



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA NUEVA ÁREA DE TRABAJO PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA APLICACIÓN DE LOS  
DIFERENTES MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE NÚMEROS DE SERIE EN  
ARMAS DE FUEGO EN EL LABORATORIO DE CRIMINALÍSTICA DEL INACIF**

**Alejandro Adonías Tobar Martínez**

Asesorado por el Ing. Jorge Fernando Fernández Pérez

Guatemala, enero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA NUEVA ÁREA DE TRABAJO PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA APLICACIÓN DE LOS  
DIFERENTES MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE NÚMEROS DE SERIE EN  
ARMAS DE FUEGO EN EL LABORATORIO DE CRIMINALÍSTICA DEL INACIF**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**Alejandro Adonías Tobar Martínez**

ASESORADO POR EL ING. JORGE FERNANDO FERNÁNDEZ PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabella Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

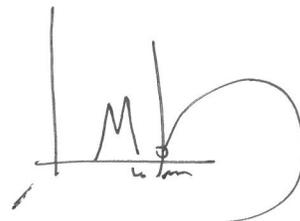
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Luis Pedro Ortiz de León
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA NUEVA ÁREA DE TRABAJO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE NÚMEROS DE SERIE EN ARMAS DE FUEGO EN EL LABORATORIO DE CRIMINALÍSTICA DEL INACIF**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 3 de octubre de 2017.

A handwritten signature in black ink, consisting of a vertical line on the left, a large loop on the right, and a horizontal line at the bottom with some smaller scribbles underneath.

**Alejandro Adonias Tobar Martínez**

Guatemala, 24 de septiembre 2019

A:

**César Ernesto Urquizú Rodas**

Director de la Escuela de Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Urquizú:

De manera atenta me dirijo a usted con el motivo de informales que el señor **Alejandro Adonias Tobar Martínez** quien se identifica con el Documento Personal de Identificación con número de CUI: 2198 41462 0101 (número de carne: 2001-17362), de la carrera de Ingeniería Industrial, está siendo asesorado en la realización de su trabajo de graduación (tesis) por mi persona y en tal sentido se corrigieron omisiones de bibliografía de referencia en su tesis, por lo que a partir del de la presente fecha se revisa nuevamente y se aprueba la tesis; **IMPLEMENTACIÓN DE UNA NUEVA ÁREA DE TRABAJO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE NÚMEROS DE SERIE EN ARMAS DE FUEGO EN EL LABORATORIO DE CRIMINALÍSTICA DEL INACIF.**

Me despido de ustedes deseándoles éxitos en sus labores.

Atentamente:

  
**Jorge Fernando Fernández Pérez**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
Colegiado 5,282



REF.REV.EMI.101.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UNA NUEVA ÁREA DE TRABAJO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE NÚMEROS DE SERIE EN ARMAS DE FUEGO EN EL LABORATORIO DE CRIMINALÍSTICA DEL INACIF**, presentado por el estudiante universitario **Alejandro Adonias Tobar Martínez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Ing. José Rolando Chávez Salazar*  
*Ingeniero Industrial*  
*Colegiado No. 4,317*

Ing. José Rolando Chávez Salazar  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2019.

/mgp



REF.DIR.EMI.005.020

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 **IMPLEMENTACIÓN DE UNA NUEVA ÁREA DE TRABAJO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE NÚMEROS DE SERIE EN ARMAS DE FUEGO EN EL LABORATORIO DE CRIMINALÍSTICA DEL INACIF**, presentado por el estudiante universitario **Alejandro Adonias Tobar Martínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
**Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas**  
**DIRECTOR**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Guatemala, enero de 2020.

/mgp



Ref. DTG.015.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA NUEVA ÁREA DE TRABAJO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE NÚMEROS DE SERIE EN ARMAS DE FUEGO EN EL LABORATORIO DE CRIMINALÍSTICA DEL INACIF**, presentado por el estudiante universitario: **Alejandro Adonías Tobar Martínez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, enero de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la vida, la salud y la sabiduría, permitirme lograr este gran triunfo y poder iniciar esta nueva etapa de mi vida.
- Mis padres** Eduardo José Tobar Castellanos (q.e.p.d.) y Ana Isabel Martínez de Tobar. Su amor incondicional, sus múltiples esfuerzos y formación serán siempre mi inspiración, son dignos de mi admiración y un gran ejemplo de vida, a ellos dedico este triunfo alcanzado.
- Mi esposa** Wendy Guísela López Pérez de Tobar. Por ser lo más lindo que me pasó y ser como eres y darme ese amor incondicional. Por tu sacrificio y comprensión te estaré por siempre agradecido.
- Mis hijos** Jeremis, Abner y Sofía Tobar, mis angelitos a los que más quiero, darles este ejemplo valioso para sus vidas es una gran motivación para mí.
- A mis hermanos** Aarón y Abner Tobar. Por ser importantes en mi vida, por todos los momentos compartidos y que este triunfo sea un ejemplo para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser el <i>alma máter</i> y darme la oportunidad de estudiar en tan digna universidad.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por llenarme de conocimientos técnicos, científicos y éticos que me siguen formando en este mundo de aprendizaje.
<b>INACIF</b>	Por ser la institución que me abrió sus puertas y darme la oportunidad de culminar este trabajo de graduación y poner en práctica mis conocimientos adquiridos.
<b>Asesor</b>	Ing. Jorge Fernando Fernández Pérez. Por ser una importante influencia en mi carrera, por sus buenos consejos y tiempo de calidad demostrado.
<b>Amigos y compañeros</b>	Por sus buenos consejos y apoyo incondicional.
<b>A mi familia</b>	A cada uno de ustedes que ha contribuido y me ha ayudado a ser la persona que soy hoy.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
Hipótesis .....	XX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala.....	1
1.1.1. Fundación .....	1
1.1.2. Misión.....	2
1.1.3. Visión .....	2
1.1.4. Valores éticos .....	2
1.1.5. Organización.....	2
1.1.5.1. Organigrama .....	3
1.1.5.2. Puestos y funciones .....	5
1.2. Servicios proporcionados .....	8
1.3. Unidad de Medicina Forense.....	8
1.3.1. Clínicas forenses.....	9
1.3.2. Antropología forense.....	9
1.3.3. Psicología forense.....	10
1.3.4. Psiquiatría forense .....	10
1.4. Unidad de Laboratorios de Criminalística.....	10
1.4.1. Laboratorio de Balística .....	11

1.4.1.1.	Laboratorio de Balística Identificativa .....	11
1.4.1.2.	Laboratorio de Balística Informática .....	12
1.4.2.	Laboratorio de Fisicoquímico.....	12
1.4.3.	Laboratorio de Genética .....	12
1.4.4.	Laboratorio de Toxicología .....	13
1.4.5.	Laboratorio de Lofoscopia .....	13
1.4.6.	Laboratorio de Documentoscopia.....	13
1.5.	Armas de fuego.....	14
1.5.1.	Tipos de armas de fuego .....	15
1.5.2.	Tipos de obliteración en las armas de fuego .....	20
1.6.	Productividad .....	30
1.6.1.	Tipos de productividad.....	31
1.6.2.	Eficiencia .....	36
1.7.	Iluminación.....	37
1.7.1.	Tipos de iluminación .....	39
1.8.	Ventilación .....	40
1.8.1.	Tipos de ventilación .....	42
1.9.	Distribución .....	43
1.9.1.	Tipos de distribución.....	44
1.10.	Mantenimiento .....	45
1.10.1.	Definición.....	45
1.10.2.	Características.....	45
1.10.3.	Tipos de mantenimientos.....	46
1.10.3.1.	Preventivo.....	46
1.10.3.2.	Correctivo .....	47
2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	49
2.1.	Laboratorio de Balística Identificativa.....	49
2.1.1.	Demanda de análisis de armas de fuego .....	49

2.1.2.	Tipos de análisis en las armas de fuego .....	51
2.1.3.	Funcionamiento del arma de fuego.....	52
2.1.3.1.	Descripción de equipos para métodos de recuperación .....	52
2.1.3.2.	Demanda de las áreas de aplicación de los métodos.....	53
2.1.3.2.1.	Área de arme y desarme de las piezas..	53
2.1.3.2.2.	Área de aplicación de los reactivos químicos ..	54
2.1.3.2.3.	Área de aplicación de partículas magnéticas...	55
2.1.3.2.4.	Área de limpieza y tratamiento de las piezas .....	56
2.1.3.3.	Método químico .....	57
2.1.3.4.	Método electroquímico.....	57
2.1.3.5.	Método magnético.....	57
2.1.3.6.	Accidentes actuales .....	58
2.2.	Cadenas de custodia.....	58
2.2.1.	Cadena de custodia procesal.....	59
2.2.2.	Cadena de custodia documental.....	59
2.3.	Diagramas del proceso para determinación del funcionamiento de un arma .....	59
2.3.1.	Diagrama de operaciones .....	61
2.3.2.	Diagrama de flujo .....	63
2.4.	Área de almacenamiento de químicos empleados .....	65
2.5.	Áreas físicas actuales para la aplicación de los métodos .....	65
2.5.1.	Estaciones de trabajo actuales .....	69

2.5.2.	Ventilación actual de vapores tóxicos.....	70
2.5.3.	Manejo de desechos líquidos .....	71
2.5.3.1.	Químicos vencidos .....	72
2.5.3.2.	Químicos en uso.....	72
2.5.4.	Manejo de desechos sólidos .....	72
2.5.4.1.	Manejo de hisopos de madera no estéril ....	73
2.5.4.2.	Manejo de guantes sintéticos de nitrilo .....	73
2.5.4.3.	Manejo de probetas desechables .....	74
2.5.5.	Seguridad industrial del área actual.....	74
2.5.6.	Iluminación de los lugares de trabajo .....	75
2.6.	Fundamentos de los diferentes métodos .....	75
2.6.1.	Método de inspección de partículas magnéticas .....	75
2.6.2.	Método químico .....	75
2.6.3.	Método electroquímico .....	76
2.7.	Tipos de alteración en los troqueles de identificación .....	77
2.8.	Factores que afectan la restauración de la identificación en armas de fuego.....	78
2.9.	Factores de riesgos a trabajadores.....	78
2.9.1.	Análisis de los factores de riesgo .....	79
2.9.2.	Recurso humano actual del laboratorio .....	79
2.9.2.1.	Perfil técnico de los peritos .....	80
2.9.2.2.	Experiencia forense necesaria.....	82
3.	PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ÁREA NUEVA DE TRABAJO .....	85
3.1.	Planeación de procesos.....	85
3.1.1.	Diagrama de operaciones proyectadas .....	85
3.1.2.	Diagrama de flujo propuesto.....	87
3.2.	Composición de diagnóstico .....	92

3.3.	Organización del trabajo.....	94
3.3.1.	Factores de organización.....	94
3.3.2.	Factores psicosociales.....	95
3.4.	Diseño del entorno .....	95
3.4.1.	Iluminación requerida.....	98
3.4.2.	Ventilación propuesta.....	105
3.4.3.	Temperatura adecuada.....	111
3.4.4.	Señalización del área nueva .....	118
3.5.	Distribución óptima.....	120
3.5.1.	Distribución por método .....	120
3.5.2.	Número de estaciones de trabajo propuestas.....	121
3.6.	<i>Confort</i> y seguridad .....	123
3.6.1.	Limitantes.....	124
3.7.	Costos propuestos .....	125
3.7.1.	Mano de obra a utilizar.....	125
3.7.2.	Material e insumos requeridos .....	126
3.7.2.1.	Materiales termoaislantes .....	127
3.7.3.	Costos de implementación óptima .....	128
3.8.	Mantenimiento a equipo e instrumentos.....	128
3.8.1.	Mantenimiento preventivo .....	129
3.8.1.1.	Campana de extracción de gases.....	129
3.8.1.2.	Yugos magnéticos.....	131
3.8.1.3.	Fuentes de voltaje.....	132
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	135
4.1.	Plan de acción.....	135
4.1.1.	Implementación del diseño .....	137
4.1.2.	Entidades responsables.....	143
4.1.2.1.	Dirección General .....	143

4.1.2.2.	Departamento Financiero .....	143
4.1.2.3.	Departamento Técnico-Científico .....	144
4.1.2.4.	Laboratorios de Criminalística .....	144
4.2.	Reubicación de áreas .....	144
4.2.1.	Planos.....	145
4.2.2.	Diagramas .....	146
4.3.	Número de estaciones de trabajo .....	149
4.4.	Diseño del entorno final .....	150
4.4.1.	Iluminación del área nueva.....	153
4.4.2.	Ventilación del área nueva .....	155
4.4.3.	Temperatura del área nueva.....	156
4.4.4.	Seguridad e higiene del área nueva .....	157
4.4.5.	Señalización del área nueva.....	158
4.5.	Manejo de materiales.....	160
4.5.1.	Químicos en uso.....	163
4.5.2.	Químicos en desuso .....	163
4.5.3.	Químicos de partículas magnéticas.....	164
4.6.	Proceso, costo / beneficio .....	166
4.6.1.	Costos .....	166
4.6.2.	Resultados del proceso .....	166
4.7.	Inventarios de abastecimientos.....	166
4.8.	Adaptación de seguridad y <i>confort</i> .....	168
4.8.1.	Aprovechamiento de cualidades del trabajo .....	169
4.9.	Logística en el proceso .....	171
4.9.1.	Áreas señalizadas .....	172
4.10.	Mantenimiento a equipos de trabajo .....	173
4.10.1.	Campana de extracción de gases .....	174
4.10.2.	Yugos magnéticos .....	174
4.10.3.	Fuentes de voltaje .....	177

4.10.4.	Soluciones prácticas .....	179
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA.....	181
5.1.	Resultados .....	182
5.1.1.	Interpretación .....	183
5.1.2.	Alcance .....	184
5.1.3.	Mejora .....	184
5.2.	Auditorías .....	184
5.2.1.	Internas .....	186
5.2.2.	Externas.....	187
5.3.	Estadísticas .....	188
5.4.	Seguimiento continuo.....	188
	CONCLUSIONES .....	191
	RECOMENDACIONES.....	193
	BIBLIOGRAFÍA.....	195



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama del INACIF.....	4
2.	Obliteración cóncava lisa.....	21
3.	Obliteración cóncava irregular.....	22
4.	Obliteración con dispositivo abrasivo suave.....	23
5.	Obliteración por medio de herramientas puntiagudas.....	24
6.	Obliteración por herramientas con punta plana.....	25
7.	Obliteración por medio de barreno/taladro.....	26
8.	Obliteración con marcador eléctrico de vibración.....	27
9.	Obliteración con punzonado o dispositivo de compresión.....	28
10.	Obliteración con martillo.....	29
11.	Porcentaje de tipos de obliteración.....	51
12.	Proceso que determina el funcionamiento de un arma de fuego.....	60
13.	Proceso de recepción y análisis de un arma de fuego.....	62
14.	Flujo de recepción, análisis y distribución de indicios de un arma de fuego.....	64
15.	Área de recuperación de caracteres.....	67
16.	Perito observando caracteres.....	68
17.	Aplicación de químicos destructivos.....	69
18.	Aplicación del método electroquímico.....	77
19.	Diagrama de operación.....	86
20.	Diagrama de flujo propuesto.....	88
21.	Operación del proceso total de peritaje de un arma de fuego.....	90
22.	Operación del proceso total de peritaje de un arma de fuego.....	91

23.	Área inadecuada para trabajar.....	97
24.	Flujo de bloques.....	99
25.	Cálculo de iluminación .....	100
26.	Cálculo de luminaria 1.....	103
27.	Promedios de cambios de aire por 24 horas.....	109
28.	Cálculo de aire acondicionado .....	114
29.	Cálculo de aire acondicionado .....	114
30.	Cálculo de aire acondicionado .....	115
31.	Cálculo de aire acondicionado .....	115
32.	Cálculo de aire acondicionado .....	116
33.	Cálculo de aire acondicionado .....	116
34.	Cálculo de aire acondicionado .....	117
35.	Ubicación de extinguidores .....	119
36.	Señalización en el laboratorio .....	119
37.	Área general del laboratorio.....	121
38.	Campana de gases de laboratorio .....	130
39.	Vista de yugo magnético.....	132
40.	Fuente de poder propuesta para la aplicación del método electroquímico... ..	134
41.	Área iluminada en el laboratorio de balística .....	136
42.	Campana de extracción .....	136
43.	Nueva luminaria y extracción y renovación de ventilación .....	138
44.	Nueva iluminación con lámparas Led .....	139
45.	Área de balística sin remodelar.....	140
46.	Área de laboratorio de balística remozada.....	141
47.	Campana de extracción de gases.....	142
48.	Distribución de la nueva área.....	145
49.	Plano de la nueva área .....	146
50.	Proceso general del sistema de calidad.....	147

51.	Proceso del análisis de las armas de fuego en el laboratorio de balística.....	148
52.	Estaciones de trabajo.....	149
53.	Antes de la remodelación.....	150
54.	Situación anterior..	151
55.	Vista frontal del área remozada.....	151
56.	Área mejorada.....	152
57.	Vista frontal del área de laboratorio.....	152
58.	Vista de distribución e iluminación del área nueva.....	154
59.	Vista de lupa con iluminación.....	155
60.	Vista de la señalización de equipo de protección en la aplicación de químicos.....	158
61.	Vista de señalización para el uso correcto de los <i>kit</i> de limpieza.....	159
62.	Vista lateral de la señalización de la campana de extracción.....	159
63.	Estación de trabajo donde se utilizan herramientas para arme y desarme de armas de fuego.....	160
64.	Vista inferior de la campana de extracción donde se depositan desechos líquidos.....	161
65.	Vista inferior de la campana de extracción donde se depositan desechos líquidos.....	162
66.	Químicos vencidos para hierro y acero (Fry 1).....	164
67.	Recipiente con micropartículas magnéticas.....	165
68.	Aerosoles utilizados (7 hf, skf-s, entre otros).....	165
69.	Vista inferior de la campana de extracción de gases.....	167
70.	Vista interna de la parte interior de la campana de extracción de gases.....	168
71.	Vista de la nueva área de recuperación de caracteres.....	172
72.	Vista interna del área nueva para la aplicación de los diferentes métodos de recuperación.....	173

73.	Vista de la campana de extracción de gases tóxicos y dos estaciones de trabajo nuevas .....	174
74.	Nuevo Magnaflux donado por la Embajada de EEUU a Guatemala en el 2017 .....	175
75.	Compuesto Black/7hf .....	176
76.	Compuesto Red/9cm .....	176
77.	Compuesto Magnaglo/14am .....	177
78.	Reactivos químicos y fuente de poder para la aplicación del método electroquímico.....	178
79.	Método electroquímico a un cajón de mecanismos de un arma de fuego tipo pistola.....	178

## TABLAS

I.	Porcentaje de los tipos de obliteración.....	50
II.	Equipo actual para métodos de recuperación.....	53
III.	Cuadro de competencia a nivel de formación necesaria.....	80
IV.	Competencia a nivel de formación técnica (pericia), específica (administrativa/financiera) .....	80
V.	Competencia a nivel de formación legal .....	81
VI.	Propuesta de implementación de buenas prácticas ergonómicas .....	95
VII.	Velocidad promedio del viento .....	111
VIII.	Temperatura promedio en la Ciudad de Guatemala en el transcurso de un año .....	112
IX.	Muestra de porcentaje de obliteraciones .....	122
X.	Resumen de costos estimados .....	128
XI.	Resumen de un antes y un después de la aplicación de diferentes métodos .....	183

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetro
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>°F</b>	Grados Fahrenheit
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minuto
<b>%</b>	Porcentaje
<b><math>\bar{x}</math></b>	Promedio
<b>Q</b>	Quetzal
<b>Seg.</b>	Segundo



## GLOSARIO

<b>Arma de fuego</b>	Instrumentos mecánicos de formas diversas, diseñados para lanzar violentamente proyectiles al espacio aprovechando la fuerza expansiva de los gases al momento de la deflagración de la pólvora.
<b>Balística forense</b>	Área de la criminalística encargada de investigar mediante la aplicación de conocimientos científicos, métodos y técnicas, en su rama interior, exterior y de efectos, los fenómenos, forma y mecanismos producidos en hechos originados con armas de fuego.
<b>Cadena de custodia</b>	Conjunto de medidas que se adoptan a fin de preservar la identidad e integridad del indicio.
<b>Embalaje</b>	Maniobra para guardar, inmovilizar y proteger algún indicio dentro de un receptáculo idóneo, individualizándolo en la medida de lo posible para evitar contaminación.
<b>Indicio dubitado</b>	Toda pieza que es levantada en la escena del crimen o incautada en hecho flagrante o por requerimiento y sometida a análisis.

**Indicio indubitado  
(huella balística)**

Son los casquillos y proyectiles generados por disparos efectuados por un arma de fuego en ambiente controlado del laboratorio balístico.

**Obliteración**

Alterar algún elemento por medio de borrado mecánico o químico, ya sea para la eliminación de palabras enteras, letras o números.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación describe la implementación de una nueva área de trabajo para optimizar la productividad en la aplicación de los diferentes métodos en la recuperación de números de serie de armas de fuego en el Laboratorio de Criminalística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala (INACIF). Pretende optimizar recursos, mejorar los métodos de aplicación, reducir tiempos, diseñar un área ergonómica y nuevas estaciones de trabajo para minimizar los riesgos en la salud ocupacional de los peritos en balística identificativa.

El contenido de este trabajo de graduación se encuentra expuesto en cinco capítulos. El capítulo uno contiene los aspectos generales del INACIF, fundación, organización, misión, servicios proporcionados por el laboratorio de balística, armas de fuego, tipos de obliteración en las armas de fuego y marco teórico.

En el capítulo dos se refiere la situación actual del área en el laboratorio de balística para la aplicación de los diferentes métodos de recuperación de caracteres, la cantidad de demanda para este tipo de análisis, equipos que se utilizan actualmente, tipo de iluminación, ventilación y distribución que se utiliza en el área actualmente.

El capítulo tres comprende el nuevo diseño del área para este tipo de análisis y la implementación de una nueva área ergonómica y de las estaciones de trabajo, y diferentes tipos de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos.

Los dos capítulos restantes describen cómo se implementó todo lo anterior y cuál será su mejora continua.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Implementar una nueva área de trabajo del laboratorio de balística identificativa, con lo cual se logrará optimizar la productividad en la aplicación de los diferentes métodos, debido a que se emplearán estaciones de trabajo y áreas especializadas para dicho propósito, reduciendo los riesgos a la salud y mejorando los tiempos en la aplicación de cada método.

### **Específicos**

1. Eliminar los factores tóxicos en el laboratorio de balística contribuye a aumentar la eficiencia de los peritos en balística.
2. Distribuir de manera eficiente las estaciones de trabajo para la aplicación de los diferentes métodos, así como para lograr una óptima iluminación y adecuada ventilación, lo cual reducirá errores que afectan la objetividad de peritaje balístico.
3. Incrementar la productividad y por ende generar una reducción en los tiempos de peritaje balístico.

## **Hipótesis**

Utilizando una nueva área para la aplicación de nuevos métodos se podrá aumentar la productividad, reducir los riesgos ocupacionales y evitar daños a la salud de los trabajadores.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala es la única institución científica en el país encargada de aportar la prueba científica al proceso penal guatemalteco. El INACIF se divide en dos grandes ramas: la Unidad de Medicina Forense y la Unidad de Laboratorios de Criminalística, y dentro de esta última se localiza el Laboratorio de Balística.

Hoy en día es el Laboratorio de Balística el que posee la mayor carga de trabajo en la Unidad de Laboratorio de Criminalística del INACIF, esto debido a que el 80 % de las muertes violentas que ocurren en el país son producidas por armas de fuego. Una gran parte de estas armas que ingresan al laboratorio derivado de su decomiso presentan alguna alteración en su identificación con la intención de no poder rastrear el arma de fuego.

Actualmente el Laboratorio de Balística se está acreditando bajo la norma ISO 17025: 2005, derivado de lo cual se detectaron varias oportunidades de mejora, entre ellas se detectó que el laboratorio no cuenta con un área adecuada para la implementación de los diferentes métodos en la recuperación de números de series en armas de fuego, lo cual es de suma importancia para minimizar los riesgos en la salud de los peritos en balística y optimizar los tiempos en la aplicación de los métodos por medio de nuevas estaciones de trabajo especializadas para tal propósito.



# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala**

El Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala (INACIF) es resultado de la necesidad de contar con medios de prueba válidos y fehacientes en los procesos judiciales. Cuenta con la cooperación de expertos y peritos en ciencias forenses que aplican los avances tecnológicos, metodológicos y científicos de la medicina legal y criminalística, como elementos esenciales en la investigación criminal y de cualquier otra naturaleza.

### **1.1.1. Fundación**

El INACIF es creado por el Decreto 32-2006 del Congreso de la República de Guatemala del ocho de septiembre de dos mil seis.

INACIF inicia sus funciones el día 19 de julio de 2007, y nace como institución auxiliar de la administración de justicia, con autonomía funcional, personalidad jurídica, patrimonio propio y con toda la responsabilidad en materia de peritajes técnico-científicos.

### **1.1.2. Misión**

“Es una institución responsable de brindar servicios de investigación científica forense fundamentada en la ciencia y el arte, emitiendo dictámenes periciales útiles al sistema de justicia, mediante estudios médico legales y análisis técnico - científico, apegado a la objetividad y transparencia”.<sup>1</sup>

### **1.1.3. Visión**

“Es una institución reconocida y altamente valorada a nivel nacional e internacional, por su liderazgo en las ciencias forenses, los aportes a la investigación científica, la calidad en la gestión institucional y el respeto a la dignidad humana.”<sup>2</sup>

### **1.1.4. Valores éticos**

Estos se dividen en tres principios: objetividad, profesionalismo y respeto a la dignidad humana.

### **1.1.5. Organización**

El Instituto Nacional de Ciencias Forenses está organizado de la siguiente manera y que tienen relación directa con el laboratorio de balística:

- El Consejo Directivo
- Director General
- Secretaria General

---

<sup>1</sup> INACIF. *Misión y visión*. <https://www.inacif.gob.gt/index.php/inacif/mision-vision>. Consulta: 1 de julio de 2018.

