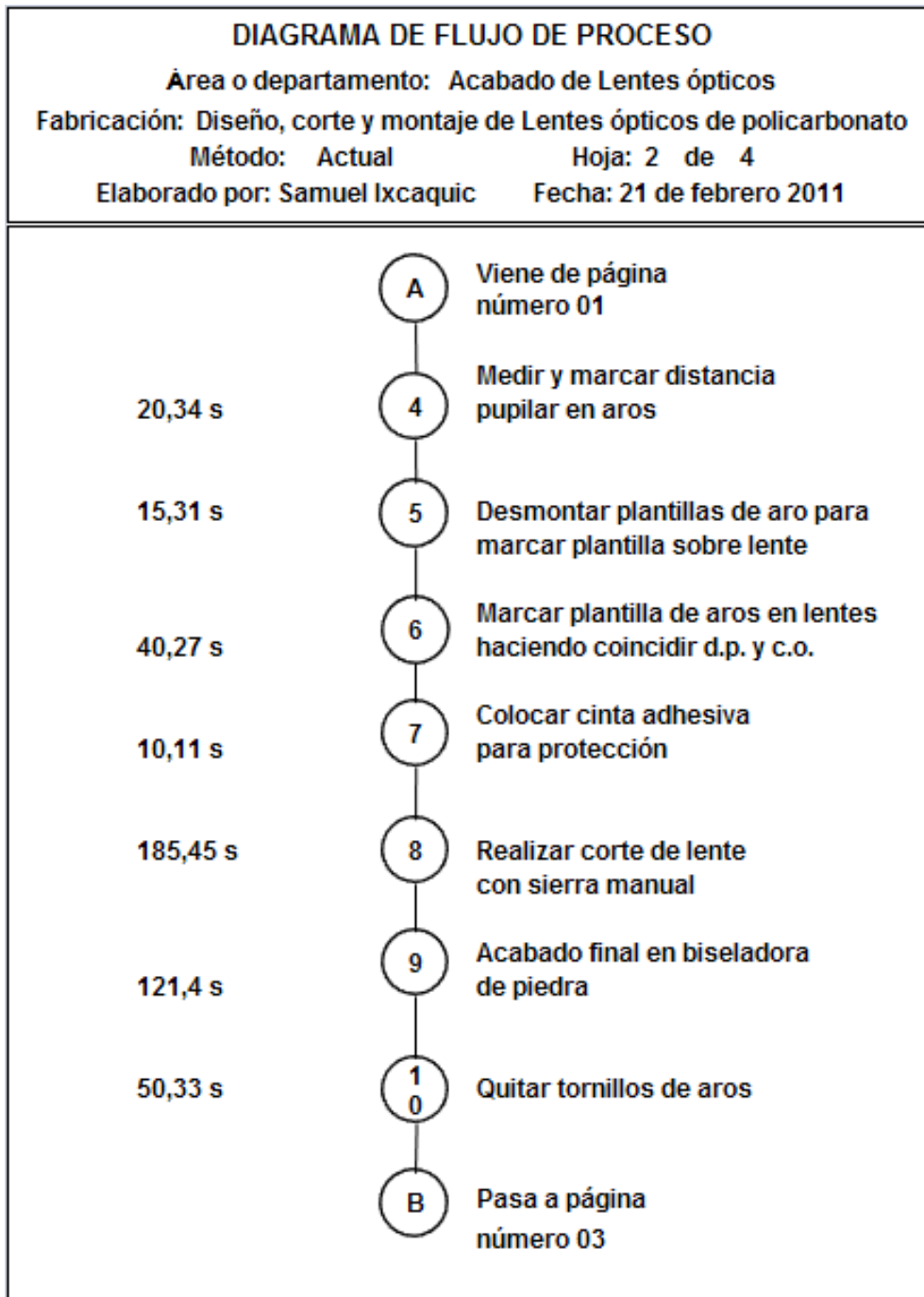
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Área o departamento: Acabado de Lentes ópticos Fabricación: Diseño, corte y montaje de Lentes ópticos de plástico Método: Actual Hoja: 4 de 4 Elaborado por: Samuel Ixcaquic Fecha: 21 de febrero 2011				
RESUMEN				
Actividad	Simbolo	Cantidad	Distancia	Tiempo
Operación		13		28,59 min
Inspección		1		1,01 min
Transporte		9	16,10	1,73 min
Combinada operación e inspección		1		1,35 min
Combinada operación y transporte		0		0
Demora		1		1 min
Almacenaje		1		0

Fuente: elaboración propia.

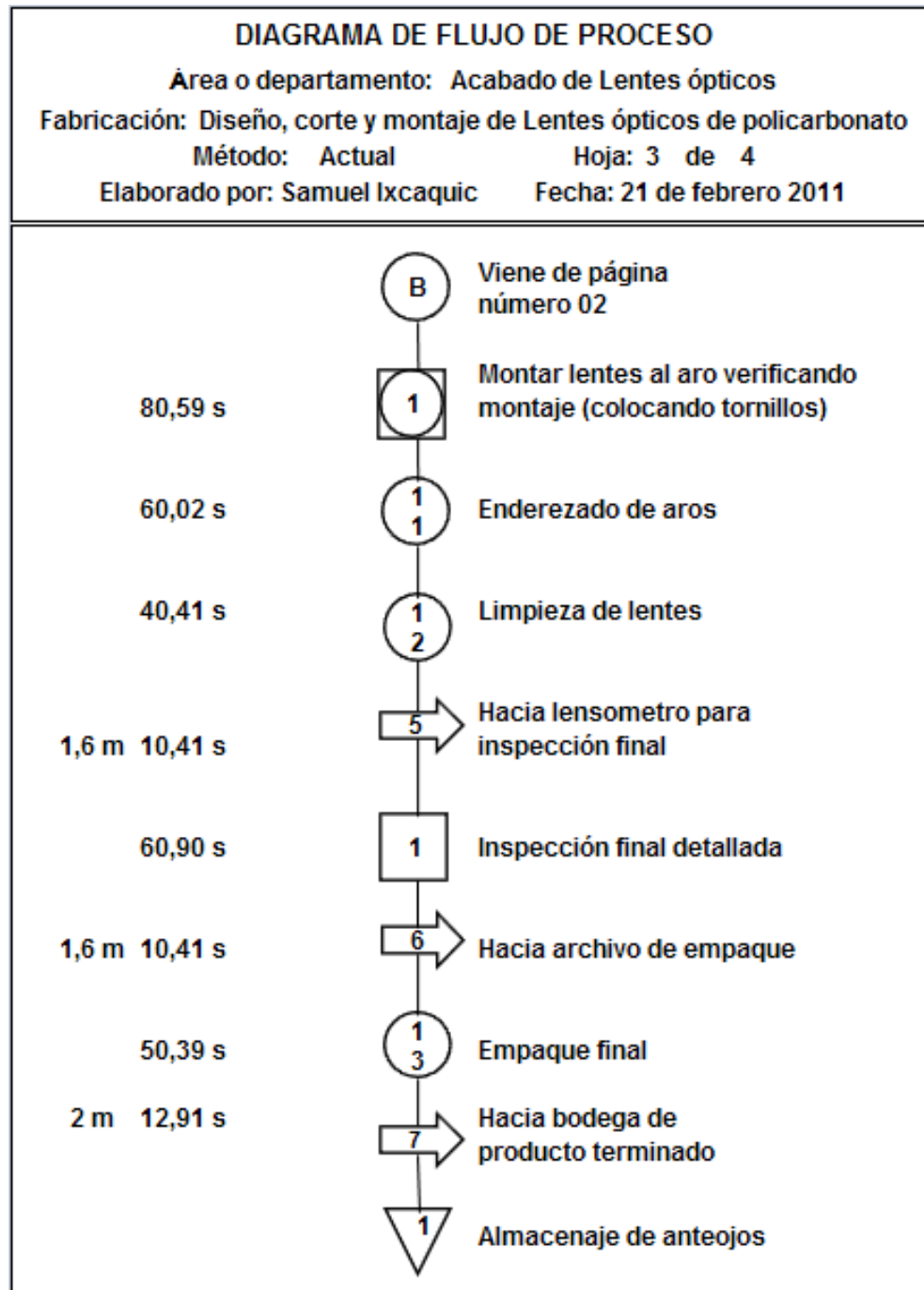
Figura 27. Diagrama de flujo del proceso de lentes de policarbonato





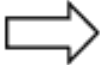




Continuación de la figura 27.



Continuación de la figura 27.



Continuación de la figura 27.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Área o departamento: Acabado de Lentes ópticos Fabricación: Diseño, corte y montaje de Lentes ópticos de policarbonato Método: Actual Hoja: 4 de 4 Elaborado por: Samuel Ixcaquic Fecha: 21 de febrero 2011				
RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Distancia	Tiempo
Operación		13		11,51 min
Inspección		1		1,01 min
Transporte		7	12,5	1,34 min
Combinada operación e inspección		1		1,35 min
Combinada operación y transporte		0		0
Demora		1		1 min
Almacenaje		1		0

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.2. Maquinaria y equipo

Se utilizan varias máquinas y equipo óptico especial, los cuales se describen a continuación.

- Biseladora: se utiliza para tallar la orilla del lente dándole la forma según el aro seleccionado por el cliente, para que luego este pueda ser montado en el aro seleccionado. Se cuenta con tres tipos de biseladora: la artesanal, la de diamante de un disco y la de diamante de tres discos.

Figura 28. **Biseladora artesanal**



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

Figura 29. **Biseladora de diamante Wanshida NH-35V de un disco**



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

Figura 30. **Biseladora de diamante Silux de tres discos**



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

- Perforadora: se utiliza para realizar pequeñas perforaciones únicamente en los lentes de policarbonato que serán montados en aros semiaéreos o aéreos (tres piezas) y que generalmente, utilizarán tornillos con tuerca para sujetarse a la armazón.

Figura 31. **Perforadora Micro Drill XJ-9**



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

- Pulidora para lentes de plástico: se utiliza para pulir la orilla de los lentes de policarbonato, ya que estos son los únicos que se cortan con sierra manual para darle la forma al lente de la gota del aro en el que se van a montar.

Figura 32. **Pulidora Pixie Model 18080**



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

- Horno: se utiliza únicamente para los aros que son de carey o acetato y su función es lograr que los lentes se ajusten mejor a los aros por medio de temperatura, la cual se gradúa dependiendo el tipo de aro, tiempo de uso y el material por el cual este está fabricado.

Figura 33. **Horno Hilco Div Model 1/L**



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

- Ranuradora: su uso es exclusivo para los lentes de policarbonato, ya que estos son los únicos que pueden montarse en una estructura o aro semiaéreo o aéreo (tres piezas), su función es hacer cortes milimétricos especiales a los lentes para que puedan ser montados en los aros seleccionados.

Figura 34. **Anteojos aéreos (tres piezas)**



Fuente: NEYRA FERRO, Yuridia. Catálogo Amazon Solar. p. 9.

Figura 35. **Ranuradora Weike XJ-7**

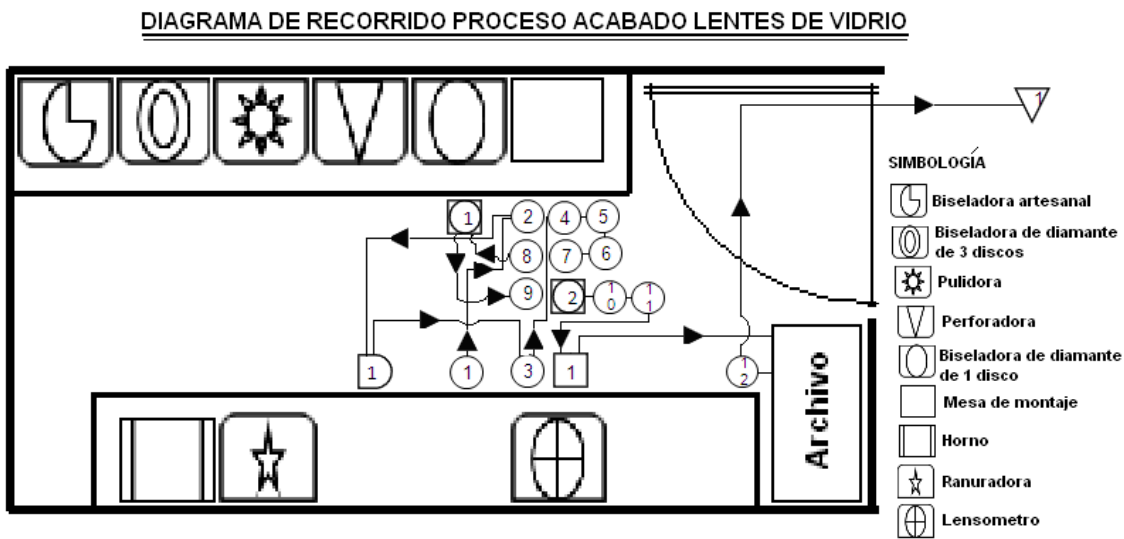


Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

2.2.1.3. Diagrama de recorrido

A continuación se presenta la distribución del área de acabado, en la que se indica la localización de todas las actividades registradas en el diagrama de flujo de proceso, así también, se indica el sentido del flujo colocando pequeñas flechas a lo largo de las líneas de recorrido. Se muestran tres distribuciones una para cada uno de los procesos, montaje de lentes de vidrio, plástico y policarbonato.

Figura 36. Diagramas de recorrido del proceso de acabado de lentes



Continuación de la figura 36.

DIAGRAMA DE RECORRIDO PROCESO ACABADO LENTES DE PLÁSTICO

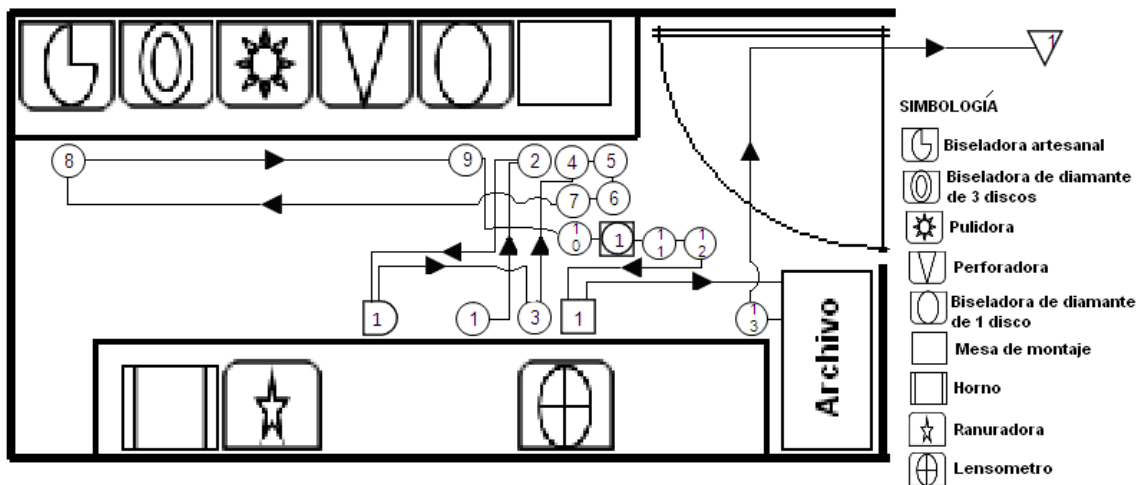
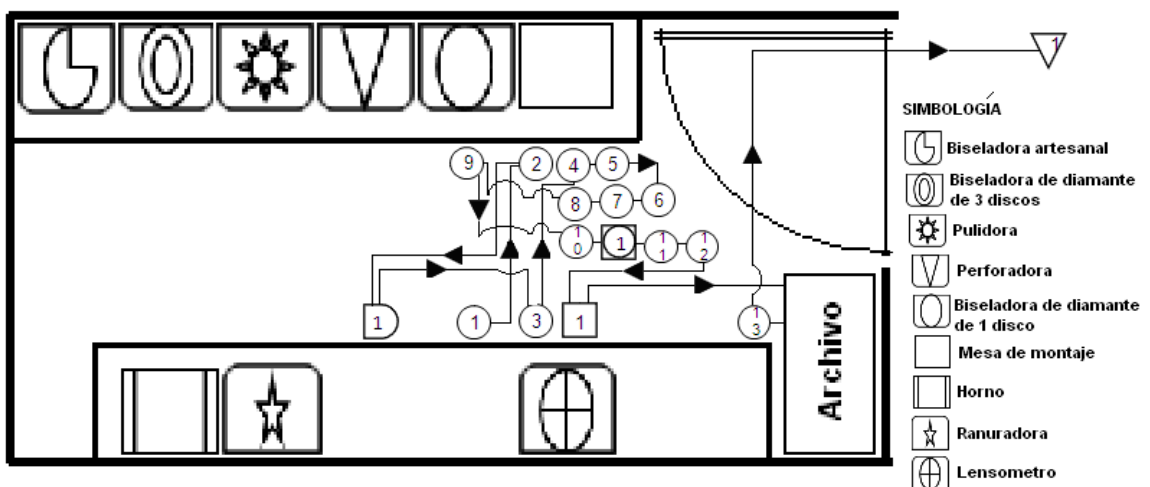


DIAGRAMA DE RECORRIDO PROCESO ACABADO DE LENTES DE POLICARBONATO

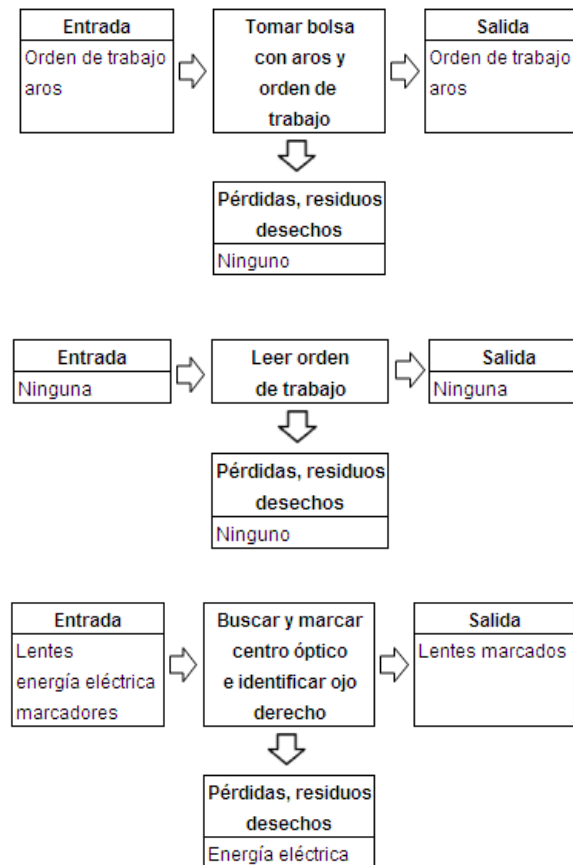


Fuente: elaboración propia, con programa Paint.

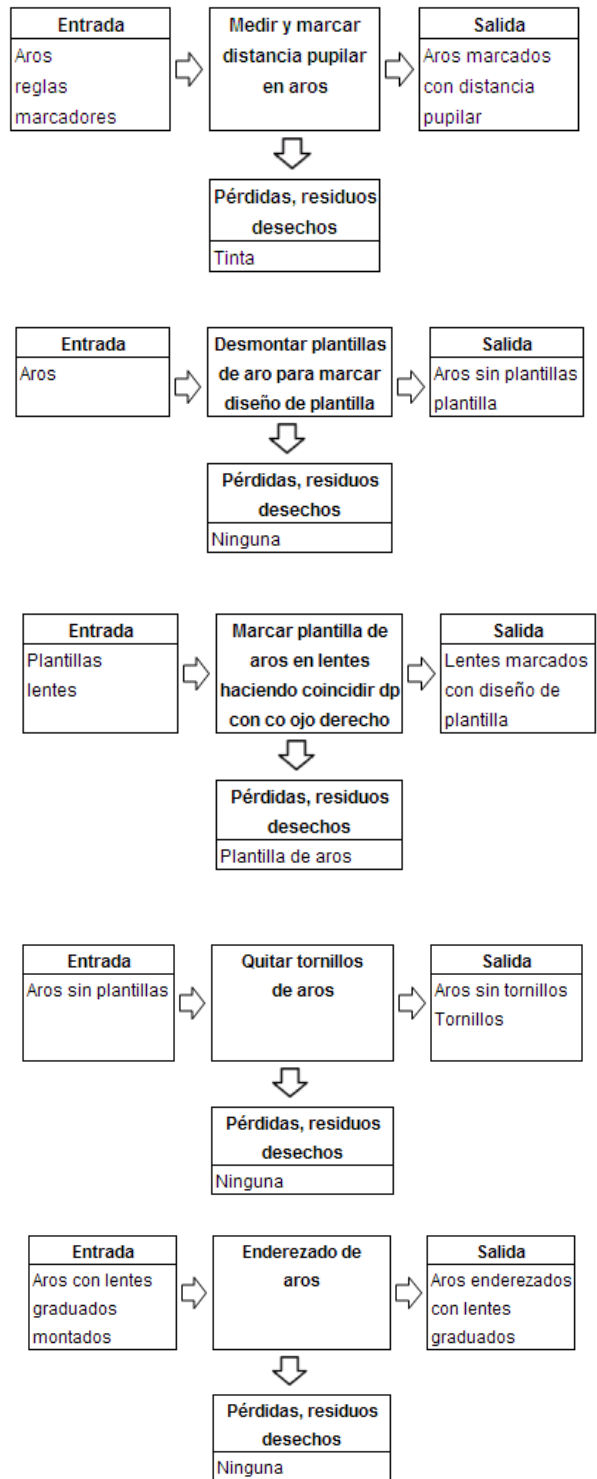
2.2.1.4. Diagrama de flujo de Operaciones Unitarias

Como se mencionó anteriormente en el área de acabado se trabajan tres tipos de lentes según el material (vidrio, plástico y policarbonato). El proceso de montaje de lentes de vidrio con aro cerrado consta de 12 Operaciones Unitarias, el de plástico de 13 y el de policarbonato con 13. Existen 10 operaciones comunes en los tres procesos las cuales se presentan en la siguiente figura, juntamente con su diagrama de flujo, donde se muestran los residuos y desechos generados en cada una de las operaciones.