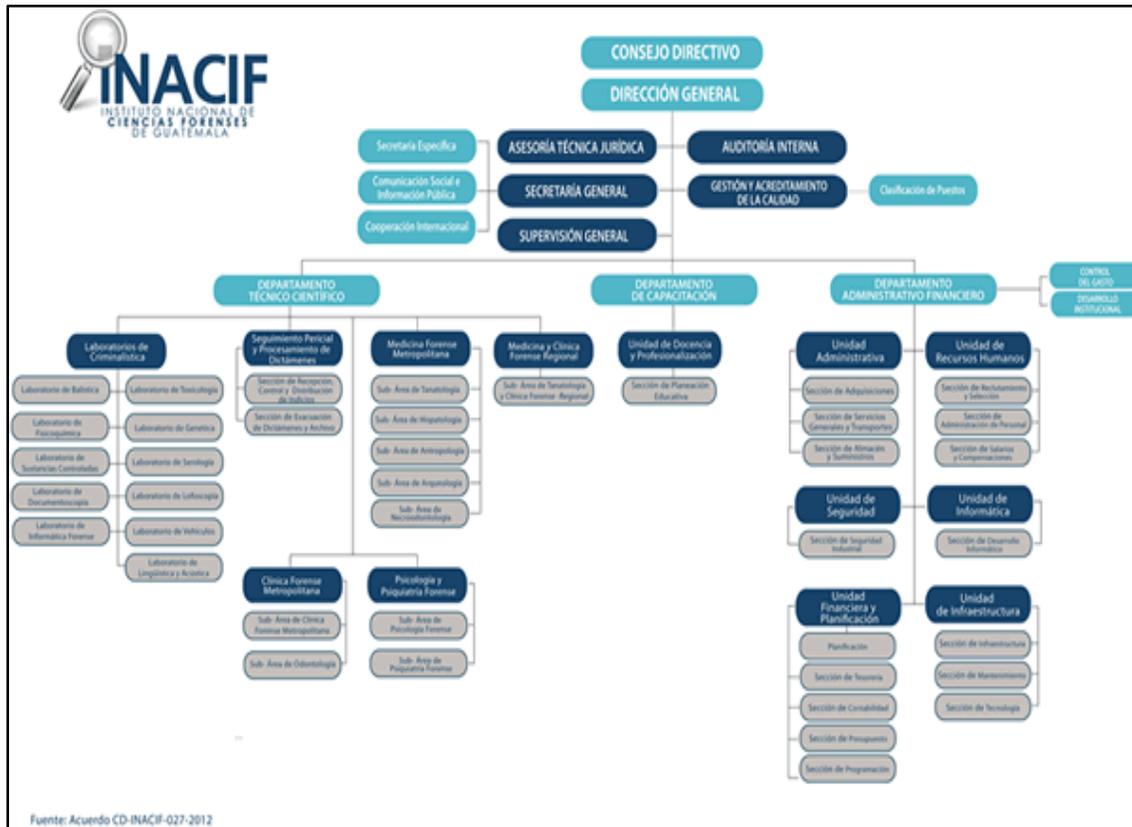
<sup>2</sup> *Ibíd.*

- Supervisión General
- Jefe del Departamento Técnico-Científico
- Jefe de la Unidad de Medicina Forense
- Jefe de la Unidad de los Laboratorios de Criminalística
- Jefe del Laboratorio de Balística
- Coordinador de Balística Identificativa
- Peritos en Balística
- Jefe del Departamento Administrativo-Financiero
- Jefe de Recursos Humanos
- Jefe Administrativo
- Jefe de Seguridad
- Jefe de Infraestructura
- Jefe de Unidad Financiera
- Jefe del Departamento de Capacitación
- Jefe de la Unidad de Docencia
- Jefe de Planeación Educativa

#### **1.1.5.1. Organigrama**

En la figura 1 se puede observar la estructura de los diferentes puestos por los que está conformada la empresa, con el objetivo de tener una visión clara de la organización, con base en el Decreto 32-2006 de la Ley Orgánica del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala, Congreso de la República de Guatemala, 2006.

Figura 1. Organigrama del INACIF



Fuente: Acuerdo CD-INACIF-027-2012

Fuente: INACIF. *Organigrama*. www.inacif.gob.gt. Consulta: julio de 2018.

### **1.1.5.2. Puestos y funciones**

- Consejo Directivo

El Consejo Directivo del INACIF está integrado por el presidente de la Corte Suprema de Justicia, el Ministro de Gobernación, el Fiscal General de la República, el Director del Instituto de la Defensa Pública Penal, el Presidente de la Junta Directiva del Colegio de Médicos y Cirujanos de Guatemala, el Presidente de la Junta Directiva del Colegio de Químicos y Farmacéuticos de Guatemala y el Presidente del Colegio de Abogados y Notarios de Guatemala.

Son atribuciones del consejo: aprobar las políticas, estratégicas y líneas de acción del INACIF; aprobar el plan anual de trabajo de la institución, presentado a su consideración por la dirección General del INACIF; nombrar y remover al Director General, siempre y cuando exista justa causa, así como al Auditor Interno de la entidad; promover la necesaria coordinación dentro del ámbito de sus atribuciones con el Organismo Judicial, Ministerio de Gobernación, Ministerio Público, Instituto de la Defensa Pública Penal y demás instituciones relacionadas con su competencia.

También debe aprobar, a propuesta de la dirección general, el proyecto de Presupuesto Anual de Ingresos y Egresos del INACIF, así como las modificaciones al mismo; aprobar, a propuesta de la dirección general, los reglamentos, normas técnicas, protocolos, manuales, instructivos y demás instrumentos necesarios para el cumplimiento de sus atribuciones.

- Director General

El Director General del INACIF ejerce la representación legal del mismo y le corresponde la ejecución de sus operaciones y la administración interna. Es la autoridad administrativa y jefe superior de todas las dependencias y de su personal. También tiene las siguientes atribuciones: cumplir y hacer que se cumplan los objetivos y obligaciones del INACIF, así como la observancia de las leyes y reglamentos, y el cumplimiento efectivo de las resoluciones del Consejo Directivo; asistir a las sesiones del Consejo Directivo, con voz pero sin voto; organizar las dependencias del INACIF, proponiendo al Consejo Directivo las modificaciones que considerare pertinentes, así como el trabajo del mismo, con base en las disposiciones de la presente ley y su reglamento; nombrar, trasladar, remover y conceder o no licencias al personal de INACIF, de conformidad con las leyes y reglamentos aplicables.

- Secretario General

Conocer de las impugnaciones que se presenten y que sean de su competencia, así como de los impedimentos, excusas y recusaciones que se interpongan contra peritos, en los casos previstos en la presente ley; impartir instrucciones y órdenes generales para el estricto cumplimiento de las atribuciones del INACIF, relativas a asuntos o materias específicas, así como implementar y supervisar la aplicación permanente de los estándares internacionales vigentes en materia forense y la actualización de manuales y protocolos.

- Supervisor General

Es la autoridad encargada de supervisar la unidad de medicina forense y la unidad de los laboratorios de criminalística, coordina los descansos del personal y otras gestiones administrativas como capacitaciones, así como donación de equipos.

- Jefe del Departamento Técnico-Científico

Es la autoridad encargada de supervisar la unidad de medicina forense y la unidad de los laboratorios de criminalística, coordina los descansos del personal y otras gestiones administrativas como capacitaciones, así como donación de equipos.

- Jefe de la Unidad de los Laboratorios de Criminalística

Es el encargado de supervisar el buen funcionamiento y la correcta administración del personal, así como de autorizar nombramientos en comisiones oficiales, supervisa los peritajes técnico-científicos de los peritos de cada uno de los laboratorios de criminalística.

- Jefe del Laboratorio de Balística

Es el encargado de asignar los casos a los peritos, generar reportes de su desempeño al jefe superior, así como solicitud de suministros y el adecuado control de suministro, controla el buen funcionamiento de los equipos del laboratorio de balística, supervisa y coteja los peritajes técnico-científicos de cada uno de los peritos de balística, planifica las vacaciones del personal a su cargo.

- Peritos en Balística

Son los encargados de realizar los peritajes balísticos, dentro de estos se encuentran la determinación de calibres y análisis microscópico comparativo para casquillos y proyectiles dubitados, el funcionamiento de un arma de fuego y obtención de su huella balística, y dentro de este se realizan varios análisis, incluyendo la recuperación de caracteres de identificación (cuando las armas de fuego presentan el número de serie borrado u otro caracteres, mediante los métodos químicos, método electroquímico y método por inspección por partículas magnéticas).

## **1.2. Servicios proporcionados**

El Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala (INACIF) realiza en forma independiente la investigación científica forense, la cual debe cumplir con emitir dictámenes con objetividad, profesionalismo y en coordinación con las instituciones del sector de justicia, por lo que establecer qué servicios se prestan y cuáles son parte del trabajo de la institución es fundamental, por lo que a continuación se presentan las dos áreas que prestan el servicio al sector de justicia.

## **1.3. Unidad de Medicina Forense**

La Unidad de Medicina Forense es la encargada de realizar el análisis sobre cuerpos de víctimas y agresores para determinar en ellos lesiones, transferencias y trazas allí depositadas. En el caso específico de patología, al practicar la necropsia tiene, además de la función de identificar a la víctima, que esto permita realizar los trámites posteriores en situaciones en que la muerte es violenta o sospechosa. Las áreas que incluye son:

### **1.3.1. Clínicas forenses**

Efectúa pericias relacionadas con evaluaciones médicas a persona vivas. Dictamina sobre lesiones personales: determina mediante examen médico el daño que un agresor ocasiona a la integridad personal de un individuo (lesiones). Evalúa si una persona pudo haber sido víctima de una agresión sexual.

- Patología forense

Realiza necropsias médico-legales para establecer la causa de la muerte y recolectar indicios que orienten al investigador, así como individualizar a la persona. Efectúa necropsias médico-legales a cadáveres exhumados por orden de autoridad competente.

- Odontología forense

“Determina lesiones personales en cavidad oral, dictamina sobre la edad cronológica e identifica a personas fallecidas mediante cotejo de su dentadura con la ficha dental”.<sup>3</sup>

### **1.3.2. Antropología forense**

Realiza análisis e interpretación de restos óseos con fines de identificación cuando fuera posible; restauración y reconstrucción de cráneo facial. Realiza análisis arqueológicos de restos para determinar edad.

---

<sup>3</sup> INACIF *Nuestros servicios*. <https://www.inacif.gob.gt/index.php/therapies/nuestros-servicios>.

### **1.3.3. Psicología forense**

La psiquiatría determina en muchos casos la imputabilidad del sospechoso, el razonamiento y la conducta desviada del individuo.

### **1.3.4. Psiquiatría forense**

La psicología determina secuelas dejadas por agresión sufridas por la víctima o estado del individuo al agredir.

## **1.4. Unidad de Laboratorios de Criminalística**

Los laboratorios de criminalística utilizan técnicas científicas para procesar las evidencias recabadas durante las pruebas de violación sexual y por los agentes de la ejecución de la ley. Según *Forensics for Survivors*: los laboratorios de criminalística no interpretan las pruebas ni deciden su significado.

Los análisis criminalísticos realizados en el INACIF son efectuados en las distintas secciones de la Unidad de Laboratorios de Criminalística, encargadas de realizar esta labor técnico-científica en distintas disciplinas, basando el desarrollo de sus labores en procedimientos de trabajo fundados en ciencia, y aprobados dentro de un sistema de gestión y acreditamiento de la calidad.<sup>4</sup>

La Unidad de Laboratorios de Criminalística cuenta con los siguientes laboratorios:

---

<sup>4</sup> INACIF. *Servicios*. <https://www.inacif.gob.gt/index.php/therapies>.

### **1.4.1. Laboratorio de Balística**

Es el encargado de realizar peritajes propios de balística comparativa e identificativa, específicamente coteja los indicios ubicados en escena o en el cuerpo de la víctima con elementos indubitados generados por el arma sospechosa. Puede llegar a determinar con certeza si fueron o no disparados por el arma de fuego, generando con ello aportes de mucha implicación en investigaciones criminales. El laboratorio de balística se divide en dos grandes áreas:

#### **1.4.1.1. Laboratorio de Balística Identificativa**

Es el laboratorio encargado de los análisis para la identificación técnica del arma de fuego, así como de la recuperación del número de serie borrado o alterado en el arma de fuego con base en los métodos desarrollados para tal propósito. También realiza el funcionamiento del arma de fuego a través de fuego real, obtención de las huellas balísticas generadas por las armas de fuego al momento del realizar la prueba de disparo, “el análisis microscópico comparativo entre casquillos de escena del crimen o proyectiles de las sedes de patología forense, contra indicios indubitados en el laboratorio”.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> INACIF. *Servicios*. <https://www.inacif.gob.gt/index.php/therapies>.

#### **1.4.1.2. Laboratorio de Balística Informática**

Es el laboratorio que almacena mediante una base de datos llamada IBIS (Sistema Integrado de Identificación Balística), micro lesiones dejadas por un arma de fuego en particular, a través de los casquillos que esta percute y detona así como los proyectiles que dispara.<sup>6</sup>

#### **1.4.2. Laboratorio de Físicoquímico**

Este laboratorio maneja las trazas (se entiende como trazas elementos que por la lucha víctima-sospechoso generan transferencias), su aporte puede llegar a ser altísimo siempre quedando sujeto a los aportes en materia de elementos indubitados del ente investigador.

#### **1.4.3. Laboratorio de Genética**

Este laboratorio de reciente creación y altísimo impacto en la investigación, realiza análisis de ADN sobre fluidos identificados como tales en la sección de serología y en los cuales existe elementos de comparación. La virtud de los fluidos, al igual que la dactiloscopia, es la enorme capacidad individualizantes de sus resultados.

---

<sup>6</sup> INACIF. *Servicios*. <https://www.inacif.gob.gt/index.php/therapies>.

#### **1.4.4. Laboratorio de Toxicología**

“Encargado de realizar análisis sobre fluidos tomados de personas vivas o cadáveres, con el fin de determinar presencia de sustancias que pudieran causar daños o la muerte, normalmente la búsqueda de las sustancias enfoca drogas de abuso y alcohol”.<sup>7</sup>

#### **1.4.5. Laboratorio de Lofoscopia**

Este laboratorio puede con certeza llegar a identificar plenamente a la persona que dejó huella en un objeto que pudiera ser el elemento clave para la investigación de un hecho. Es además la responsable de cotejar las impresiones obtenidas de los dedos de personas fallecidas que no han sido identificadas, con ello de manera rápida y totalmente confiable se determina su identidad, al comparar con las bases de datos civiles, municipales o criminales del país.

#### **1.4.6. Laboratorio de Documentoscopia**

Se encarga de realizar pericias a efecto de determinar alteraciones de documentos o cotejo de grafías y firmas. Puede determinar alteraciones en escrituras, protocolos, licencias, pasaporte, papel moneda, entre otros muchos aspectos, sin incluir la capacidad con que cuenta de determinar si algún texto fue o no escrito por la persona de la que se sospecha o si una firma fue o no elaborada por la persona a quien se le adjudica. Su aporte es de alta incidencia en casos de impacto.

---

<sup>7</sup> INACIF. *Servicios*. <https://www.inacif.gob.gt/index.php/therapies>.

## **1.5. Armas de fuego**

La Real Academia de la Lengua, en la primera acepción de la entrada arma, la define como: “instrumento, medio o máquina destinados a atacar o a defenderse”. Este concepto implica que la intención de las armas de fuego es provocar la muerte o la incapacitación inmediata, en ocasiones transitoria, de un ser vivo (animal o humano) desde la distancia, independientemente de que se destinen a usos diversos no vinculados a la caza o el combate, como pudieran ser las utilizadas en el tiro deportivo.

El arma de fuego es aquel instrumento mecánico de formas diversas, diseñado y construido con el propósito de transferir a uno o más proyectiles una velocidad y una energía cinética que les permita desplazarse una distancia, con un sentido y dirección determinados, para causar efectos específicos previstos, utilizando para ello la fuerza expansiva por medio de la deflagración de la pólvora, generada en su interior de manera controlada, al transformarse la energía potencial de un compuesto químico, por combustión activa o deflagración, en energía calorífica, que es a su vez transformada en energía cinética.

Es esta última cualidad la que señala el elemento esencial al que toda arma de fuego debe su valor balístico, por ser el medio de proyección en el que se produce el proceso de transferencia de energía hacia el proyectil: el cañón.

No obstante, sería inapropiado omitir la existencia de otros elementos secundarios, que si bien pueden faltar, son los que le proporcionan al arma de fuego su valor operativo. Estos son:

- Los mecanismos de cierre y disparo
- Los dispositivos de carga y alimentación
- Los aparatos de puntería o sistemas de mira

### 1.5.1. Tipos de armas de fuego

“El arma de fuego es un dispositivo destinado a propulsar uno o múltiples proyectiles mediante la presión generada por la combustión de un propelente”.<sup>8</sup>

- División de las armas de fuego
  - Pistola: la pistola se origina en el siglo XVI, cuando se produjeron las primeras armas de fuego en Europa. La palabra inglesa fue introducida cerca de 1570 desde el medio francés *Composants*, la etimología de la palabra francesa *composants* se disputa, puede ser de una palabra checa para primeros cañones de mano, pistola ‘silba’, o alternativamente de italiano *pistolese*, después de *pistoia*, una ciudad reconocida por fabricantes de armas de la época del Renacimiento, donde armas *hand-held* (diseñadas para ser disparadas desde el caballo) fueron las primeras que se produjeron en 1540.

---

<sup>8</sup> DUQUE, Chris. WITTMAACK, Svetlana. *Balística forense*. <https://www.duque-wittmaack.com/balistica-forense/>.

- Revólver: con el desarrollo del revólver en el siglo diecinueve, se había alcanzado la meta de una capacidad práctica para entregar cargas múltiples a un cañón de un arma de fuego en rápida sucesión, a través de la rotación sincrónica del cilindro, en el que cada cartucho está contenido en su propia cámara de ignición y es traído secuencialmente en alineación con el cañón del arma por un mecanismo de indexación de la alimentación relacionados con gatillo del arma (doble acción) o su martillo (solo-acción). “Estas recámaras nominalmente cilíndricas, generalmente con una capacidad entre cinco y ocho cartuchos dependiendo del tamaño del revólver y el tamaño del cartucho”.<sup>9</sup>
- Rifle: (fusil) es un arma de fuego diseñada para ser disparada desde el hombro, con un cañón que tiene una ranura helicoidal o el patrón de surcos también llamado estriado cortado en las paredes del cañón. Las zonas elevadas de las estrías se llaman campos, que hacen contacto con el proyectil y las zonas con devastación derivado del método de la máquina herramienta que devasta el material, a lo cual se le conoce como surcos, y su función primordial es la de impartir la orientación de rotación al proyectil.

“Cuando el proyectil abandona el cañón, este giro presta giroscópica estabilidad al proyectil y evita la agitación, de la misma manera que se comporta una bola de fútbol americano o rugby bien tirada”.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> DUQUE, Chris. WITTMACK, Svetlana. *Balística forense*. <https://www.duque-wittmaack.com/balistica-forense/>.

<sup>10</sup> *Ibíd.*

- Subametralladora (SMG): es un arma diseñada para disparar cartuchos de pistola en forma automática. El término subametralladora fue acuñado por John T. Thompson, el inventor de la ametralladora Thompson.

“La subametralladora fue desarrollada durante la I Guerra Mundial (1914 – 1918), su máxima aplicación fue durante la II Guerra Mundial (1939-1945), se hicieron millones de subametralladoras”.<sup>11</sup>

Después de la guerra, nuevos diseños SMG aparecieron con frecuencia; sin embargo, por la década de 1980, el uso de SMG disminuyó. Hoy las subametralladoras han sido en gran parte reemplazadas por fusiles de asalto, que tienen un alcance mayor y son capaces de penetrar los cascos y la armadura utilizada por los modernos soldados de infantería.

- Escopeta: es un arma de fuego que generalmente está diseñada para ser disparada desde el hombro, que utiliza cartuchos de proyectiles múltiples, generalmente esto se traduce en un disparo de pequeñas esféricas llamadas pedigones o postas, así como el lanzamiento violentamente de un proyectil sólido llamado un *slug* o Brenett.

Las escopetas vienen en una amplia variedad de tamaños, que van desde 5,5 mm (0,22 pulgadas) de diámetro hasta 5 cm (2,0 pulgadas) de diámetro en boca de fuego y en una gama de mecanismos de funcionamiento de armas de fuego, incluyendo de simple o doble acción, de bombeo, perno y acción de palanca, semiautomática e incluso completamente automáticas.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> ATF, Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives. *Firearms*. <https://www.atf.gov/resource-center/firearms-trace-data-2018>. Consulta: julio de 2018.

<sup>12</sup> DUQUE, Chris. WITTMAACK, Svetlana. *Balística forense*. <https://www.duque-wittmaack.com/balistica-forense/>.

“Una escopeta es un arma de fuego en donde el interior del cañón no es estriado, generalmente es de anima lisa, anterior con armas de fuego, como el rifle que es de cañón estriado”.<sup>13</sup>

- Ametralladora: es un arma de fuego completamente automática montada en un bípode o trípode móvil o fijo para disparar balas en una sucesión rápida de un cinturón de municiones o de peineta típicamente a una velocidad de 300 a 1 800 rondas por minuto, dependiendo de la munición que se emplee.

No todas las armas automáticas son ametralladoras. Subfusiles, ametralladores, rifles, rifles de asalto, escopetas, pistolas o cañones pueden ser capaces de operar el arma de fuego completamente automática, pero no están diseñadas para el fuego sostenido.

Como una clase de armas de tiro rápidos militares, ametralladoras son armas completamente automáticas diseñadas para ser utilizadas como armas de apoyo y se utilizan generalmente en uso bélico. Muchas (aunque no todas) también utilizan la correa de alimentación, característica que normalmente no se encuentra en rifles.

- Carabina: se deriva del término francés *carabine*, es un arma de fuego de brazo largo pero más corto que el de un rifle o fusil. Muchas carabinas son versiones acortadas de rifles de larga duración, que utilizan la misma munición, mientras que otras armas de fuego utilizan munición de baja potencia. El tamaño es más pequeño y ligero en las carabinas y esto hace más fácil de manejar.

---

<sup>13</sup> DUQUE, Chris. WITTMAACK, Svetlana. *Balística forense*. <https://www.duque-wittmaack.com/balistica-forense/>.

Normalmente se emiten a las tropas de gran movilidad como soldados de operaciones especiales y paracaidistas, también montada, artillería, logística u otro personal de infantería cuyas funciones no requieren rifles de tamaño completo, aunque hay una tendencia creciente para carabinas a soldados de primera línea para compensar el peso creciente de equipos emitidos.

Un ejemplo de esto es en el ejército de los Estados Unidos, que utiliza en su gran mayoría la carabina M4 de la fábrica Colt como estándar. Derringer: el término *derringer* es una falta de ortografía generalizada del apellido de Henry Derringer, un famoso fabricante del siglo XIX de pequeñas pistolas del bolsillo.

Muchas copias de la pistola Philadelphia Derringer original fueron hechas por otros fabricantes de armas en todo el mundo, y el nombre era a menudo mal escrito; este mal pronto se convirtió en una alternativa al término genérico para cualquier pistola de bolsillo, junto con la frase genérica pistola Palma, que los competidores de la Derringer inventaron y utilizan actualmente en su publicidad.

“La pistola Derringer original era una pistola de tiro de avancarga, con el advenimiento de armas de fuego de cartucho, pistolas comenzaron a producirse en la forma moderna conocida todavía como una Derringer”.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> DUQUE, Chris. WITTMAACK, Svetlana. *Balística forense*. <https://www.duque-wittmaack.com/balistica-forense/>.

### 1.5.2. Tipos de obliteración en las armas de fuego

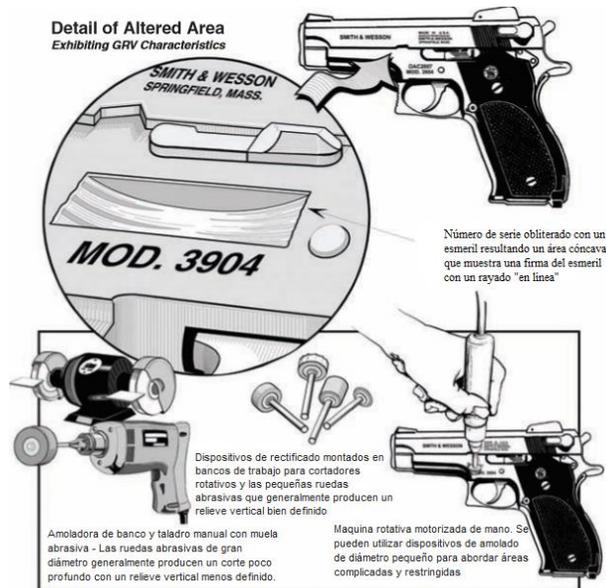
- Obliteración cóncava lisa (GRV)

Es un tipo de proceso de obliteración que da lugar a una impresión de molinillo cóncavo en la zona del cajón de mecanismos del arma de fuego donde el fabricante Smith & Wesson coloca el número de serie, esto es consistente con la obliteración causada por un molino de banco o una máquina de taladro manual donde se observa un rayado de líneas paralelas.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> DUQUE, Chris. WITTMAACK, Svetlana. *Balística forense*. <https://www.duque-wittmaack.com/balistica-forense/>.

Figura 2. Obliteración cóncava lisa



Fuente: *Obliteración cóncava lisa*. <https://www.atf.gov/firearms>. Consulta: junio de 2017.

- Obliteración cóncava irregular (GRC)

Es la zona circundante molida o lijada en un plano común, la superficie de relieve da como resultante la característica de una obliteración gruesa. "Este tipo de marca es consistente en las alteraciones producidas con el borde de una rueda abrasiva gruesa aplicada en una posición angular variable que produce una firma de rectificado cruzado o angular fácilmente discernible".<sup>16</sup>

<sup>16</sup> U.S. Department of Justice. *Buró General de Armas de Fuego y Explosivos*. <https://www.atf.gov/>.

Figura 3. **Obliteración cóncava irregular**



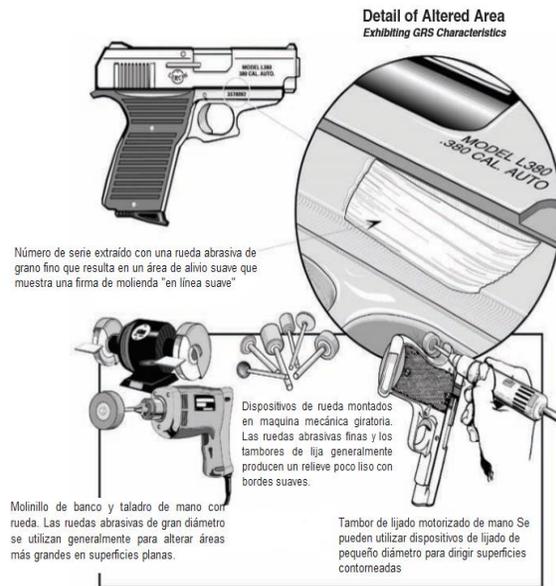
Fuente: *Obliteración cóncava irregular*. <https://www.atf.gov/firearms>. Consulta: junio de 2017.

- **Obliteración con dispositivo abrasivo Suave (GRS)**

La depresión estampada o grabada del número de serie y de la zona circundante es pulida o lijada en un plano común y la superficie de relieve resultante es característicamente lisa. "Este tipo de marca es común en las alteraciones producidas con el borde de una rueda abrasiva fina aplicada en el mismo plano de rotación de la rueda que produce una firma de molienda en línea".<sup>17</sup>

<sup>17</sup> U.S. Department of Justice. *Buró General de Armas de Fuego y Explosivos*. <https://www.atf.gov/>.

Figura 4. **Obliteración con dispositivo abrasivo suave**



Fuente: *Obliteración con dispositivo abrasivo suave*. <https://www.atf.gov/firearms>. Consulta: junio de 2017.

- Obliteración con herramienta de mano puntiaguda (SCN):

“Una herramienta de mano puntiaguda tal como un cincel o una punta endurecida se utiliza para raspar repetidamente la depresión estampada o grabada del número de serie y el área circundante hasta que el número de serie sea ilegible”.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> U.S. Department of Justice. *Buró General de Armas de Fuego y Explosivos*. <https://www.atf.gov/>.

Figura 5. **Obliteración por medio de herramientas puntiagudas**



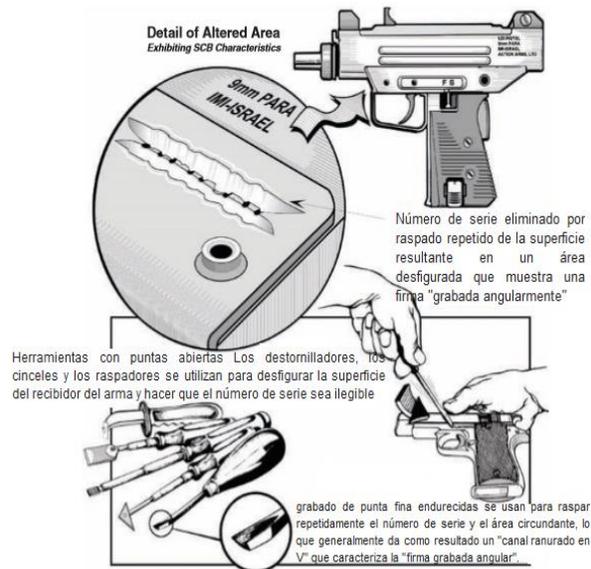
Fuente: *Obliteración por medio de herramientas puntiagudas*. <https://www.atf.gov/firearms>.

Consulta: junio de 2017.

- **Obliteración por herramienta manual con punta plana / abierta (SCB)**

Una herramienta manual de punta amplia tal como un cincel, raspador o destornillador se utiliza para raspar repetidamente la depresión estampada o grabada del número de serie y el área circundante hasta que el número sea ilegible.

Figura 6. **Obliteración por herramientas con punta plana**



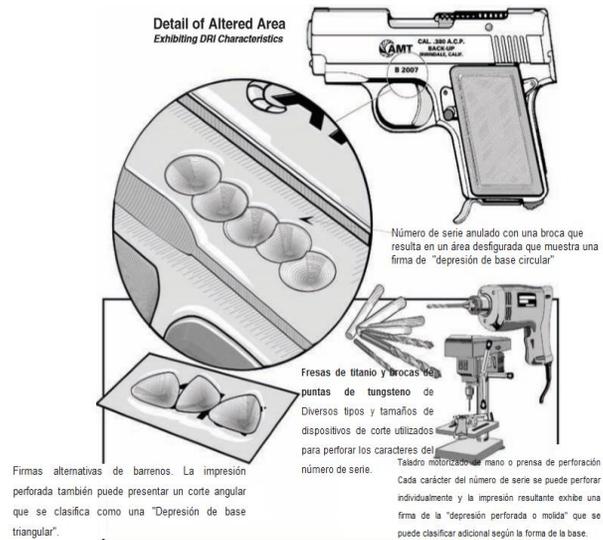
Fuente: *Obliteración por herramientas con punta plana*. <https://www.atf.gov/firearms>. Consulta: junio de 2017.

- **Obliteración por barreno / taladro (DRI)**

El número de serie se perfora mediante el uso de varios tipos y tamaños de brocas y brocas de fresado. Las impresiones de perforación individuales resultantes pueden clasificarse (base circular o base triangular). Además, se pueden identificar positivamente impresiones individuales similares en otras armas de fuego o en muestras de prueba comparativas realizadas con la broca sospechosa, mediante análisis comparativo e identificativos de marcas de herramienta.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> U.S. Department of Justice. *Buró General de Armas de Fuego y Explosivos*. <https://www.atf.gov/>.

Figura 7. **Obliteración por medio de barreno/taladro**



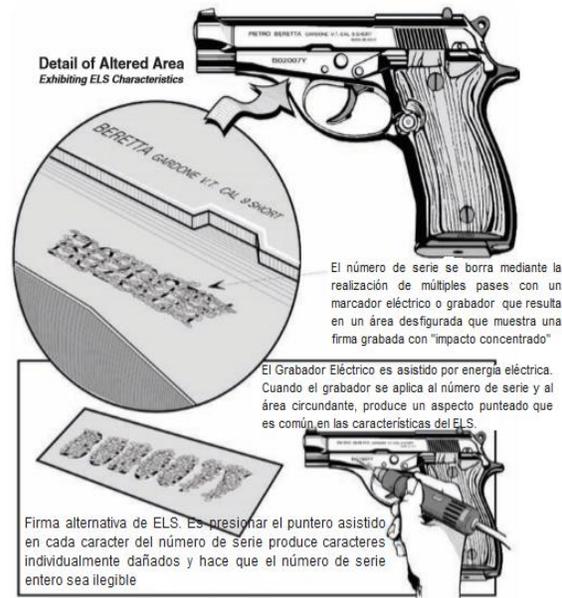
Fuente: *Obliteración por medio de barreno / taladro*. <https://www.atf.gov/firearms>. Consulta: junio de 2017.

- **Obliteración por marcador eléctrico de vibración (ELS)**

Una herramienta de grabado puntual asistida se utiliza para borrar o desfigurar la depresión estampada o grabada del número de serie y el entorno haciendo varios pases sobre el área o presionando el escribir en cada elemento del número de serie hasta volverlo ilegible.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> U.S. Department of Justice. *Buró General de Armas de Fuego y Explosivos*. <https://www.atf.gov/>.

Figura 8. **Obliteración con marcador eléctrico de vibración**



Fuente: *Obliteración con marcador eléctrico de vibración*. <https://www.atf.gov/firearms>. Consulta: junio de 2017.

- **Obliteración por punzonado / Dispositivo de compresión (PUN)**

Una herramienta manual con punta ancha tal como un cincel, raspador o destornillador se utiliza para raspar repetidamente el estampado o grabado de la depresión del número de serie y el área circundante hasta que el número es borrado o ilegible.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> U.S. Department of Justice. *Buró General de Armas de Fuego y Explosivos*. <https://www.atf.gov/>.

Figura 9. Obliteración con punzonado o dispositivo de compresión



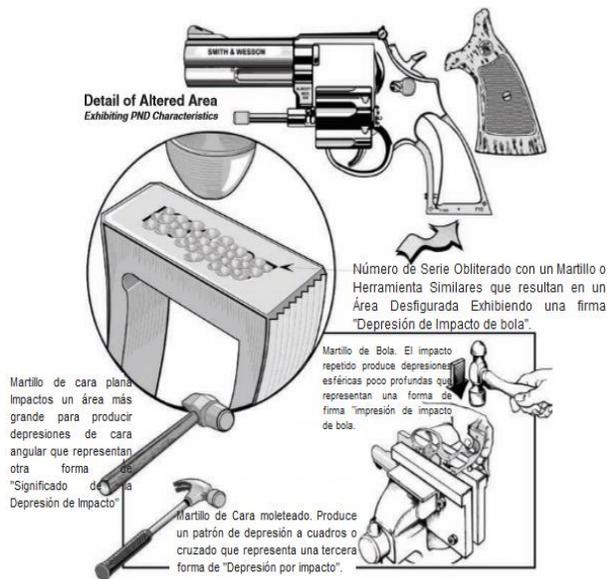
Fuente: *Obliteración con punzonado*. <https://www.atf.gov/firearms>. Consulta: junio de 2017.

- Obliteración por martillo como herramienta de compresión por golpe (PND)

Una serie de depresiones de impacto aplicadas manualmente (marcas por compresión) administradas repetidamente con un martillo o una herramienta similar sobre y alrededor del número de serie causando un aplanamiento del metal circundante para hacer que el número sea ilegible.<sup>22</sup>

<sup>22</sup> U.S. Department of Justice. *Buró General de Armas de Fuego y Explosivos*. <https://www.atf.gov/>.

Figura 10. **Obliteración con martillo**



Fuente: *Obliteración con martillo*. <https://www.atf.gov/firearms>. Consulta: junio de 2017.

- Obliteración por desgaste natural de uso o desuso

Esto sucede debido a que el acabado del arma de fuego, generalmente llamado PAVON, sufrió demasiado desgaste por el contacto continuo con otras superficies que fueron desgastando en el tiempo los troqueles de identificación del arma de fuego, sin embargo puede darse el caso que el desgaste sea por el mal uso del arma de fuego o mal estado de conservación de la misma, debido a varios factores ambientales de óxido-reducción que borraron los troqueles de identificación del arma de fuego.

## 1.6. Productividad

La productividad describe varias medidas de la eficiencia de la producción. Una medida de productividad se expresa como la relación entre la producción y las entradas utilizadas en un proceso de producción, es decir, la producción por unidad de entrada.

Una medida de productividad se expresa como la relación entre la producción y los insumos utilizados en un proceso de producción, es decir, la producción por unidad de entrada. La productividad es un factor crucial en el rendimiento de la producción de las empresas y las naciones.

El aumento de la productividad nacional puede elevar los niveles de vida porque un ingreso más real mejora la capacidad de las personas para comprar bienes y servicios, disfrutar del tiempo libre, mejorar la vivienda y la educación y contribuir a los programas sociales y ambientales. Aumentar la productividad nacional puede elevar el nivel de vida porque un ingreso más real mejora la capacidad de las personas para comprar bienes y servicios, disfrutar del ocio, mejorar la vivienda y la educación y contribuir a los programas sociales y ambientales. "El crecimiento de la productividad también ayuda a las empresas a ser más rentables".<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Wikipedia. *Productivity*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Productivity>.

### 1.6.1. Tipos de productividad

- Productividad parcial

Las medidas de productividad que utilizan una clase de insumos o factores, pero no múltiples, se llaman productividades parciales. En la práctica, la medición en producción significa medidas de productividad parcial interpretadas correctamente, estos componentes son indicativos del desarrollo de la productividad y aproximan la eficiencia con la que se utilizan los insumos en una economía para producir bienes y servicios. Interpretados correctamente, “estos componentes son indicadores del desarrollo de la productividad y se aproxima a la eficiencia con la que los insumos se utilizan en una economía para producir bienes y servicios”.<sup>24</sup>

Sin embargo, la productividad solo se mide parcialmente, o aproximadamente. En cierto modo, las mediciones son defectuosas porque no miden todo, pero es posible interpretar correctamente los resultados de la productividad parcial y beneficiarse de ellos en situaciones prácticas.

A nivel de la compañía, las medidas típicas de productividad parcial son cosas tales como horas de trabajo, materiales o energía utilizada por unidad de producción. A nivel de empresa, las medidas típicas de productividad parcial incluyen cosas, cuentos, horas trabajadas, materiales o energía utilizada por unidad de producción. Antes del uso generalizado de las redes informáticas, la productividad parcial se seguía en forma de tabla y con gráficos dibujados a mano.

---

<sup>24</sup> Wikipedia. *Productivity*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Productivity>.

Las máquinas tabuladoras para el procesamiento de datos comenzaron a ser ampliamente utilizadas en los años 1920 y 1930 y se mantuvieron en uso hasta que las computadoras centrales se generalizaron a fines de la década de 1960 y en la década de 1970.<sup>25</sup>

Las computadoras tabuladoras para computadoras portátiles de bajo costo permitieron las operaciones industriales a fines de los años setenta. Para realizar control de proceso y seguimiento de productividad. A mediados de los años setenta, las computadoras de bajo costo permitieron que las operaciones industriales realizaran el control de procesos y rastrearan la productividad.

Hoy en día, la recopilación de datos está en gran medida informatizada y casi cualquier variable puede verse gráficamente en tiempo real o recuperarse durante periodos de tiempo seleccionados. La productividad laboral es un indicador revelador de varios indicadores económicos, ya que ofrece una medida dinámica del crecimiento económico, la competitividad y el nivel de vida dentro de una economía.

- Productividad laboral

Es un indicador revelador de varios indicadores económicos, que ofrece una medida dinámica del crecimiento económico, la competitividad y el nivel de vida dentro de una economía. Es la medida de la productividad del trabajo (y todo lo que esta medida toma en cuenta) lo que ayuda a explicar los principales fundamentos económicos que son necesarios tanto para el crecimiento económico como para el desarrollo social.

---

<sup>25</sup> Wikipedia. *Productivity*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Productivity>.

En general, la productividad laboral es igual a la relación entre una medida del volumen de producción (producto interno bruto o valor agregado bruto) y una medida del uso de insumos (el número total de horas trabajadas o el empleo total), “la productividad del trabajo es igual a la relación entre una producción del volumen de producción y un total de horas trabajadas”.<sup>26</sup>

- Productividad multifactorial

Cuando se tiene múltiples entradas, la medida se denomina productividad multifactor o MFP, la productividad multifactorial generalmente se estima utilizando la contabilidad de crecimiento. Si los insumos son específicamente trabajo y capital, y los productos son productos intermedios de valor agregado, la medida se denomina productividad total de factores o TFP. Si las entradas son específicamente mano de obra y capital, y las salidas son productos intermedios de valor agregado, la medida se llama productividad total de factores o PTF.

La PTF mide el crecimiento residual que no puede explicarse por la tasa de cambio en los servicios de mano de obra, capital y productos intermedios, la MFP reemplazó el término TFP utilizado en la literatura anterior, y ambos términos continúan en uso (generalmente de manera intercambiable).<sup>27</sup>

La PTF a menudo se interpreta como una medida aproximada de la productividad, “más específicamente a la contribución al crecimiento económico que se hace para los factores como la innovación técnica y organizativa”.<sup>28</sup>

---

<sup>26</sup> Wikipedia. *Productivity*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Productivity>.

<sup>27</sup> *Ibíd.*

<sup>28</sup> *Ibíd.*

- Productividad total

Cuando todas las salidas e insumos se incluyen en la medida de productividad se llama productividad total. La productividad total es una medida de la eficiencia total de un proceso de producción y, como tal, a menudo se presenta como el objetivo a maximizar en un proceso de producción, como un negocio; comparado con la productividad total, el modelo de MFP reemplaza el ingreso real con el uso de capital al asumir que son iguales.

La razón de esta modificación no se conoce ni se argumenta, pero debilita la validez de la medida, el fenómeno de la productividad, la medición de la productividad, la distribución de las ganancias de productividad y cómo medir tales ganancias, la medición de la productividad se desarrollará de modo que indique aumentos o disminuciones en la productividad de la empresa y también la distribución de los frutos de producción entre todas las partes interesadas.

La medición de la productividad se puede desarrollar de tal manera que los efectos negativos o las disminuciones en la productividad de la empresa no afecten la distribución de los frutos de la producción entre todas las partes interesadas.

- Productividad individual y en equipo

La tecnología ha permitido obtener ganancias de productividad personal, computadores, hojas de cálculo, correo electrónico y otros avances que pueden ayudar al conocimiento de un producto, anteriormente era posible en un año.

Los factores ambientales como el sueño y el ocio desempeñan un papel importante en la productividad del trabajo y reciben un salario. Los impulsores del crecimiento de la productividad para los trabajadores creativos y de conocimiento incluyen el intercambio mejorado o intensificado con sus compañeros más productivos y tienen un efecto estimulante sobre la propia productividad.

La productividad se ve influenciada por la supervisión efectiva y la satisfacción laboral, tener un supervisor eficaz o bien informado (por ejemplo, un supervisor que utiliza el método de gestión por objetivos) tiene más facilidad para motivar a sus empleados a producir más en cantidad y calidad.

La intimidación en el lugar de trabajo genera una pérdida de productividad, medida por el desempeño del trabajo autocalificado, la insensibilidad en el lugar de trabajo también se ha asociado con la disminución de la productividad en términos de calidad y cantidad de trabajo. Un lugar de trabajo tóxico es un lugar de trabajo que está marcado por un drama significativo y luchas internas, donde las batallas personales a menudo dañan la productividad

Mientras los empleados se distraen con esto, no pueden dedicar tiempo y atención al logro de los objetivos laborales, cuando los empleados tóxicos abandonan el lugar de trabajo, puede mejorar la cultura en general porque el personal restante se vuelve más comprometido y productivo.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Wikipedia. *Productivity*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Productivity>.

La presencia de un psicópata en el lugar de trabajo puede tener un grave impacto perjudicial en la productividad de una organización, en las empresas en las que la jerarquía tradicional ha sido eliminada a favor de una empresa, la productividad individual está en el equipo, los empleados están a menudo más felices, y la productividad individual se mejora en la planta de trabajo. Las empresas que tienen esta jerarquía eliminada y hacen que sus empleados trabajen más en equipos se llaman empresas Liberated o Freedom Inc.

### **1.6.2. Eficiencia**

La eficiencia es la capacidad para evitar el derroche de materiales, energía, esfuerzos, dinero y tiempo en hacer algo o en producir el resultado deseado. En un sentido más general, es la capacidad de hacer las cosas bien, con éxito y sin desperdicio.

En términos más matemáticos o científicos, es una medida en la que se está haciendo una función para una tarea o función prevista (salida), comprende específicamente la capacidad de una aplicación específica de esfuerzo para producir un resultado específico con una cantidad mínima de desperdicio, gasto o esfuerzo innecesario.

Se incluye una capacidad de una aplicación específica de esfuerzo para producir un resultado específico con una cantidad mínima de desecho, gasto o esfuerzo innecesario, la eficiencia, por supuesto, se refiere a entradas y salidas muy diferentes en diferentes campos e industrias.

La eficiencia a menudo se confunde con la efectividad, la eficacia se confunde muy a menudo con la eficiencia. En general, la eficiencia es un concepto medible, determinado cuantitativamente por la relación entre la producción útil y la entrada total, la efectividad es el concepto más simple de poder lograr un resultado deseado, que se puede expresar cuantitativamente, pero no suele requerir más matemáticas complicadas que la suma.

Eficacia es el concepto más simple de ser capaz de lograr un resultado deseado, que puede ser expresado cuantitativamente, pero generalmente no requiere más palabras matemáticas que la adición, la eficiencia a menudo se puede expresar como un porcentaje del resultado que idealmente podría esperarse, por ejemplo, si no se pierde energía debido a la fricción u otras causas, en cuyo caso se usaría el 100 % de combustible u otra entrada para producir el resultado deseado.

La eficiencia del 100 % del combustible se puede esperar, por ejemplo, si no se perdió la energía debido a la fricción y otras causas. Esto no siempre se aplica, ni siquiera en todos los casos en los que a la eficiencia se le puede asignar un valor numérico, por ejemplo, no para un impulso específico.

Una forma común pero confusa de distinguir entre eficiencia y efectividad es el dicho de que la eficiencia está haciendo las cosas bien, mientras que la efectividad está haciendo las cosas correctas.

## **1.7. Iluminación**

La iluminación es el uso deliberado de la luz para lograr un efecto práctico o estético, incluye el uso de fuentes de luz artificiales como lámparas y luminarias, así como la iluminación natural al capturar la luz del día.

La iluminación diurna (con ventanas, claraboyas o estantes livianos) se utiliza a veces como fuente principal de luz durante el día en los edificios, esto puede ahorrar energía en lugar de utilizar la iluminación artificial, que representa un componente importante del consumo de energía en los edificios.

Una iluminación adecuada puede mejorar el rendimiento de las tareas, mejorar la apariencia de un área o tener efectos psicológicos positivos en los ocupantes, la iluminación interior se realiza generalmente usando los accesorios ligeros, y es una parte dominante del diseño interior, también puede ser un componente intrínseco de los proyectos paisajísticos.

La medición de luz o fotometría se refiere generalmente a la cantidad de luz útil que cae sobre una superficie y a la cantidad de luz que emerge de una lámpara u otra fuente, junto con los colores que pueden ser producidos por esta luz.

El ojo humano responde de forma diferente a la luz de diferentes partes del espectro visible, por lo tanto las mediciones fotométricas deben tener en cuenta la función de luminosidad al medir la cantidad de luz útil, la unidad básica de medida del SI es la candela (cd), que describe la intensidad luminosa, todas las demás unidades fotométricas se derivan de la candela. La luminancia, por ejemplo, es una medida de la densidad de intensidad luminosa en una dirección dada, describe la cantidad de luz que pasa a través de un área particular y cae dentro de un ángulo sólido dado.

La unidad SI de luminancia es candela por metro cuadrado ( $\text{cd} / \text{m}^2$ ), la unidad CGS de luminancia es el *stilb*, que es igual a una candela por centímetro cuadrado o  $10 \text{ kcd} / \text{m}^2$ , la cantidad de luz útil emitida desde una fuente o el flujo luminoso se mide en luz (lm).

La unidad SI de iluminancia y emisión luminosa, que es la potencia luminosa por área, se mide en Lux, se utiliza en la fotometría como una medida de la intensidad, tal como la percibe el ojo humano, de la luz que golpea o atraviesa una superficie.

Es análogo a la unidad radiométrica vatios por metro cuadrado, pero con la potencia a cada longitud de onda ponderada de acuerdo con la función de luminosidad, un modelo estandarizado de percepción del brillo visual humano, en inglés "lux" se usa tanto en singular como en plural.<sup>30</sup>

### **1.7.1. Tipos de iluminación**

La iluminación se clasifica según el uso previsto como iluminación general, de acento o de tarea, dependiendo en gran medida de la distribución de la luz producida por el aparato. La iluminación de tareas es principalmente funcional y suele ser la más concentrada, para fines tales como la lectura o la inspección de materiales, por ejemplo, la lectura de reproducciones de mala calidad puede requerir niveles de iluminación de trabajo de hasta 1 500 lux (150 pies) y algunas tareas de inspección o procedimientos quirúrgicos requieren niveles aún más altos.

La iluminación del acento es principalmente decorativa, destinada a destacar imágenes, plantas u otros elementos de diseño de interiores o paisajismo.

---

<sup>30</sup> Wikipedia. *Lighting*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Lighting>.

La iluminación general (a veces llamada luz ambiental), se llena entre los dos y se destina para la iluminación general de un área, en el interior, esto sería una lámpara básica en una tabla o un piso, o un accesorio en el techo, al aire libre, la iluminación general para un estacionamiento puede ser tan baja como 10-20 lux.<sup>31</sup>

## 1.8. Ventilación

La ventilación es la introducción intencional de aire ambiental en un espacio y se utiliza principalmente para controlar la calidad del aire interior mediante la dilución y el desplazamiento de contaminantes en interiores.

También se puede utilizar para fines de *confort* térmico o deshumidificación, la correcta introducción del aire ambiente ayudará a lograr los niveles de *confort* interiores deseados, aunque la medida varía de individuo a individuo. La introducción intencional de aire se puede clasificar como ventilación mecánica o ventilación natural, la ventilación mecánica utiliza ventiladores para impulsar el flujo de aire en un edificio.

Esto puede lograrse mediante presurización (en el caso de edificios presurizados positivamente), o por despresurización (en el caso de sistemas de ventilación por extracción), muchos edificios ventilados mecánicamente utilizan una combinación de ambos, con la ventilación integrada en el sistema HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado).

---

<sup>31</sup> Wikipedia. *Lighting*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Lighting>.

La ventilación natural es el flujo pasivo intencional de aire en un edificio a través de aberturas planeadas (tales como persianas, puertas y ventanas), la ventilación natural no requiere sistemas mecánicos para mover el aire, sino que depende enteramente de fenómenos físicos pasivos, como la difusión, la presión del viento o el efecto de la chimenea.

Los sistemas de ventilación en modo mixto utilizan procesos tanto mecánicos como naturales, los componentes mecánicos y naturales pueden utilizarse conjuntamente entre sí o por separado en diferentes momentos del día o de la estación del año, dado que el componente natural puede verse afectado por condiciones ambientales impredecibles, puede que no siempre proporcione una cantidad adecuada de ventilación. En este caso, los sistemas mecánicos pueden utilizarse para complementar o regular el flujo impulsado naturalmente. En muchos casos, la ventilación para la calidad del aire interior es simultáneamente beneficiosa para el control del *comfort* térmico, en estos momentos puede ser útil aumentar la velocidad de ventilación más allá del mínimo requerido para la calidad de aire interior.

ANSI/ASHRAE (Standard 62-89) especula que es probable que se cumplan los criterios de comodidad (olor) si se fija la velocidad de ventilación de modo que no se exceda 1 000 ppm de CO<sub>2</sub>, mientras que OSHA ha establecido un límite de 5 000 ppm Más de 8 horas.<sup>32</sup>

Las pautas de ventilación se basan en la tasa de ventilación mínima requerida para mantener niveles aceptables de pureza, el dióxido de carbono se utiliza como punto de referencia, ya que es el gas de mayor emisión a un valor relativamente constante de 0,005L / s. La ecuación del balance de masa es:

- $Q = G / (C_i - C_a)$        $Q = G / (C_i - C_a)$
- $Q = \text{velocidad de ventilación (L / s)}$

---

<sup>32</sup> Wikipedia. *Ventilation*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Ventilation>.

- $G$  = tasa de generación de CO<sub>2</sub>
- $C_i$  = concentración de CO<sub>2</sub> interna aceptable
- $C_a$  = concentración de CO<sub>2</sub> ambiente

Ventilar un espacio con aire fresco tiene como objetivo evitar el mal aire.

### 1.8.1. Tipos de ventilación

Ventilación mecánica se refiere a cualquier sistema que utiliza medios mecánicos, como un ventilador, para introducir el aire a un espacio. Esto incluye ventilación con presión positiva, ventilación de extracción y sistemas balanceados que usan tanto la ventilación de suministro como de escape.

La ventilación natural se refiere a los métodos pasivos intencionalmente diseñados para introducir aire a un espacio sin el uso de sistemas mecánicos, los sistemas de ventilación mixta (o de ventilación híbrida) utilizan tanto procesos naturales como mecánicos.

La infiltración es el flujo descontrolado de aire desde el exterior hacia el interior a través de fugas (aberturas no planeadas) en un área del edificio, cuando un diseño del edificio se basa en la infiltración circunstancial ambientalmente controlada para mantener la calidad del aire interior, este flujo se ha denominado ventilación adventicia.<sup>33</sup>

- Aire acondicionado

A menudo conocido como AC, A/C o A / C, es el proceso de quitar el calor de un espacio confinado, para así enfriar el aire, y la eliminación de la humedad.

---

<sup>33</sup> Wikipedia. *Lighting*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Lighting>.

El aire acondicionado se puede utilizar en ambientes domésticos y comerciales, este proceso es más comúnmente usado para lograr un ambiente interior más cómodo, típicamente para seres humanos o animales.

Sin embargo, el aire acondicionado también se utiliza para enfriar / deshumidificar las habitaciones llenas de dispositivos electrónicos productores de calor, como servidores de computadora, amplificadores de potencia e incluso para mostrar y almacenar obras de arte.

### **1.9. Distribución**

Distribución de la planta es el arreglo físico más eficaz, ya sea existente o en planos de instalaciones industriales por ejemplo, arreglo de máquinas, departamentos de equipo y servicio, para lograr mayor coordinación y eficacia de 4 M (hombres, materiales, máquinas y métodos) en una planta de procesamiento.

Problemas de diseño son fundamentales para cada tipo de organización/empresa/institución y están en todo tipo de preocupaciones/empresas, la adecuación del diseño afecta la eficiencia de las operaciones siguientes.

Es un requisito previo importante para operaciones eficientes y también tiene mucho en común con muchos problemas; una vez decidido el sitio de la planta, es el siguiente problema importante antes de la administración de la empresa al plan de disposición adecuada de la planta.

En palabras de Mallick y Gandreau:

Es una planta para determinar y organizar el diseño de la maquinaria y equipo, contempla el mejor lugar para permitir el flujo rápido de material, con el menor costo y con el mínimo de manejo en el procesamiento del producto, desde la recepción de materias primas hasta el embarque de producto terminado<sup>34</sup>.