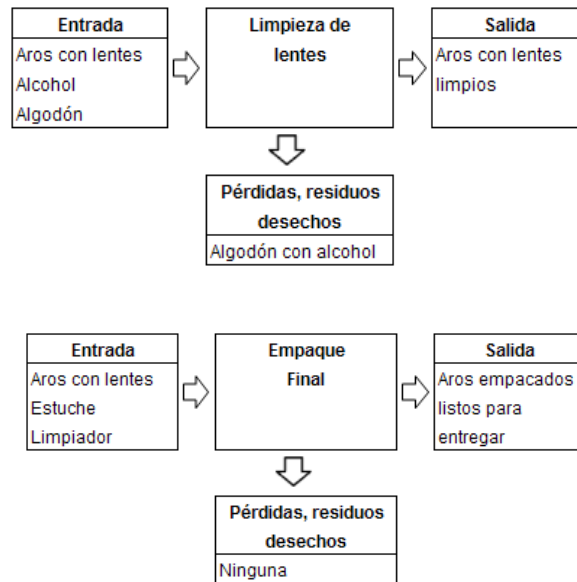
Figura 37. Diagramas de flujo de Operaciones Unitarias comunes



Continuación de la figura 37.



Continuación de la figura 37.

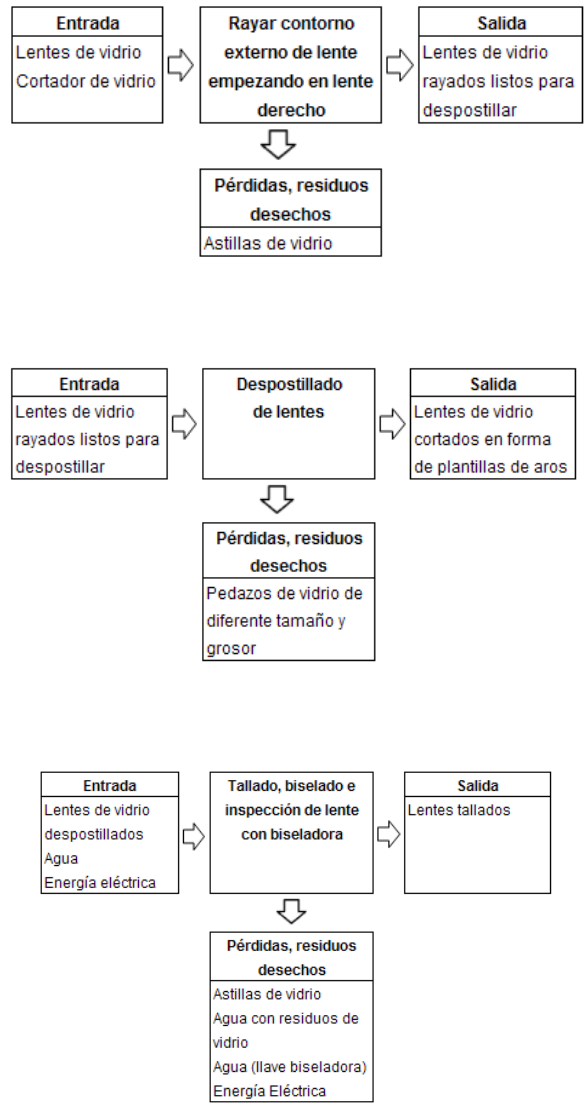


Fuente: elaboración propia.

Existen sin embargo, operaciones diferentes entre tres procesos las cuales también se mencionan a continuación juntamente con el diagrama de flujo de cada una de ellas:

- Lentes de vidrio: existen tres operaciones diferentes en el proceso de montaje de lentes de vidrio las cuales son: rayar el contorno externo del lente, el despostillado y el tallado, biselado e inspección de los lentes. A continuación se presentan los diagramas de flujo de dichas operaciones.

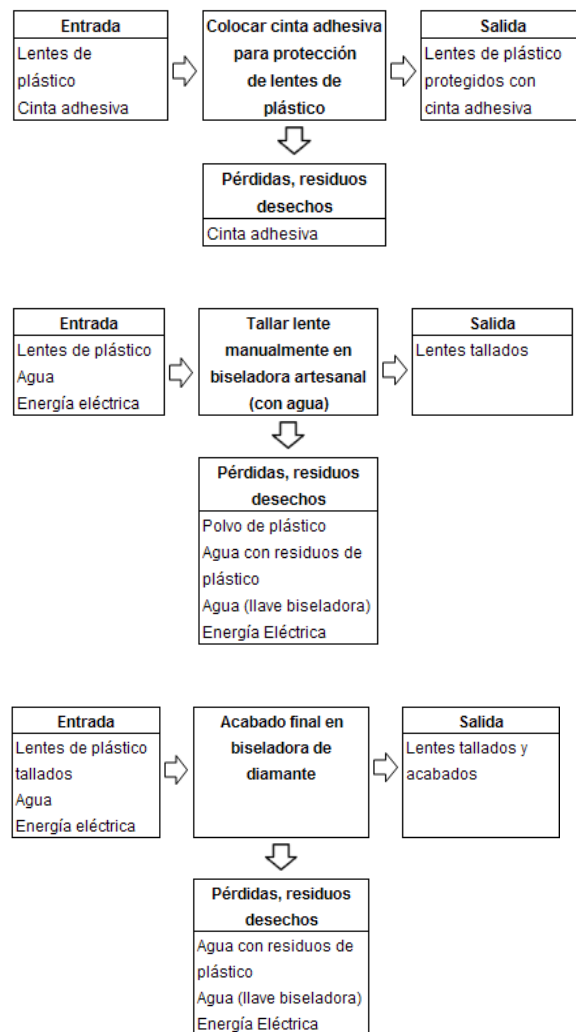
Figura 38. Diagramas de flujo de Operaciones Unitarias no comunes en los lentes de vidrio



Fuente: elaboración propia.

- Lentes de plástico: existen tres operaciones diferentes en el proceso de montaje de lentes de plástico las cuales son: colocar cinta adhesiva para protección, tallar lente manualmente y el acabado final. A continuación se presentan los diagramas de flujo de dichas operaciones.

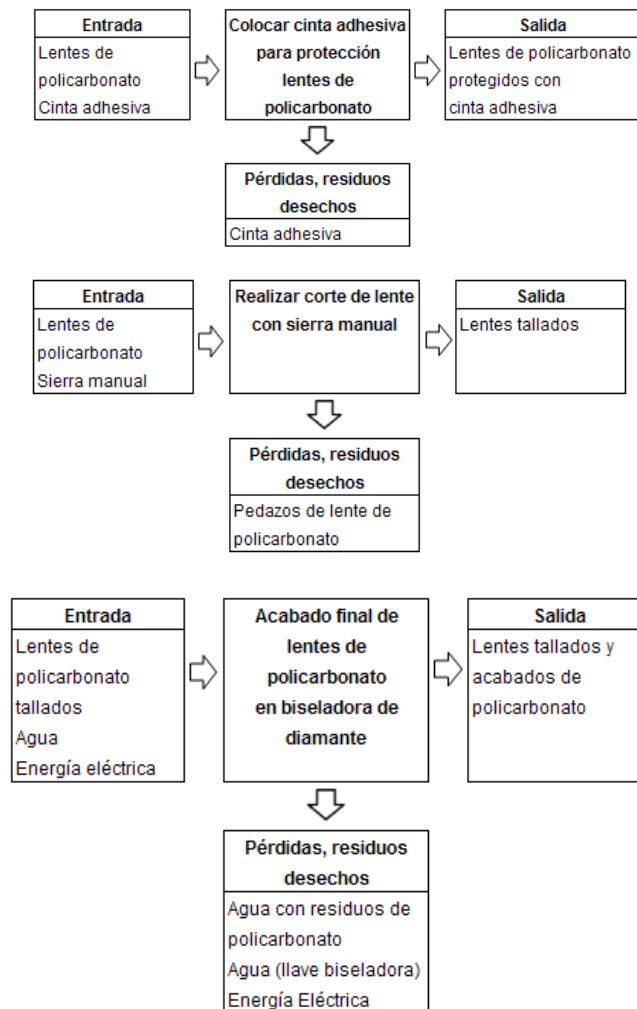
Figura 39. **Diagramas de flujo de Operaciones Unitarias no comunes en los lentes de plástico**



Fuente: elaboración propia.

- Lentes de policarbonato: existen tres operaciones diferentes en el proceso de montaje de lentes de policarbonato las cuales son: colocar cinta adhesiva para protección, realizar corte de lente con sierra manual y el tallado, biselado e inspección. A continuación se presentan los diagramas de flujo de dichas operaciones.

Figura 40. **Diagramas de flujo de Operaciones Unitarias no comunes en los lentes de policarbonato**



Fuente: elaboración propia.

2.2.1.5. Identificación, medición y tratamiento de residuos

Entendiendo como residuo, todo material que queda inservible después de haber realizado un trabajo u operación.

Dentro de los residuos que se generan en el área de acabado se tienen de dos tipos:

- En reparaciones fuera del proceso:
 - Varillas de armazones
 - Tornillos
 - Plaquetas
 - Puentes
 - Bisagras

- Durante el proceso de montaje de lentes:
 - Pedazos de vidrio
 - Pedazos de policarbonato

A diferencia de los desechos los residuos generados en reparaciones fuera del proceso pueden volver a utilizarse en reparaciones pequeñas o grandes de aros, sin embargo, en la actualidad no existe ningún control de los mismos, únicamente se guardan y cuando son requeridos se procede a buscar manualmente, provocando con ello en la mayoría de los casos, pérdida de tiempo sin garantizar que se encuentre lo que se busca.

Los residuos generados durante el proceso (pedazos de vidrio y policarbonato) actualmente se depositan en el basurero y no tiene ningún tratamiento especial.

2.2.1.6. Identificación, medición y tratamiento de desechos

Desecho es cualquier descarga de un proceso que no sea un producto. Por lo tanto, describe descargas en fases líquida, gaseosa y sólida.

Los desechos y la cantidad aproximada que se generan durante el proceso de montaje de lentes son:

- Astillas de vidrio (cantidad mensual de 258,72 gr)
- Polvo de plástico (cantidad mensual de 769,82 gr)
- Pedazos de policarbonato (cantidad mensual de 127,78 gr)
- Agua con restos de vidrio (cantidad mensual de 81,68 gal)
- Agua con restos de plástico (cantidad mensual de 49,58 gal)
- Agua con restos de policarbonato (cantidad mensual de 6,84 gal)
- Algodón con alcohol (cantidad mensual de 503 gr)
- *Tape* utilizado para protección (cantidad mensual de 230 gr)

2.2.1.7. Operaciones Unitarias Críticas (OUC)

Una Operación Unitaria Crítica es aquella que tiene impactos negativos importantes, sean estos ambientales, productivos o económicos. En el proceso de montaje de lentes se consideran Operaciones Unitarias Críticas las que listan a continuación:

- Despostillado de lentes de vidrio
- Tallado, biselado e inspección de lentes de vidrio
- Tallar lente plástico manualmente en biseladora artesanal con agua
- Acabado final de lente plástico en biseladora de diamante
- Corte de lente de policarbonato con sierra manual
- Acabado final de lente de policarbonato en biseladora de diamante

2.2.1.8. Balance de masa y energía de OUC

Un balance de masa y energía consiste en detallar las entradas que existen en cada operación, las salidas y las pérdidas, residuos y desechos que se generaron de dicha operación. A continuación se presentan los balances de masa y energía para cada una de las Operaciones Unitarias Críticas bajo parámetros normales de operación actuales.

Figura 41. **Balance de masa y energía de Operaciones Unitarias Críticas**

Balance de masa y energía OUC Despostillado de lentes de vidrio	
Entradas	Cantidad mensual
Lentes de vidrio rayados para despostillar (100%)	25 872,00 gramos
Salidas	Cantidad mensual
Lentes de vidrio cortados en forma de plantillas (77%)	19 921,44 gramos
Pérdidas, residuos y desechos	Cantidad mensual
Pedazos sobrantes de lentes de vidrio (23%)	5 950,56 gramos

Continuación de la figura 41.

Balance de masa y energía OUC Tallado, biselado e insp de lente de vidrio

Entradas	Cantidad mensual
Lentes de vidrio rayados para despostillar (77%)	19 921,44 gramos
Agua potable	102,11 galón
Energía eléctrica	5 316,01 W

Salidas	Cantidad mensual
Lentes tallados listos para montar (75%)	19 404,00 gramos

Pérdidas, residuos y desechos	Cantidad mensual
Astillas de vidrio	258,72 gramos
Cantidad de vidrio en agua residual	258,72 gramos
Agua residual sin vidrio	15,32 galón
Agua residual con vidrio	81,69 galón
Agua (fuga en llave de graduación biseladora)	5,11 galón
Energía eléctrica	265,80 W

Balance de masa y energía OUC Tallar lente plástico en biseladora artesanal

Entradas	Cantidad mensual
Lente plástico (100%)	6 415,20 gramos
Agua potable	52,96 galón
Energía eléctrica	4 412,80 W

Salidas	Cantidad mensual
Lentes tallados listos para montar (77%)	4 939,70 gramos

Pérdidas, residuos y desechos	Cantidad mensual
Polvo de lente de plástico	833,98 gramos
Cantidad de plástico en agua residual	641,52 gramos
Agua residual sin plástico	7,94 galón
Agua residual con vidrio	42,36 galón
Agua (fuga en llave de graduación biseladora)	2,65 galón
Energía eléctrica	220,64 W

Continuación de la figura 41.

Balance de masa y energía OUC Acabado final lente de plástico

Entradas	Cantidad mensual
Lente plástico (77%)	4 939,44 gramos
Agua potable	9,02 galón
Energía eléctrica	469,59 W

Salidas	Cantidad mensual
Lentes tallados listos para montar (75%)	4 811,14 gramos

Pérdidas, residuos y desechos	Cantidad mensual
Cantidad de plástico en agua residual	128,30 gramos
Agua residual sin plástico	1,35 galón
Agua residual con plástico	7,22 galón
Agua (fuga en llave de graduación biseladora)	0,45 galón
Energía eléctrica	23,48 W

Balance de masa y energía OUC Corte de lente de policarbonato con sierra

Entradas	Cantidad mensual
Lentes de policarbonato (100%)	12 777,60 gramos

Salidas	Cantidad mensual
Lentes de policarbonato cortados en forma de plantillas (77%)	9 838,75 gramos

Pérdidas, residuos y desechos	Cantidad mensual
Pedazos sobrantes de lentes de policarbonato (23%)	2 938,85 gramos

Balance de masa y energía OUC Acabado final lente de policarbonato

Entradas	Cantidad mensual
Lente de policarbonato	9 838,75 gramos
Agua potable	17,09 galón
Energía eléctrica	88,99 W

Salidas	Cantidad mensual
Lentes tallados listos para montar	9 581,09 gramos

Pérdidas, residuos y desechos	Cantidad mensual
Cantidad de policarbonato en agua residual	255,55 gramos
Agua residual sin policarbonato	2,56 galón
Agua residual con vidrio	13,67 galón
Agua (fuga en llave de graduación biseladora)	0,85 galón
Energía eléctrica	4,45 W

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.9. Causas de ineficiencia en el uso de materia y energía

Dentro de las principales causas que originan ineficiencia en el proceso están:

- Características de las materias primas: debido a que existen diferentes tipos, formas y tamaños de armazones (aros), así como, diferentes medidas de lentes graduados (vidrio, plástico o policarbonato), que van desde un diámetro de 55 milímetros hasta 70 milímetros.
- La naturaleza del proceso: debido a que durante el proceso es casi imposible tener dos armazones del mismo estilo, con la misma graduación, con el mismo material, con el mismo centro óptico, distancia pupilar, etcétera. Cada antejo se vuelve casi un producto único por lo que la naturaleza del proceso permite mucha variación.
- Las características de los equipos de producción: existe desgaste en las fajas de la maquinaria, en los engranajes, en los empaques, en la llave de paso de agua de la biseladora la cual presenta una fuga que permite que salga más agua de la que necesita el proceso, colaborando con esto para que existan pérdidas.
- Los controles y la supervisión de las operaciones: falta de control con el cual se pueda determinar la calidad de la materia prima, los métodos de trabajos, calidad de los insumos, generación y manejo de residuos, inventarios, etcétera.

2.2.2. Materia prima

La materia prima dentro del proceso de producción, son los lentes de vidrio, plástico o policarbonato, cuya forma es modificada y tallada para su montaje sobre el aro escogido por el cliente para la elaboración de los anteojos.

La mayor parte de los lentes de vidrio utilizados en el proceso son elaborados dentro del mismo laboratorio en el área de superficie. Los lentes de plástico y policarbonato, así como, algún lente especial o urgente de vidrio, que el área de superficie no pueda proveer, se solicita a cualquiera de los siguientes proveedores: Santa Lucia, Suplementos ópticos, Visión center, Solución óptica, La princesa, Fundación Vical y Ciliar, dependiendo de la existencia y precio ofrecido por los mismos.

2.2.2.1. Recepción y control

La encargada de solicitar y recibir la materia prima que se utilizará durante el proceso es la secretaria de gerencia, quien actualmente no cuenta con ningún tipo de control para llevar un adecuado inventario, el cual permita determinar la existencia o inexistencia de los lentes que se necesiten para ser utilizados en el proceso, esto a su vez impide, verificar alguna imperfección a la hora de recepción de los lentes, determinar el proveedor más y menos confiable, cumplimiento, etcétera.

Debido a lo anterior se presentan problemas más adelante en el proceso de producción al interrumpir el proceso, debido a imperfecciones encontradas, cambios, reclamos, inexistencia de lentes con los proveedores, incumplimiento en entregas, etcétera.

2.2.3. Agua

El agua la suministra la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), en la producción del área de acabado esta es utilizada en las operaciones de tallado y acabado final en los lentes de vidrio y plástico, así como, en la formación del bisel y la generación de brillo en el contorno de los lentes de policarbonato. Debido a que las operaciones de tallado y acabado son fundamentales para que el lente quede montado adecuadamente al aro, esta se convierte en un agente importante para el aseguramiento de la calidad de dicho proceso.

2.2.3.1. Uso y ciclo

Actualmente, las máquinas que utilizan agua para operar son las biseladoras (artesanal, de diamante de uno y tres discos), con las cuales se realizan las operaciones de tallado y acabado final del lente de vidrio, plástico y policarbonato.

El proceso es el siguiente: se carga manualmente la cantidad de agua en el recipiente de la biseladora, se gradúa la cantidad de agua con la llave de paso en la máquina biseladora (dependiendo la operación a realizar) y se procede a realizar la operación, el agua se dirige a un depósito donde se acumula junto con la viruta dependiendo el material del lente trabajado (vidrio, plástico o policarbonato), para luego ser depositado al drenaje municipal.

Figura 42. Ciclo de uso del agua en el proceso



Fuente: elaboración propia.

Otros usos que se le dan al agua dentro de la planta son los siguientes:

- Limpieza de maquinaria y equipo
- Limpieza general del laboratorio
- Lavado de utensilios
- Sanitarios
- Usos varios

2.2.3.2. Cantidad y costo del servicio

En la actualidad las máquinas biseladora artesanal y de diamante consumen aproximadamente 181,18 galones de agua mensuales (aproximadamente 0,70 metros cúbicos), el costo de metro cubico de agua es de Q4,23, lo que representa un gasto total mensual de Q2,90. En la siguiente figura se presenta el consumo detallado por operación, así como, el costo aproximado en cada una de ellas en el área de acabado.