### **1.9.1. Tipos de distribución**

- Distribución por el peso, volumen o movilidad del producto: si el producto final es muy pesado o difícil de manejar que involucre material costoso, manejo de equipo o una gran cantidad de trabajo, consideración importante será ascender el posible mínimo de producto, por ejemplo: caldera, turbinas, las industrias locomotoras, entre otros.
- Distribución por complejidad del producto final: si el producto se compone de un número muy grande de componentes y piezas, gran número de personas puede ser empleado para manipular el movimiento de estas piezas de tienda a tienda o de máquina a máquina o un ensamble de un punto a otro, por ejemplo fábrica de automóviles.
- Distribución por la duración del proceso en relación con el manejo de tiempo: si el tiempo de manipulación de material representa una proporción considerable del tiempo total de fabricación, cualquier reducción en el manejo de tiempo del producto puede resultar en la mejora de la gran productividad de la unidad industrial, por ejemplo industria de turbinas de vapor.

---

<sup>34</sup> MALLICK, B; GANDREAU, W. *Distribución de planta*.

- Distribución por la medida en que el proceso tiende a la producción en masa: con el uso de máquinas automáticas en las industrias para la producción en masa el volumen de la producción aumentará. En vista de alta producción, mayor porcentaje de mano de obra participará en el transporte de la salida a menos que el diseño sea bueno.

## **1.10. Mantenimiento**

Se describirá las definiciones y características elementales así como los tipos de mantenimiento existentes.

### **1.10.1. Definición**

Se define el mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

### **1.10.2. Características**

Mantenimiento, reparación y operación (MRO) implican la fijación de cualquier tipo de mecánica, plomería o dispositivo eléctrico si se convierte en fuera de servicio o roto (conocido como reparación no programada, accidente o mantenimiento correctivo).

En el sector del mantenimiento, los servicios de mantenimiento, reparación y revisión (MRO) también incluyen inspección, reconstrucción, alteración y suministro de piezas de repuesto, accesorios, materias primas, adhesivos, selladores, recubrimientos y consumibles para la fabricación de aeronaves y MRO. El MRO se puede categorizar por si el producto sigue siendo propiedad del cliente (es decir, se ofrece un servicio), o si el producto es comprado por la organización de reprocesamiento y vendido a cualquier cliente que desee hacer la compra.

### **1.10.3. Tipos de mantenimientos**

Se describe el tipo de mantenimiento preventivo y correctivo que se debe tener para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos.

#### **1.10.3.1. Preventivo**

Dicho mantenimiento está destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por algún deterioro, existen diferentes tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento programado:** realizado por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, entre otros.
- **Mantenimiento predictivo:** es aquel que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedará fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.

- Mantenimiento de oportunidad: es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización.

#### **1.10.3.2. Correctivo**

Es el encargado de corregir fallas o averías observadas, entre otros se puede indicar:

- Mantenimiento correctivo inmediato: es el que se realiza inmediatamente al aparecer la avería o falla, con los medios disponibles destinados a ese fin.
- Mantenimiento correctivo diferido: al momento de producirse la avería o falla se produce un paro de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Laboratorio de Balística Identificativa**

Actualmente es el Laboratorio de Balística Identificativa la sección que posee la mayor carga de trabajo en la Unidad de Laboratorio de Criminalística del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala (INACIF) y esto debido a que el 80 % de las muertes violentas que ocurren en el país se producen por armas de fuego.

Derivado de esto, las armas de fuego que son decomisadas o incautadas por la Policía Nacional Civil o el Ministerio Público son remitidas al Laboratorio de Balística Identificativa para sus diferentes análisis, siguiendo siempre la debida cadena de custodia.

#### **2.1.1. Demanda de análisis de armas de fuego**

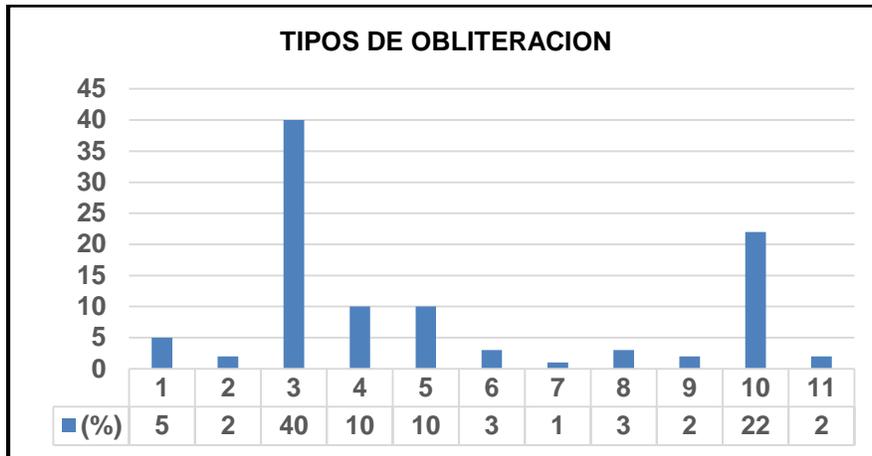
En el Laboratorio de Balística se reciben alrededor de 450 armas de fuego al mes, de las cuales un 45 % presentan algún tipo de alteración, esto equivale a unas 202 armas de fuego que ingresan con algún tipo de obliteración en sus caracteres de identificación, no se puede dar un tiempo exacto que conlleve este tipo de análisis pero sí los tipos de alteración u obliteración, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla I. **Porcentaje de los tipos de obliteración**

No.	Tipo de obliteración	(%)
1	Obliteración cóncava lisa (GRV)	5
2	Obliteración cóncava irregular (GRC)	2
3	Obliteración con dispositivo abrasivo suave (GRS)	40
4	Obliteración con herramienta de mano puntiaguda (SCN)	10
5	Obliteración por herramienta manual con punta plana / abierta (SCB)	10
6	Obliteración por barreno/taladro (DRI)	3
7	Obliteración por marcador eléctrico de vibración (ELS)	1
8	Obliteración por punzonado/Dispositivo de compresión (PUN):	3
9	Obliteración por martillo como herramienta de compresión por golpe (PND)	2
10	Obliteración por desgaste natural de uso o desuso (DNUD)	22
11	Otros tipo de alteración	2
	Total	100

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Porcentaje de tipos de obliteración**



Fuente: elaboración propia.

El número de serie, así como la marca y el modelo y otros troqueles en el arma, sirven para la identificación y rastreo de la misma.

### 2.1.2. **Tipos de análisis en las armas de fuego**

Fundamentalmente se derivan cuatro tipos de análisis en el funcionamiento de un arma de fuego:

- Análisis e inspección de los troqueles de identificación en el arma de fuego.
- Prueba de funcionamiento de sus mecanismos o sistema de percusión y sistema de disparo (al vacío).
- Prueba de disparo con fuego real y obtención de su huella balística.
- Prueba de recuperación de número de serie y otros caracteres de identificación.

### **2.1.3. Funcionamiento del arma de fuego**

Se realizan diferentes pruebas para dictaminar si se encuentra en capacidad de disparar y determinar la munición que utiliza, también se verifica si no presenta alguna alteración en sus troqueles de identificación.

Cada perito posee una estación de trabajo y es ahí donde realiza el desembalaje de la evidencia y la inspección ocular de las arma de fuego que le son asignadas, determina su identificación y si presenta alguna alteración o mal funcionamiento de sus mecanismos, así también si posee todos sus componentes, también realiza un marcaje personal en las armas de fuego con un marcador eléctrico de vibración, esto debido a procedimientos de trabajo previamente establecidos para reconocer la evidencia al momento de presentarla en un juicio penal.

Si el arma de fuego presenta alguna alteración en sus troqueles de identificación, generalmente es el número de serie del arma de fuego el que con mayor frecuencia es borrado, por lo que se procede a implementar el protocolo de recuperación de números de serie. Esto obliga al perito a trasladarse al lugar con que actualmente se cuenta para dichas pruebas.

#### **2.1.3.1. Descripción de equipos para métodos de recuperación**

La siguiente tabla de equipos describe la cantidad que actualmente posee el Laboratorio de Balística.

Tabla II. **Equipo actual para métodos de recuperación**

Cantidad	Equipo
1	Campana de extracción de gases
2	Estereoscopios
2	Yugos magnéticos
2	Dremel rotativos
2	Estaciones de trabajo
1	Lupa

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.3.2. Demanda de las áreas de aplicación de los métodos**

En estas áreas se pueden trabajar actualmente varios métodos a la vez, ya que no se cuenta específicamente con un área para tal propósito; por ejemplo: si un perito está utilizando la estación de trabajo para aplicar el método de inspección de partículas magnéticas y otro perito necesita también aplicar dicho método, lo puede realizar en el lugar donde se desarma y arman las armas de fuego, sin importar que no sea el lugar adecuado.

##### **2.1.3.2.1. Área de arme y desarme de las piezas**

Esta área consta de un mueble con gavetas, de aproximadamente 1,5 m. x 1 m., el cual cuenta con herramienta: destornilladores, alicates, pinzas, punzones, martillo, una prensa y llaves Allen, así también guantes de nitrilo, aceite 3 en 1 (lubrica, limpia y previene el óxido).

Dicho mueble se encuentra en un lugar continuo a unos 3 metros donde se localizan estaciones de trabajo de otros peritos, como es parte del área común del laboratorio, la ventilación es natural y el flujo de la renovación del aire se controla mediante las ventanas que posee el edificio, el tamaño de la abertura es alrededor de 2 m<sup>2</sup> y se localizan a 2 m. del nivel del piso.

La iluminación es directa por medio de dos lámparas fluorescente de 36 watts y 1,20 m. cada lámpara, la cual emite una apariencia de luz blanca (temperatura de color 3 500 Kelvin) posicionada a 2,7 m., justo por encima del área donde se ubica el mueble.

La temperatura del lugar es alrededor de los 20 °C y 25 °C, dependiendo la época del año, el área no posee aire acondicionado ni calefacción. No existe señalización de la herramienta ni delimitación del área.

#### **2.1.3.2.2. Área de aplicación de los reactivos químicos**

Esta área se compone de un área para la campana de extracción de gases, la cual se utiliza para aplicación del método químico y el método electroquímico de aproximadamente 1,8 m. x 0,90 m., el cual cuenta con un conducto instalado en la parte superior para la evacuación de los gases tóxicos que extrae la campana, este equipo posee una luz incandescente poco adecuada y gavetas en la parte inferior, para almacenamiento de los químicos.

Dicha campana de extracción se encuentra en un lugar continuo a unos 1,5 metros, donde se localizan estaciones de trabajo de otros peritos.

Como es parte del área común del laboratorio, la ventilación alrededor de la campana es natural y el flujo de la renovación del aire se controla mediante las ventanas que posee el edificio, el tamaño de la abertura es alrededor de 2 m<sup>2</sup> y se localiza a 2 m. del nivel del piso.

La iluminación es directa por medio de dos lámparas fluorescente de 36 watts y 1,20 m. cada lámpara, ubicadas a un costado de la campana, la cual emite una apariencia de luz blanca (temperatura de color 3 500 Kelvin) posicionada a 2,7 metros, la temperatura del lugar es alrededor de los 20°C y 25°C, dependiendo la época del año. El área no posee aire acondicionado ni calefacción. No existe señalización del equipo nocivo y está en un lugar poco adecuado.

#### **2.1.3.2.3. Área de aplicación de partículas magnéticas**

Es un mueble con gavetas de aproximadamente 1,5 m. x 1 m. que cuenta con dos yugos magnéticos, *spray* de partículas magnéticas (Magnaflux), dos herramientas rotativas (Dremel), lija fina (3M 1000), algodón, acetona, guantes de nitrilo y gafas protectoras, el mueble se encuentra en un lugar continuo a unos 3 m. de donde se localizan estaciones de trabajo de otros peritos.

Como es parte del área común del laboratorio, la ventilación es natural y el flujo de la renovación del aire se controla mediante las ventanas que posee el edificio, el tamaño de la abertura es alrededor de 2 m<sup>2</sup> y se localizan a 2 m. del nivel del piso. La iluminación es directa por medio de dos lámparas fluorescente de 36 watts y 1,20 m. cada lámpara a 2,7 m. de altura, las cuales emiten una apariencia de luz blanca (temperatura de color 3 500 Kelvin) posicionada justo por encima del área donde se ubica el mueble.

La temperatura del lugar es alrededor de los 20 °C y 25 °C, dependiendo la época del año. El área no posee aire acondicionado ni calefacción. No existe señalización del equipo e insumos ni delimitación del área.

#### **2.1.3.2.4. Área de limpieza y tratamiento de las piezas**

El área de limpieza se encuentra localizada actualmente en uno de los cuatro baños con que cuenta el laboratorio de balística identificativa, el lugar mide 2,5 m. de largo x 2 m. de ancho y fue acondicionado para poder introducir un mueble de 1,5 m. x 0,75 m., el cual cuenta con lavamanos y dispensador de papel, posee gavetas con diferentes insumos como bicarbonato de sodio (para parar la oxidación de los diferentes químicos), lijas finas 3M 1 000, jabón, guantes de nitrilo, algodón, aceite limpiador y lubricante.

La iluminación es directa por medio de dos lámparas fluorescente de 36 watts y 1,20 m. cada lámpara a una altura aproximada de 2,7 metros, la cual emite una apariencia de luz blanca (temperatura de color 3 500 Kelvin) posicionada justo por encima del área donde se ubica el mueble. La temperatura del lugar es alrededor de los 20 °C y 25 °C, dependiendo la época del año. El área no posee aire acondicionado ni calefacción. No existe señalización de los insumos. Posee un conducto para la extracción de olores, el cual no se encuentra en funcionamiento.

### **2.1.3.3. Método químico**

Actualmente se analizan alrededor de doce armas de fuego a diario, aproximadamente, aunque esto puede variar dependiendo las actividades de los peritos, el proceso de recuperación del número de serie puede variar en función del material y el tipo de obliteración que presenta el arma, esto dura alrededor de veinte a sesenta minutos.

### **2.1.3.4. Método electroquímico**

Actualmente este método está en su etapa de ensayo ya que es un nuevo método que se quiere implementar y es similar al método químico, con la gran diferencia que se hace pasar una corriente eléctrica a la pieza metálica (partes del arma de fuego) que está siendo atacada con los diferentes químicos, lo cual acelera el proceso de oxidación y derivado de este proceso se logra visualizar en un menor tiempo el número de serie obliterado, claro que esto está en función de varios factores que se estudiarán más adelante.

### **2.1.3.5. Método magnético**

Actualmente se aplica este método a unas ocho armas de fuego por día aproximadamente. La cantidad es menor en comparación con los otros métodos debido a que este solo puede aplicarse a armas de fuego cuya estructura son materiales ferrosos (aleaciones que contenga hierro-acero y otro componente de aporte menor), ya que este método solo funciona en este tipo de materiales.

### **2.1.3.6. Accidentes actuales**

Actualmente no existen accidentes directamente relacionados con la aplicación de los métodos químicos, solo indirectos como dolores de cabeza y malestar en el ambiente, por la exposición de los peritos a tóxicos que se encuentran cerca de las áreas de aplicación de los métodos.

El mal manejo de los químicos vencidos provocó una contaminación en el área y la suspensión temporal de toda actividad durante horas, debido a que se mezclaron varios químicos y se produjo gases tóxicos que los recipientes no soportaron y se esparcieron por toda el área.

## **2.2. Cadenas de custodia**

Tiene como objetivo la preservación e identidad de la evidencia y se divide en dos grandes etapas: preservación y procesamiento, que pretende establecer los lineamientos básicos para la preservación y el procesamiento de los indicios o evidencias relacionados con un presunto hecho delictivo.

Actualmente en el Laboratorio de Balística se cumplen los lineamientos a través de los peritos y otros servidores públicos que, en ejercicio de sus atribuciones, se encuentren obligados a preservar los indicios recolectados en el lugar de los hechos o del hallazgo y, en consecuencia, a ejecutar el procesamiento de indicios o evidencias para el cumplimiento de la cadena de custodia, con fundamento en el artículo 123 BIS del Código Penal, el cual establece expresamente que la preservación de los indicios, huellas o vestigios del hecho delictivo, así como de los instrumentos, objetos o productos de este, es responsabilidad directa de los servidores públicos que, por el cumplimiento de sus funciones, entren en contacto con ellos.

### **2.2.1. Cadena de custodia procesal**

Es la parte de la cadena de custodia donde el perito en balística firma y sella correctamente el embalaje que contiene las armas de fuego y donde manifiesta quiénes han revisado físicamente la evidencia, así mismo dicho embalaje tiene plasmado datos del arma de fuego y sus accesorios, así como datos demográficos como el nombre del sindicado, fecha del hecho, dirección del hecho, referencia del Ministerio Público y al mismo tiempo acepta y recibe los indicios como se describen en el embalaje.

### **2.2.2. Cadena de custodia documental**

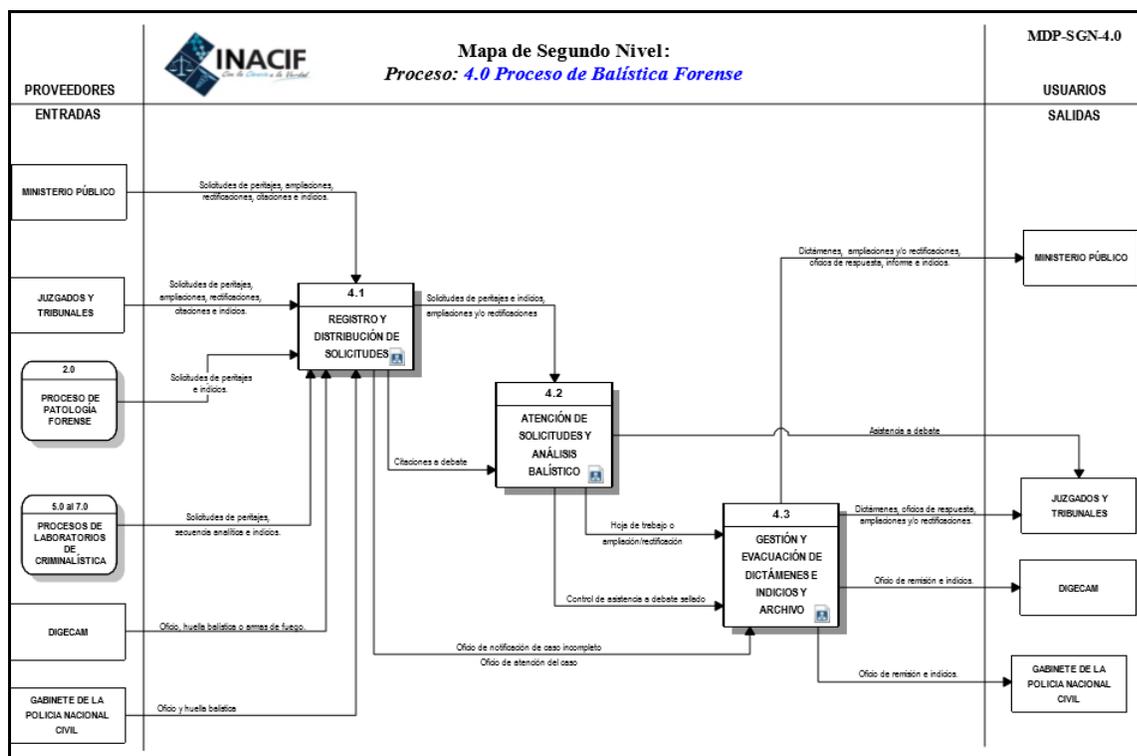
Es la parte de la cadena de custodia donde el perito en balística firma y sella el documento donde consta quienes han tenido en sus manos dicha evidencia, así mismo constan datos del arma de fuego y sus accesorios y datos demográficos como el nombre del sindicado, fecha de hecho, dirección del hecho, referencia del Ministerio Público y al mismo tiempo acepta y recibe los indicios como se describen en la cadena.

### **2.3. Diagramas del proceso para determinación del funcionamiento de un arma**

En el siguiente diagrama se dan a conocer las entidades estatales que envían armas de fuego a INACIF y el procedimiento de recepción de armas de fuego en el Laboratorio de Balística, luego como primer paso se da la verificación de la cadena de custodia procesal y documental, así como la identificación y funcionamiento del arma de fuego.

Dentro de la identificación se procede a verificar los troqueles de identificación del arma de fuego y, si es necesario, aplicar los métodos para la recuperación de caracteres, realizar las anotaciones correspondientes en una hoja de trabajo para luego proceder a la elaboración del dictamen, así como la entrega a los organismos correspondientes tanto de la evidencia como de los peritajes.

Figura 12. **Proceso que determina el funcionamiento de un arma de fuego**

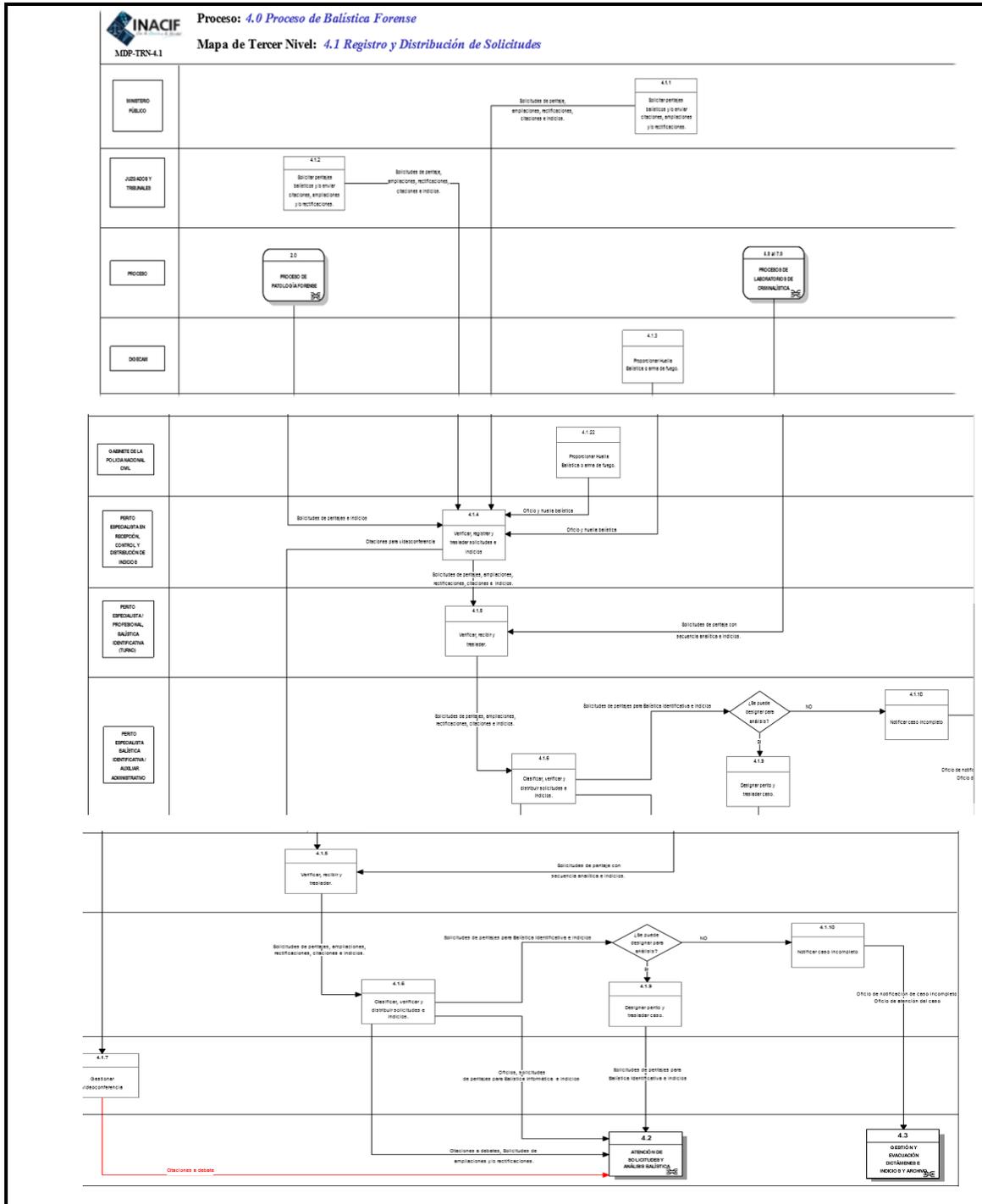


Fuente: elaboración propia.

### **2.3.1. Diagrama de operaciones**

El siguiente diagrama muestra cuál es el procedimiento de la recepción de armas de fuego en el Laboratorio de Balística, como primer paso la Policía Nacional Civil, El Ministerio Público o el Organismo Judicial ingresan la solicitud a la sección de RAD (Recepción, Análisis y Distribución de solicitudes) en donde analizan si procede o no recibir el arma de fuego, una vez aceptada el arma de fuego por INACIF es trasladada al Laboratorio de Balística en donde se realizan los análisis correspondientes.

Figura 13. Proceso de recepción y análisis de un arma de fuego

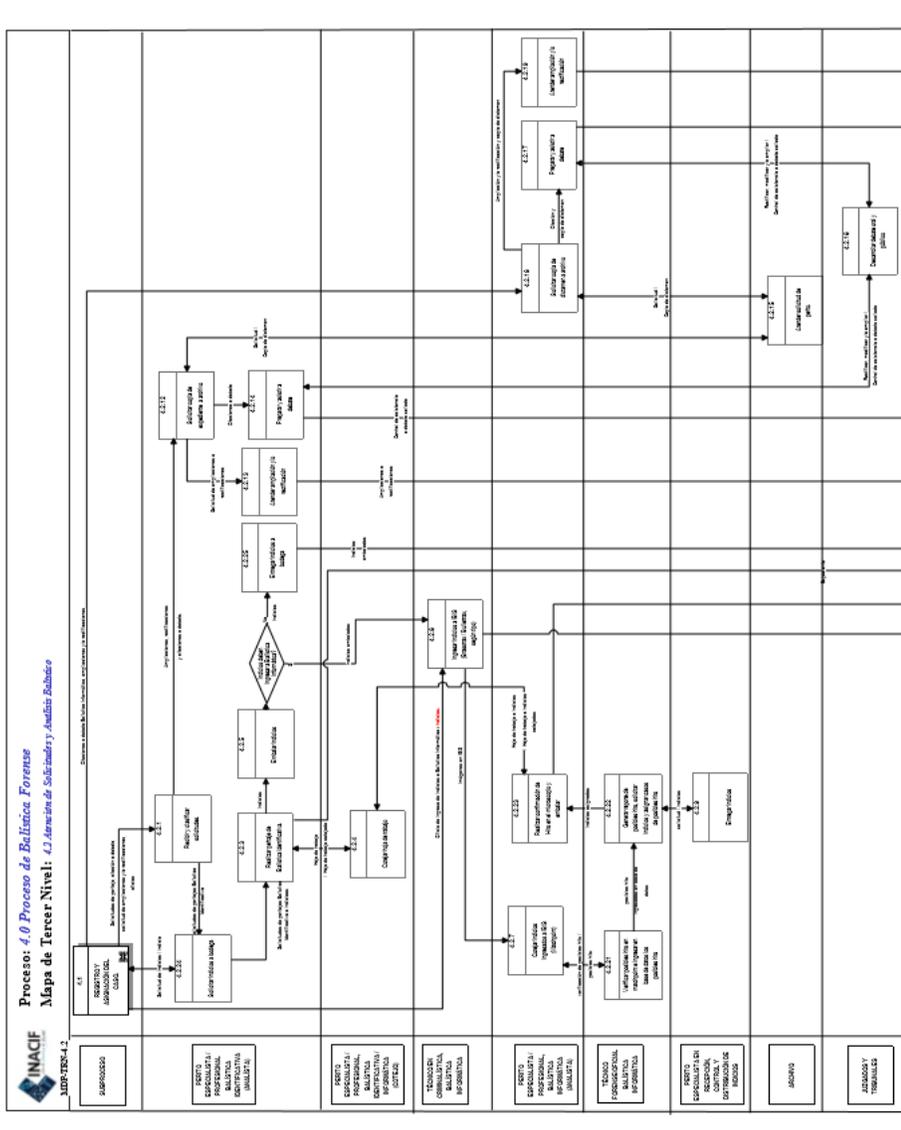


Fuente: elaboración propia.

### **2.3.2. Diagrama de flujo**

En el siguiente diagrama se muestra en general el proceso de recepción de las armas de fuego a INACIF, a través de la sección de Recepción, Análisis y Distribución de indicios de la unidad de seguimiento pericial, para luego ser trasladada al Laboratorio de Balística para la realización de los diferentes análisis con base en la solicitud del Ministerio Público o el Organismo Judicial.

Figura 14. Flujo de recepción, análisis y distribución de indicios de un arma de fuego



Fuente: INACIF. *Gestión y acreditamiento de la calidad*. Consulta: 23 julio de 2018.

#### **2.4. Área de almacenamiento de químicos empleados**

Esta se encuentra ubicada en las gavetas que posee la campana de extracción de gases, un área aproximadamente de unos 70 cm de ancho por 1 metro y 50 centímetros de largo y una altura de aproximadamente 50 cm. Se encuentran contenidos en envases de vidrio color ámbar de aproximadamente 500ml y están catalogados en dos grupos los químicos para hierro y acero y los químicos para aluminio. Los químicos para hierro y acero se subdividen en:

- Reactivo químico Fry: 90 gramos cloruro cúprico ( $\text{CuCl}_2$ ), 120 ml ácido hidrocloreídrico (HCL) y 100 ml agua destilada ( $\text{H}_2\text{O}$ ).
- Reactivo químico Turner: 2,5 gramos cloruro cúprico ( $\text{CuCl}_2$ ), 40 ml ácido hidrocloreídrico, 25 ml etílico alcohol (95 %) y 30 ml  $\text{H}_2\text{O}$ .
- Reactivo químico Davis: 5 gramos cloruro cúprico ( $\text{CuCl}_2$ ), 50 ml ácido hidrocloreídrico (HCL) 50 ml  $\text{H}_2\text{O}$ .
- 25 % NITRIC ACID: 25 ml ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) 75 ml  $\text{H}_2\text{O}$ .

Los químicos para aluminio se subdividen en:

- Cloruro férrico: 25 gramos cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) 100 ml  $\text{H}_2\text{O}$ .
- 10 % hidróxido de sodio: 10 gramos hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) 90 ml  $\text{H}_2\text{O}$ .
- 98 ml de ácido fosfórico al 85 % ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) o 50 ml de ácido fosfórico (concentrado) (85 %), 5 ml de ácido nítrico concentrado ( $\text{HNO}_3$ ), 3 ml de ácido nítrico concentrado.

#### **2.5. Áreas físicas actuales para la aplicación de los métodos**

Esta se divide en dos: el área para la aplicación del método de partículas magnéticas y el método químico, de la siguiente manera:

- El área para la aplicación del método de partículas magnéticas se encuentra ubicada en el área común de trabajo de los peritos y cuenta con un banco de trabajo en donde se encuentran ubicados dos yugos magnéticos, Magnaflux 7m-X (partículas magnéticas disueltas en un medio acuoso contenido en un envase a presión) y un yunque.
- El área para la aplicación del método químico se encuentra dispuesta junto al área en común donde los peritos realizan otros análisis con las armas de fuego (ver imagen).
- El área de limpieza se encuentra localizada actualmente en uno de los cuatro baños con que cuenta el Laboratorio de Balística Identificativa, el lugar mide 2,5 m. de largo x 2 m. de ancho y fue acondicionado para poder introducir un mueble de 1,5 m. x ,75 m., el cual cuenta con lavamanos y dispensador de papel, posee gavetas con diferentes insumos como bicarbonato de sodio (para parar la oxidación de los diferentes químicos), lijas finas 3M 1 000, jabón, guantes de nitrilo, algodón, aceite limpiador y lubricante.

La figura 15 permite conocer el área para la recuperación de caracteres por medio del método químico, no es el adecuado ya que contamina el ambiente y a los trabajadores.

Figura 15. **Área de recuperación de caracteres**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 16 el perito observa a través de un estereoscopio los caracteres que se logran recuperar luego de aplicados los químicos destructivos al armazón del arma de fuego.

Figura 16. **Perito observando caracteres**



Fuente: elaboración propia.

La iluminación es directa por medio de dos lámparas fluorescente de 36 watts y 1,20 m. cada lámpara, a una altura aproximada de 2,7 metros, la cual emite una apariencia de luz blanca (temperatura de color 3 500 Kelvin) posicionada justo por encima del área donde se ubica el mueble. La temperatura del lugar es alrededor de los 20 °C y 25 °C dependiendo la época del año. El área no posee aire acondicionado ni calefacción. No existe señalización de los insumos. Posee un conducto para la extracción de olores, el cual no se encuentra en funcionamiento.

### 2.5.1. Estaciones de trabajo actuales

Se encuentran localizadas en el ala norte del laboratorio juntamente donde los demás peritos realizan otros tipos de análisis.

En la figura 17 se puede observar a uno de los peritos aplicando los químicos destructivos y luego procede a visualizarlos en una lupa, por lo que los gases se mezclan en el ambiente donde los demás peritos realizan otros análisis

Figura 17. **Aplicación de químicos destructivos**



Fuente: elaboración propia.

## **2.5.2. Ventilación actual de vapores tóxicos**

Actualmente no existe ventilación en el área en común donde se aplica el método químico, como se observa en la figura. Esta esta se divide en dos: área de la campana de extracción de gases, la cual se utiliza para aplicación del método químico y el método electroquímico de aproximadamente 1,8 m. x 0,90 m., cuenta con un conducto instalado en la parte superior para la evacuación de los gases tóxicos que extrae la campana, este equipo posee una luz incandescente poco adecuada y gavetas en la parte inferior, para almacenamiento de los químicos.

Dicha campana de extracción se encuentra en un lugar continuo a unos 1,5 metros donde se localizan estaciones de trabajo de otros peritos. Como es parte del área común del laboratorio, la ventilación alrededor de la campana es natural y el flujo de la renovación del aire se controla mediante las ventanas que posee el edificio, el tamaño de la abertura es alrededor de 2 m<sup>2</sup> y se localizan a 2 m. del nivel del piso.

La iluminación es directa por medio de dos lámparas fluorescente de 36 watts y 1,20 metros cada lámpara, ubicadas a un costado de la campana, la cual emite una apariencia de luz blanca (temperatura de color 3,500 Kelvin) posicionada a 2,7 metros; la temperatura del lugar es alrededor de los 20 °C y 25 °C, dependiendo la época del año. El área no posee aire acondicionado ni calefacción, no existe señalización del equipo nocivo y está en un lugar poco adecuado.

### 2.5.3. Manejo de desechos líquidos

El tratamiento de los líquidos se realiza de la siguiente manera: en un frasco de aproximadamente un litro se colocan el químico Fry para hierro y acero, de la misma manera se coloca el químico Thurner y Davis, entre otros están:

- Acetona G.R.
- Etanol G.R.
- Aceite lubricante
- Bicarbonato de sodio G.R.
- Cloruro cúprico G.R.
- Agua desmineralizada
- Agua oxigenada
- Ácido clorhídrico concentrado G.R.
- Sulfato de cobre G.R.
- Hidróxido de amonio concentrado G.R.
- Cloruro férrico G.R.
- Hidróxido de sodio. G.R.
- Ácido nítrico concentrado G.R.
- Ácido crómico G.R.
- Sulfato de sodio G.R.
- Ácido molibdico G.R.
- Nitrato de plata. G.R.

#### **2.5.3.1. Químicos vencidos**

Estos se almacena junto con los químicos que están en uso, solo se colocan un poco más alejados de los que se encuentran en uso pero en el mismo lugar.

#### **2.5.3.2. Químicos en uso**

Los químicos en uso se dividen en dos: los reactivos químicos para hierros y aceros y los reactivos químicos para aluminio, siendo los siguientes: ácido clorhídrico concentrado, sulfato de cobre, hidróxido de amonio concentrado, cloruro férrico, hidróxido de sodio, ácido nítrico concentrado, ácido crómico, sulfato de sodio y ácido molibdico.

#### **2.5.4. Manejo de desechos sólidos**

El manejo de desechos sólidos es la gestión de los residuos, la recogida, el transporte, tratamiento, reciclado y eliminación de los materiales de desecho. El término generalmente se refiere a los materiales producidos por la actividad humana, y, en general, para reducir sus efectos sobre la salud y el medio ambiente.

#### **2.5.4.1. Manejo de hisopos de madera no estéril**

Hisopos 100 % algodón con una punta de 3/16" con vara de madera no esterilizada para la aplicación de los químicos Fry, Turner y Davis, así como químicos para aleaciones de aluminio, los cuales se desechan cada 2 a 4 minutos, después de cada aplicación con químicos. Sin embargo no existe un control adecuado de los desechos ya que estos son depositados juntamente con la basura común.

#### **2.5.4.2. Manejo de guantes sintéticos de nitrilo**

El nitrilo es un látex de caucho sintético y se utiliza para proteger las manos de los agentes químicos que se utilizan en la aplicación de los diferentes métodos. Es un material también muy elástico, con gran adaptabilidad, que proporciona una comodidad al perito en balística. Una ventaja añadida sobre el látex es que el calzado del guante se realiza con mayor facilidad, debido al tratamiento aplicado a la superficie interna, que a su vez reduce el riesgo de padecer dermatitis por contacto (alergias del tipo IV). Esta ventaja es muy agradecida por los peritos que sudan excesivamente y con poca tolerancia al empolvado de otros guantes.

Asimismo, los guantes de nitrilo presentan una resistencia al rozamiento y desgaste superior a otros guantes. Debido a esto tienen una gran utilidad al momento de la aplicación de los diferentes métodos de recuperación de caracteres, pero de igual manera al momento de desecharlos se depositan en botes de basura no aptos para el manejo de estos desechos.

### **2.5.4.3. Manejo de probetas desechables**

La probeta es también llamada cilindro graduado y se utiliza en el Laboratorio de Balística para contener las partículas magnéticas (Magnaflux), ya que es un instrumento de medición volumétrico, generalmente se utilizan las probetas plásticas, las funciones de la probeta son:

- Permite medir volúmenes
- Permite contener líquidos

Las probetas generalmente están graduadas, es decir, llevan grabada una escala (por la parte exterior), lo cual les permite medir un determinado volumen del Magnaflux, que es la sustancia acuosa que contiene partículas magnéticas que permite visualizar el número de serie en las armas de fuego. Cada vez que el perito utiliza una de estas se desecha y se deposita en un bote de basura común, el cual no es apto para este tipo de desechos.

### **2.5.5. Seguridad industrial del área actual**

El laboratorio no cuenta con condiciones de trabajo seguras que van en decremento de la salud del trabajador, como el desconocimiento de las características de peligrosidad de las sustancias que se utilizan, empleo de métodos y procedimientos de trabajo intrínsecamente peligrosos, malos hábitos de trabajo, empleo de material de laboratorio inadecuado, instalaciones no adecuadas, diseño no ergonómico, falta de espacio y contaminación ambiental.

### **2.5.6. Iluminación de los lugares de trabajo**

Esta se encuentra compuesta de luz natural y luz artificial que comparte el área en común del laboratorio de Balística con las demás estaciones de trabajo.

## **2.6. Fundamentos de los diferentes métodos**

Se describirá el fundamento científico que los métodos que se aplican en el laboratorio de balística para la recuperaciones de números de serie.

### **2.6.1. Método de inspección de partículas magnéticas**

Los métodos de aplicación de las partículas magnéticas pueden ser en vía seca y vía húmeda, los cuales se deben aplicar de una manera uniforme a lo largo de la superficie y en la cantidad correcta.

### **2.6.2. Método químico**

Este método aplica químicos y se basa en un efecto galvánico o corrosión galvánica, el efecto galvánico o intermetálico sobre el cual se basa la recuperación de caracteres borrados se lleva a cabo gracias al material en los límites del grano, el área que fue trabajada en frío está en un potencial de alta solución debido las concentraciones de las dislocaciones que conducen a una unión deficiente y a una mayor energía de deformación.

Existen varios métodos para determinar el trabajo en frío en piezas metálicas, el método químico es bastante efectivo, y no daña la pieza, aunque es una prueba destructiva, solamente en el sentido que con cada aplicación de químicos sobre el material existe un desgaste leve del metal y después de cierta cantidad de aplicaciones no quedará trabajo en frío para seguir realizando la prueba.

Sin embargo el cambio que genera no daña la resistencia del material, siempre y cuando se neutralice la pieza después de la aplicación de los químicos.

### **2.6.3. Método electroquímico**

Si se dice que es una prueba muy destructiva, es porque se destruye el trabajo en frío que existe en la pieza con las reacciones que se lleva a cabo una aplicación de corriente eléctrica para acelerar el procesos de corrosión, pero no si se compara este método químico con un método electroquímico en el cual la pieza se calienta hasta una temperatura óptima.

Si se compara el método químico con un método magnético en el cual la pieza no sufre desgaste, ni reacción alguna, el método electro-químico no se ve tan aconsejable, pero no todos los metales son magnéticos, de tal forma que no es aplicable a todos ellos.

Como se muestra en la figura 18, es necesaria la utilización de una fuente de poder para suministrar una corriente eléctrica para la aplicación del método electroquímico.

Figura 18. **Aplicación del método electroquímico**



Fuente: ATF. *Galería de imágenes ATF*. 2008.

## 2.7. Tipos de alteración en los troqueles de identificación

Dentro de los tipos de alteración en los troqueles de identificación están:

- Alteración aditiva o por agregación
- Alteración por enmienda
- Alteración por remarcado

## **2.8. Factores que afectan la restauración de la identificación en armas de fuego**

El grado de restauración de una marca estará influenciado por los siguientes factores:

- Tipo de material que posee la marca
- Método utilizado para marcaje primario o secundario
- Técnica de obliteración aplicada
- Preparación preliminar de la superficie obliterada
- Aplicación de soluciones corrosivas
- Observación del área tratada
- Iluminación deficiente

## **2.9. Factores de riesgos a trabajadores**

Algunas características del trabajo que han sido asociadas con lesiones pueden asociarse a dos grandes factores: físicos, como postura, velocidad, aceleración, repetición y duración, y ambientales como iluminación, frío, calor, iluminación y ruido. Sobre la calidad de vida de los trabajadores influyen varios elementos considerados factores de riesgo:

- El trabajo que se refiere al material o materia prima que se transforma a través de las intervenciones sobre su composición física y química. Estas características pueden causar trastornos de corto y largo plazo en la salud.
- Los instrumentos de trabajo, es decir, la maquinaria, equipos y herramientas que se utilizan para recuperar los caracteres.

- La actividad laboral, que corresponde a la que desarrolla cada trabajador a partir del uso de los químicos. Ello implica el uso de las capacidades físicas y psicológicas del empleado.
- Las condiciones de trabajo que incluyen el medio ambiente, las de seguridad y las cargas psicológicas que genera el empleo.

Los indicadores deficientes en el área de trabajo son:

- Posturas inadecuadas
- Fuerza excesiva
- Vibraciones

### **2.9.1. Análisis de los factores de riesgo**

Para realizar el estudio en el laboratorio debe basarse en los factores ergonómicos de riesgo que han sido determinados por el Instituto de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos de Norteamérica (OSHA), que al ser una entidad estatal hace una relación de los mismos en tanto y en cuanto puedan llegar a incidir en la salud de los empleados al poder llegar a ocasionarse lesiones o problemas de salud asociados a la exposición de químicos.

### **2.9.2. Recurso humano actual del laboratorio**

Se realizó un análisis sobre el perfil técnico de los peritos del laboratorio y se describe la experiencia necesaria para este puesto.

### 2.9.2.1. Perfil técnico de los peritos

En los siguientes cuadros se puede observar cuáles deben ser los conocimientos generales y específicos de los peritos en los diferentes niveles de desempeño laboral.

Tabla III. **Cuadro de competencia a nivel de formación necesaria**

No.	Conocimiento General*	Conocimiento Específico
1	Reglamento Interno de Trabajo	Generalidades
2	Reglamento disciplinario	Generalidades
3	Reglamento de Viáticos	Generalidades
4	Ley orgánica del INACIF	Generalidades

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Competencia a nivel de formación técnica (pericia), específica (administrativa/financiera)**

No	Conocimiento general*	Conocimiento específico
1	8vo. Semestre de la Carrera de Ing. Industrial, Mecánica, Mecánica/Industrial.	Mecánica analítica, química general, matemática intermedia.
2	Identificación de armas de fuego	Metodología para la identificación de armas de fuego, en cuanto al tipo, marca, calibre, modelo, número de serie, país de origen, fabricante, entre otros.
3	Identificación de munición para armas de fuego.	Metodología para la identificación de munición para armas de fuego, en cuanto al tipo, marca, calibre, país de origen, fabricante, entre otros.
4	Cotejo microscópico de casquillos y proyectiles de arma de fuego.	Criterios básicos para el análisis comparativo de casquillos y proyectiles de armas de fuego.

Continuación de la tabla IV.

5	Prueba de recuperación de caracteres mediante método químico.	Metodología a seguir para realizar la prueba de recuperación de caracteres en armas de fuego, mediante el método químico.
6	Prueba de recuperación de caracteres mediante método magnético.	Metodología a seguir para realizar la prueba de recuperación de caracteres en armas de fuego, mediante el método químico.
7	Oratoria forense	Aspectos que un perito debe conocer sobre cómo expresarse dentro de un juicio oral.
8	Funcionamiento de armas de fuego.	Conocer el mecanismo general de funcionamiento de armas de fuego tipo pistola, revólver, escopeta, carabina, subametralladora, carabinas, armas hechizas, entre otros.
9	Rol del perito dentro del proceso penal guatemalteco.	Conocer la importancia que tiene un perito dentro del proceso penal guatemalteco.
10	Cadena de custodia.	Conocer la importancia de la cadena de custodia de un indicio, dentro del proceso penal guatemalteco, metodología a seguir para mantener la cadena de custodia de indicios.

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Competencia a nivel de formación legal**

No.	Conocimiento general*	Conocimiento específico
1	Código Procesal Penal.	Funciones y cualidades del perito.
2	Código Penal.	Funciones y cualidades del perito.
3	Ley de Armas y Municiones.	Clasificación de armas de fuego; delitos y faltas relacionados con armas de fuego.

Fuente: elaboración propia.

- Habilidades

Las principales habilidades de los peritos deben ser las siguientes:

- Conocimientos en hojas de cálculo y bases de datos
  - Conocimiento básico de inglés técnico
  - Manejo de armas de fuego
  - Interpretación de resultados para dictamen en debate oral.
  - Oratoria
  - Manejo de situaciones
- Recurso humano actual del laboratorio

Actualmente el Laboratorio de Balística Identificativa cuenta con 19 peritos, todos con estudios en ingeniería industrial o ingeniería mecánica, así como ingeniería mecánica industrial, también se cuenta con seis auxiliares administrativos con algunos estudios en la universidad.

### **2.9.2.2. Experiencia forense necesaria**

- Formación necesaria

Conocimientos en Ley de Armas y Municiones, Código Procesal Penal, Código Penal, Ley Orgánica del INACIF, cadena de custodia, rol del perito dentro del proceso penal guatemalteco, funcionamiento de armas de fuego, identificación técnica de armas de fuego, identificación de municiones de arma de fuego, cotejo microscópico de casquillos y proyectiles de armas de fuego, oratoria forense, prueba de recuperación de caracteres mediante método químico y magnético, manejo de equipos de seguimiento y medición.

- Habilidades

Conocimientos en hojas de cálculo y bases de datos. Conocimiento básico de inglés técnico. Manejo de armas de fuego, así como interpretación de resultados para dictamen en debate oral.



### **3. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ÁREA NUEVA DE TRABAJO**

#### **3.1. Planeación de procesos**

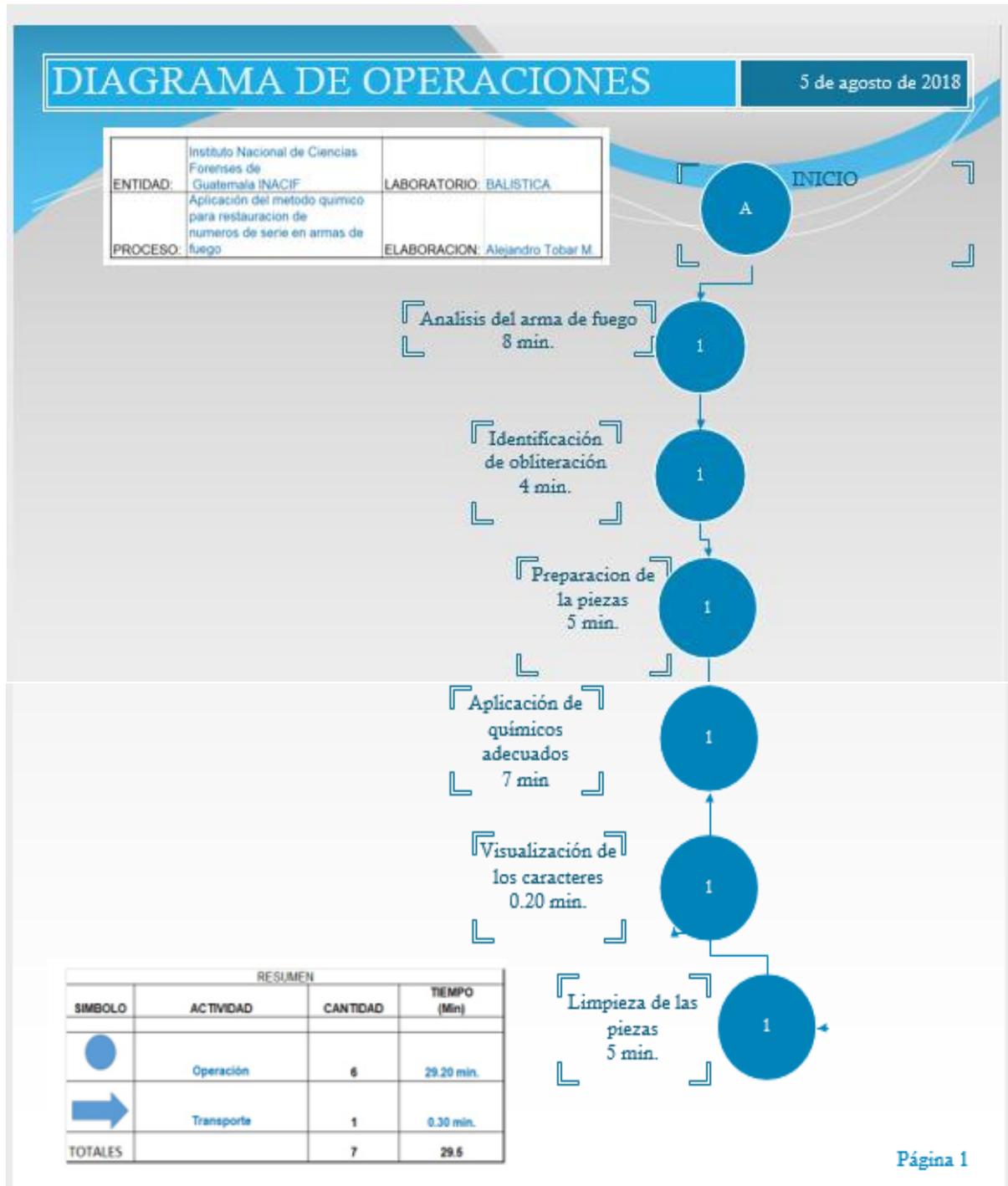
Una planeación de proceso describe la forma óptima de realizar los procesos que se llevarán a cabo en determinada área de trabajo, cómo se realizarán las operaciones, qué recursos se necesitarán y dónde se realizarán los procesos.

La nueva área para la implementación de las pruebas de recuperación de caracteres en armas de fuego comprenderá de una optimización adecuada del espacio destinado para tal propósito, así como el nuevo diseño del área y todo el conjunto de necesidades que este conlleva, como la iluminación, ventilación, señalización, estaciones de trabajo, extractor de gases tóxicos, adecuado manejo de los desechos sólidos y líquidos, así como los protocolos adecuados para el correcto funcionamiento del área y equipo.

##### **3.1.1. Diagrama de operaciones proyectadas**

Como se muestra en el diagrama, el paso inicial es el análisis del arma de fuego, el cual consiste en la identificación de los troqueles que los fabricantes imprimen en las armas de fuego, si se detecta alteración se procede al tratamiento de la pieza para aplicar el método adecuado para la recuperación del número serial, que lleva un tiempo estimado de 29,5 minutos, como se muestra el siguiente diagrama.

Figura 19. Diagrama de operación

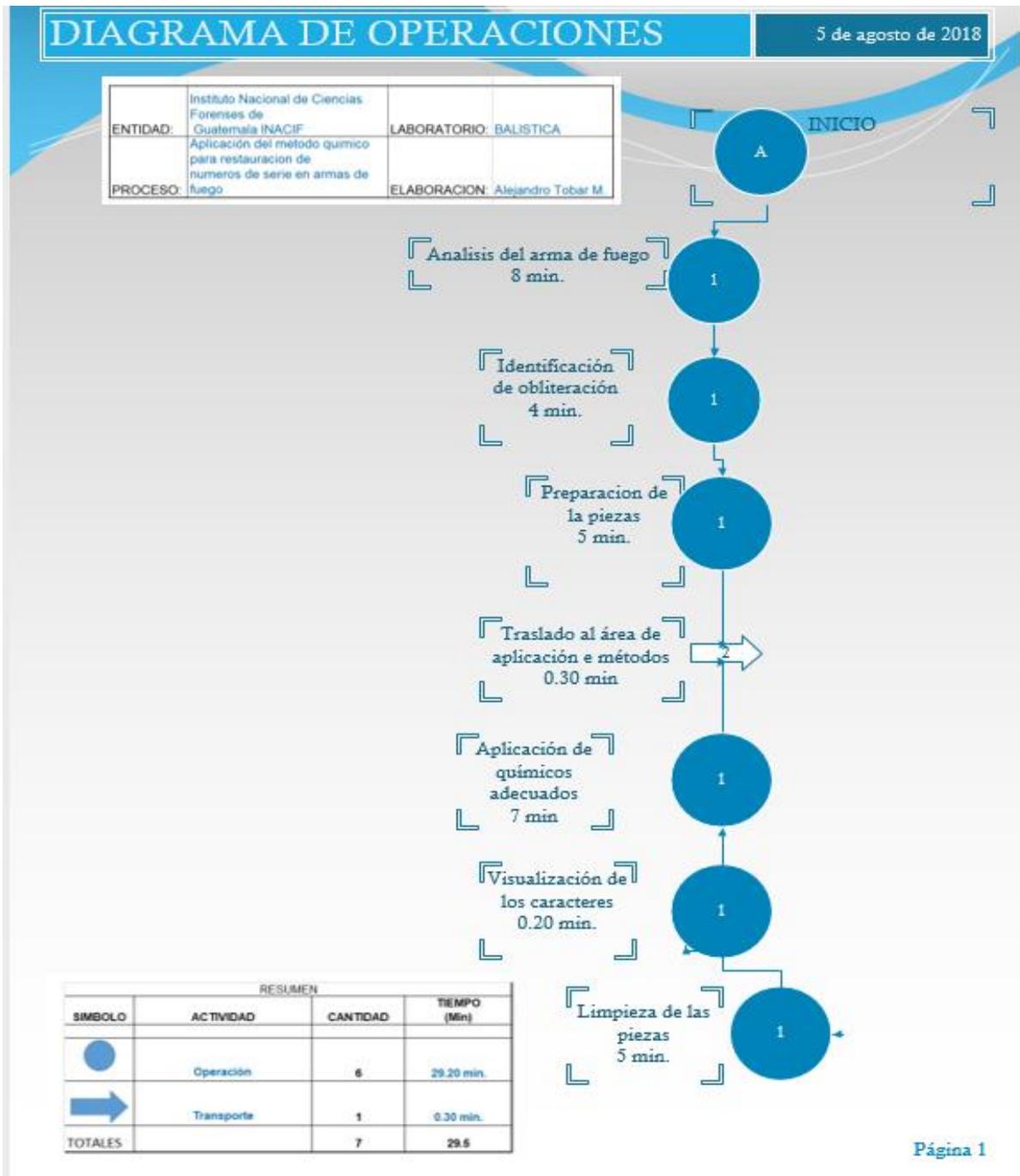


Fuente: elaboración propia.