Tabla V. **Consumo de agua por operaciones en el área de acabado**

CONSUMO MENSUAL DE AGUA POTABLE EN OPERACIONES DE ACABADO		
No.	Operación	Costo Mensual
1	Despostillado de lente de vidrio	Q0,00
2	Tallado, biselado e inspección de lente de vidrio	Q1,63
3	Tallar lente de plastico manualmente en biseladora artesanal	Q0,85
4	Acabado final lente de plástico	Q0,14
5	Corte de lente de policarbonato	Q0,00
6	Acabado final lente de policarbonato	Q0,27
TOTAL		Q2,90

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Energía

La energía eléctrica es el principal insumo que mueve al mundo industrial, y el proceso de fabricación de lentes ópticos no es la excepción. Este servicio es suministrado por la Empresa Eléctrica de Guatemala Sociedad Anónima (EEGSA), las máquinas que necesitan energía eléctrica son la biseladora artesanal, biseladora de diamante y el lensómetro.

2.2.4.1. Uso

Se utiliza para accionar los motores de las siguientes máquinas y equipos:

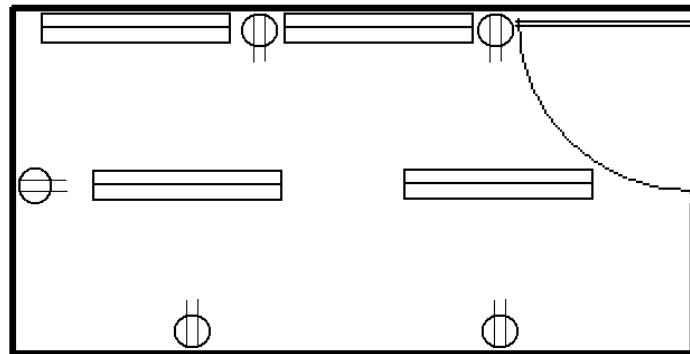
- Biseladora artesanal y de diamante
- Ranuradora
- Perforadora
- Lensómetro
- Horno
- Iluminación y tomacorrientes del área de acabado

Fuera del proceso de producción el consumo de la energía eléctrica utilizado en la planta se puede desglosar de la siguiente manera:

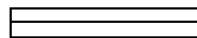
- Iluminación general
- Equipo de cómputo
- Equipos varios

Figura 43. **Distribución actual de iluminación y tomacorrientes en área de acabado**

DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTES ACTUAL EN EL ÁREA DE ACABADO



SIMBOLOGÍA



Lámpara fluorescente estándar 40 W



Tomacorriente 120/110 v

Fuente: elaboración propia, con programa Paint.

2.2.4.2. Cantidad y costo del servicio

Las máquinas (biseladora artesanal, de diamante y el lensómetro), consumen aproximadamente 12,874 kilovatios mensuales, el costo del kilovatio de energía eléctrica es de Q1,98, lo que representa un gasto total mensual de maquinaria de Q25,49, el consumo mensual promedio de iluminación y tomacorrientes varios en el área de acabado es de 108,35 kilovatios, lo que representa un gasto total mensual de iluminación y tomacorrientes de Q214,53 obteniendo como un gran total de consumo 121,23 kilovatios lo que representa Q240,03. Es importante hacer notar que el 10,62% de la energía que se consume es por el uso de maquinaria, mientras que el 89,38% restante, es por iluminación y otros tomacorrientes.

En la siguiente tabla se presenta el consumo y costo aproximado del servicio de energía eléctrica en la producción del área de acabado del laboratorio.

Tabla VI. **Consumo actual de servicio de energía eléctrica**

CONSUMO MENSUAL DE ENERGIA ELECTRICA EN OPERACIONES DE ACABADO				
No.	Operación	Tiempo de operación	Consumo W x mes	Costo Mensual
1	Despostillado de lente de vidrio	0,00	0,00	Q0,00
2	Tallado, biselado e inspección de lente de vidrio	12,09	5 317,92	Q10,53
3	Tallar lente de plastico manualmente en biseladora artesanal	20,06	4 412,80	Q8,74
4	Acabado final lente de plástico	2,14	469,75	Q0,93
5	Buscar y marcar centro óptico (lensometro)	1,01	890,85	Q1,76
6	Inspección final detallada (lensometro)	1,02	893,20	Q1,77
7	Corte de lente de policarbonato	0,00	0,00	Q0,00
8	Acabado final lente de policarbonato	2,02	890,26	Q1,76
9	Lamparas 40 W area de acabado	8,00	70 400	Q139,39
10	Radio	1,00	16 500,00	Q32,67
11	Computadora	1,00	16 500,00	Q32,67
12	Tomacorrientes varios	1,00	4 950,00	Q9,80
TOTAL MAQUINARIA		10,62	12 874,8	Q25,49
TOTAL ILUMINACION Y OTROS TOMACORRIENTES		89,38	108 350,00	Q214,53
GRAN TOTAL			121 224,80	Q240,02

Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Otros insumos

Otros recursos utilizados durante el proceso de transformación se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Herramientas: desarmadores Phillips, de castigadera y especiales, pinzas, cuchillas, reglas, astillador y despostillador (todos ellos con diversas formas y tamaños).

- Equipo de oficina: marcadores permanentes, reglas, tijeras, hojas, *tape* normal y mágico y *masking tape*.
- Varios: algodón, alcohol, etcétera.
- Humanos: cada una de las personas que toman parte durante alguna operación o inspección, en el área de acabado desde la recepción de la receta hasta el empaque de los anteojos.

2.2.5.1. Recepción y control

En la actualidad no existe ningún control sobre la recepción y control de insumos varios, lo único que se sabe de ello, son algunos proveedores de los mismos, los cuales se mencionan a continuación.

- Herramienta: la mayoría de estas herramientas se compran en Innovaciones Médicas S.A. y algunas en las siguientes Ferreterías Lewonsky, El Globo y El Tejar.
- Equipo de oficina: generalmente, es adquirido en librería Fátima.
- Varios: debido a que su uso es en menor cantidad, se compra en el lugar donde haya existencia y el precio sea el más económico.

3. PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO

3.1. Producción

A continuación se presenta la propuesta de mejora cuyo objetivo principal es realizar el montaje de lentes de vidrio, plástico o policarbonato con calidad, oportunamente, al menor costo posible, logrando el máximo de satisfacción de los clientes y empleados, pero sobre todo logrando un crecimiento ecológicamente sostenible por medio de la aplicación de PML. Esta propuesta de mejora consta de varias actividades las cuales se detallan a continuación:

- Se utilizará la nueva misión: “brindar a todos los clientes la experiencia, responsabilidad y excelente calidad, que es la mejor garantía, en cada uno de los servicios y productos ópticos los cuales son elaborados logrando un crecimiento ecológicamente sostenible. Se proporcionan oportunidades de desarrollo, crecimiento y superación integral a cada uno de los colaboradores, quienes trabajan en equipo día con día para satisfacer y sobrepasar las expectativas de los clientes”.
- Se utilizará la siguiente visión: “ser la opción ideal en servicios y productos de calidad fabricados ecológicamente para mejorar la salud visual en Guatemala, por medio del esfuerzo constante de todos nuestros colaboradores, actuando con excelencia, honradez, respeto, responsabilidad, integridad e imparcialidad”.

- Los valores que inspiran y sostienen la estructura de la empresa son los que emanan de la visión y misión:
 - Honradez
 - Puntualidad
 - Respeto
 - Excelencia
 - Disciplina
 - Responsabilidad

- Se deben utilizar únicamente lentes graduados con una superficie de diámetro igual a 65 milímetros, ya que por la tendencia actual de los aros, no se necesitan lentes graduados con mayor superficie, esto permitirá una disminución en la cantidad de entrada de materia prima, menor cantidad de residuo y desecho generado (vidrio, plástico y policarbonato) y una mayor utilización por milímetros de lente graduado.

- Implementación de un formato de control y recepción de materia prima e insumos varios los cuales estarán a cargo de la secretaria de gerencia.

- Implementación de nuevos métodos de trabajo, determinación de estándares y estandarización de las operaciones de montaje de lentes de vidrio, plástico y policarbonato.

- Elaboración de diagramas de flujo de proceso y de recorrido del proceso de montaje de lentes de vidrio, plástico y policarbonato.

- El personal de atención al cliente o ventas que elabore la orden de trabajo será el encargado de solicitar a la secretaria de gerencia dichos lentes para luego adjuntarlos en la bolsa que ellos mismos ingresarán a producción, únicamente cuando dicha bolsa contenga los aros seleccionados, los lentes graduados y la orden de trabajo. Con este cambio se pretende no detener ninguna orden de trabajo en producción, por falta de la materia prima o algún insumo.

- La implementación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para las máquinas biseladoras (artesanal, de diamante de uno y tres discos). El mantenimiento preventivo consistirá en una serie de actividades que se mencionan a continuación:
 - Limpiar diariamente la máquina biseladora externamente al terminar la jornada de trabajo, removiendo la viruta que queda encima de la base y alrededor de la máquina. Posteriormente, dejarla tapada con la cubierta de protección.

 - Limpiar semanalmente la máquina biseladora internamente al terminar la jornada de trabajo, removiendo la viruta que quedo en la parte interna utilizando una brocha y posteriormente, dejarla tapada con la cubierta de protección.

 - Limpiar cada 15 días la faja de la máquina biseladora, removiendo la viruta que pueda tener. Posteriormente, dejarla tapada con la cubierta de protección.

 - Cada tres meses es necesario el cambio de la faja de la máquina biseladora.

- El mantenimiento correctivo se dará cuando alguna máquina biseladora falle, para lo que se aplicarán las siguientes actividades:
 - Identificar las causas de la falla: para minimizar dicha falla en el futuro y si es posible implementar acciones correctivas en el mantenimiento preventivo.
 - Evaluar las alternativas.
 - Emplear la alternativa más conveniente.
 - Archivar la información para referencia e historial y un posible plan de prevención.

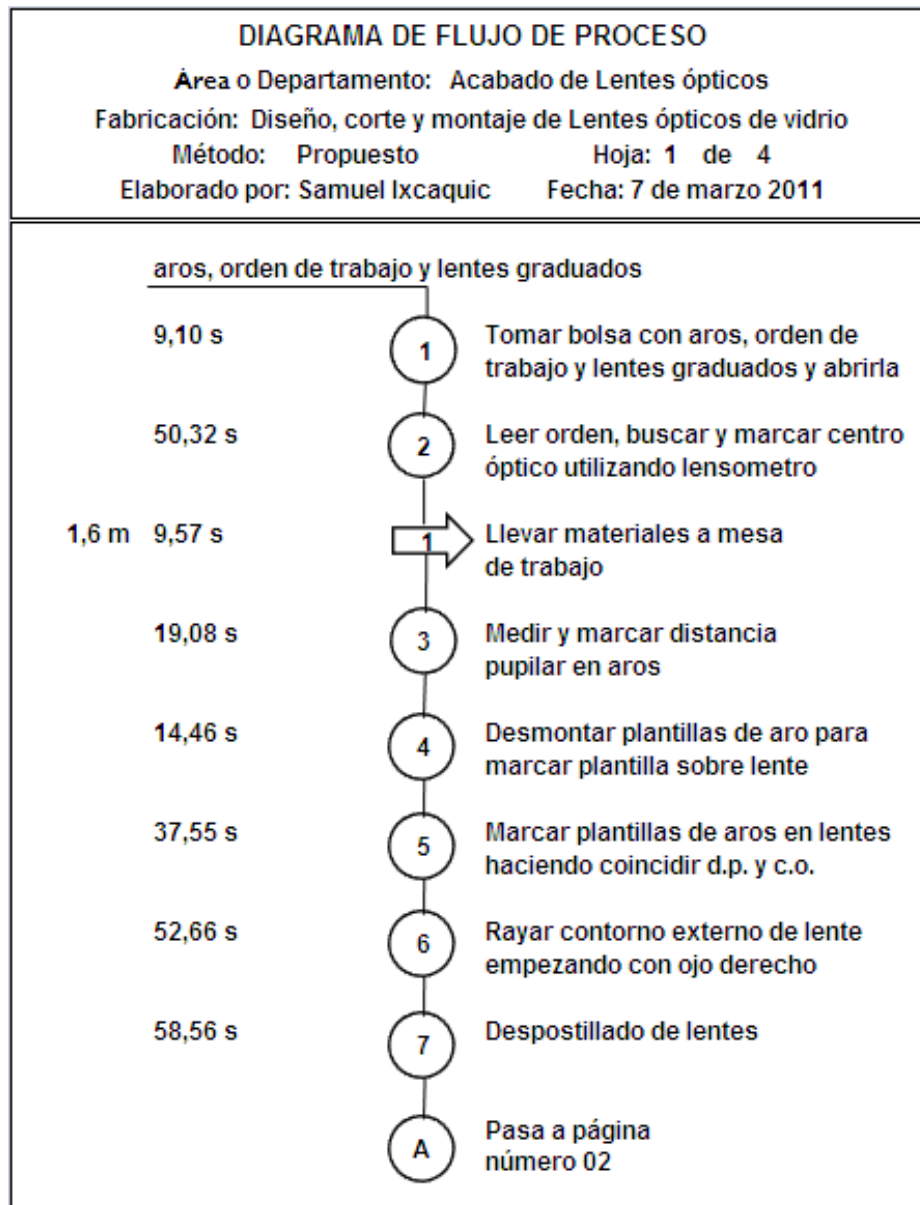
3.1.1. Diagrama de flujo de proceso

Las modificaciones en el proceso, generan ciertos cambios, entre los que se pueden mencionar, la eliminación de las operaciones, transportes y demoras siguientes: tomar bolsa con aros y orden de trabajo, llevar aros y orden de trabajo a mesa, leer orden de trabajo, hacia inventario de lentes, buscar y seleccionar lentes graduados y hacia lensómetro para marcar lentes.

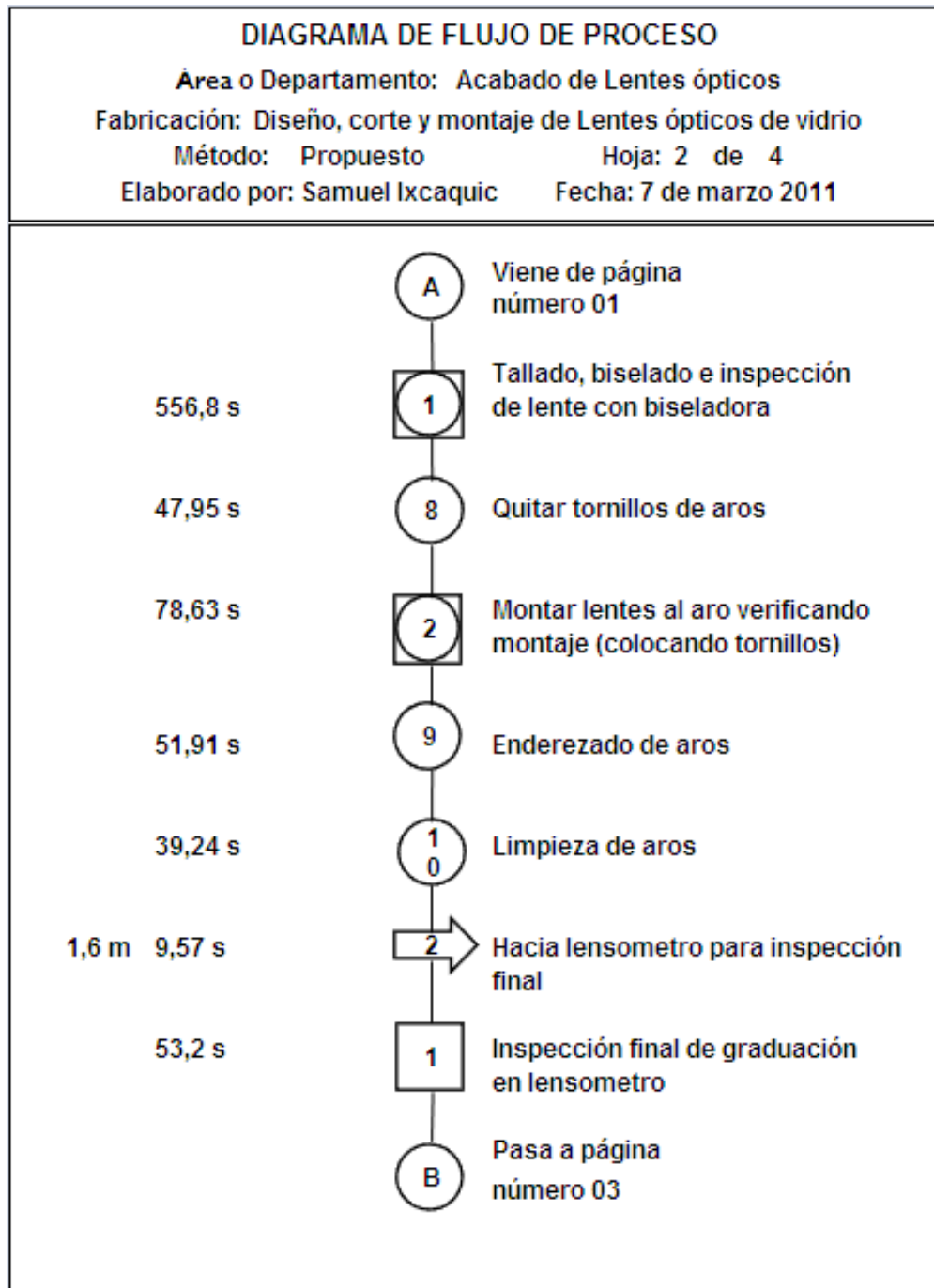
En otras palabras se eliminan dos operaciones, una demora y tres transportes (aproximadamente cinco metros y treinta y cinco segundos). Así también, se modifican las operaciones de tomar bolsa con aros, orden de trabajo y lentes graduados y leer orden, buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho.

A continuación se presentan los diagramas de flujo propuestos para el montaje de lentes de vidrio, plástico y policarbonato.

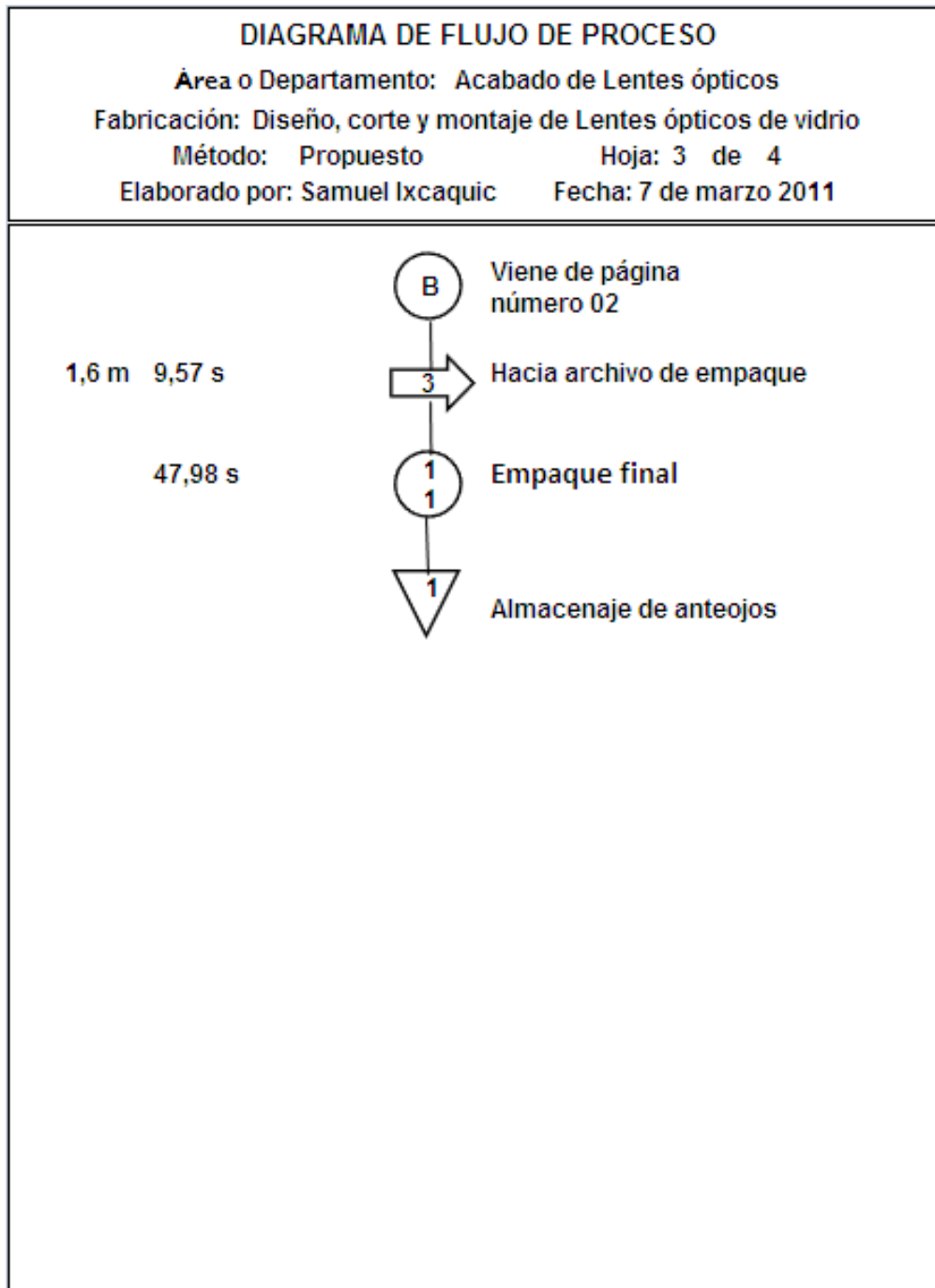
Figura 44. **Diagrama de flujo del proceso de mejora para lentes de vidrio**










Continuación de la figura 44.