### **3.1.2. Diagrama de flujo propuesto**

Como se muestra en el diagrama de flujo los análisis se realizan en dos áreas diferentes, por lo que existe un flujo y procesos diferentes en cada estación de trabajo para el análisis del arma de fuego, los troqueles que los fabricantes imprimen en las armas de fuego, si se detecta alteración se procede al tratamiento de la pieza para aplicar el método adecuado para la recuperación del número serial, que conlleva un tiempo estimado de 29,5 minutos, como se muestra en el siguiente diagrama.

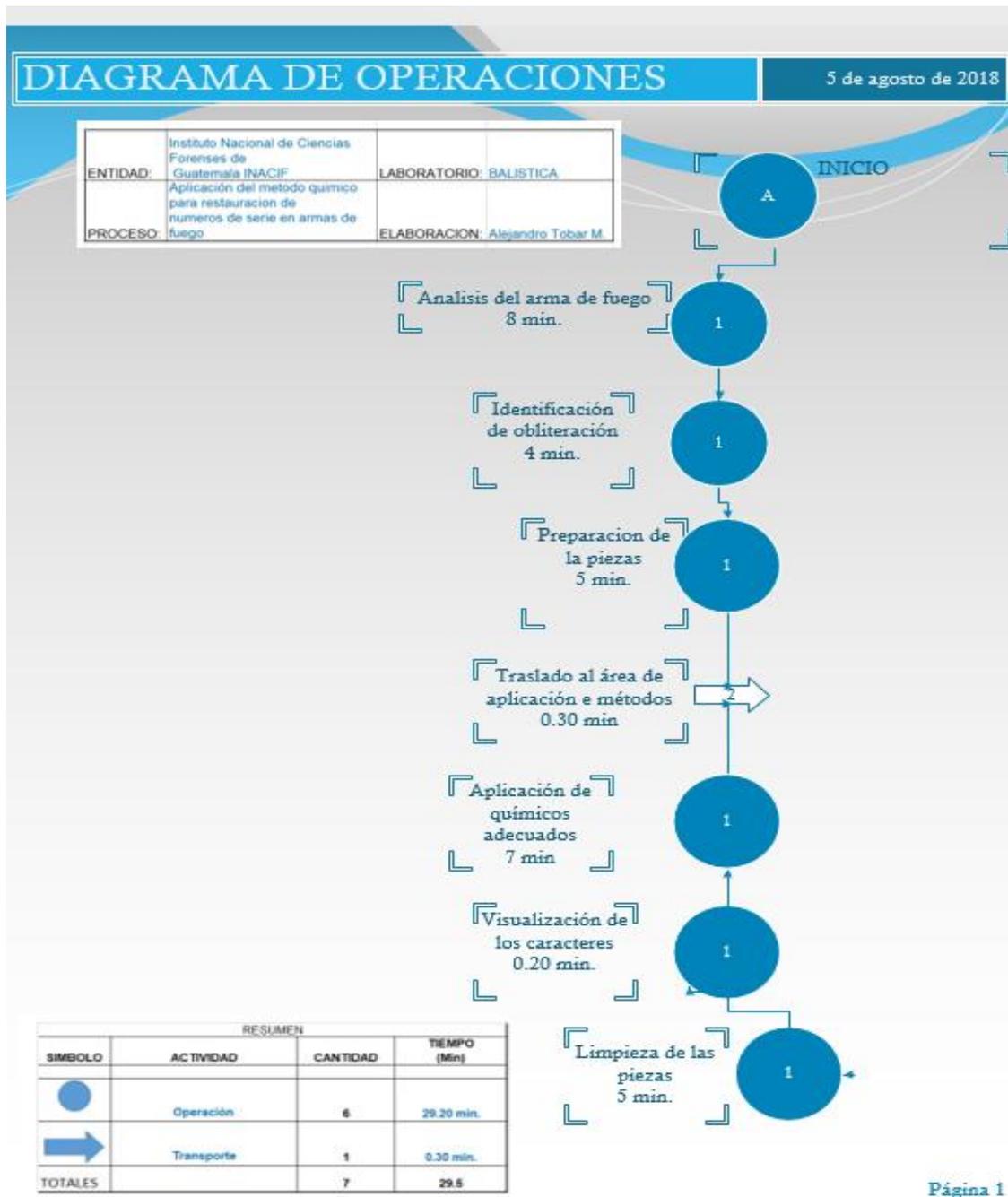
Figura 20. Diagrama de flujo propuesto



Fuente: elaboración propia.

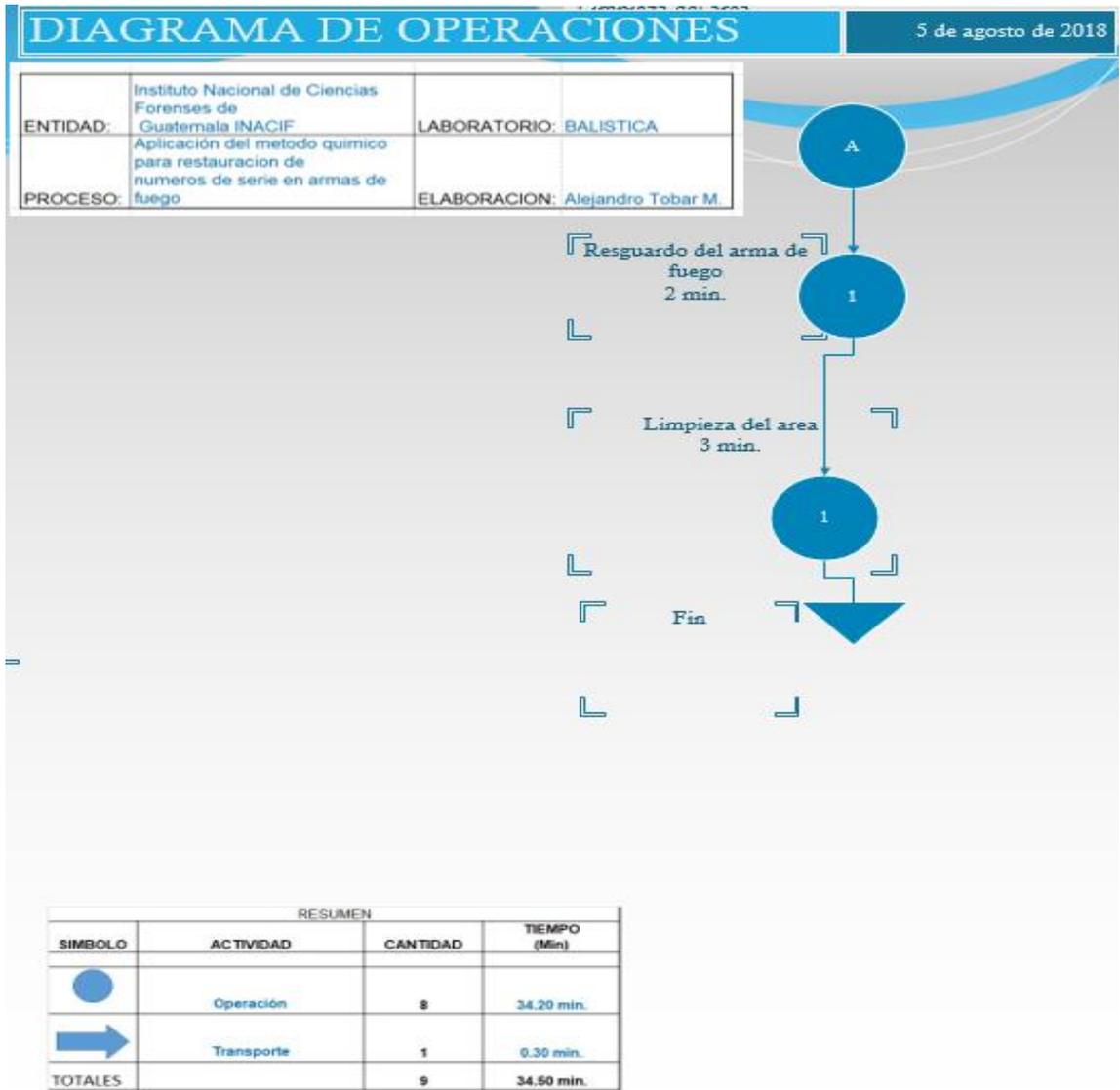
El diagrama de la operación del proceso total del peritaje del arma de fuego, con la aplicación de algún método de recuperación y su finalización, lleva un tiempo total estimado de 34,5 minutos, como se muestra en el siguiente diagrama.

Figura 21. Operación del proceso total de peritaje de un arma de fuego



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Operación del proceso total de peritaje de un arma de fuego



Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Composición de diagnóstico**

- Área de recuperación por medio del método de inspección de partículas magnéticas

Se estará utilizando varios elementos y compuestos penetrantes, se llevarán a cabo varios procesos introduciendo un campo magnético a materiales ferromagnéticos, para lograr un fin propuesto.

- Área de recuperación por medio del método químico

Lugar donde se utilizarán varios elementos y compuestos químicos, en este se aplicarán varios procesos repetitivos, aplicando para ello diferentes métodos en función de los elementos controlados por el experto.

- Área de recuperación por medio del método electroquímico

Sitio donde se utilizan fuente de voltaje y compuestos químicos, se aplicarán varios procesos repetitivos, aplicando para ello diferentes métodos en función de los elementos controlados por el experto.

- Consecuencias

Se deben a diferentes capacidades y habilidades, estos problemas son físicos y se consideran con base en la experiencia del operador.

- Términos ergonómicos

La ergonomía es una disciplina que relaciona la ingeniería en el diseño de productos, procesos y sistemas con el objetivo de reducir el error humano y aumentar la productividad, mejorar la seguridad con un enfoque entre el hombre y los elementos de un ambiente laboral.

- Necesidades de la ergonomía

Los factores humanos y el entorno cambian entre las necesidades y habilidades de las personas, en esta misma línea se especifica el diseño y desarrollo, principalmente para personas que presentan problemas de salud derivados de la mala ubicación de estaciones de trabajo para la aplicación de métodos de recuperación de caracteres.

- Efectos de un mal diseño del área de trabajo

El área nueva deberá adaptarse al trabajador, al no aplicarse dichas mejoras ocurren contratiempos, menor eficiencia, desgaste físico, emocional y enfermedades profesionales.

- Proceso de ergonomía

En el diseño de ingeniería, la ergonomía será relevante en el laboratorio y los procesos adecuados al área nueva de trabajo serán fundamentales para cumplir los objetivos de salud, seguridad ocupacional y productividad.

### **3.3. Organización del trabajo**

La organización de trabajo también se puede utilizar de una forma preventiva. Para que el trabajador labore con eficacia y eficiencia y tener mejores resultados en la producción y distribución, se debe asignar una tarea distinta a cada trabajador para no darle más tareas a uno solo, y a otro menos, esto evitará que padezca de desórdenes de trauma acumulativo, fatiga corporal, fatiga localizada, estrés laboral, postura neutral y síntomas físicos.

La propuesta es mejorar la estructura organizacional y buena organización, solo así proporcionará un resultado positivo de los trabajadores debido a que si se rotan los puestos, se evitará el desgaste físico de los trabajadores, siendo equitativo en la distribución de tareas.

#### **3.3.1. Factores de organización**

Estos factores se utilizan para mejorar la calidad de la mano de obra, para que inicien sus labores de la mejor forma posible y que culminen con éxito las mismas. Los factores para una buena organización son los siguientes:

- No contribuir en la acumulación de datos sobre el trabajo.
- Optimización de cada actividad tomando en cuenta, en forma consecutiva, los factores psicológicos o fisiológicos, higiénicos o de seguridad, entre otros.

### 3.3.2. Factores psicosociales

Los factores psicosociales hacen referencia a las condiciones que se encuentran presentes en una situación laboral y que están directamente relacionados con la organización, el contenido del trabajo y la realización de la tarea, y que tienen capacidad de afectar tanto al bienestar (físico, psíquico o social) del trabajador, así como el desarrollo del trabajo. Las condiciones psicosociales desfavorables originan determinadas conductas y actitudes inadecuadas en el desarrollo del trabajo, así como determinadas consecuencias perjudiciales para la salud y para el bienestar del trabajador.

Tabla VI. **Propuesta de implementación de buenas prácticas ergonómicas**

1	Ritmo de trabajo
2	Diseño de iluminación y ventilación
3	Nivel de responsabilidad
4	Factores relacionados con la organización del tiempo de trabajo
5	Participación en la toma de decisiones
6	Definición de competencias
7	Características propias del laboratorio

Fuente: Ergonautas. *Rotaciones psicosociales*. [www.ergonautas.upv.es/arttech/rotaciones/rotaciones\\_psicosociales.htm](http://www.ergonautas.upv.es/arttech/rotaciones/rotaciones_psicosociales.htm). Consulta: febrero de 2018

### 3.4. Diseño del entorno

El entorno de trabajo puede definirse como todo aquello que envuelve al trabajador y que le condiciona en la realización de su trabajo diariamente.

Los aspectos del entorno que hay que considerar desde una perspectiva ergonómica son principalmente:

- El espacio disponible para realizar las tareas, que es de 5,5 metros de largo x 3,5 metros de ancho con una altura de 2,7 metros.
- La adecuación de las zonas comunes: salas de descanso, comedores, servicios, aparcamiento, entre otros.
- Las condiciones ambientales: temperatura, iluminación, ruido, entre otros.

Principios generales:

- Las dimensiones del local de trabajo (disposición general, espacio de trabajo, zonas de tránsito, entre otras) deben ser adecuadas.
- La renovación del aire debe ajustarse según los siguientes factores: número de personas presentes en una zona determinada, intensidad del trabajo físico que se desarrolle, dimensiones del local (equipos incluidos), condiciones térmicas, entre otros.
- Las condiciones térmicas en el puesto de trabajo deben ajustarse según las condiciones climáticas locales, teniendo en cuenta principalmente: la temperatura, humedad y velocidad del aire, la radiación térmica, la intensidad del trabajo físico a desarrollar, las características de la ropa y el material de trabajo.

- La iluminación debe proporcionar una percepción visual óptima para las actividades a desarrollar. Hay que prestar especial atención a los siguientes factores: luminancia, color, distribución de las luminarias, contraste en luminancia y color, ausencia de deslumbramientos y reflejos no deseados y edad de las personas.
- Al seleccionar el color del lugar y del material de trabajo (mobiliario y demás), hay que tener en cuenta su efecto en la distribución de luminancias, en la estructura, calidad del campo visual y en la percepción de los colores.
- El entorno acústico debe ser tal que evite los efectos molestos o nocivos del ruido, incluidos los del exterior. Hay que prestar especial atención a los siguientes factores: nivel sonoro, espectro de frecuencias, distribución en el tiempo y percepción de señales acústicas.

En la siguiente imagen se muestra el lugar inadecuado para las estaciones de trabajo, los peritos se quejan de malos olores y dolores de cabeza que repercuten en su eficiencia.

Figura 23. **Área inadecuada para trabajar**



Fuente: elaboración propia.

### 3.4.1. Iluminación requerida

El cálculo de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado de interiores es bastante sencillo. A menudo bastará con obtener el valor medio del alumbrado general usando el método de los lúmenes. Para los casos en que se requerirá una mayor precisión o se necesite conocer los valores de las iluminancias en algunos puntos concretos, como pasa en el alumbrado general localizado o el alumbrado localizado, se recurre al método del punto por punto.

Consideraciones necesarias para la iluminación en el área de trabajo: los datos necesarios para la simulación informática son:

- Dimensiones del local
- Color del local
- Altura del plano de trabajo
- Tipo de luminarias y lámparas
- Características y distribución del mobiliario
- Características de las lámparas TL-40W G-13
- Duración = 5 000 h
- Potencia = 40 W
- Flujo = 2 500 lm
- Temperatura de color = 6 200 K
- Lumen/Watt = 64
- Flujo = 2 500 lm
- Potencia por luminaria = 2 x 40 W = 80 W

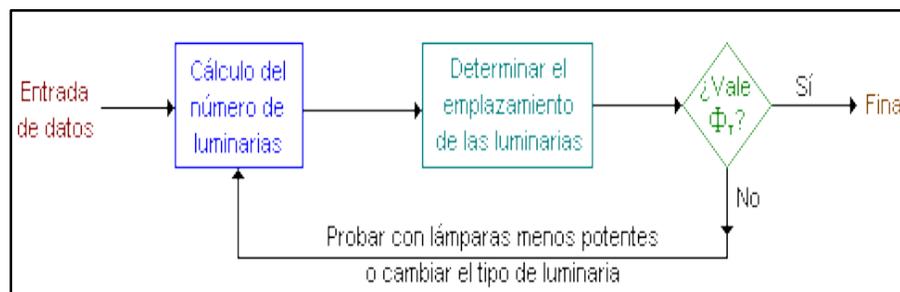
Para estos diseños se considera que el mantenimiento es bueno después de implementar la propuesta, además se considera la misma altura de montaje ya que las existentes cumplen con las características del tipo de trabajo que se realiza y altura de cada uno de los locales.

- Método de los lúmenes

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta, como ocurre en la mayoría de los casos.

El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:

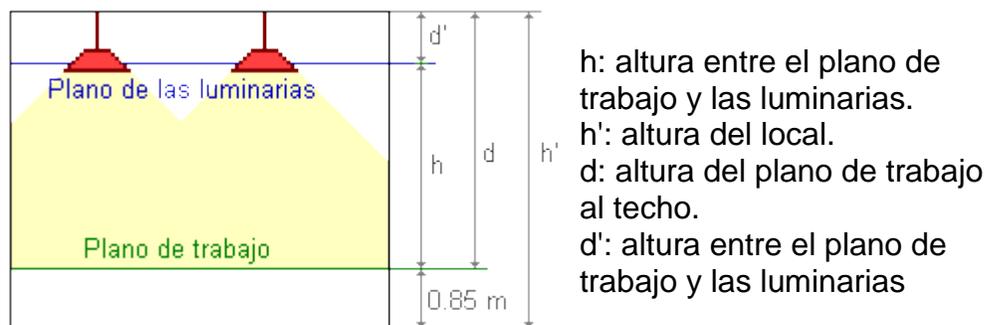
Figura 24. Flujo de bloques



Fuente: Enterco. *Cultura general*. <http://www.enter.co/especiales/> Consulta: julio de 2018.

- Datos de ingreso:
  - Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0,85 m.
  - Determinar el nivel de iluminancia media ( $E_m$ ). Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y es posible encontrarlo tabulado en las normas y recomendaciones que aparecen en la bibliografía.
  - Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.
  - Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a las necesidades y las luminarias correspondientes.
  - Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.

Figura 25. **Cálculo de iluminación**



Fuente: elaboración propia.

En su defecto se puede considerar 0,5 para el techo, 0,3 para las paredes y 0,1 para el suelo.

- Determinar el factor de utilización (CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes, en las tablas se identifican para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.
- La determinación del factor de mantenimiento (fm) o conservación de la instalación dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual se pueden considerar los siguientes valores: limpio 0,9 Fm. y sucio 06. Fm.

- Datos

Se diseñará la iluminación para el área de recuperación de caracteres de 5,5 m de largo por 3,5 m de ancho y 2,7 m de altura. Para ello se utilizarán lámparas led de X W de potencia con un flujo luminoso de XX lm. Respecto a las luminarias, se plantea escoger entre diferentes tipos cuyas tablas del factor de utilización son suministradas por el fabricante

Otros datos:

- Los coeficientes de reflexión de paredes y techo se considerarán des de 0,1 a 0,7 debido a que los materiales empleados (superficies y colores) tienen diferentes coeficientes de reflexión.

- Es recomendable que el sistema de iluminación se instale por lo menos a 2,5 m del suelo.
- En dicho edificio solo se trabajará de día.
- El nivel de iluminación aconsejado para las actividades que se desarrollan son minuciosas y se requiere de 1 500 lux en las estaciones.

Se pide determinar con cuál de los tres tipos de luminarias propuestas se obtendrá la mejor solución.

Solución:

Problema resuelto con el método de los lúmenes, se tiene un área que se iluminará con led de 1 500 lx.

Datos de entrada:

Figura 26. Cálculo de luminaria 1

**CÁLCULO DE LUMINARIAS**

**1.00 Dimensiones del Local**

Largo	5.50	m
Ancho	3.50	m
Altura	2.70	m

**2.00 Nivel de Iluminacion**

Tabla 1

tabla 1 según Norma EM.010 - RNE

E= 100.00 lux/m<sup>2</sup>

**3.00 Reflexion de elementos**

Techo	Blanco	▼
Pared	Medio	▼
Suelo	Claro	▼

**CÁLCULO DE LUMINARIAS**

**1.00 Indice de local (k)**

A partir de la geometria del local, según metodo europeo

$$k = \frac{l \cdot a}{h(l + a)}$$

k= 1.00

k= 1.00

k, es un numero comprendido entre 1 y 10

**2.00 Coeficientes de reflexion**

De la Tabla 2

Techo=	0.70
Pared=	0.30
Suelo=	0.30

Continuación figura 26.

3.00 Factor de utilización  
De la [Tabla 3](#)  
n= 0.22

4.00 Factor de mantenimiento  
De la [Tabla 4](#)  
fm 0.80

5.00 Superficie de trabajo  
S= 19.25 m<sup>2</sup>

6.00 Flujo luminoso total  
$$\Phi_r = \frac{E \cdot S}{n \cdot f_m}$$
  
Φr= 10938 lux

Cálculo del número de luminarias.

$$N = \frac{\Phi_r}{n \cdot \Phi_l} \quad \text{redondeado por exceso}$$

4.00 Mantenimiento del local  
Mantenimiento

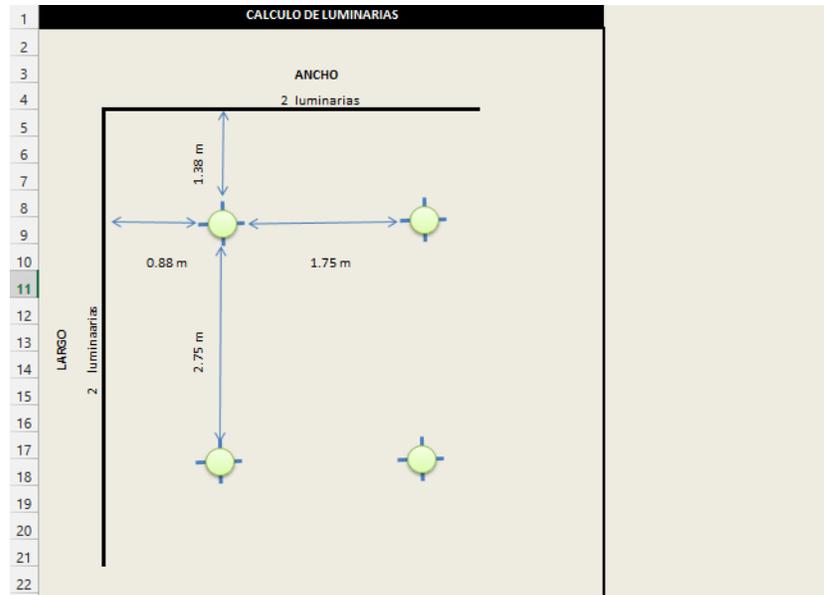
5.00 Tipo de luminaria  
Luminaria tipo:



Watts  
24   
36   
75

6.00 Luminarias por punto  
n=

Continuación figura 26.



Fuente: Enterco. *Hogar digital*. <http://www.enter.co/especiales/hogar-digital>. Consulta: julio de 2018.

Resultados: por lo que el número de luminarias propuestas es de 4 luces led de 75 watts.

### 3.4.2. Ventilación propuesta

- Métodos de cálculo más habituales

Entre los métodos de cálculo más habituales para cálculo de conductos de ventilación están:

- Método de pérdida de carga constante.

Los más empleados son el método de pérdida de carga constante y el método de recuperación estática. El método de reducción de velocidad no se suele utilizar, ya que para resolver el problema con una precisión razonable se necesitan muchos cálculos.

El método de velocidad constante se usa en exclusiva en instalaciones industriales en las que se ha de evitar la deposición de contaminante transportado en el propio conducto, o bien se requiere ya el propio transporte de materiales, presentando el inconveniente del equilibrado de la instalación.

- Principales características de cada método de cálculo
  - Método de pérdida de carga constante: se utiliza en conductos de impulsión, retorno y extracción de aire, consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud a lo largo de todo el sistema.

El procedimiento habitual es elegir una velocidad inicial en función de la restricción por nivel de ruido según el uso del local. Para determinar esta velocidad inicial se toma como punto el cálculo del conducto principal, que sigue a la impulsión desde la toma de aire exterior o la unidad de tratamiento de aire.

A partir de esta velocidad, y partiendo del caudal de aire total que debe suministrarse, se calcula la pérdida de carga unitaria que debe mantenerse constante en todos los conductos.

Como criterio general, el método de pérdida de carga constante se usa para conductos de impulsión de baja velocidad, retorno y ventilación, y el método de recuperación estática principalmente en conductos de impulsión de baja y alta velocidad. Los otros métodos se excluyen.

- Ventilación: la ventilación general consiste en el ingreso al local de un caudal de aire limpio exterior, calculado para diluir los contaminantes y reducir sus concentraciones a valores inferiores a los límites admisibles, o bien suficiente para una adecuada transferencia de calor al exterior.

La ventilación general natural de los edificios es consecuencia de la diferencia de densidad entre el aire interior y el aire exterior, provocada por la transferencia de calor al ambiente de trabajo, y del viento. Las entradas y salidas de aire se diseñan de tal forma que el aire interior pueda mantener las condiciones requeridas, cualquiera sea la situación atmosférica externa.

Según el artículo 169 del Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional, Acuerdo Gubernativo 229-2014:

Todos los locales de trabajo deben contar con un sistema de ventilación que asegure la renovación del aire en relación con la calidad del perfil laboral y mantenga la temperatura en niveles tales que no resulte molesto o perjudicial para la salud de los trabajadores, si el proceso lo amerita<sup>35</sup>.

---

<sup>35</sup> Acuerdo Gubernativo 229-2014 del Congreso de la República. *Reglamento de salud y seguridad ocupacional*. Guatemala, 2014.

Es prioridad implementar el funcionamiento de un sistema que permita acondicionar el aire de tal modo que regule la temperatura, la ventilación y circulación del aire. Para que la ventilación sea suficiente debe ser mayor o igual a 50 m<sup>3</sup> por hora y por trabajador, este debe ser calculado estimando una renovación de cuatro (4) a ocho (8) veces por hora, en ambientes de oficina. La velocidad de circulación del aire para ambientes confortables debe prevalecer en 0,2 metro por segundo pero en ambientes calurosos debe situarse entre 0,5 y 1 metro por segundo. En ningún caso el anhídrido carbónico o ambiental podrá sobrepasar la porción de 50/10 000 y el monóxido de carbono de 1/10 000.

Se prohíbe emplear braseros o sistemas de calor por fuego libre, salvo a intemperie y siempre que no impliquen riesgos de incendios o explosión. Las necesidades higiénicas del aire consisten en el mantenimiento de unas condiciones definidas y en el aprovechamiento del aire libre. Para asegurar el bienestar de los trabajadores, las condiciones del aire respirable deben ajustarse al tipo de trabajo a efectuar: ligero, medianamente pesado y pesado.

Debe entenderse siempre que la ventilación es sinónimo de renovación o reposición de aire sucio o contaminado por aire limpio, por ejemplo, un sistema de climatización con una recirculación del aire al 100 % no puede considerarse como un sistema de ventilación.

Para medir o especificar la ventilación de un recinto hay que indicar el volumen de aire que se renueva en la unidad de tiempo en m<sup>3</sup>/s, m<sup>3</sup>/h o l/s. Lo más común es referir el volumen de aire que se renueva por ocupante y unidad de tiempo (cociente entre el caudal y el número de ocupantes del local) o por unidad de superficie y unidad de tiempo (cociente entre el caudal y los metros cuadrados de superficie del local).

Cada vez que se abren las puertas del área de recuperación de caracteres de identificación se da lugar a la infiltración de aire desde el exterior. La entalpía de este aire es mayor que la del espacio del área en cuestión.

La diferencia entre la entalpía del aire que entra con la del área de recuperación de caracteres representa una carga de calor que es preciso remover mediante el equipo de refrigeración. Esta carga incluye calor sensible del aire filtrado y el calor latente de condensación del vapor de agua presente en el aire.

Figura 27. **Promedios de cambios de aire por 24 horas**

**RENOVACIÓN DEL AIRE EN LOCALES HABITUADOS**

Renovación del aire en locales habitados	Renov/H N	Renovación del aire en locales habitados	Renov/H N
* Escuelas, aulas	2.3	* Clubs	8-10
* Oficinas generales	5.6	* Cafés	10-12
* Bar	5.8	* Cocinas domésticas	10-15
* Restaurantes (Espaciosos)	5.6	* Teatros	10-12
* Laboratorios (con campanas localizadas)	6.8	* Baños	13-15
* Salas de juntas	5.8	* Salas de juego	15-18
* Estacionamientos	6.8	* Cines	10-15
* Salones de baile (Discotecas)	10-12	* Cafeterías y comidas rápidas	15-18
* Restaurante	8-10		

Fuente: PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire: principios y sistemas: un enfoque energético.* p. 348.

- Descripción del sistema de ventilación propuesto

Para realizar un sistema de ventilación eficiente es de suma importancia determinar la totalidad de colaboradores, que en este caso es de 38 peritos, que interactúan en las distintas áreas de trabajo, la maquinaria y herramientas que se utilizan, así como la distribución del Laboratorio de Balística.

El sistema de ventilación que se propone es un sistema que sea sencillo tanto en su colocación como en su mantenimiento, y debido a que el proceso es casi en su totalidad manual, la contaminación dentro del laboratorio se debe en un 90 % al calor emanado por los 38 colaboradores, quienes están en constante movimiento. Lo que se propone es la colocación de extractores, los cuales se colocarán dependiendo la cantidad de renovaciones que sean necesarias para que el sistema sea eficiente.

- Tipo de ventilación

El tipo de ventilación que se propone es una mezcla entre la general mecánica y la natural, utilizando turbinas que funcionan eólicamente así como con la instalación de un ventilador para los momentos pico.

Básicamente, se empleará este sistema debido a que se busca la rápida evacuación del aire viciado aunado al ingreso del aire puro en las cantidades necesarias para brindar un ambiente laboral agradable y confortable para los colaboradores.

Determinación de parámetros para el diseño del sistema de ventilación: los parámetros necesarios para poder realizar un sistema de ventilación general mecánico son:

- Velocidad del viento: para determinar la velocidad del viento se utilizó un velómetro digital.
- Un muestreo en horas diferentes, días diferentes y temperaturas diferentes para determinar un valor promedio de velocidad para llevar a cabo el sistema.

Tabla VII. **Velocidad promedio del viento**

Velocidad del viento. Km/h	Temperaturas °C
6,30	28,10
16,20	25,19
10,16	21,00
8,04	28,00
12,16	23,50
12,81	24,90
16,00	25,40
12,98	27,30
17,37	24,20
11,71	23,50
13,72	22,60
14,81	21,20
6,22	28,00
10,79	26,70
13,26	25,70
12,38	26,10

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.3. **Temperatura adecuada**

Se procede a realizar el cálculo de temperatura y humedad relativa óptima para el cuarto de disparo cuyo diseño interior deberá ser de una temperatura de 22,0 °C equivalente a 72,1 °F.

Tabla VIII. **Temperatura promedio en la Ciudad de Guatemala en el transcurso de un año**

Fecha	Alta (°C)	Baja (°C)
Enero	22	13
Febrero	24	13
Marzo	25	14
Abril	26	16
Mayo	26	17
Junio	24	17
Julio	23	16
Agosto	23	16
Septiembre	23	16
Octubre	23	16
Noviembre	22	14
Diciembre	22	14

Promedio 19,375

Fuente: The Wheater Channel. *Pronóstico del tiempo y condiciones*. [www.weather.com](http://www.weather.com).

Consulta: julio de 2018.

Con estos datos se encuentra el calor removido; este valor es igual a 2,00 BTU / ft<sup>3</sup>, para aplicar la siguiente ecuación consultada en el libro *Acondicionamiento de aire: principios y sistemas: un enfoque energético*, de Edward Pita.

$Q$  ventilación = (volumen interno) (cambio de aire promedio) (calor removido).

Ventilación = (2 120,21 Pie<sup>3</sup>) (9,3 recambios) (2,00 BTU / ft<sup>3</sup>).

Q ventilación = 39 435,95 BTU h equivalente a 3,25 tonelada de refrigeración.

- Aire acondicionado del área

Este se calcula mediante un software en donde se ingresan datos como la cantidad de personas en promedio que estarán en el área a utilizar, siendo los siguientes:

- Ventanas
- Tipo de iluminación
- Equipos electrónicos o eléctricos en el área
- Paredes

En el siguiente cuadro se consignan los datos de entrada para el cálculo de aire acondicionado.

Figura 28. **Cálculo de aire acondicionado**

I: ÁREA A ENFRIAR

Dimensiones de la habitación:

Largo:	10	m
Ancho:	5	m
Alto:	3	m
Área:	50	m <sup>2</sup>

11051.00 BTUH

SIGUIENTE

Fuente: *Cálculo de aire acondicionado*. <http://www.enter.co/especiales/hogar-digital/mucho-calor-refrescate-con-un-nuevo-aire-acondicionado>. Consulta: enero de 2019.

Figura 29. **Cálculo de aire acondicionado**

II: NÚMERO DE PERSONAS

Ocupación del área:

4 personas

2400.00 BTUH

ANTERIOR SIGUIENTE

Fuente: *Cálculo de aire acondicionado*. <http://www.enter.co/especiales/hogar-digital/mucho-calor-refrescate-con-un-nuevo-aire-acondicionado>. Consulta: enero de 2019.

Figura 30. **Cálculo de aire acondicionado**

**IV: ILUMINACIÓN**

Focos Incandescentes:	Cantidad: 0	# de focos	Potencia: 40.00	Watt
Focos Ahorradores:	Cantidad: 0	# de focos	Potencia: 15.00	Watt
Focos LED:	Cantidad: 4	# de focos	Potencia: 9.00	Watt

**122.63 BTUH**

ANTERIOR SIGUIENTE

Fuente: *Cálculo de aire acondicionado*. <http://www.enter.co/especiales/hogar-digital/mucho-calor-refrescate-con-un-nuevo-aire-acondicionado>. Consulta: enero de 2019.

Figura 31. **Cálculo de aire acondicionado**

**V: EQUIPOS ELÉCTRICOS / ELECTRÓNICOS**

Televisor:	Tipo: Tubo 20 pulg	Tipo de TV
	Cantidad: 2	# de TV
	Potencia: 90	Watt

**614.16 BTUH**

ANTERIOR SIGUIENTE

Fuente: *Cálculo de aire acondicionado*. <http://www.enter.co/especiales/hogar-digital/mucho-calor-refrescate-con-un-nuevo-aire-acondicionado>. Consulta: enero de 2019.

Figura 32. **Cálculo de aire acondicionado**

III: VENTANAS			
Ventana 1:	Largo: 2 m	Alto: 1 m	
Ventana 2:	Largo: 2 m	Alto: 1 m	
Ventana 3:	Largo: 0 m	Alto: 0 m	
Ventana 4:	Largo: 0 m	Alto: 0 m	
			2857.08 BTU/H
			<input type="button" value="ANTERIOR"/> <input type="button" value="SIGUIENTE"/>

Fuente: *Cálculo de aire acondicionado*. <http://www.enter.co/especiales/hogar-digital/mucho-calor-refrescate-con-un-nuevo-aire-acondicionado>. Consulta: enero de 2019.

Figura 33. **Cálculo de aire acondicionado**

VI: PAREDES			
Pared 1:	Material: Mampostería	Ubicación: Interior	Espesor: 0.20 m
Pared 2:	Material: Mampostería	Ubicación: Interior	Espesor: 0.15 m
Pared 3:	Material: Mampostería	Ubicación: Interior	Espesor: 0.15 m
Pared 4:	Material: Mampostería	Ubicación: Interior	Espesor: 0.15 m
Techo:	Material: Acero	Ubicación: Interior	Espesor: 0.15 m
		Temperatura máxima exterior (sol): 30 °C	
		Temperatura máxima interior (sombra): 26 °C	
		Temperatura deseada interior: 21 °C	
			39223.78 BTU/H
			<input type="button" value="ANTERIOR"/> <input type="button" value="SIGUIENTE"/>

Fuente: *Cálculo de aire acondicionado*. <http://www.enter.co/especiales/hogar-digital/mucho-calor-refrescate-con-un-nuevo-aire-acondicionado>. Consulta: enero de 2019.

Figura 34. Cálculo de aire acondicionado

VII: RESULTADOS

**!!! USTED REQUIERE UN EQUIPO DE 24000 BTU/H !!!**

Sector: Comercial

Equipo	Consumo kWh/año	Sector	USD/Mes Consumo Eléctrico	USD/Año Consumo Eléctrico
			Por cada acondicionador de aire	Por cada acondicionador de aire
Acondicionador de aire 9000 BTU/H.	410	Comercial	3.67	44.08
Acondicionador de aire 12000 BTU/H.	545	Comercial	4.88	58.59
Acondicionador de aire 18000 BTU/H.	820	Comercial	7.35	88.15
Acondicionador de aire 24000 BTU/H.	1100	Comercial	9.85	118.25

Fuente: *Cálculo de aire acondicionado*. <http://www.enter.co/especiales/hogar-digital/mucho-calor-refrescate-con-un-nuevo-aire-acondicionado>. Consulta: enero de 2019.

Con base en el anterior proceso, se requiere de un equipo de 24 000 BTU /H.

BTU (British Thermal Units). Un BTU es la cantidad de calor que emite un fósforo y, en los aires acondicionados, es la capacidad de extraer el calor (de ese fósforo) del aire en una hora. Para el consumidor, los aires vienen en capacidades de 9 000, 12 000, 18 000 y 24 000 BTU, más pequeño que eso pueden ser aires acondicionados más viejos, y mayor a esos números están pensados para lugares muy grandes, así que se hace énfasis en los comerciales.

#### **3.4.4. Señalización del área nueva**

Establecer el sistema de señalización de seguridad en el laboratorio es importante para la seguridad del personal, uno de los propósitos de la investigación es implementar una correcta señalización de seguridad con el fin de alertar de los riesgos o condiciones peligrosas que no se hayan podido evitar.

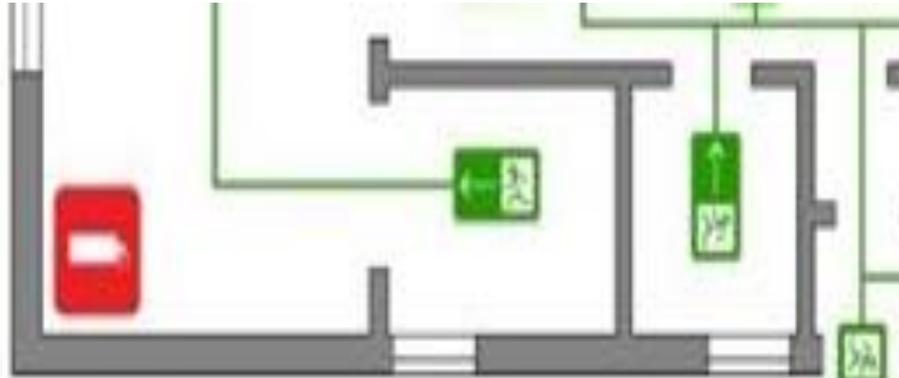
- Situaciones especiales a señalar en el laboratorio

Se deberá prestar una especial atención, vigilando el buen estado y visibilidad de la señalización de los siguientes aspectos:

- Señalización de advertencia de peligros.
- Señalización de evacuación y salidas de emergencia.
- Señalización de extintores y equipos de lucha contra incendios.
- Señalización gestual en el manejo de grúas.
- Señalización y etiquetado de productos tóxicos, peligrosos e inflamables.
- Señalización de las instalaciones eléctricas peligrosas.
- Señalización de prohibición.

En el plan de emergencia del laboratorio de balística se incluirá un extinguidor en el área de recuperación de caracteres.

Figura 35. **Ubicación de extinguidores**



Fuente: elaboración propia.

La siguiente imagen muestra los tipos de señalización que se utilizarán en el laboratorio, así como en el área nueva para la recuperación de caracteres.

Figura 36. **Señalización en el laboratorio**



Fuente: elaboración propia.

Al realizar el análisis de la situación actual se determina que la distribución por la duración del proceso en relación con manejo de tiempo es la distribución óptima que se requiere en el laboratorio. Si el tiempo de manipulación de material representa una proporción considerable del tiempo total de fabricación, cualquier reducción en el manejo de tiempo del producto puede resultar en la mejora de la gran productividad de la unidad industrial, es necesario saber dónde se encuentra y el estado en el que se encuentra cada sección o área que esté involucrada dentro del Laboratorio de Balística. Esto para facilitar la toma de decisiones acertadas desde el momento de la planificación.

### **3.5. Distribución óptima**

Se propone la distribución que agrupe y optimice las funciones de las diferentes áreas, así como la ubicación de los equipos necesarios en el proceso.

#### **3.5.1. Distribución por método**

Se agrupan el equipo o las funciones similares, como sería un área para tomos y máquinas de estampado. De acuerdo con la secuencia de operaciones establecida, una parte pasa de un área a otra, donde se ubican las máquinas adecuadas para cada operación.

La técnica más común para obtener una distribución por proceso es acomodar las estaciones que realizan procesos similares de manera que se optimice su ubicación relativa. En muchas instalaciones la ubicación óptima implica colocar de manera adyacente las estaciones entre las cuales hay gran cantidad de tráfico.

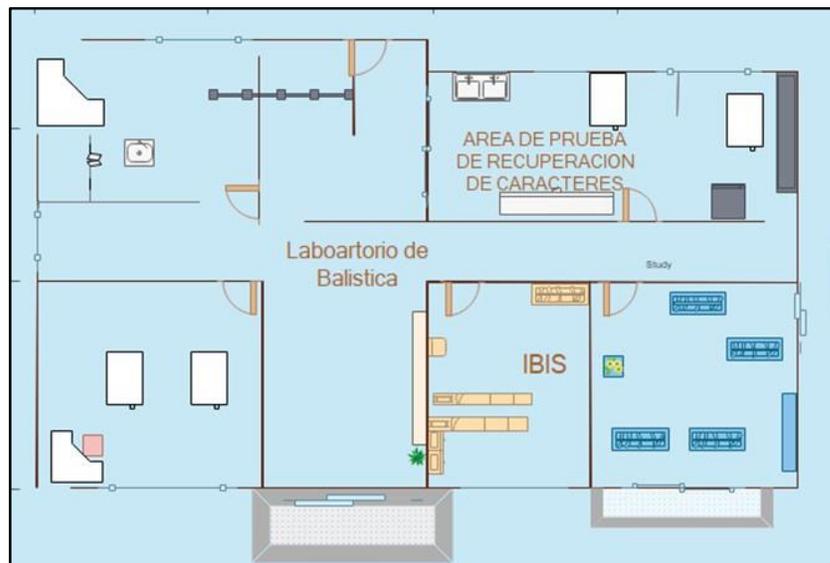
Para optimizar se minimiza los costos de movimientos interdependientes, o sea minimizar el costo de manejo de materiales entre estaciones.

Como el flujo numérico de artículos entre estaciones no revela los factores cualitativos que pueden ser decisivos para la distribución, se emplea una técnica conocida como PSI (Planificación Sistemática de Distribución de Planta) o SLP (Systematic Layout Planning).

### 3.5.2. Número de estaciones de trabajo propuestas

Se muestra en la figura el área general de todo el Laboratorio de Balística, así como el área nueva para la prueba de recuperación de caracteres y las estaciones propuestas y la correcta distribución.

Figura 37. Área general del laboratorio



Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la figura las estaciones propuestas ideales son 3: 2 para el método químico y electroquímico y 1 para el método magnético, esto con base en los datos de la demanda analizados en la situación actual de las armas en promedio que entran al laboratorio con algún tipo de obliteración.

Tabla IX. **Muestra de porcentaje de obliteraciones**

Número	Tipo de obliteración	%
1	Obliteración cóncava lisa (GRV):	5
2	Obliteración cóncava irregular (GRC):	2
3	Obliteración con dispositivo abrasivo suave (GRS):	40
4	Obliteración con herramienta de mano puntiaguda (SCN):	10
5	Obliteración por herramienta manual con punta plana / abierta (SCB):	10
6	Obliteración por barreno / taladro (DRI):	3
7	Obliteración por marcador eléctrico de vibración (ELS):	1
8	Obliteración por punzonado / dispositivo de compresión (PUN):	3
9	Obliteración por martillo como herramienta de compresión por golpe (PND):	2
10	Obliteración por desgaste natural de uso o desuso (DNUD):	22
11	Otros tipo de alteración	2
	Total	100

Fuente: elaboración propia.

El tiempo que tardan en ser analizadas es 34,5 min. por arma, de 450 armas que entran al mes un total un 45 % presentan algún tipo de alteración, por lo que es necesario aplicar algún método de recuperación de caracteres, lo cual da un aproximado de 203 armas que necesitan este tipo de análisis.

### **3.6. *Confort y seguridad***

La ergonomía aplicada al trabajo dentro de la institución se podría definir como la ciencia que estudia las condiciones de trabajo para lograr que el trabajador realice su labor en un ambiente de *confort* y seguridad. A continuación se mencionan algunas sugerencias con base en la ergonomía que ayudarán al trabajador, quien está al frente de su estación para realizar su labor de una mejor manera:

- Corresponde a la postura del cuerpo en el trabajo:

Si se debe permanecer varias horas frente a las estaciones de trabajo, de forma periódica y activa se debe mover regularmente las piernas para activar la circulación, utilizar un apoyapié con un ángulo de inclinación entre 5 a 15° ayudará a mejorar la postura, la espalda debe formar un ángulo de 90° con las piernas la mayor parte del tiempo.

### **3.6.1. Limitantes**

En relación a las limitantes se mencionan algunos aspectos que limitan la ergonomía, como los siguientes: puede incrementar los costes debido a los errores en que los empleados incurren cuando aprenden un nuevo trabajo, la inclusión en la rotación de puestos con elevadas exigencias biomecánicas expone al trabajador a una situación de riesgo elevado, aunque puntual o de corta duración.

Puede ocasionar lesiones; la resistencia de los sindicatos respecto a las diferencias salariales entre los trabajadores incluidos en la misma agenda de rotación; la disminución de la calidad de los productos; los problemas derivados de la inclusión de empleados con limitaciones médicas que provocan rigidez en la rotación; la escasez de trabajos para incluir en la rotación; escasa diversidad de los trabajos; problemas derivados de las diferentes escalas salariales de los trabajadores; el aumento del riesgo de lesiones músculo-esqueléticas; la resistencia de los trabajadores con antigüedad para aprender nuevos tipos de trabajos; la negativa de los operarios de las máquinas a ceder su puesto a otros trabajadores; los problemas prácticos derivados del traslado físico desde un puesto de trabajo a otro; el requerimiento de formación y entrenamiento de los trabajadores para que ocupen nuevos puestos; la dificultad para determinar los trabajos adecuados a incluir en la rotación y la utilización inadecuada de las rotaciones.

El aumento de la preocupación de los trabajadores por el desarrollo de nuevas competencias derivadas de la implantación del sistema de rotaciones; el incremento del riesgo para los trabajadores si los trabajos no son seleccionados adecuadamente; la resistencia de los trabajadores con cierta antigüedad a cambiar su estación de trabajo por otras; la percepción de propiedad de las estaciones de trabajo por el trabajador; los problemas físicos para pasar de un puesto a otro; la dificultad en la selección de los puestos a rotar; el miedo a los errores de los trabajadores, entre otros.

### **3.7. Costos propuestos**

Inicialmente se financiará el equipamiento básico para el área de recuperación de caracteres con un costo estimado según planificación y desarrollo de INACIF de hasta Q 40 380. Estos son cálculos de estimación que ellos proporcionan con base en los requerimientos de equipos e instrumental que se necesita en conjunto con algunos cooperantes que el INACIF posee.

En el presupuesto se consideran: 2 (dos) mesas de acero inoxidable de 1,20m, 1 campana de ventilación, 2 (dos) estantes, 1 (un) equipo de aire acondicionado 4000 BTU -1(una), vajilla de *viker* de diferentes medidas en mililitros, 4 focos led, 2 lupas con luz led incorporada, 2 fuentes de voltaje de 12 voltios cada una.

#### **3.7.1. Mano de obra a utilizar**

La mano de obra estará a cargo del departamento de servicios generales, ellos estimarán el personal necesario para implementar en 7 semanas el área.

### **3.7.2. Material e insumos requeridos**

El departamento de servicios generales cuenta con el material y el equipo para acondicionar toda la infraestructura que se desea, así como los insumos y materiales que están contemplados en el costo estimado. Entre los materiales solicitados para dicha implementación se encuentran: tabla yeso, la cual tiene los siguientes beneficios:

- Posee comportamiento acústico.
- Son antiinflamables.
- Son ideales para detalles y acabados, brindando una fácil y rápida instalación.

Es una lámina de yeso recubierta con papel cartón, especial para uso en áreas interiores en cielos y paredes. Se usa habitualmente en áreas interiores.

- Su presentación se realiza en un color neutro de tonos grises en ambas caras, al contrario de las otras presentaciones.
- No ofrece ningún tipo de resistencia ante el agua, dicho en otras palabras, el agua causa daños a este tipo de lámina de Gypsum.
- Se debe utilizar cinta papel para cubrir la unión entre las juntas, existen 3 técnicas distintas para la aplicación de la cinta papel, luego utilizar pasta de yeso pre-mezclada o en polvo para cubrir las imperfecciones y dejar secar por al menos 48 horas, seguido lijar hasta alcanzar el nivel de detalle adecuado.

Otros materiales a utilizar: plafoneras, tomacorrientes, cable número 10 y 12, bombillas led, rótulos de señales de emergencia, 2 extintores F y A y pintura de agua color blanco hueso.

### 3.7.2.1. Materiales termoaislantes

Estos materiales servirán para aislar el ruido del área que se produce por limpieza de las partes de las armas de fuego, en específico cuando se utiliza el *rotoboard* con lija y especialmente a filtración de olores tóxicos.

- Materiales termoaislantes

Existen muy diversos materiales termoaislantes, pero pocos se ajustan a las necesidades constructivas de los espacios modernos. La selección del material aislante deberá basarse en su costo inicial, su eficacia, su durabilidad, su adaptabilidad a la forma de la bodega y los métodos de instalación disponibles en cada lugar.

Desde un punto de vista económico, puede ser preferible elegir un material aislante con una conductividad térmica baja que aumentar el espesor del aislamiento de las paredes del área; al reducir la conductividad térmica, se necesitará menos aislante para una determinada capacidad de conservación del frío o calor y se dispondrá de un mayor volumen utilizable en el área.

- Espuma de poliuretano

Uno de los mejores aislantes disponibles en el mercado es la espuma de poliuretano. Tiene buenas propiedades termoaislantes, una baja permeabilidad al vapor de agua, una alta resistencia a la absorción de agua, una resistencia mecánica relativamente alta y una baja densidad. Además, su instalación es relativamente fácil y económica.

### 3.7.3. Costos de implementación óptima

En la siguiente tabla se resumen los costos estimados para la implementación:

Tabla X. **Resumen de costos estimados**

Resume de costos	
Costos	
Mano de obra	Q 15 000,00
Materiales	Q 23 000,00
Costos de logística	Q 1 200,00
Gastos financieros	Q 230,00
Otros gastos administrativos	Q 50,00
Gastos operativos	Q 1 350,00
<b>Total</b>	<b>Q 40 830,00</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.8. Mantenimiento a equipo e instrumentos

- Efectúa la verificación de los equipos e instrumentos utilizados en los análisis de laboratorio de acuerdo con los manuales técnicos del fabricante y según la normativa vigente.
- Revisa los manuales de los instrumentos a calibrar (balanzas, termómetros, pH metros, picnómetros, entre otros), estableciendo los parámetros a examinar según el manual del fabricante.
- Realiza la verificación del equipo de acuerdo con el protocolo establecido por el fabricante y/o laboratorio y siguiendo la normativa vigente (normas ISO).

- Compara los valores que indican el equipo o instrumento con un patrón de referencia conocida, informando los resultados obtenidos en hoja de vida.

### **3.8.1. Mantenimiento preventivo**

- Se realiza el mantenimiento preventivo de los equipos usados en los laboratorios de análisis, de acuerdo con la ficha técnica del plan de mantención.
- Se elabora un cronograma de mantenimiento de equipos e instrumentos usados en el laboratorio, en formato predeterminado.
- Se realiza la limpieza de los equipos e instrumentos de laboratorio para dar cumplimiento a la mantención preventiva.
- Se registra los datos de las actividades de mantenimiento del equipo o instrumento de laboratorio, en su hoja de vida.