Continuación de la figura 44.

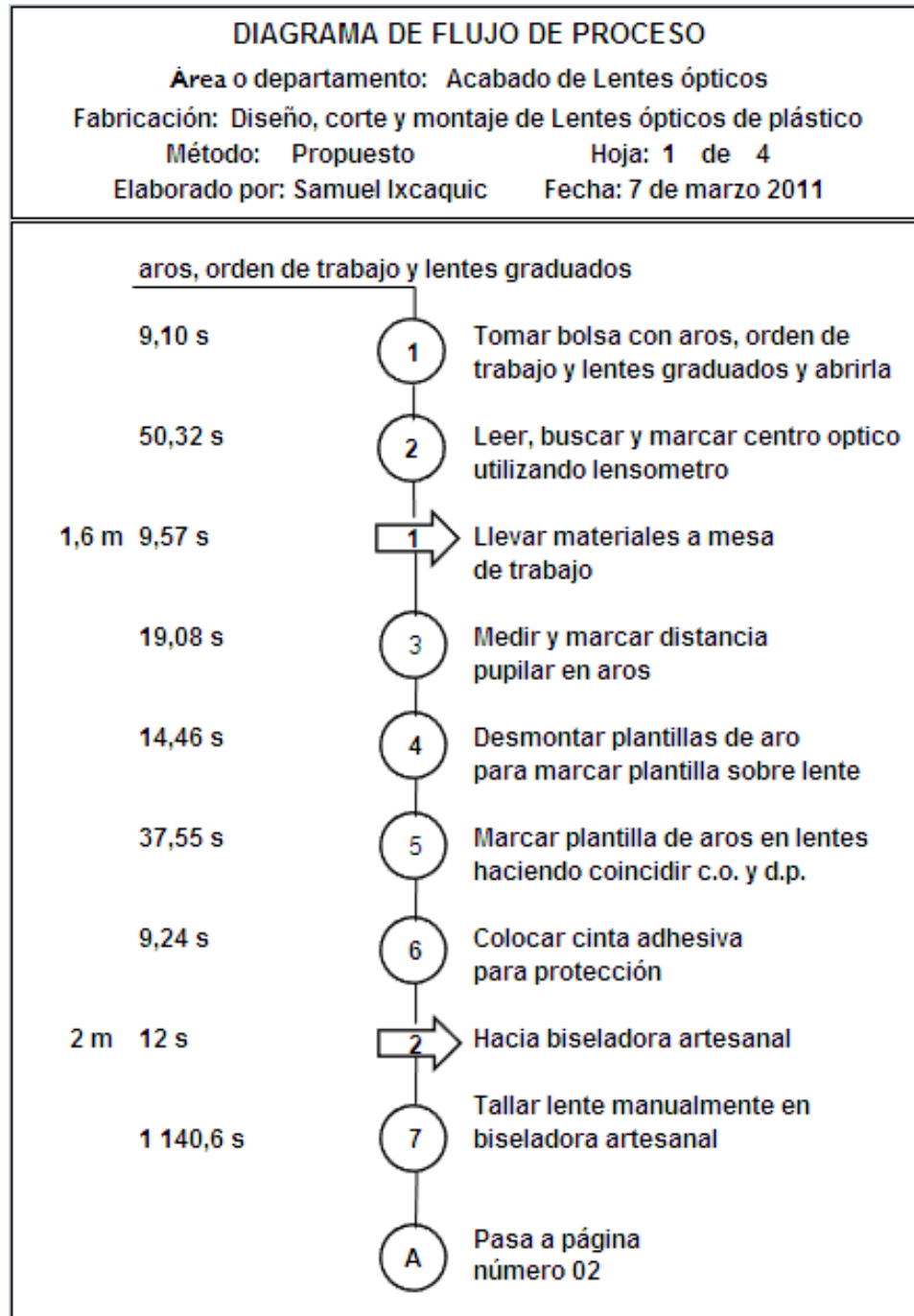


Continuación de la figura 44.

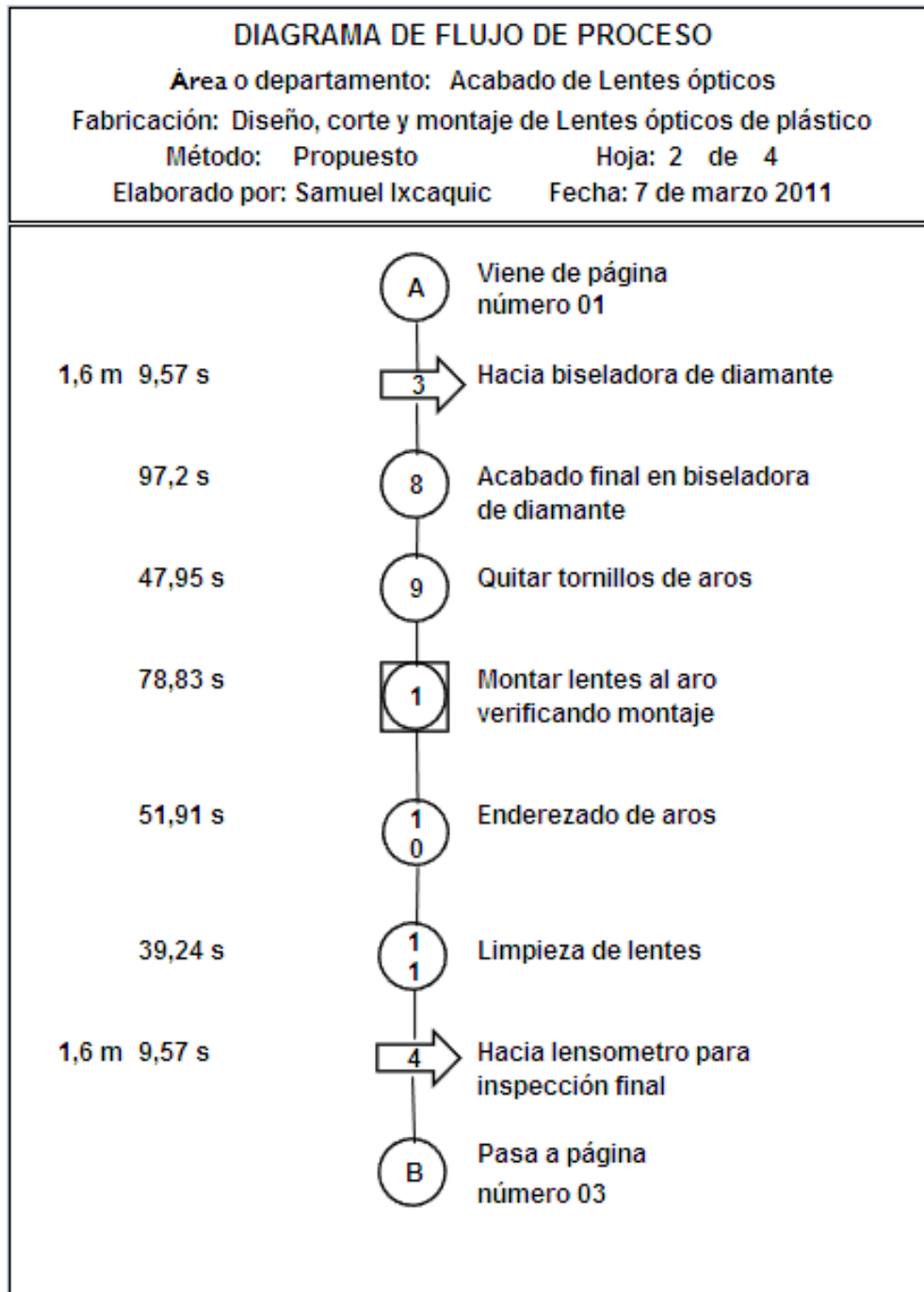
<p style="text-align: center;">DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO</p> <p style="text-align: center;">Área o Departamento: Acabado de Lentes ópticos</p> <p style="text-align: center;">Fabricación: Diseño, corte y montaje de Lentes ópticos de vidrio</p> <p style="text-align: center;">Método: Propuesto Hoja: 4 de 4</p> <p style="text-align: center;">Elaborado por: Samuel Ixcaquic Fecha: 7 de marzo 2011</p>				
RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Distancia	Tiempo
Operación		11		7,15 min
Inspección		1		0,88 min
Transporte		3	4,8	0,48 min
Combinada operación e inspección		2		10,59 min
Combinada operación y transporte		0		0
Demora		0		0
Almacenaje		1		0

Fuente: elaboración propia.

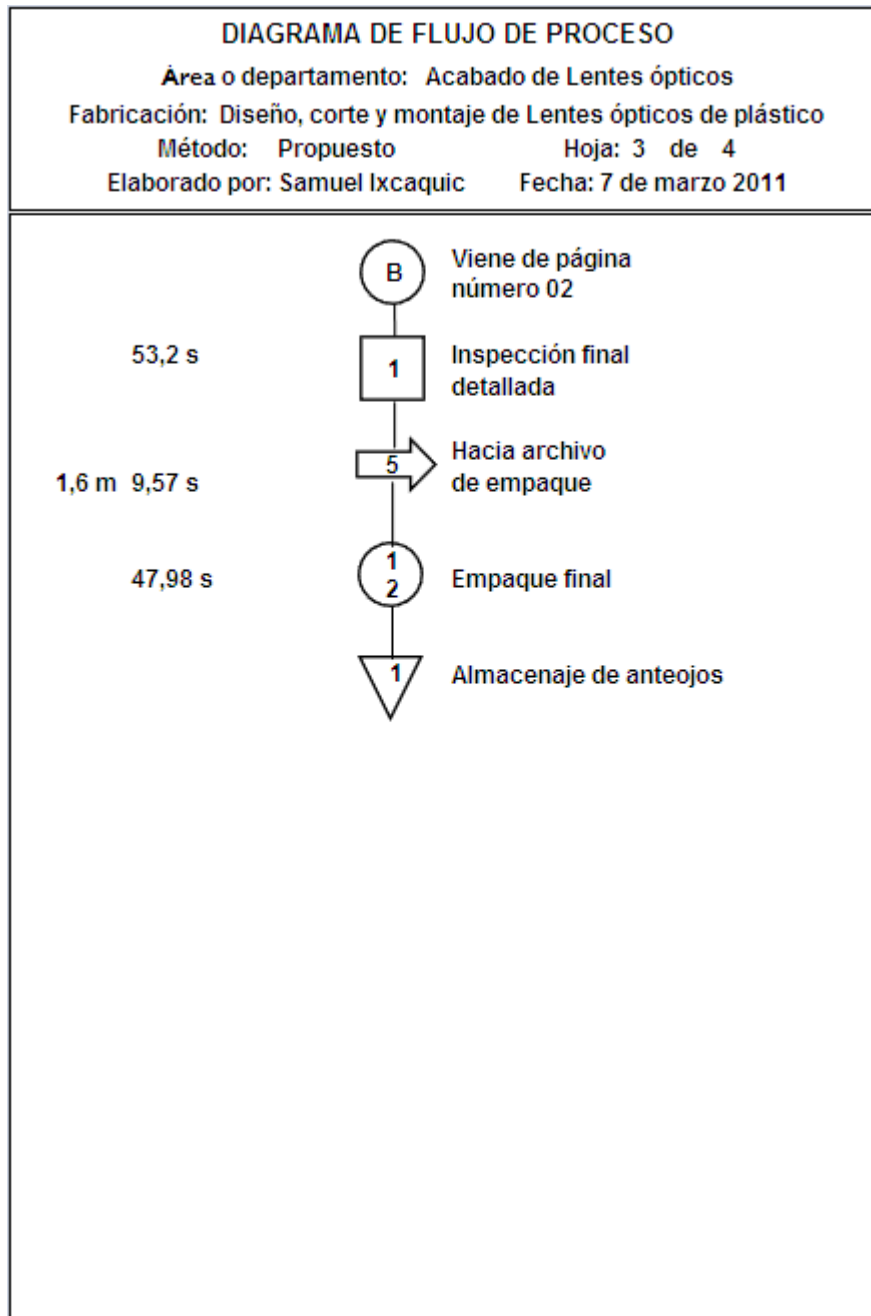
Figura 45. Diagrama de flujo del proceso de mejora para lentes de plástico




Continuación de la figura 45.



Continuación de la figura 45.

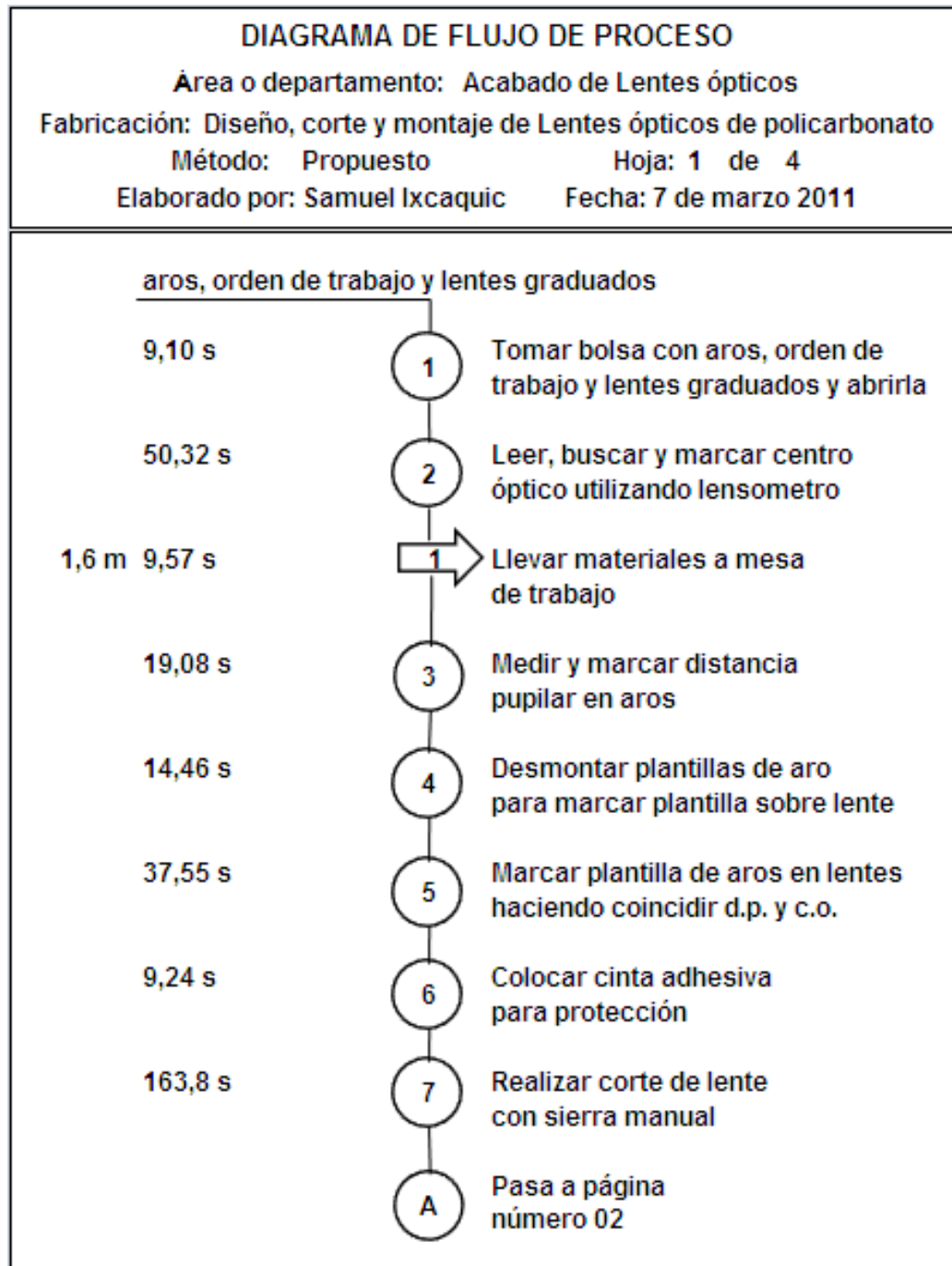


Continuación de la figura 45.

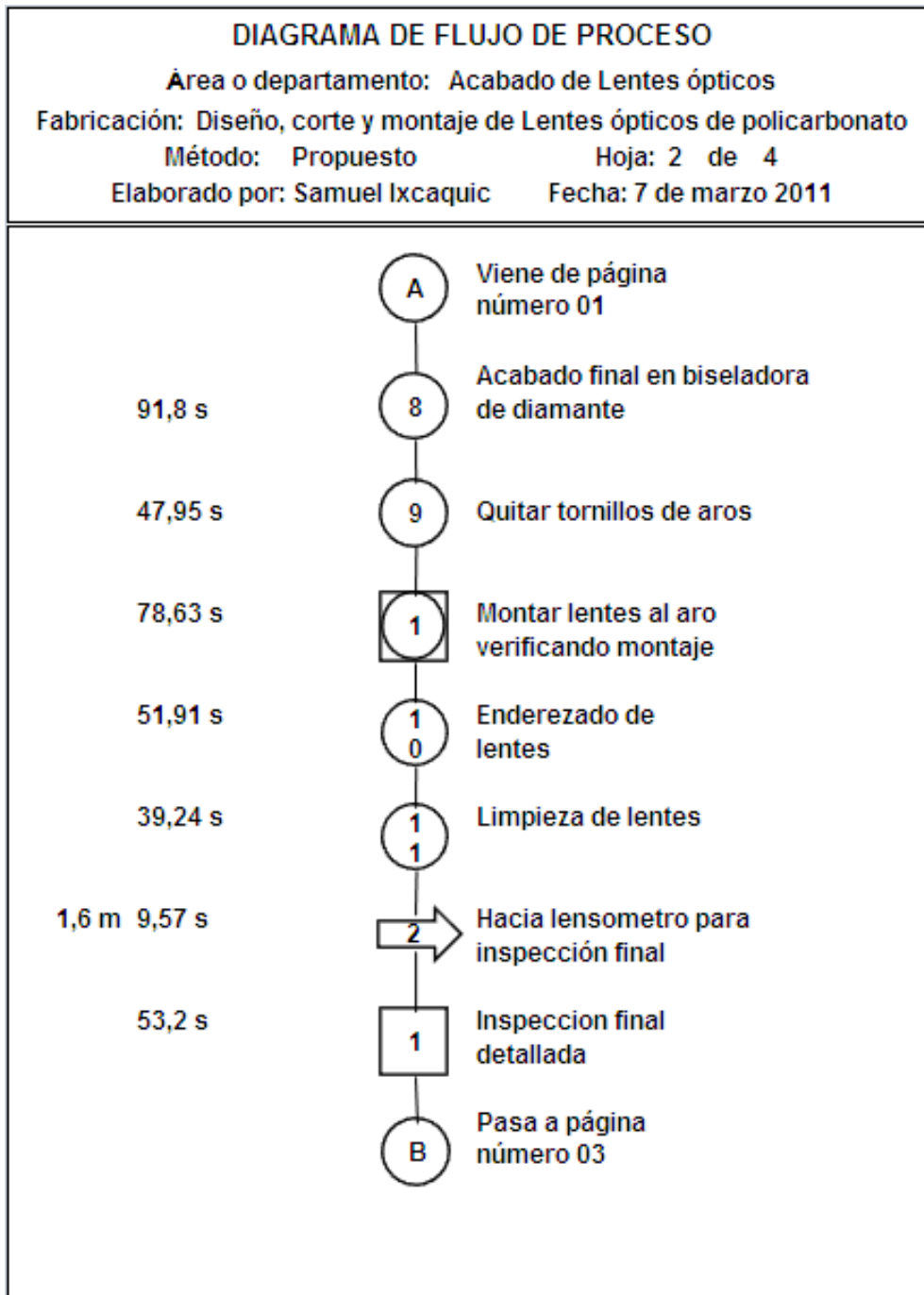
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Área o departamento: Acabado de Lentes ópticos Fabricación: Diseño, corte y montaje de Lentes ópticos de plástico Método: Propuesto Hoja: 4 de 4 Elaborado por: Samuel Ixcaquic Fecha: 7 de marzo 2011				
RESUMEN				
Actividad	Simbolo	Cantidad	Distancia	Tiempo
Operación		12		27,92 min
Inspección		1		1 min
Transporte		5	8,4	1 min
Combinada operación e inspección		1		1,33 min
Combinada operación y transporte		0		0
Demora		0		0
Almacenaje		1		0

Fuente: elaboración propia.

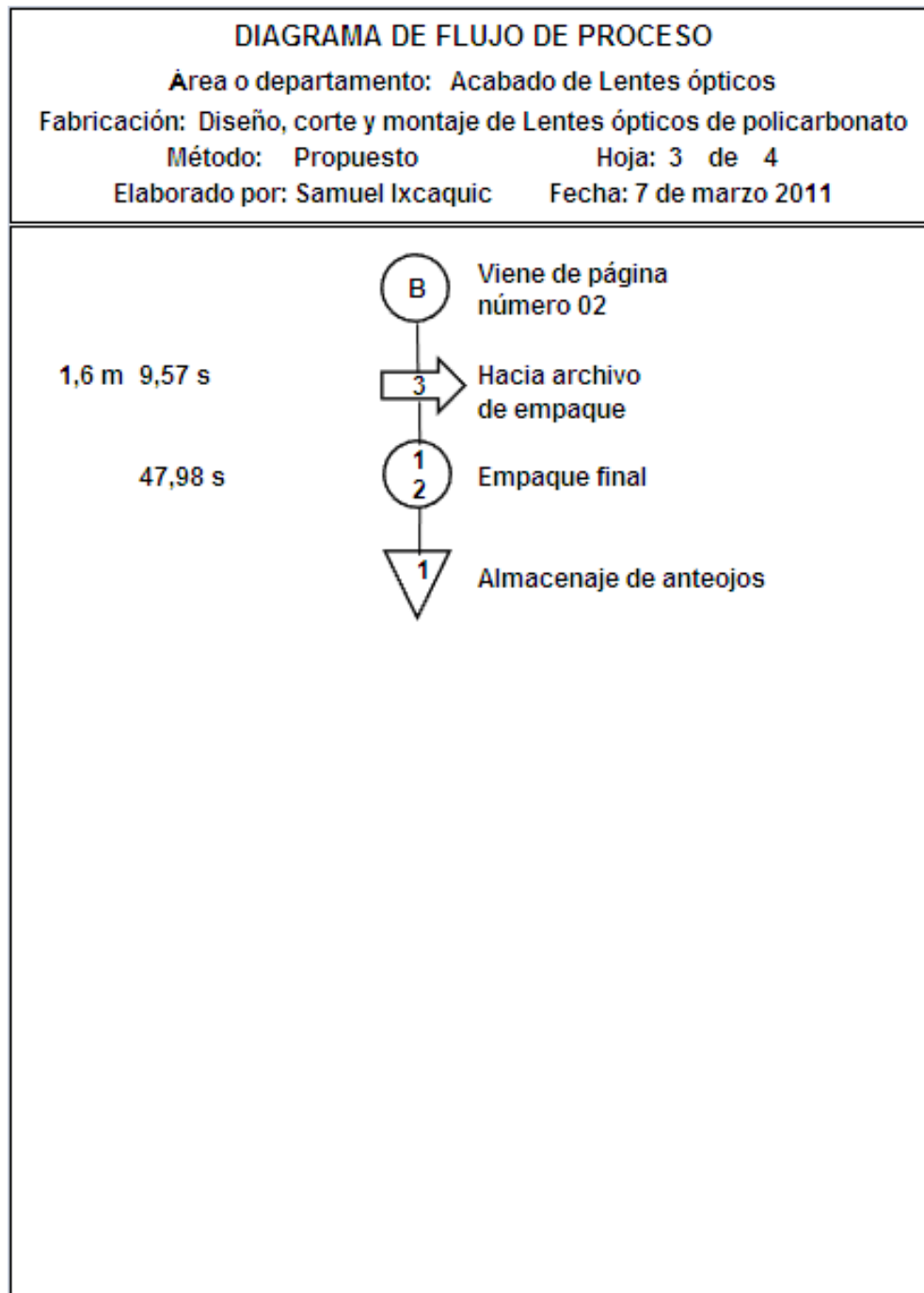
Figura 46. Diagrama de flujo del proceso de mejora para lentes de policarbonato










Continuación de la figura 46.



Continuación de la figura 46.



Continuación de la figura 46.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Área o departamento: Acabado de Lentes ópticos Fabricación: Diseño, corte y montaje de Lentes ópticos de policarbonato Método: Propuesto Hoja: 4 de 4 Elaborado por: Samuel Ixcaquic Fecha: 7 de marzo 2011				
RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Distancia	Tiempo
Operación		12		9,71 min
Inspección		1		0,88 min
Transporte		3	4,8	0,48 min
Combinada operación e inspección		1		1,31 min
Combinada operación y transporte		0		0
Demora		0		0
Almacenaje		1		0

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Diagrama de recorrido

Debido a los cambios efectuados en el proceso, se generan cambios en los diagramas de recorrido. Donde se logra visualizar la eliminación de diversos cruces y por ende transportes innecesarios, tal y como se muestra a continuación en los siguientes diagramas de recorrido.

Figura 47. Diagramas de recorrido propuestos para el proceso

DIAGRAMA DE RECORRIDO PROPUESTO PROCESO ACABADO LENTES DE VIDRIO

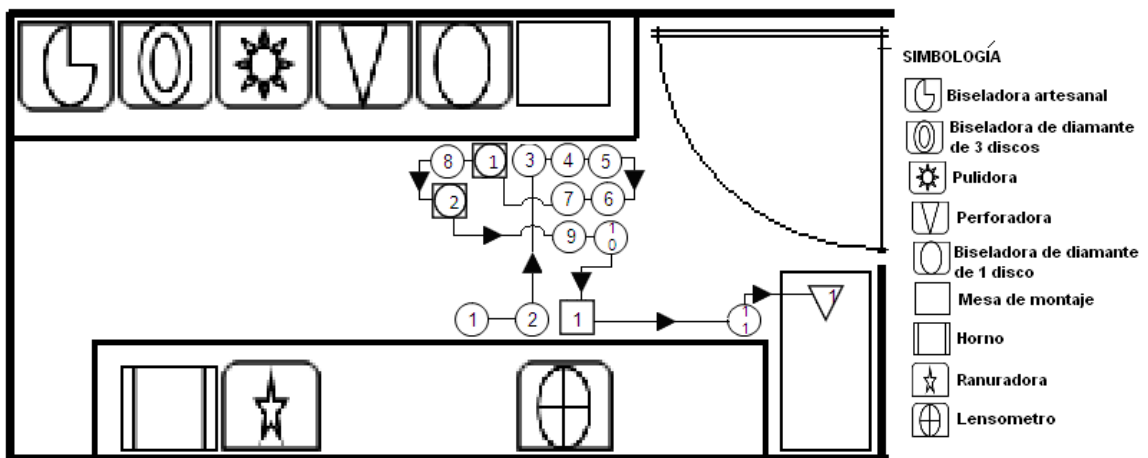
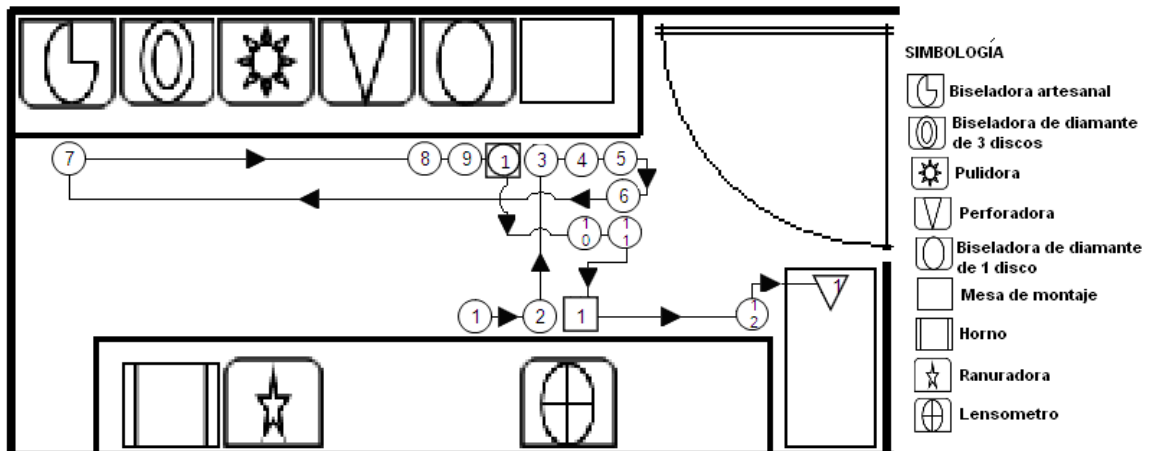
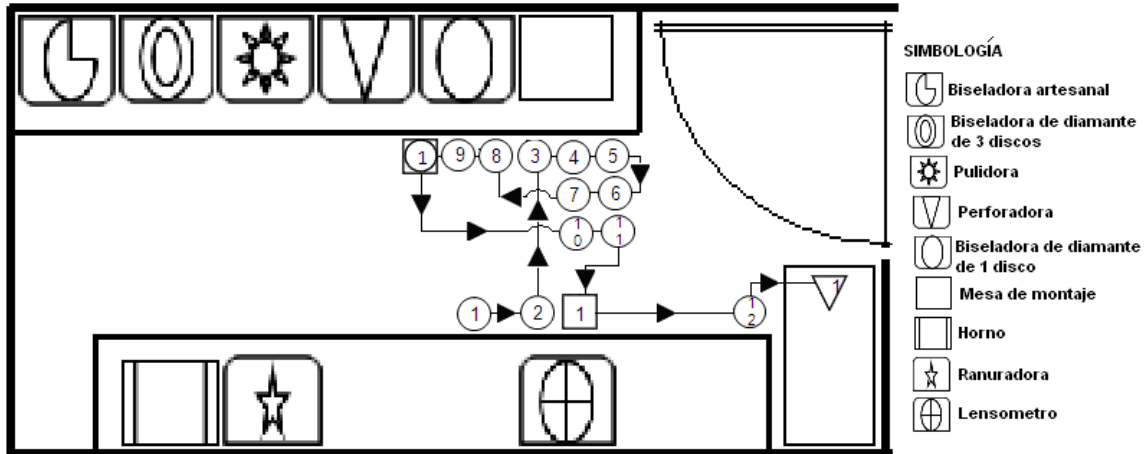


DIAGRAMA DE RECORRIDO PROPUESTO PROCESO ACABADO LENTES DE PLÁSTICO



Continuación de la figura 47.

DIAGRAMA DE RECORRIDO PROPUESTO PROCESO ACABADO DE LENTES DE POLICARBONATO

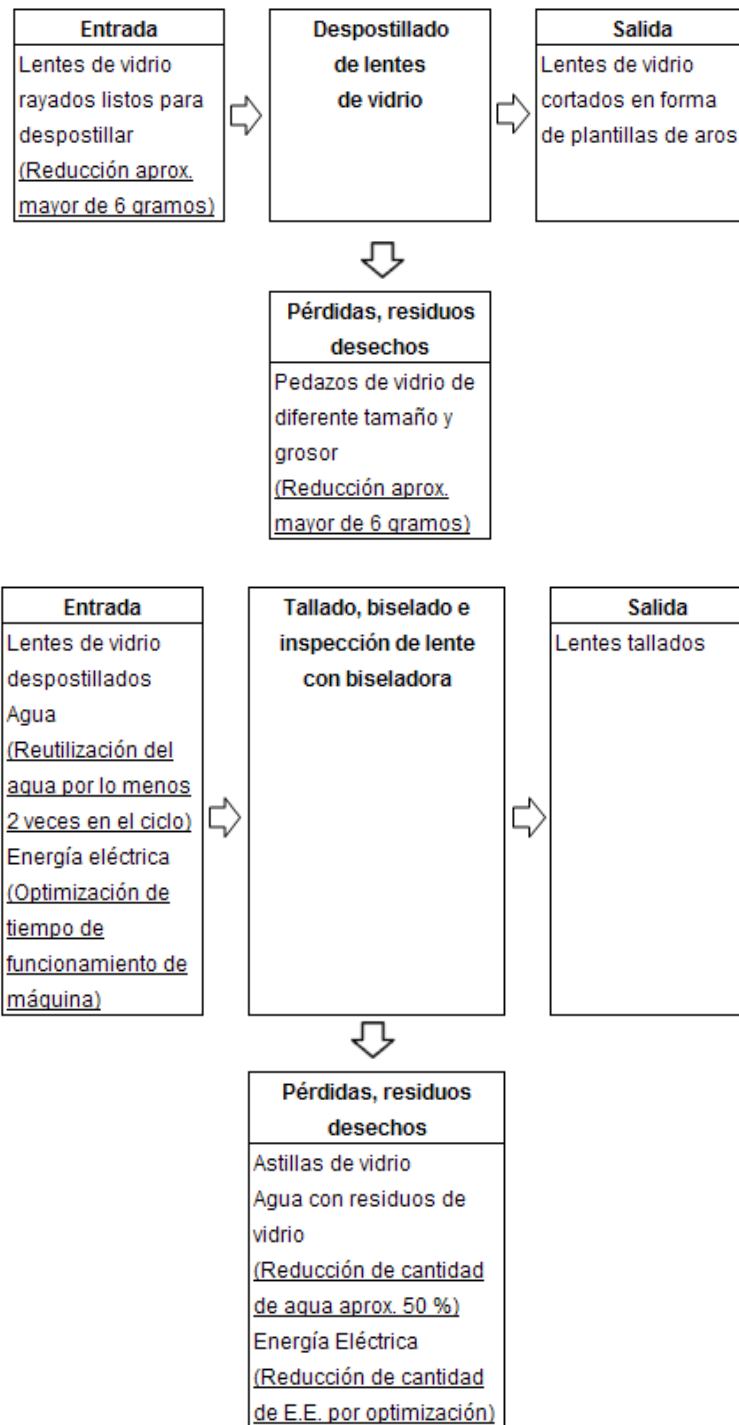


Fuente: elaboración propia, con programa *Paint*.

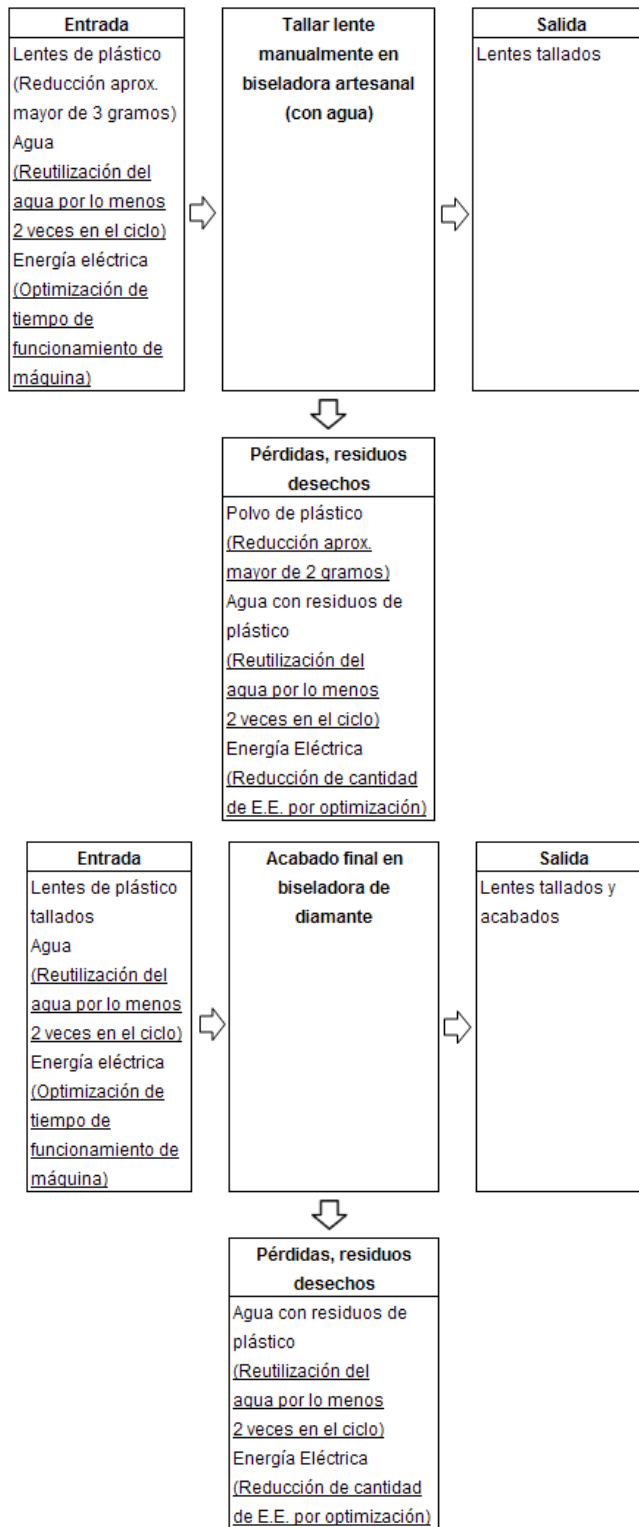
3.1.3. Diagrama de flujo de Operaciones Unitarias Críticas

Se hace necesario realizar cambios en las Operaciones Unitarias Críticas, recordando que el primer cambio importante y que se verá reflejado ya en los diagramas de flujo de las Operaciones Unitarias Críticas es que se trabajará únicamente con lentes de diámetro de 65 milímetros, ya que se logró determinar que con ese diámetro se obtiene la superficie necesaria para realizar el montaje.

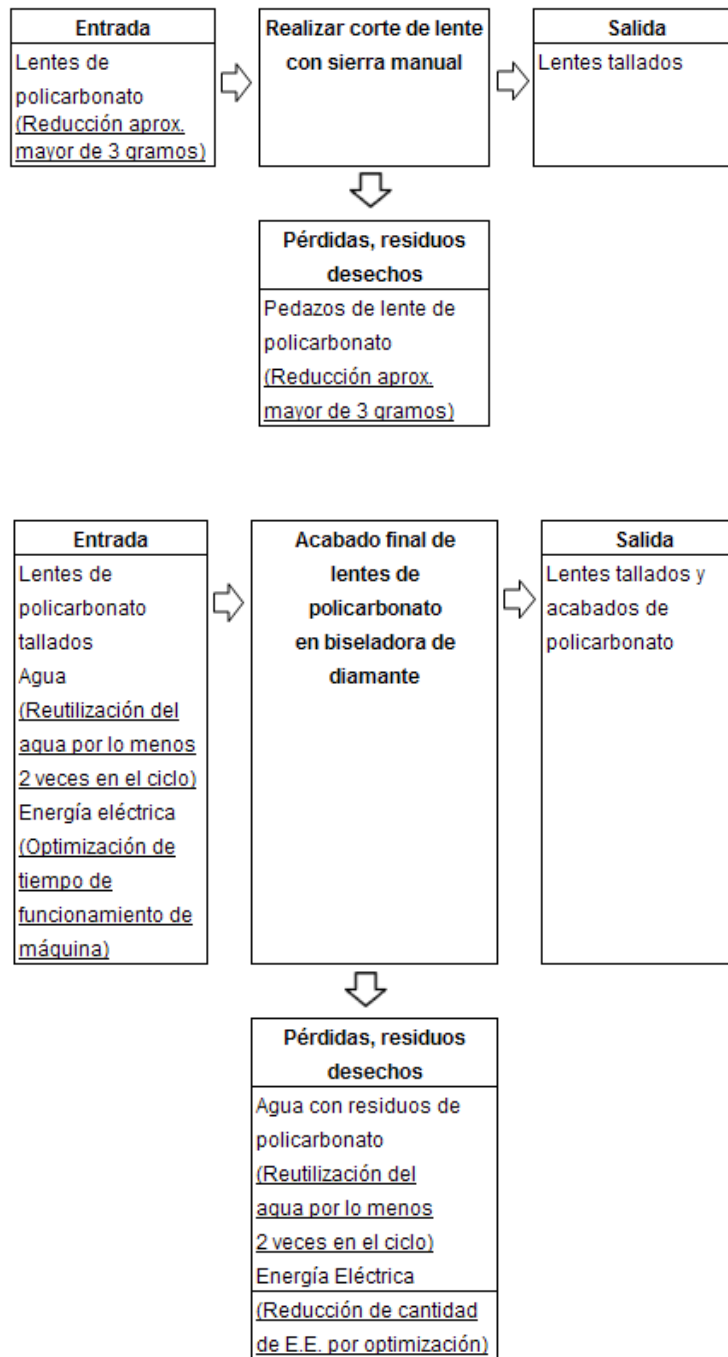
Figura 48. **Diagramas de flujo propuestos para Operaciones Unitarias Críticas del proceso**



Continuación de la figura 48.



Continuación de la figura 48.



Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Reciclar, reutilizar o recuperar flujos

Se recomienda reciclar los diferentes pedazos sobrantes de vidrio y policarbonato de las operaciones de tallado y acabado final, para ello, se elaborarán cajas debidamente identificadas para su almacenamiento previo a su reciclaje externo. No se puede reciclar el plástico ya que a diferencia de los otros doPs materiales este es desgastado y su desecho se genera en forma de polvo. Aunque se detalla detenidamente más adelante se reutilizará el agua utilizada en las Operaciones Críticas en que aplique su uso y se implementará un sistema de filtro que permita detener las partículas inertes para que el agua se pueda reutilizar.

Se elaborará un inventario de los residuos que podrán ser reutilizados para reparaciones que sean solicitadas, dentro de los cuales se puede mencionar: varillas, tornillos, armazones, puentes, bisagras, etcétera, que aunque no se generen directamente del proceso estudiado, también son trabajados aisladamente en dicha área.

3.1.4.1. Porcentaje de reducción esperado por unidad de producto

Luego de implementar los cambios propuestos, se espera obtener una disminución mayor al 50% de los pedazos de vidrio, una disminución mayor del 60% de la cantidad de polvo de plástico y por último una disminución mayor del 55% de los pedazos de policarbonato. Con la colocación de un filtro encargado de eliminar el polvo del plástico, las astillas de vidrio y policarbonato, se pretende reutilizar el agua hasta en un 80%.

3.1.5. Tratamiento al final del proceso

Dentro del tratamiento que se puede considerar al final del proceso, se puede mencionar el reciclado externo de los pedazos de vidrio y policarbonato, también el tratamiento que recibirá el agua de las diferentes biseladoras al utilizar un filtro que permita separar el agua de los desechos de vidrio y policarbonato, para que esta pueda ser reutilizada. También se reutilizarán algunas partes de las armazones (varillas tornillos, puentes, bisagras) para realizar algunas reparaciones que sean solicitadas.

3.2. Materia prima

Se implementará un control de recepción de materia prima, en el cual se llevará el control de cumplimiento de las especificaciones por parte de los proveedores, así también, se generará un historial de los mismos. Para dicho control se comenzará realizando un inventario inicial de materia prima, el cual permitirá crear un punto de partida con el cual se logrará determinar a mediano o largo plazo datos importantes como *stock* mínimo el nivel de reorden.

3.2.1. Recepción y control

Para implementar el control en la recepción de materia prima, fue necesario realizar un formato, la encargada de llevar dicho control y llenar dicho formato será la secretaria de gerencia, quien es la encargada de recibir la materia prima, ingresará la información solicitada que permita determinar el cumplimiento o no de los proveedores, así como, la verificación de los problemas más comunes de calidad de cada uno de ellos, desde su recepción hasta el momento de su transformación final en el área de producción.

Figura 49. Formato de control de recepción de materia prima

LABORATORIO "OCULAR"

6ta. calle 1-78, zona 1 (esquina).
Guatemala, Guatemala.
Tel: 2232 - 7202

CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA															
No.	Fecha	Material		Prescripción					Cantidad	Color	Tipo	Proveedor	Calidad		Observaciones
		Poly	CR39	Vítrid	Esf	Cil	Eje	Prisma					ADD	Acep	
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															

Fuente: elaboración propia.

3.3. Utilización del agua

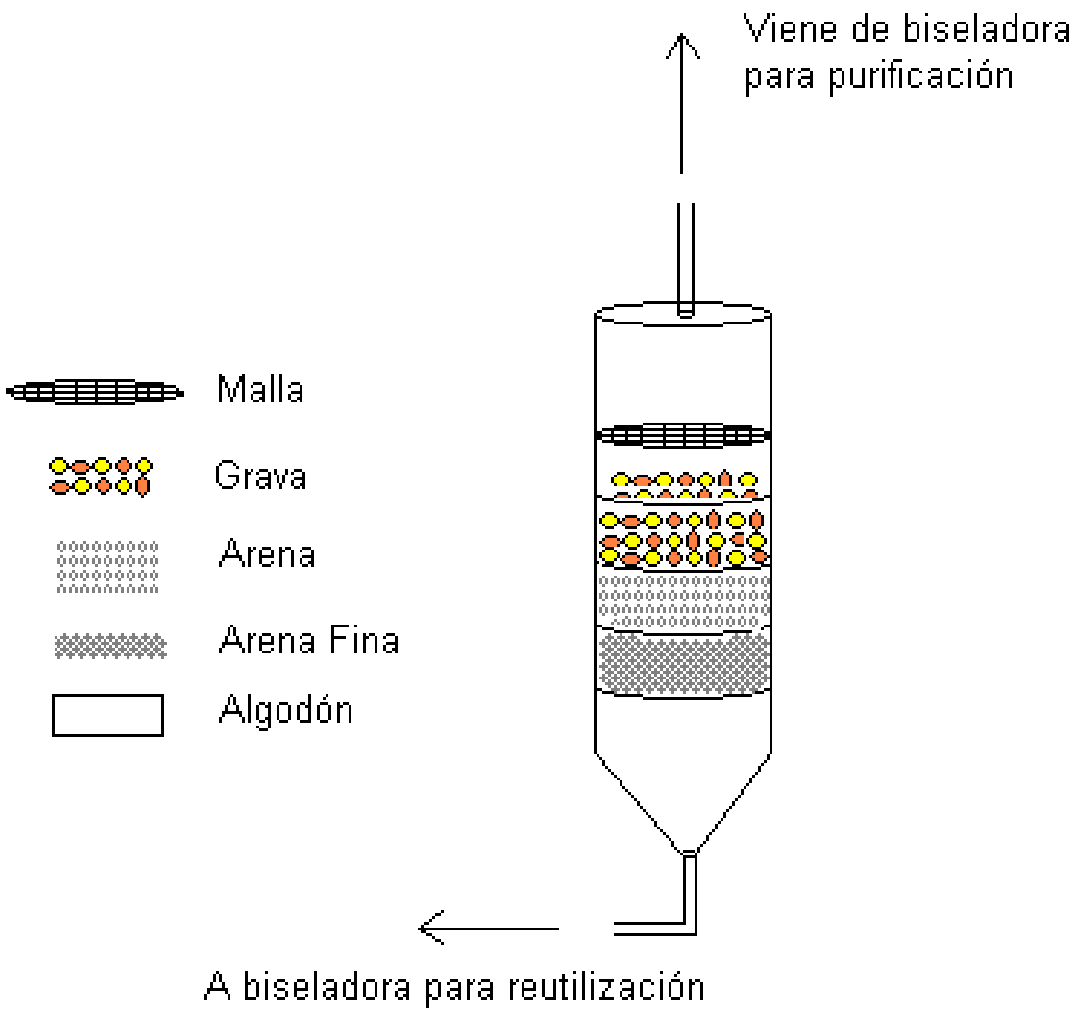
Como se mencionó anteriormente el agua se utiliza en las operaciones de tallado y acabado final, las cuales se realizan en las máquinas biseladoras de uno o tres discos o en la artesanal, dependiendo el material del lente que se esté trabajando. Además, dichas operaciones han sido clasificadas como Operaciones Unitarias Críticas durante el proceso, debido a que presenta impactos negativos importantes.

Se propone la reutilización del agua en las máquinas biseladoras para todas las Operaciones Críticas que aplique su uso, debido a que la cantidad de desecho (vidrio, plástico y policarbonato) es mínima comparada con la cantidad de agua utilizada en dichas operaciones, para lo cual se propone la utilización de un filtro que se encargará de separar los sólidos inorgánicos inertes (viruta de vidrio, plástico y policarbonato).

El ciclo del agua quedará de la siguiente manera: ingresa el agua a la planta, posteriormente, se carga manualmente el depósito de las máquinas biseladoras, se gradúa la cantidad de agua según la operación a realizar y se procede a realizar la operación, el agua se dirige a un filtro por medio de gravedad para separar los sólidos inorgánicos inertes (vidrio, plástico y policarbonato) antes de llegar al depósito donde se acumulará el agua sin viruta. Para luego ser reutilizada.

Figura 50. Filtro propuesto

FILTRO



Fuente: elaboración propia, con programa *Paint*.

Figura 51. **Ciclo propuesto del uso del agua en el proceso**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

3.3.1. **Porcentaje de reducción esperado por unidad de producto**

Se pretende reutilizar el agua hasta en un 80% por lo que se espera una reducción mínima de 50% de la cantidad de agua que se está utilizando actualmente, debido a su reutilización en las operaciones de tallado y acabado final que se realizan en las máquinas biseladoras.

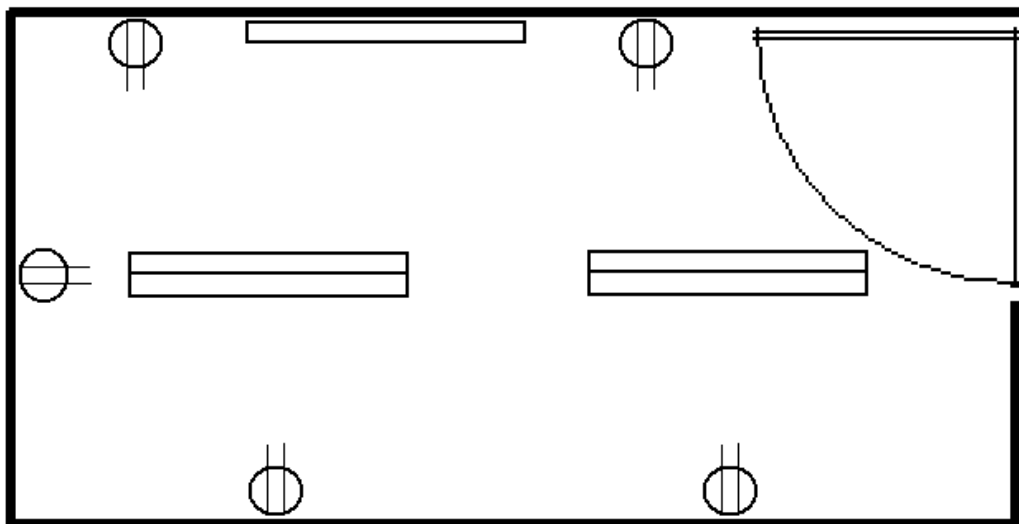
3.4. **Utilización de la energía**

Como se mencionó anteriormente la energía eléctrica también se utiliza en la mayoría de las Operaciones Unitarias Críticas dentro de las que se puede mencionar el tallado y acabado final, las cuales se realizan en las máquinas biseladoras de uno o tres discos o en la artesanal, dependiendo el material del lente que se esté trabajando. Además, es utilizada en las operaciones de buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho y en la inspección final para verificar graduaciones, que se realizan utilizando el lensómetro. A parte de la energía utilizada directamente en la producción se utiliza energía también en la iluminación y tomacorrientes del área de acabado, para la utilización de equipo de cómputo y otros aparatos eléctricos.

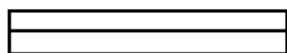
Debido a que se logró determinar que el 89,38% del consumo de energía eléctrica se debe a iluminación y tomacorrientes varios y que sólo el 10,62% al consumo de la maquinaria, se realizó un cálculo por el método de cavidad total para determinar el número necesario de lámparas fluorescentes necesarias para la iluminación en dicha área, obteniéndose que son necesarias únicamente cuatro lámparas fluorescentes de 40 vatios, sin embargo, por el tipo de trabajo se opta por colocar una adicional en el área de las operaciones de precisión. A continuación se muestra la distribución final según el método de cavidad zonal.

Figura 52. **Distribución de iluminación y tomacorrientes final**

DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENES FINAL EN EL ÁREA DE ACABADO



SIMBOLOGÍA



Lámpara fluorescente estándar 40 W



Tomacorriente 120/110 v

Fuente: elaboración propia, con programa Paint.

3.4.1. Porcentaje de reducción esperado por unidad de producto

Se espera una reducción mínima del 20% de la cantidad de energía eléctrica que se está utilizando actualmente, por medio de la reducción de tiempo del funcionamiento de la maquinaria y el lensómetro, pero especialmente con la revisión del diseño de iluminación actual, así como, la racionalización de los mismos.


3.5. Utilización de otros insumos

Otros recursos importantes utilizados durante el proceso son: desarmadores Phillips, de castigadera y especiales, pinzas, cuchillas, reglas, astillador y despostillador (todos ellos con diversas formas y tamaños), marcadores permanentes, reglas, tijeras, hojas, tape normal y mágico y *masking tape*, algodón, alcohol, etcétera. Es necesaria la implementación de un control para dichos insumos y así tener detallado, la existencia o inexistencia de ellos.

3.5.1. Recepción y control

Para implementar el control desde la recepción de insumos varios fue necesario realizar un formato, en el cual se debe ingresar la información necesaria que permita determinar el cumplimiento o incumplimiento de los proveedores, verificación de los problemas más comunes, así como, la documentación del comportamiento de los insumos varios, desde su recepción hasta el momento de su uso en producción.

Figura 53. **Formato de control de recepción de insumos varios**

LABORATORIO "OCULAR" 

6ta. calle 1-78, zona 1 (esquina).
Guatemala, Guatemala.
Tel: 2232 - 7202

CONTROL DE RECEPCIÓN DE INSUMOS VARIOS								
No.	Fecha	Descripción	Cantidad	Proveedor	Calidad		Motivo del rechazo	Observaciones
					Acep	Rech		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								

Fuente: elaboración propia.

3.6. Planeación

Para la realización de esta propuesta, fue necesario hacer un estudio de la situación actual de los procesos en el área de acabado. Esta propuesta contiene modificaciones en algunas operaciones como la eliminación de otras, antes de implementar los cambios, será necesaria la capacitación de todas las personas involucradas para que los resultados esperados se puedan obtener. Posteriormente, se realizarán los cambios gradualmente asignando responsables, tiempos y recursos. Por último, se establecerán los estándares mínimos necesarios, así como, el seguimiento y el control del mismo.

3.6.1. Diagrama de Gantt

A continuación se presenta el diagrama de Gantt en el cual se encuentran detalladas cada una de las actividades necesarias para obtener los mejores resultados de esta propuesta, las fechas que se tienen programadas y la asignación de recursos (personales, dinero, equipo, etcétera).

3.7. Presupuesto

A continuación se detallan el tipo de gasto y el costo esperado con la implementación de la propuesta de mejora en el área de acabado, se incluye entre otros costos de impresión, fotocopias, accesorios, etcétera.

Tabla VII. Tipo de gasto y costo

Gasto	Costo Q
Administración (capacitación)	105,25
Fabricación (filtro)	132,00
Varios (imprevistos)	50,00
TOTAL	287,25

Fuente: elaboración propia.

3.7.1. Gastos de administración

Dentro de este rubro se tienen los siguientes gastos: impresión de formatos para el control de recepción de materia prima e insumos varios, impresión de manuales de capacitación general (proceso completo) y manuales de capacitación específica (secretaría de gerencia, producción y servicio al cliente y ventas), así como, los nuevos métodos en estaciones de trabajo.

3.7.2. Costos de fabricación

Dentro de este rubro están los costos de la fabricación e instalación del filtro (malla, grava, arena, algodón, recipiente, manguera y accesorios), así como, los cambios que genere este sistema.

3.7.3. Gastos varios

Dentro de estos gastos se incluirá cualquier imprevisto que se genere por la capacitación y la fabricación e instalación del filtro, como fotocopias, cinta de aislar, reposición de accesorios, impresiones, etcétera.

4. CAPACITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Capacitación del operario o trabajador

Se realizará una reunión general con todo el personal del laboratorio donde se les notificará sobre los cambios a realizarse y la fecha en que tendrán lugar, se les motivará para que colaboren en cada una de sus operaciones o tareas asignadas para que los resultados esperados sean satisfactorios, a la vez se les informará que se estará impartiendo una capacitación específica por tareas, para cada uno de los involucrados directamente en las modificaciones implementadas. Dichas capacitaciones quedarán divididas en tres grupos, secretaria de gerencia, operarios del área de acabado y personal de ventas y servicio al cliente.

4.1.1. Preparación y orientación

La primera en recibir la capacitación será la secretaria de gerencia a quien inicialmente se le realizará una presentación general del proceso, para la mejor comprensión de su función en el mismo, posteriormente, se le informará el objetivo de la implementación de los controles de recepción de materia prima e insumos varios, a corto, mediano y largo plazo, así también, se le explicará la importancia de un control lo más exacto y confiable posible.

Posteriormente, se capacitará a los operarios del área de acabado, a quienes también se les hará una presentación general del proceso para una mejor comprensión y luego se les presentarán los cambios en cada una de las operaciones modificadas en producción, adicional a ello, se hará una presentación inicial de las modificaciones en las operaciones por parte de uno de los operarios que estuvo brindando soporte a lo largo del análisis y se les hará énfasis en lo importante de la estandarización de las operaciones para optimizar las mismas.

Los últimos en recibir la capacitación serán los colaboradores de la sala de ventas y servicio al cliente, a quienes también se les realizará una presentación general del proceso para la mejor comprensión de su función durante el mismo y su importante contribución en ser los encargados de preparar la orden de trabajo, los aros, haciendo énfasis especialmente en buscar o solicitar los lentes graduados e incluirlos en la misma, antes de enviar dicha orden a producción.

4.1.2. Presentación de los cambios en la operación

Posterior a la capacitación inicial, se implementará un programa de tutoría diario por dos semanas, para enseñar en forma práctica a los operarios los cambios en cada una de las operaciones modificadas, dicha capacitación será dada por el operario que brindó soporte desde el inicio, con el objetivo de capacitar gradualmente a los otros operarios en el método implementado y a la vez verificará si es necesario algún cambio que contribuya a mejorar dichos cambios antes de su ingreso a producción.

4.1.3. Prueba de desempeño

Luego de las dos semanas de implementado el programa de tutoría diaria, los operarios comenzarán a producir con las modificaciones implementadas en el proceso y se les colocará una curva de aprendizaje, con el objetivo de medir el progreso de cada uno de ellos en la efectividad de producción con el paso del tiempo, verificando la tendencia de la eficiencia del proceso de montaje de lentes.

4.1.4. Seguimiento

Este plan de seguimiento consistirá en verificar que los operarios estén utilizando el método originalmente propuesto, así como, su actuación, será dividido en tres partes la inicial realizado, un mes después del desarrollo de los estándares, en el cual se podrá verificar que los operarios en general estén siguiendo el método propuesto y que no procedan a realizar ninguna operación con el método anterior, así también, se llevará la curva de aprendizaje con la cual se podrá calcular la eficiencia promedio de cada uno de ellos.

El seguimiento intermedio se realizará 2 meses después del desarrollo de los estándares, en el cual se podrá verificar que los operarios se encuentren más familiarizados con el nuevo método y la eficiencia promedio haya subido.

El seguimiento final que debe llevarse a cabo 4 meses después de la realización del intermedio.

4.2. Cronograma

Para que se llevará a cabo la capacitación y el seguimiento de la propuesta fue necesaria la realización de varias actividades, entre ellas capacitación, seguimiento y acciones correctivas. A continuación se muestra en la siguiente tabla las actividades, su fin y el tiempo de duración.

Tabla VIII. **Cronograma de actividades**

No.	Actividad	Fin	Tiempo
1	Capacitación general	Informar y capacitar a todo el personal.	2 horas
2	Capacitación específica a secretaria de gerencia	Información específica sobre su función y cambios realizados.	2 horas
3	Capacitación específica a operarios del área de acabado	Información específica sobre función, cambios y capacitación práctica a los operarios.	3 horas
4	Capacitación específica a personal del área de ventas y servicio al cliente	Información específica sobre su función y cambios realizados.	2 horas
5	Programa de tutoría	Capacitar en forma práctica a los operarios del área de acabado.	10 días
6	Seguimiento inicial	Verificar la utilización del método.	5 días
7	Seguimiento intermedio	Verificar la utilización del método.	5 días
8	Medición de desempeño	Medir el desempeño de los operarios con el nuevo método.	5 días
9	Comparación de desempeño	Comparar el desempeño contra los estándares establecidos.	5 días
10	Análisis del desempeño y formulación de propuestas	Analizar los resultados en base al desempeño y formular propuestas viables.	5 días
11	Planteamiento de acciones correctivas	Plantear acciones correctivas según resultados obtenidos.	5 días
12	Implementación de acciones correctivas	Implementar acciones correctivas.	5 días

Fuente: elaboración propia.

4.2.1. Actividades

Para efectuar la capacitación, es necesario la realización de diversas actividades, dentro de las mismas se puede mencionar, tutorías, seguimiento de los cambios, medición del desempeño, planteamiento de acciones correctivas, etcétera, a continuación en la siguiente tabla, se detalla cada actividad y los involucrados:

Tabla IX. **Actividades e involucrados**

Actividad	Involucrados
Capacitación general	Todo el personal
Capacitación específica a secretaria de gerencia	Secretaria de gerencia, gerente general y capacitador
Capacitación específica a operarios del área de acabado	Operarios del área de acabado, supervisor y capacitador
Capacitación específica a secretaria de gerencia	Personal del área de ventas y servicio al cliente y capacitador
Programa de tutoría	Operarios del área de acabado, supervisor y capacitador
Seguimiento inicial	Supervisor y operarios del área de acabado
Seguimiento intermedio	Supervisor y operarios del área de acabado
Medición de desempeño	Supervisor y operarios del área de acabado
Comparación de desempeño	Capacitador, supervisor y operarios
Análisis del desempeño y formulación de propuestas	Capacitador
Planteamiento de acciones correctivas	Capacitador, supervisor y operarios
Implementación de acciones correctivas	Capacitador, supervisor y operarios

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Responsables

Es fundamental y necesaria la colaboración del personal en la mayoría de las actividades a realizarse, en la tabla que se muestra a continuación, se muestra la actividad y el responsable de la misma.

Tabla X. **Actividades y responsables**

Responsable	Actividad
Gerente general	Apoyo económico y administrativo
Jefe de departamento	Supervisión y control del método
Secretaria de gerencia	Apoyo en capacitaciones e implementación de propuestas
Personal de ventas y servicio al cliente	Implementación de propuestas en el área de ventas y servicio al cliente
Operarios proceso de producción	Implementación de propuestas en el área de acabado
Encargado del proyecto	Elaboración y reproducción de material didáctico, capacitador e implementación de propuestas

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Tiempos

Para la implementación de la propuesta y el seguimiento de la misma, se asignó para cada actividad un tiempo necesario, el cual puede tener cierta flexibilidad, según ciertos factores internos o externos.

Tabla XI. **Actividades y tiempo asignado**

Actividad	Tiempo asignado
Capacitación general	2 horas
Capacitación específica a secretaria de gerencia	2 horas
Capacitación específica a operarios del área de acabado	3 horas
Capacitación específica al personal del área de ventas y servicio	2 horas
Programa de tutoría a operarios del área de acabado	10 días
Seguimiento inicial de propuestas	5 días
Seguimiento intermedio de propuestas	5 días
Medición de desempeño	5 días
Comparación de desempeño	5 días
Análisis de desempeño	5 días
Planteamiento de acciones correctivas	5 días
Implementación acciones correctivas	5 días

Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Recursos

Para llevar a cabo las actividades mencionadas anteriormente se necesitaron varios recursos, los cuales se pueden dividir en materiales y humanos. A continuación se detallan los tipos y los recursos utilizados.

Tabla XII. **Recursos utilizados**

Tipo de recurso	Recursos
Materiales	Libros de texto y consulta, tesis, revistas, boletas, formatos, equipo de escritorio, computadora, calculadora, cámara, cronometro, teléfono, impresora, fotocopidora, cañonera e Internet.
Humanos	Personal de la empresa

Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO Y CONTROL

5.1. Mecanismos de control

Para realizar el control de la propuesta tanto en el primer seguimiento como en el segundo, se llevó a cabo la observación de cada una de ellas, la tabulación de los datos y luego la comparación de los resultados obtenidos, para verificar el cumplimiento de los objetivos originales, para luego determinar si era o no necesario la implementación de acciones correctivas.

En el primer seguimiento se pudo notar que los operarios mezclaban el método nuevo con el anterior, lo cual hacían inconscientemente. Mientras que en el segundo ya estaban más familiarizados con el método.

5.1.1. Establecimiento de estándares

Debido al tipo de operaciones que se realizan en los procesos de montaje se determinó calcular los estándares utilizando la técnica GSD la cual puede ser utilizada para la evaluación, análisis, entrenamiento, tiempos estándares, planeación y balance de líneas.

De la aplicación de dicha técnica se obtuvo los datos que se muestran a continuación.

Tabla XIII. Estándares para montaje de lentes de vidrio

Tabla de estándares para montaje de lentes de vidrio

No.	Operación, Inspección, combinada y transportes	Tiempo (s)
1	Tomar bolsa con aros, orden de trabajo y lentes graduados	9,10
2	Leer orden, buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho	50,32
3	Llevar lentes graduados a mesa de trabajo	9,57
4	Medir y marcar distancia pupilar en aros	19,08
5	Desmontar plantillas de aro	14,46
6	Marcar plantilla de aros en lentes haciendo coincidir distancia pupilar con centro óptico	37,55
7	Rayar contorno externo de lente empezando con lente derecho	52,66
8	Despostillado de lentes de vidrio	58,56
9	Tallado, biselado e inspección de lentes de vidrio	556,80
10	Quitar tornillos de aros	47,95
11	Montar lentes al aro verificando montaje (colocando tornillos)	78,63
12	Enderezado de aros	51,91
13	Limpieza de lentes	39,24
14	Hacia lensometro para inspección final	9,57
15	Inspección final detallada	53,20
16	Hacia archivo de empaque	9,57
17	Empaque final	47,98

TOTAL

1 146,15 s
19,10 min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Estándares para montaje de lentes de plástico

Tabla de estándares para montaje de lentes de plástico		
No.	Operación, Inspección, combinada y transportes	Tiempo (s)
1	Tomar bolsa con aros, orden de trabajo y lentes graduados	9,10
2	Leer orden, buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho	50,32
3	Llevar lentes graduados a mesa de trabajo	9,57
4	Medir y marcar distancia pupilar en aros	19,08
5	Desmontar plantillas de aro	14,46
6	Marcar plantilla de aros en lentes haciendo coincidir distancia pupilar con centro óptico	37,55
7	Colocar cinta adhesiva para protección	9,24
8	Hacia biseladora artesanal	12,00
9	Tallar lente manualmente en biseladora artesanal	1140,60
10	Hacia biseladora de diamante	9,57
11	Acabado final en biseladora de piedra	97,20
12	Quitar tornillos de aros	47,95
13	Montar lentes al aro verificando montaje (colocando tornillos)	78,63
14	Enderezado de aros	51,91
15	Limpieza de lentes	39,24
16	Hacia lensometro para inspección final	9,57
17	Inspección final detallada	53,20
18	Hacia archivo de empaque	9,57
19	Empaque final	47,98
TOTAL		1 746,74 s 29,11 min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Estándares para montaje de lentes de policarbonato

Tabla de estándares para montaje de lentes de policarbonato		
No.	Operación, Inspección, combinada y transportes	Tiempo (s)
1	Tomar bolsa con aros, orden de trabajo y lentes graduados	9,10
2	Leer orden, buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho	50,32
3	Llevar lentes graduados a mesa de trabajo	9,57
4	Medir y marcar distancia pupilar en aros	19,08
5	Desmontar plantillas de aro	14,46
6	Marcar plantilla de aros en lentes haciendo coincidir distancia pupilar con centro óptico	37,55
7	Colocar cinta adhesiva para protección	9,24
8	Realizar corte de lente con sierra manual	163,80
9	Acabado final en biseladora de piedra	91,80
10	Quitar tornillos de aros	47,95
11	Montar lentes al aro verificando montaje (colocando tornillos)	78,63
12	Enderezado de aros	51,91
13	Limpieza de lentes	39,24
14	Hacia lensometro para inspección final	9,57
15	Inspección final detallada	53,20
16	Hacia archivo de empaque	9,57
17	Empaque final	47,98
TOTAL		742,97
		12,38
		s
		min

Fuente: elaboración propia.

5.2. Medición del desempeño real

Para la medición del desempeño real, primero se verificó que los operarios utilizarán el método definido en la estandarización, posteriormente se llevó a cabo un estudio de tiempos con el cual se logró definir los tiempos reales para cada operación, obteniendo los siguientes resultados en cada una de las operaciones, en el proceso de montaje de lentes de vidrio, plástico y policarbonato.

Tabla XVI. **Desempeño real para montaje de lentes de vidrio**

Desempeño real para el montaje de lentes de vidrio		
No.	Operación, Inspección, combinada y transportes	Tiempo (s)
1	Tomar bolsa con aros y orden de trabajo	
2	Llevar aros y orden de trabajo a mesa	
3	Leer orden de trabajo	
4	Hacia inventario de lentes	
5	Buscar y seleccionar lentes graduados	
6	Hacia lensometro para marcar lentes	
7	Tomar bolsa con aros, orden de trabajo y lentes graduados	9,41
8	Leer orden, buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho	55,68
9	Llevar lentes graduados a mesa de trabajo	10,12
10	Medir y marcar distancia pupilar en aros	20,08
11	Desmontar plantillas de aro	14,96
12	Marcar plantilla de aros en lentes haciendo coincidir distancia pupilar con centro óptico	38,99
13	Rayar contorno externo de lente empezando con lente derecho	58,24
14	Despostillado de lentes de vidrio	59,83
15	Tallado, biselado e inspección de lentes de vidrio	659,75
16	Quitar tornillos de aros	48,26
17	Montar lentes al aro verificando montaje (colocando tornillos)	79,73
18	Enderezado de aros	58,57
19	Limpieza de lentes	39,98
20	Hacia lensometro para inspección final	10,12
21	Inspección final detallada	59,01
22	Hacia archivo de empaque	10,12
23	Empaque final	49,87
24	Hacia bodega de producto terminado	
TOTAL		1 282,72 s 21,38 min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Desempeño real para montaje de lentes de plástico**

Desempeño real para el montaje de lentes de plástico		
No.	Operación, Inspección, combinada y transportes	Tiempo (s)
1	Tomar bolsa con aros y orden de trabajo	
2	Llevar aros y orden de trabajo a mesa	
3	Leer orden de trabajo	
4	Hacia inventario de lentes	
5	Buscar y seleccionar lentes graduados	
6	Hacia lensometro para marcar lentes	
7	Tomar bolsa con aros, orden de trabajo y lentes graduados	9,41
8	Leer orden, buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho	55,68
9	Llevar lentes graduados a mesa de trabajo	10,12
10	Medir y marcar distancia pupilar en aros	20,08
11	Desmontar plantillas de aro	14,96
12	Marcar plantilla de aros en lentes haciendo coincidir distancia pupilar con centro óptico	38,99
13	Colocar cinta adhesiva para protección	9,70
14	Hacia biseladora artesanal	12,43
15	Tallar lente manualmente en biseladora artesanal	1 181,71
16	Hacia biseladora de diamante	10,12
17	Acabado final en biseladora de piedra	111,30
18	Quitar tornillos de aros	48,26
19	Montar lentes al aro verificando montaje (colocando tornillos)	79,73
20	Enderezado de aros	58,57
21	Limpieza de lentes	39,98
22	Hacia lensometro para inspección final	10,12
23	Inspección final detallada	59,01
24	Hacia archivo de empaque	10,12
25	Empaque final	49,87
26	Hacia bodega de producto terminado	
TOTAL		1 830,16 s 30,50 min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Desempeño real para montaje de lentes de policarbonato**

Desempeño real para el montaje de lentes de policarbonato		
No.	Operación, Inspección, combinada y transportes	T (s)
1	Tomar bolsa con aros y orden de trabajo	
2	Llevar aros y orden de trabajo a mesa	
3	Leer orden de trabajo	
4	Hacia inventario de lentes	
5	Buscar y seleccionar lentes graduados	
6	Hacia lensometro para marcar lentes	
7	Tomar bolsa con aros, orden de trabajo y lentes graduados	9,41
8	Leer orden, buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho	55,68
9	Llevar lentes graduados a mesa de trabajo	10,12
10	Medir y marcar distancia pupilar en aros	20,08
11	Desmontar plantillas de aro	14,96
12	Marcar plantilla de aros en lentes haciendo coincidir distancia pupilar con centro óptico	38,99
13	Colocar cinta adhesiva para protección	9,70
14	Realizar corte de lente con sierra manual	174,02
15	Acabado final en biseladora de piedra	106,57
16	Quitar tornillos de aros	48,26
17	Montar lentes al aro verificando montaje (colocando tornillos)	79,73
18	Enderezado de aros	58,57
19	Limpieza de lentes	39,98
20	Hacia lensometro para inspección final	10,12
21	Inspección final detallada	59,01
22	Hacia archivo de empaque	10,12
23	Empaque final	49,87
24	Hacia bodega de producto terminado	
TOTAL		795,19 s 13,25 min

Fuente: elaboración propia.

5.3. Comparación del desempeño con el estándar

Luego de haber medido el desempeño real de las modificaciones efectuadas, se hizo necesario hacer la comparación del desempeño real contra los estándares establecidos, donde se logró determinar los siguientes resultados, en el montaje de lentes de vidrio una eficiencia del 89,33%, en el montaje de plástico un 95,44% y en el montaje de lentes de policarbonato un 93,43% con respecto al estándar.

Tabla XIX. **Comparativo tiempo estándar versus cada unidad real
montaje de lentes de vidrio**

Cuadro comparativo de tiempo estándar versus real			
No.	Operación, Inspección, combinada y transportes	Estándar T (s)	Real T (s)
1	Tomar bolsa con aros y orden de trabajo		
2	Llevar aros y orden de trabajo a mesa		
3	Leer orden de trabajo		
4	Hacia inventario de lentes		
5	Buscar y seleccionar lentes graduados		
6	Hacia lensometro para marcar lentes		
7	Tomar bolsa con aros, orden de trabajo y lentes graduados	9,10	9,41
8	Leer orden, buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho	50,32	55,68
9	Llevar lentes graduados a mesa de trabajo	9,57	10,12
10	Medir y marcar distancia pupilar en aros	19,08	20,08
11	Desmontar plantillas de aro	14,46	14,96
12	Marcar plantilla de aros en lentes haciendo coincidir distancia pupilar con centro óptico	37,55	38,99
13	Rayar contorno externo de lente empezando con lente derecho	52,66	58,24
14	Despostillado de lentes de vidrio	58,56	59,83
15	Tallado, biselado e inspección de lentes de vidrio	556,80	659,75
16	Quitar tornillos de aros	47,95	48,26
17	Montar lentes al aro verificando montaje (colocando tornillos)	78,63	79,73
18	Enderezado de aros	51,91	58,57
19	Limpieza de lentes	39,24	39,98
20	Hacia lensometro para inspección final	9,57	10,12
21	Inspección final detallada	53,20	59,01
22	Hacia archivo de empaque	9,57	10,12
23	Empaque final	47,98	49,87
24	Hacia bodega de producto terminado		
TOTAL		1 146,15 19,10	1 282,72 s 21,38 min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Comparativo tiempo estándar versus cada unidad real montaje de lentes de plástico**

Cuadro comparativo de tiempo estándar versus real			
No.	Operación, Inspección, combinada y transportes	Estándar T (s)	Real T (s)
1	Tomar bolsa con aros y orden de trabajo		
2	Llevar aros y orden de trabajo a mesa		
3	Leer orden de trabajo		
4	Hacia inventario de lentes		
5	Buscar y seleccionar lentes graduados		
6	Hacia lensometro para marcar lentes		
7	Tomar bolsa con aros, orden de trabajo y lentes graduados	9,10	9,41
8	Leer orden, buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho	50,32	55,68
9	Llevar lentes graduados a mesa de trabajo	9,57	10,12
10	Medir y marcar distancia pupilar en aros	19,08	20,08
11	Desmontar plantillas de aro	14,46	14,96
12	Marcar plantilla de aros en lentes haciendo coincidir distancia pupilar con centro óptico	37,55	38,99
13	Colocar cinta adhesiva para protección	9,24	9,70
14	Hacia biseladora artesanal	12,00	12,43
15	Tallar lente manualmente en biseladora artesanal	1 140,6	1 181,71
16	Hacia biseladora de diamante	9,57	10,12
17	Acabado final en biseladora de piedra	97,20	111,30
18	Quitar tornillos de aros	47,95	48,26
19	Montar lentes al aro verificando montaje (colocando tornillos)	78,63	79,73
20	Enderezado de aros	51,91	58,57
21	Limpieza de lentes	39,24	39,98
22	Hacia lensometro para inspección final	9,57	10,12
23	Inspección final detallada	53,20	59,01
24	Hacia archivo de empaque	9,57	10,12
25	Empaque final	47,98	49,87
26	Hacia bodega de producto terminado		
TOTAL		1 746,74	1 830,16 s
		29,11	30,50 min

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Comparativo tiempo estándar versus cada unidad real
montaje de lentes de policarbonato**

Cuadro comparativo de tiempo estándar versus real			
No.	Operación, Inspección, combinada y transportes	Estandar T (s)	Real T (s)
1	Tomar bolsa con aros y orden de trabajo		
2	Llevar aros y orden de trabajo a mesa		
3	Leer orden de trabajo		
4	Hacia inventario de lentes		
5	Buscar y seleccionar lentes graduados		
6	Hacia lensometro para marcar lentes		
7	Tomar bolsa con aros, orden de trabajo y lentes graduados	9,10	9,41
8	Leer orden, buscar y marcar centro óptico e identificar ojo derecho	50,32	55,68
9	Llevar lentes graduados a mesa de trabajo	9,57	10,12
10	Medir y marcar distancia pupilar en aros	19,08	20,08
11	Desmontar plantillas de aro	14,46	14,96
12	Marcar plantilla de aros en lentes haciendo coincidir distancia pupilar con centro óptico	37,55	38,99
13	Colocar cinta adhesiva para protección	9,24	9,70
14	Realizar corte de lente con sierra manual	163,8	174,02
15	Acabado final en biseladora de piedra	91,8	106,57
16	Quitar tornillos de aros	47,95	48,26
17	Montar lentes al aro verificando montaje (colocando tornillos)	78,63	79,73
18	Enderezado de aros	51,91	58,57
19	Limpieza de lentes	39,24	39,98
20	Hacia lensometro para inspección final	9,57	10,12
21	Inspección final detallada	53,2	59,01
22	Hacia archivo de empaque	9,57	10,12
23	Empaque final	47,98	49,87
24	Hacia bodega de producto terminado		
TOTAL		742,97 12,38	795,19 s 13,25 min

Fuente: elaboración propia.

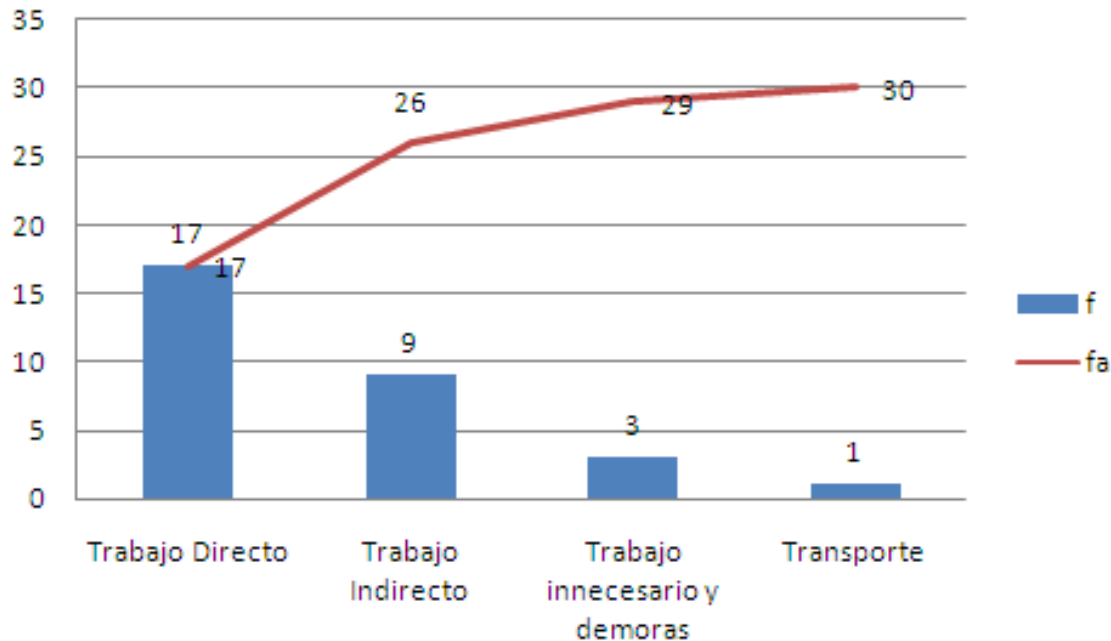
5.3.1. Diagrama de Pareto

Debido a la variación existente entre el tiempo estándar y la medición real, se realizó un estudio para determinar los factores que afectaron o provocaron dicha diferencia. Se determinaron cuatro factores los cuales son:

- Trabajo directo: diferentes variaciones realizadas a las operaciones mismas por incumplimiento en el método o el tiempo.
- Transporte: movimientos realizados durante el curso de las operaciones o de trabajo a trabajo.
- Trabajo indirecto: este factor se puede subdividir en:
 - Uso y cuidado de las herramientas: obtención, disposición y conservación de todas las herramientas.
 - Aplicación y desecho de materiales: conseguir y comprobar material utilizado en alguna operación (incluye reparaciones pequeñas).
 - Determinación de planes: procedimientos de inspección, verificación y pruebas.
- Trabajo innecesario y demoras: tiempo improductivo.

A continuación se presenta el diagrama de Pareto de los factores que afectan el cumplimiento de los estándares.

Figura 55. **Diagrama de Pareto de factores que afectan estándares**



Fuente: elaboración propia.

5.4. Acciones correctivas

Debido a los resultados obtenidos se implementaron las siguientes acciones, se realizó la presentación de los resultados a la gerencia y al jefe de producción y se detallaron algunos aspectos especialmente los factores de trabajo directo e indirecto que forman un 86,67% de dichos factores, se determinó que los puntos más importantes son: incumplimiento en los métodos, la no utilización de ayudas, desorden, limpieza, ajuste, afinado y limpieza de herramientas (desarmadores, pinzas, marcadores, etcétera). Posteriormente, se brindó una capacitación en el Departamento de Producción sobre la importancia de la capacitación y la estandarización de los métodos y de los aspectos encontrados.

6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Marco referencial

El uso y conservación de los recursos naturales se regula desde la Constitución Política, en la cual se declara de interés nacional, la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la nación (Artículo 64). Al mismo tiempo en el Artículo 97 se establece la obligación del estado, municipalidades y los habitantes del territorio nacional de propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.

El tema ambientalista ha cobrado importancia en el país desde la mitad de los años ochenta. Es alrededor de estas fechas cuando surge legislación importante en la materia como la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68-86), sobre la cual se crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente –CONAMA–.

6.1.1. Base jurídica

Dentro de las principales regulaciones relacionadas con el ambiente en Guatemala se tiene:

- Constitución Política de la República 1985. Diversos artículos están relacionados con el tema ambiental. Los principales con el 64 y el 97.
- Decreto 68-86. Ley de Protección y mejoramiento del Medio Ambiente.

- Decreto 1-93 reformas al artículo 8 de la Ley de Protección y mejoramiento del Medio Ambiente.
- Código de Salud Artículos 44 y 58.
- Decreto 58-88, Código Municipal, Art. 122,177.
- Acuerdo 60-89, Reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas.
- Reglamento de higiene y seguridad en el trabajo del IGSS, Arts. 35,56,57,58,59,60,61,83,93.
- Cumplir con la resolución de CONAMA a efectuar una auditoria de Situación Ambiental.
- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente y sus reglamentos 1986. Crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente –CONAMA–. Su objeto es velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

6.2. La empresa

La empresa cuenta con 19 años de estar trabajando en el mercado de la distribución y venta a nivel nacional, se dedica a la producción, distribución y venta de lentes ópticos. Inicia labores en 1992 produciendo únicamente lentes oftálmicos de vidrio semiterminados.

Actualmente, dentro de sus actividades principales tiene: fabricación y montaje de lentes graduados, reparación y venta de accesorios para anteojos y clínica médica de oftalmología.

6.2.1. Identificación

- Propietario Sr. Edgar Vinicio Rojas Lara
- Representante legal Sr. Edgar Vinicio Rojas Lara
- Registros
 - Patente de comercio de sociedad
 - No Folio Libro
 - Patente de comercio de Empresa Mercantil
 - No Folio Libro
 - Registro Tributario (NIT/IVA)
 - Número 677322-2
- Tipo de empresa: fabricación montaje de lentes graduados, reparación y venta de accesorios para anteojos y clínica médica de oftalmología.
- Mercado del producto Mercado nacional
- Zona de tolerancia industrial 6a calle 1-78 zona 01
- Contexto habitacional Área urbana
 - Descripción del terreno: Ubicación en esquina entre 6a y 2a avenida de la zona 01

- Uso actual del terreno: terreno de esquina con un área total de 135 metros cuadrados con un área de construcción de 98 metros cuadrados (62,25%) y un área verde de 37 metros cuadrados (37,75%). El área total de la planta del área de acabado es de 7 metros cuadrados y el del área de superficie de 18 metros cuadrados.
- Colindancias
 - La empresa colinda al norte con la 6a calle, al sur con vivienda, al este con la 2a avenida y al oeste con vivienda.
- Vías de acceso
 - Bastante accesible, por encontrarse en la zona 1, ya sea en transporte propio o transporte urbano.

6.3. Escenario ambiental

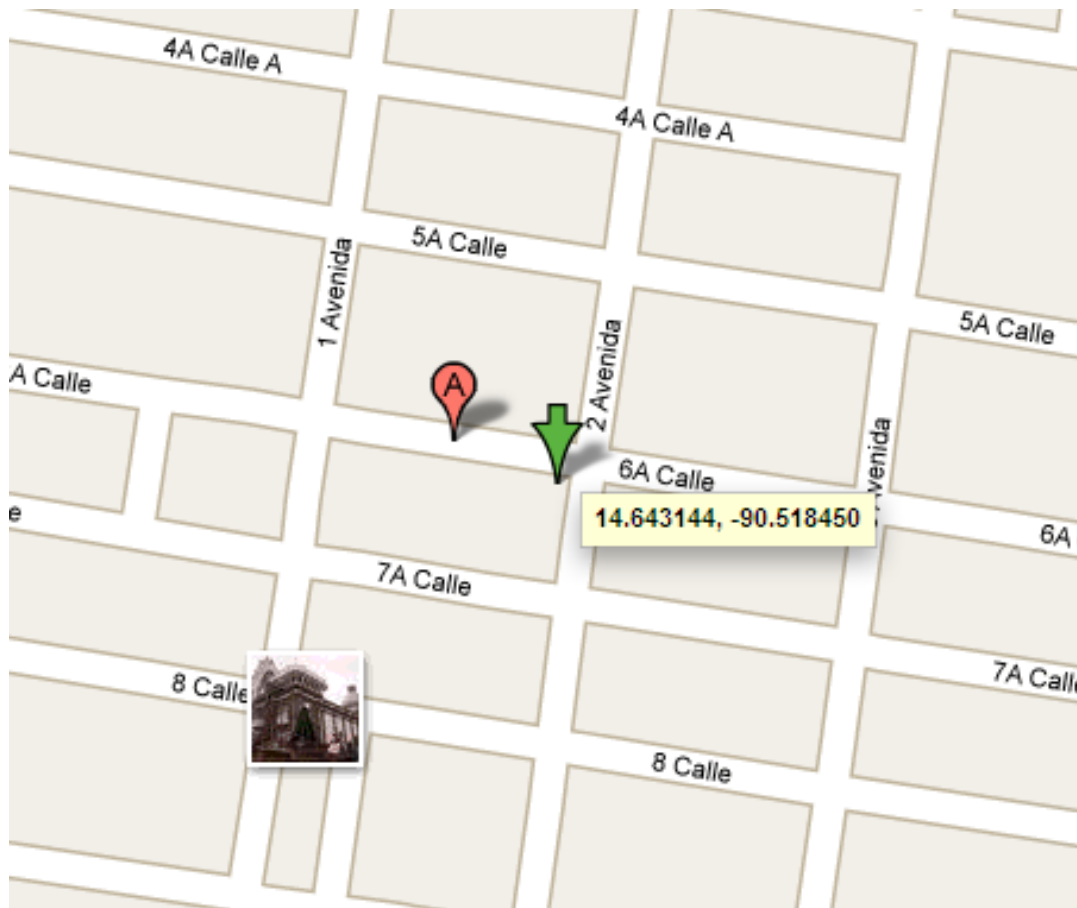
A continuación se describe la localización geográfica, las características generales de la zona y las condiciones ambientales actuales del Laboratorio Ocular.

6.3.1. Estado actual

- Estado actual Perímetro urbano

- Localización geográfica
 - Latitud $14^{\circ} 38' 35''$ N
 - Longitud $90^{\circ} 31' 06''$ O

Figura 56. **Coordenadas de localización geográfica Laboratorio Ocular**



Fuente: <http://maps.google.com.gt/maps?hl=es&tab=wl>. Consulta: abril de 2011.

Figura 57. Localización geográfica



Fuente: <https://maps.google.com.gt/maps?hl=es&tab=wl>. Consulta: abril de 2011.

- Características generales de la zona
 - Altitud 1592 msnm
 - Temperatura Max 28° C Min 12° C
 - Clima Subtropical de tierras altas

- Ambiente sonoro
 - Las autoridades municipales solicitan a los propietarios de todos los comercios ubicados en este sector, contribuir con no sobrepasar los 60 decibeles de sonido permitidos.

- Atmósfera
 - Calidad de aire: se puede generalizar para los años con monitoreo de la calidad del aire, que las Partículas Totales Suspendidas (PTS) y su fracción respirable Partículas Menores a 10 Micras (PM10), son los contaminantes más problemáticos en la zona 1 de la ciudad de Guatemala.

Según estudios realizados las Partículas Totales Suspendidas, es un problema permanente y cercano al 100% de excedencia, las Partículas Menores a 10 Micras, es problema de 65% de excedencia o sea que más de la mitad de las veces se está expuesto a estas partículas respirables y dañinas a la salud. La principal causa de la contaminación es por el aumento del parque vehicular.

- Malos olores: únicamente se presentan en la temporada de lluvias aproximadamente de mayo a noviembre y estos provienen del relleno sanitario de la zona 3.

- Descripción del área urbana circundante

Viviendas urbanas o empresas ópticas

- Estado modificado del escenario ambiental

Ninguna

- Área de influencia

Proximidad a viviendas y actividades comerciales

- Proyectos similares

Existe un buen número de negocios que prestan servicios similares

6.4. Abastecimiento de agua y energía

- Agua

- Procedencia

Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA)

- Uso

En las operaciones de tallado y acabado final en los lentes de vidrio y plástico y en la formación del bisel y la generación de brillo en el contorno de los lentes de policarbonato.

- Observaciones

La empresa no cuenta con planta de tratamiento.

- Electricidad

- Tipo 110 V.

- Procedencia

Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA)

- Uso

Se utiliza para accionar los motores de las siguientes máquinas y equipos: biseladora, ranuradora, perforadora, lensómetro, horno, equipo de cómputo, radio e iluminación en las diferentes áreas.

- Observaciones

La empresa no cuenta con generador.

6.5. Descripción de la maquinaria

- Tipo y cantidad de maquinaria

En la siguiente tabla se detalla la maquinaria por tipo y cantidad utilizada en los procesos de montaje de lentes de vidrio, plástico y policarbonato en el Laboratorio Ocular.

Tabla XXII. **Descripción de maquinaria por tipo y cantidad**

Máquina	Tipo	Cantidad
Biseladora	Artesanal	1
Biseladora	De diamante (un disco) Wanshida NH-35V	1
Biseladora	De diamante (tres discos) Silux	1
Perforadora	Micro Drill	1
Pulidora	Pixel Model 18080	1
Horno	Hilco Div M0del 1/L	1
Ranuradora	Weike XJ-7	1

Fuente: elaboración propia.

6.6. Descripción de los procesos

A continuación se detallan los procesos realizados en el laboratorio.

- Procesos de producción

Proceso de acabado: consiste en darle forma y tamaño requerido a los lentes según la armazón (aro seleccionado) para luego proceder con el montaje de los mismos. En dicho proceso la operación clave es el centrado del centro óptico, la altura pupilar y el alineado de los mismos, antes de proceder a cortarlos. Está formado por las siguientes operaciones Marcar, cortar y tallar los lentes, montar los lentes, inspección final, empaque y almacenaje de anteojos.

- Fotos del proceso de producción

Figura 58. Operaciones del proceso de montaje de lentes



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

- Fotos del lugar que demuestren que existe contaminación

Figura 59. **Contaminación en el proceso de montaje de lentes**



Fuente: Laboratorio Ocular, zona 1. Ciudad Guatemala.

6.7. **Generación y disposición de residuos**

- Líquidos

Agua con residuos de vidrio, plástico y policarbonato.

- Sólidos

Vidrio, policarbonato, varillas de armazones, tornillos, plaquetas, puentes y bisagras.

- Gaseosos

Polvo de lente de plástico generado en la operación de tallar lente manualmente en biseladora artesanal.

6.8. Impactos positivos y negativos generados

- Impactos ambientales negativos generados por la empresa
 - Agua con residuos de vidrio, plástico y policarbonato.
 - Pedazos de vidrio, policarbonato, varillas de armazones, tornillos, plaquetas, puentes y bisagras.
 - Basura generada en los diferentes departamentos sin ninguna clasificación.
- Impactos positivos
 - Permite una mejora económica al generar y brindar fuentes de empleo en zonas 1, 2, 3, 6 y 18 de la capital.
 - Los aros, anteojos y servicios elaborados o vendidos por el laboratorio son elegidos con libertad por aquellas personas que desean utilizarlos.
 - Los ingresos generados por la empresa son invertidos nuevamente en el país a través de la compra de materia prima, insumos, pago a trabajadores, etcétera.

- Proporciona todas las prestaciones de ley y brinda oportunidad de tiempo y ayuda económica en casos de estudio.

CONCLUSIONES

1. Actualmente se realiza el montaje de lentes en tres diferentes materiales, vidrio, plástico y policarbonato.

El proceso para lentes de vidrio está compuesto por: doce operaciones, una inspección, siete transportes, dos operaciones combinadas, una demora y un almacenaje, con una duración de 25,03 minutos.

El proceso para lentes de plástico está compuesto por trece operaciones, una inspección, nueve transportes, una operación combinada, una demora y un almacenaje, con una duración de 33,68 minutos.

El proceso para lentes de policarbonato está compuesto por: trece operaciones, una inspección, siete transportes, una operación combinada, una demora y un almacenaje, con una duración de 16,21 minutos.

2. En el proceso de montaje de lentes se consideran Operaciones Unitarias Críticas las que se listan a continuación: despostillado de lentes de vidrio, tallado, biselado e inspección de lentes de vidrio, tallar lente plástico manualmente en biseladora artesanal con agua, acabado final de lente plástico en biseladora de diamante, corte de lente de policarbonato con sierra manual y acabado final de lente de policarbonato en biseladora de diamante.

3. Las operaciones generadoras de residuos son: despostillado de lentes de vidrio, tallado, biselado e inspección de lentes de vidrio, tallar lente plástico manualmente en biseladora artesanal con agua, acabado final de lente plástico en biseladora de diamante, corte de lente de policarbonato con sierra manual y acabado final de lente de policarbonato en biseladora de diamante.
4. Dentro de las opciones para la minimización y mejor manejo de los residuos se tiene: la reutilización en reparaciones de varillas de armazones, tornillos, plaquetas, puentes y bisagras, el reciclaje externo de los pedazos de vidrio y policarbonato y la utilización de lentes con un diámetro de superficie de 65 milímetros.
5. El origen de los desechos se generan en las siguientes operaciones: despostillado de lentes de vidrio (astillas muy pequeñas), tallado, biselado e inspección de lentes de vidrio (astillas muy pequeñas), tallado de lente plástico manualmente (polvo plástico y tape protector), acabado de lente plástico (polvo plástico y tape protector), corte de policarbonato (tape protector de lente) y acabado final de lente de policarbonato (tape protector y astillas de lente de plástico).
6. Las soluciones que se proponen para un mejor manejo de los desechos son: filtrar los desechos generados en las diferentes operaciones para separarlos del agua y luego darles el manejo adecuado (astillas de vidrio, plástico, policarbonato y tape protector). También se incluye un plan de reciclaje en área de acabado, para un mejor manejo de todos los desechos que son generados por la producción.

7. Dentro de la propuesta para el uso más eficiente de los recursos, se incluyen los siguiente aspectos: filtrar el agua con desechos de las operaciones realizadas en las máquinas biseladoras, con el objetivo que el agua pueda ser reutilizada, también se realizó un estudio aplicando el método cavidad zonal donde se logró reducir tres lámparas de 40 vatios que no eran necesarias en el área de acabado, representando un ahorro de 26,4 kilovatios con un costo de Q52,27 mensuales. También se elaboraron los nuevos métodos para la realización de las operaciones con lo que se logró minimizar el tiempo de utilización de las máquinas biseladoras y por ende se redujo el consumo de energía eléctrica.

8. Se implementó un plan de recepción y control de materia prima e insumos varios, con el que se pretende verificar la calidad, determinar los proveedores más confiables, identificar tanto los problemas o defectos, como los productores poco confiables. Es importante hacer notar que antes de implementar dicho control se procederá a realizar un inventario de lentes e insumos varios existentes. Con la implementación de dicho control se pretende tener a mediano y largo plazo un inventario con el cual se logrará determinar datos importantes como *stock* mínimo y el nivel de reorden.

9. Se elaboró un plan de mantenimiento, el cual consta de dos partes: el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo estará formado por las siguientes actividades: limpieza diaria externa a las biseladoras y al lensómetro, proteger las biseladoras y el lensómetro colocándoles su funda protectora después de limpiarlas al terminar la jornada, limpiar internamente las biseladoras semanalmente, limpiar quincenalmente la faja de las maquinas biseladoras y el cambio de la faja cada tres meses.

El mantenimiento correctivo estará formado por las siguientes actividades: Identificar las causas de la falla, evaluar las alternativas, emplear la alternativa más conveniente, archivar la información para referencia e historial y un posible plan de prevención.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con las auditorías programadas para verificar la utilización y estandarización de métodos y para realizar la medición del desempeño real de los cambios implementados con el fin de plantear acciones correctivas y pertinentes.
2. A intervalos regulares hágase una revisión o examen del método implantado para determinar si se están cumpliendo los objetivos propuestos.
3. Motivar constantemente al personal a buscar la mejora continua, así como, seguir brindando apoyo a los colaboradores que desean continuar con sus estudios.
4. Asignar un porcentaje de las ganancias mensuales obtenidas para la adquisición de nueva tecnología a mediano plazo, para mejorar el proceso y empezar a evaluar opciones para dicho cambio.

BIBLIOGRAFÍA

1. BALKAU F., Sheijgrond. *Producción más Limpia*. México: Regina de los Angeles, 1999. 111 p.
2. Centro Nacional de Producción más Limpia. *Valoración de procesos de Producción más Limpios [en línea]*. Guatemala: Centro Nacional de Producción más Limpia. www.cgpl.org.gt/guiasmanuales [Consulta: 11 de mayo de 2010].
3. CIFUENTES VILLATORO, Alex Rodemiro. *Aprovechamiento del reciclado de agua en una industria de alimentos, para una producción más limpia*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 121 p.
4. HECHT, Eugene; ZAJAC Alfred. *Óptica*. Argentina: Addison-Wesley, 1986. 586 p.
5. HELLRIEGEL, Don; JACKSON Susan. *Administración: un enfoque basado en competencias*. 2a ed. México: Cengage Learning, 2009. 672 p.
6. HERNÁNDEZ GALINDO, Zaida Liseth. *Principios de producción más limpia en alimentos Kern's de Guatemala, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 183 p.

7. KINNEAR, Thomas; TAYLOR James. *Investigación de mercados un enfoque aplicado*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 1993. 812 p.
8. LÓPEZ MIYARES, Ileana Carolina. *Costo de producción de un lente óptico*. Trabajo de graduación de Contador Público y Auditor. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 1996. 102 p.
9. MUELLER, Conrad; RUDOLPH Mae. *Luz y visión*. México: Offset Larios, 1979. 200 p.
10. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería Industrial: métodos, estudio de tiempos y movimientos*. 9a ed. México: Alfaomega, 1996. 880 p.
11. THOMPSON, Philip C. *Círculos de calidad*. 2a ed. Colombia: Norma, 1997. 204 p.
12. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 257 p.
13. VAUGHAN, Daniel; TAYLOR Asbury. *General Ophthalmology*. 9a ed. USA: Lange Medical Publications, 1980. 410 p.
14. WALPOLE, Myers. *Probabilidad y estadística*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 2004. 797 p.