#### **3.8.1.1. Campana de extracción de gases**

Una campana de gases, campana de humos o campana extractora de humos es un tipo de dispositivo de ventilación local, que está diseñado para limitar la exposición a sustancias peligrosas o nocivas, humos, vapores o polvos. Cumplen una misión similar a las campanas extractoras existentes en muchas cocinas, para evacuar los humos producidos, pero las campanas de gases son específicas de los laboratorios de investigación, donde se trabaja con gases peligrosos.

Figura 38. **Campana de gases de laboratorio**



Fuente: elaboración propia.

- Mantenimiento y certificación

Para garantizar la seguridad laboral del operario, evitar ambientes potencialmente explosivos y minimizar el impacto ambiental, es necesaria la evaluación periódica de la *performance* de la campana y el control del correcto funcionamiento de los distintos componentes. Los aspectos a evaluar recomendados por las distintas normas, nacionales e internacionales, son:

- Inspección eléctrica
- Inspección mecánica
- Medición de flujo de aire
- Visualización de flujo de aire mediante *test* de humo
- Nivel de ruido

- Luminosidad
- Condiciones del entorno
- Renovaciones y caudales según uso específico
- Corrección de desvíos

Un plan de mantenimiento y certificación llevado a cabo correctamente favorecerá el éxito de los ensayos, la predicción y prevención de problemas y su solución, minimizando el impacto en los costos del área. En cambio, un mantenimiento deficiente tendrá resultados opuestos aumentando la incertidumbre sobre el impacto en la salud de los operarios que realizan el trabajo diariamente.

#### **3.8.1.2. Yugos magnéticos**

Yugo electromagnético CA El Y-1 es un yugo electromagnético CA, es liviano con diseño ergonómico que mejora el desempeño en el trabajo y la productividad, reduciendo la fatiga en el brazo y muñeca del operador. El equipo portátil puede crear campos magnéticos CA para la detección de indicaciones superficiales durante pruebas por partículas magnéticas. El Y-1 es liviano y ergonómico (pesa menos de 5 libras). Incluye una empuñadura suave, moldeada y un interruptor de encendido/apagado en el gatillo.

Cuenta con una construcción resistente a impactos y químicos. Incluye un cable resistente de 10 pies con alivio de tensión y es de fácil transporte para un uso conveniente en campo. El Y-1 está disponible en *kit* (Y-1 MV Kit), este incluye un yugo Y-1, polvos magnéticos #1 gris y #8A rojo, un marcador de pintura y paños de limpieza para manos en un conveniente estuche transportable.

Figura 39. **Vista de yugo magnético**



Fuente: elaboración propia.

Debe mantenerse en un lugar adecuado no mayor a 30 °C ni menor a 3 °C, no derramar líquidos sobre él y no utilizarse más de 60 minutos continuos para evitar sobrecalentamientos

### **3.8.1.3. Fuentes de voltaje**

En electrónica, una fuente de alimentación es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta (ordenador, televisor, impresora, *router*, entre otros). Una especificación fundamental de las fuentes de alimentación es el rendimiento, que se define como la potencia total de salida entre la potencia activa de entrada. Como se ha dicho antes, las fuentes conmutadas son mejores en este aspecto.

El factor de potencia es la potencia activa entre la potencia aparente de entrada. Es una medida de la calidad de la corriente. Aparte de disminuir lo más posible el rizado, la fuente debe mantener la tensión de salida al voltaje solicitado independientemente de las oscilaciones de la línea, regulación de línea o de la carga requerida por el circuito, regulación de carga.

- Mantenimiento interno de la fuente de poder

Con la fuente de poder, cables y conectores limpios por fuera, es hora de realizar una limpieza profunda del dispositivo, es decir, una limpieza interna del equipo. Para ello, con la ayuda de un destornillador, se retiran todos los tornillos que mantienen unidas las dos tapas de la carcasa de la fuente de poder.

Con la fuente de poder afuera, ya se puede realizar el mantenimiento preventivo que, básicamente, consiste en retirar todo el polvo que se le acumula, el cual evita que funcione a la perfección e incrementa su temperatura y puede ocasionar fallos de ventilación y averías.

A continuación se limpia con un paño seco la carcasa de la fuente de poder, así como los cables y los conectores para eliminar el polvo en exceso. Seguidamente, se puede utilizar un pequeño soplador o aspiradora para retirar el polvo en las rejillas (donde se encuentra el ventilador) y en toda la superficie de la fuente.

Figura 40. **Fuente de poder propuesta para la aplicación del método electroquímico**



Fuente: B&K. *Fuente de poder*. <https://www.finaltest.com.mx/B-K-Precision-1627A-p/1627a.htm>.

Consulta: julio de 2018.

## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

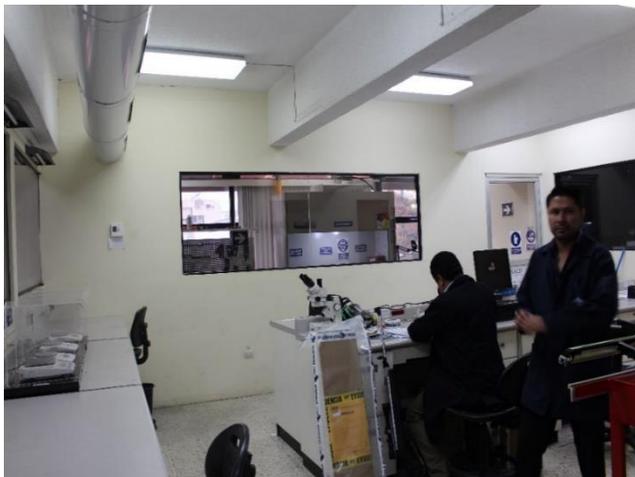
### **4.1. Plan de acción**

La implementación de la propuesta será el contraste entre una buena implementación ergonómica y una mala ergonomía del área, que repercutirá en salud ocupacional del trabajador, también determinará la diferencia entre un laboratorio de con un alta productividad. En cuanto a los aspectos propuestos se puede decir que se consideran vitales para la prevención, los cuales se mencionan a continuación:

Una buena iluminación dio una solución de mejora en la visualización de los caracteres recuperados por los diferentes métodos, así como la iluminación en toda el área nueva para los diferentes métodos de recuperación, como se muestra en la siguiente imagen.

Al fondo se muestra el área nueva para la implementación de los diferentes métodos de recuperación del Laboratorio de Balística.

Figura 41. **Área iluminada en el Laboratorio de Balística**



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Campana de extracción**



Fuente: elaboración propia.

Una ventilación adecuada proporcionará una renovación continua y óptima en la aplicación los métodos de recuperación de caracteres. Una buena señalización y distribución del área nueva cambiará el proceso en que se realizan los métodos de recuperación y mejorará también la eficiencia en los casos asignados.

- Mantenimiento de equipo

La solución es un mantenimiento periódico con base en las especificaciones y contrataciones de proveedores externos para mantenimiento de equipos en el Laboratorio de Balística, y tener en óptimo funcionamiento el equipo y que no exista la necesidad de remplazarlo continuamente y también evitar riegos tales como: malos olores, ruidos, vibraciones y temperaturas excesivas.

#### **4.1.1. Implementación del diseño**

Se implementó el análisis sobre el tipo de ventilación, iluminación, señalización, distribución a utilizar y necesaria para cada procedimiento. La instalación de equipo y estaciones de trabajo se llevó a cabo con procesos planificados por jefatura, logrando las siguientes actividades:

En la planificación se determinó si la instalación y remodelación del área nueva se realizaría por una empresa o bien por el departamento de servicios generales del INACIF, para delegar las responsabilidades y asignación de tareas para realizar el proyecto, así como la determinación y distribución de los recursos utilizados. En esta implementación se determinó que estaría a cargo de la misma institución, específicamente el área de servicios generales.

Se definió fecha de inicio y fecha de entrega durante el periodo comprendido de agosto de 2018 y febrero de 2019, así como los posibles problemas con los que se pueda llegar a contar. La realización del acondicionamiento de las ventanas se dio con la fabricación de paredes internas y se llevó a cabo en forma simultánea a la instalación de los extractores para la campana de gases y de ventilación mecánica.

Para su ejecución se procedió a realizar en las ventanas una abertura de 1/8 metro de radio, cuyo principal objetivo será balancear el caudal de entrada con el de salida. La siguiente imagen muestra una vista de una luminaria, así como los ductos de extracción de gases tóxicos y los conductos para la renovación de la ventilación del área.

Figura 43. **Nueva luminaria y extracción y renovación de ventilación**



Fuente: elaboración propia.

En la realización de la iluminación la instalación de las lámparas led de 70 watts se colocaron a una distancia óptima según los cálculos preliminares. Como se observa en la imagen 12. Al fondo, vista general interna de la nueva área para la aplicación de los diferentes métodos de recuperación de troqueles de identificación.

Figura 44. **Nueva iluminación con lámparas led**



Fuente: elaboración propia.

Para la señalización y distribución se colocaron las 2 estaciones de trabajo que ayudarán a disminuir los tiempos en la aplicación de los diferentes métodos de recuperación de números de serie y se colocó todas las señalizaciones necesarias con base en el estudio realizado.

La ejecución o puesta en marcha fue la parte técnica-mecánica del proceso, la cual se inició con un análisis previo de las instalaciones para poder observar las zonas o áreas inseguras, determinando así los puntos críticos, entre otras observaciones. En la siguiente figura se observa cómo era la aplicación de los diferentes métodos para recuperar números de serie en las armas de fuego.

Figura 45. **Área de balística sin remodelar**



Fuente: elaboración propia.

La movilización de los extractores a otras zonas de más fácil acceso fue primordial en el rediseño de distribución, ya que se tenía que tener cuidado con los equipos y evitar algún percance durante la implementación del proyecto.

El suministro de energía eléctrica fue parte fundamental para la implementación de este proyecto, por contar con alimentación eléctrica de 220 para la campana y el yugo magnético y los flipones necesarios para no sobrecargar toda el área del laboratorio y evitar sobrecargas en la alimentación eléctrica, para lo cual fue fundamental el estudio de cargas que ya se tenía.

La siguiente figura muestra cómo quedó actualmente el área con respecto al suministro de energía para la campana de extracción de gases, las fuentes de poder y demás equipo que se utiliza.

Figura 46. **Área de Laboratorio de Balística remozada**



Fuente: elaboración propia.

El proyecto fue realizado por el departamento de mantenimiento, en coordinación con la jefatura del Laboratorio de Criminalística y Balística bajo el visto de bueno del departamento financiero.

Dentro de los requisitos mínimos que posee servicios generales se tienen la utilización de arnés de seguridad al momento de trabajar en alturas mayores de 3 metros para la instalación de la ventilación del área sobre la parte externa del inmueble, escaleras antideslizantes, utilización de equipo para soldadura y protección auditiva. Antes de instalar los extractores en el techo, se procedió a armar y revisar los mismos, por lo que fue necesario nivelar el extractor perfectamente con respecto a la superficie sobre la cual se colocó.

Colocado el extractor se procedió al perfecto ajuste del mismo al techo con la utilización de tornillos o remaches, con la aclaración de que este no quedó con desajustes ni vibración. Cabe resaltar que también se ajustó la campana de extracción de gases a la pared para un mejor soporte.

En la figura siguiente se muestra la campana de extracción de gases y su distribución óptima para la aplicación de reactivos.

**Figura 47. Campana de extracción de gases**



Fuente: elaboración propia.

Se impermeabilizó el perímetro del extractor para evitar filtraciones de agua. Como notas importantes, es preferible colocar las entradas de aire lo más bajo posible y alejadas de los extractores para beneficio del sistema.

La iluminación, así como las lámparas con lupa, deberán fijarse adecuadamente para evitar incidentes. El procedimiento del trabajo realizado se dejó documentado para facilitar el mantenimiento del sistema, con el propósito de dejar constancia del trabajo realizado durante todo el proceso de instalación de los extractores y ventiladores.

#### **4.1.2. Entidades responsables**

Como entidad responsable directa está el departamento de servicios generales, el cual fue supervisado por el departamento administrativo financiero y departamento técnico científico, todos bajo la supervisión de dirección general.

##### **4.1.2.1. Dirección General**

La Dirección General fue la encargada de autorizar todas las remodelaciones y puestas en marcha del proyecto, así como la autorización financiera para la ejecución del mismo.

##### **4.1.2.2. Departamento Financiero**

El Departamento Financiero fue el encargado de los desembolsos que servicios generales necesita para poner en marcha la remodelación de área nueva.

#### **4.1.2.3. Departamento Técnico-Científico**

El Departamento Técnico-Científico, a solicitud de la jefatura de los Laboratorios de Criminalística, solicitó a Dirección General la autorización para la puesta en marcha del proyecto.

#### **4.1.2.4. Laboratorios de Criminalística**

La jefatura de los Laboratorios de Criminalística, juntamente con el coordinador del Laboratorio de Balística, analizó y supervisaron el proyecto, verificando los pros y los contras de la implementación del área nueva para la aplicación de los diferentes métodos de recuperación de números de serie, dieron su visto bueno para elevar la solicitud a jefe del Departamento Técnico-Científico.

### **4.2. Reubicación de áreas**

Las estaciones de trabajo se trasladaron hacia el área nueva, siendo las siguientes: dos estaciones de 0,70 metros x 1,5 metros, compuestas de gavetas multiusos, también se trasladó la campana de extracción de gases.

La figura siguiente muestra la ubicación exacta y la distribución óptima en que se encuentra actualmente la nueva área para la aplicación de los métodos de recuperación.

Figura 48. **Distribución de la nueva área**



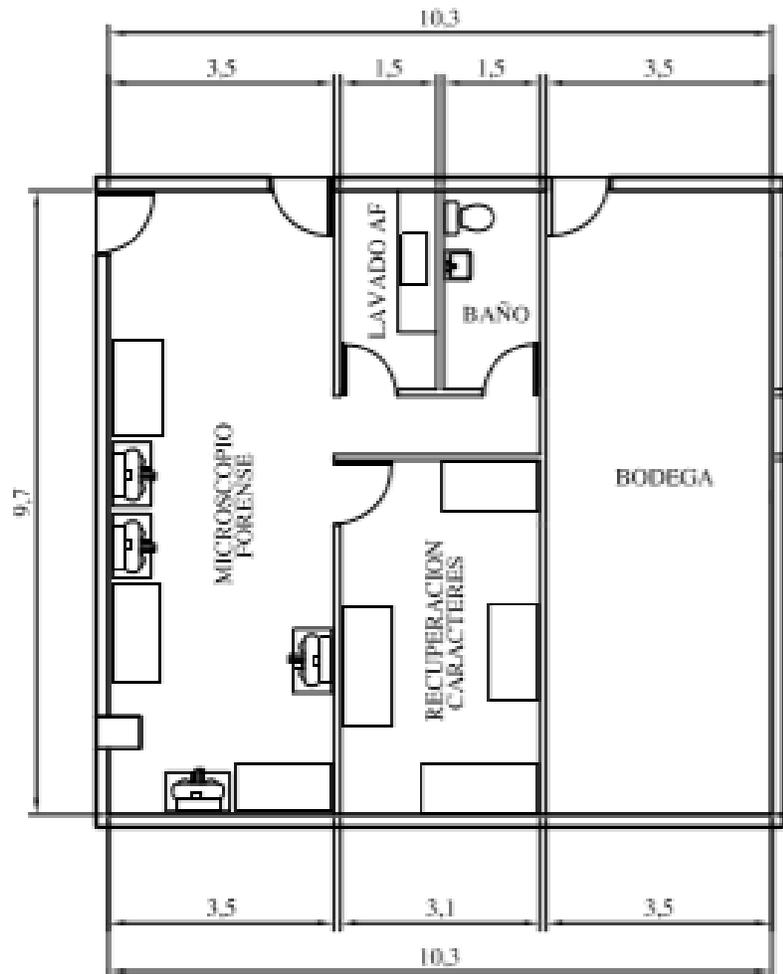
Fuente: elaboración propia.

En donde se encontraba el lugar donde se aplicaba el método de recuperación por medio de partículas magnéticas, así como el método químico, se ocupará para nuevas estaciones de trabajo para análisis de armas de fuego.

#### **4.2.1. Planos**

La siguiente figura muestra el plano que se diseñó para la construcción de la nueva área de recuperación de caracteres de identificación.

Figura 49. **Plano de la nueva área**

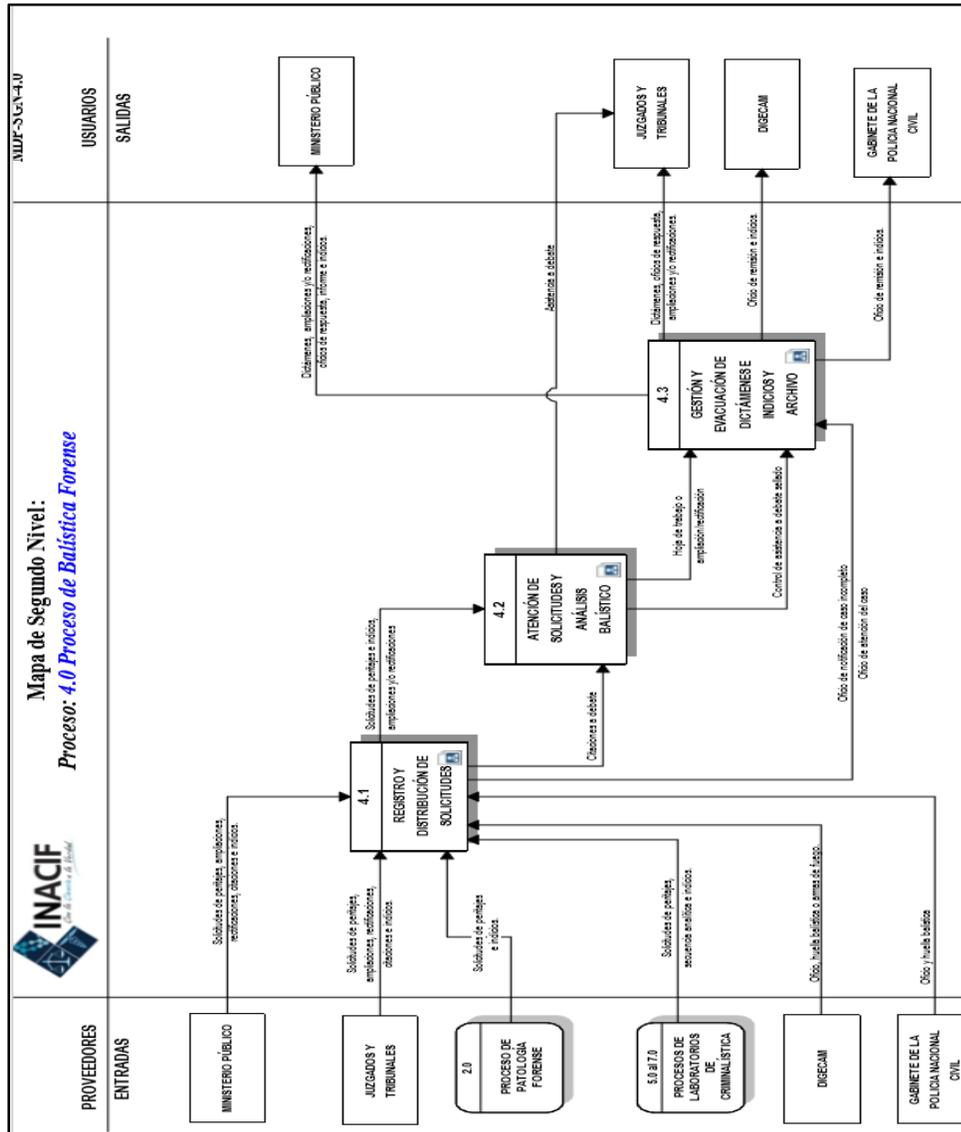


Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.2. Diagramas

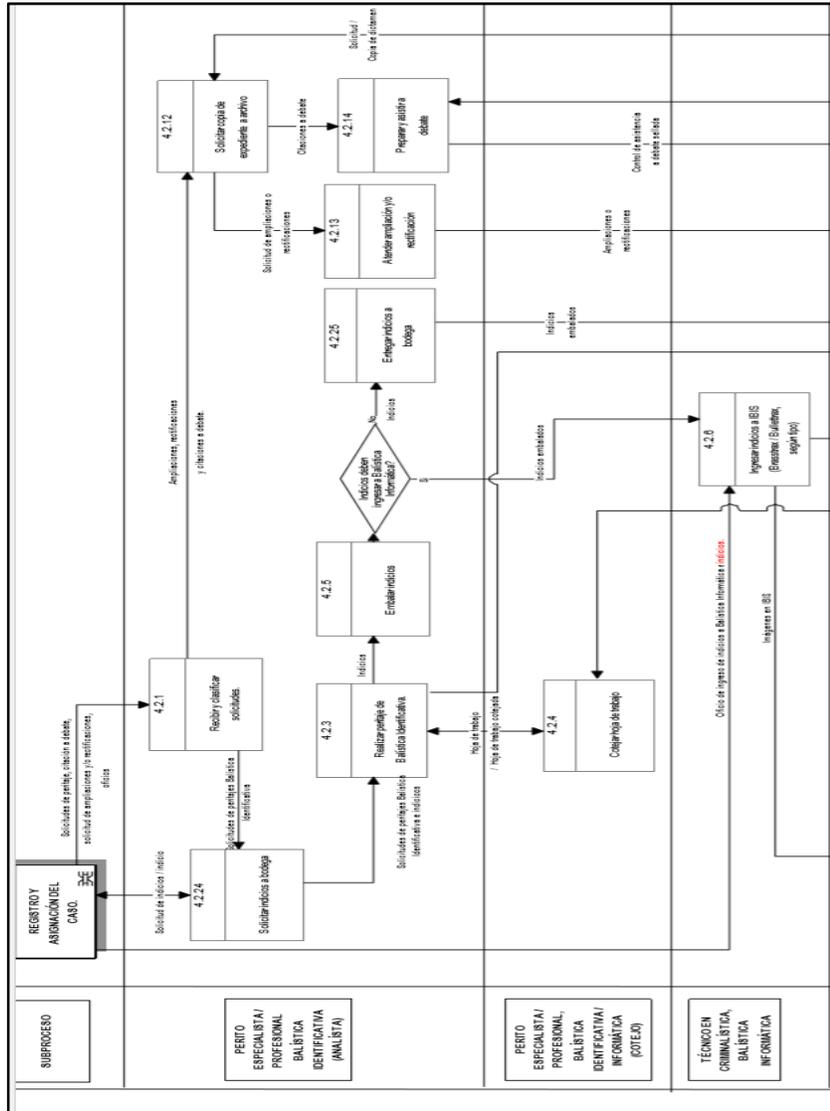
En el siguiente programa se presenta una vista general de las fases del proceso que conlleva realizar un peritaje balístico con el número de serie o algún otro troquel de identificación alterado o borrado según el sistema de calidad del INACIF.

Figura 50. Proceso general del sistema de calidad



Fuente: INACIF. Gestión y acreditamiento de la calidad. 2018.

Figura 51. Proceso del análisis de las armas de fuego en el Laboratorio de Balística

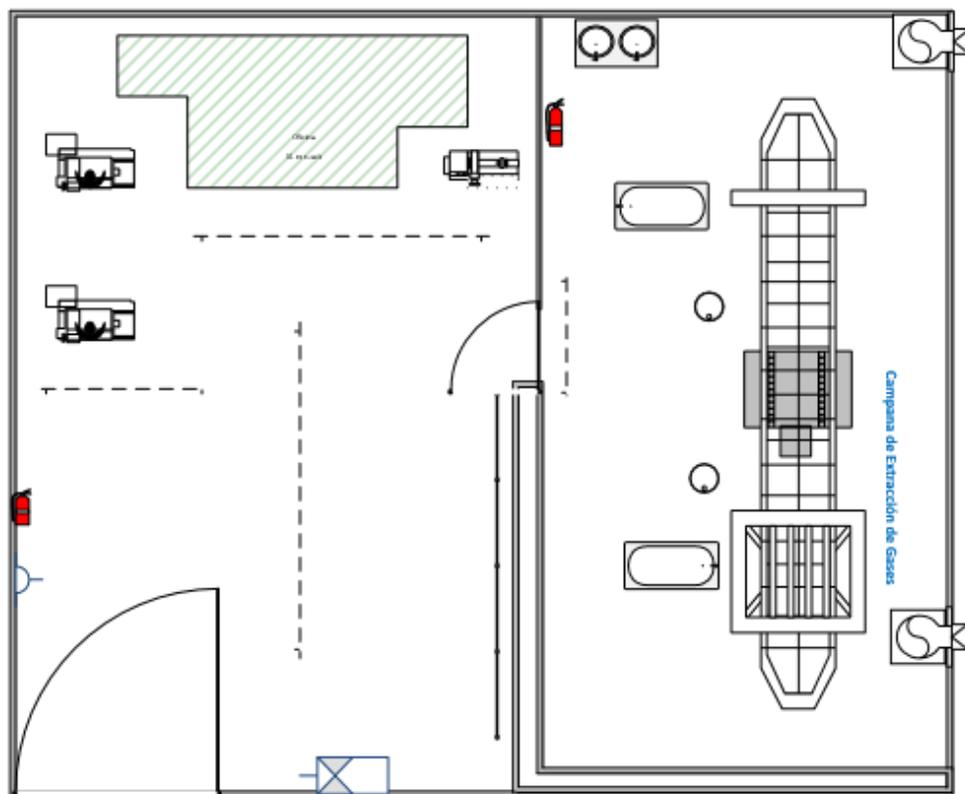


Fuente: INACIF. Gestión y acreditamiento de la calidad. 2018.

#### 4.3. Número de estaciones de trabajo

Se muestran las 2 estaciones de trabajo junto a la campana de extracción de gases, así como el extractor para la misma y otro extractor a nivel general para controlar la renovación de la masa de aire y la temperatura.

Figura 52. Estaciones de trabajo



Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. Diseño del entorno final

El diseño final estuvo en función de la aprobación en su totalidad de Dirección General, para que todo lo planeado quedara como lo diseñado e instalado en los lugares según los estudio hechos, como se muestran en las siguientes figuras.

La figura 53 muestra la situación que existía en el laboratorio por la falta de un área óptima para la aplicación de los métodos de recuperación, y la figura 58 muestra el área nueva.

Figura 53. **Antes de la remodelación**



Fuente: elaboración propia.

Figura 54. **Situación anterior**



Fuente: elaboración propia.

Las figuras 54, 55, 56 y 57 muestran actualmente cómo quedó el área donde se localizaba el área de recuperación y cómo se encuentra en la actualidad.

Figura 55. **Vista frontal del área remozada**



Fuente: elaboración propia.

Figura 56. **Área mejorada**



Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Vista frontal del área de laboratorio**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.1. Iluminación del área nueva

Una vez determinados los puntos de luz, niveles y tonalidades de iluminación, habiendo considerado las exigencias y requisitos del área del laboratorio y la creatividad del diseño, se escogió la luminaria adecuada para cumplir los objetivos propuestos y necesarios de forma inmediata, la implementación empieza con la revisión de las bases de lámparas que estaban por caerse, así como la mala distribución de lámparas que afectaban al trabajador, por el hecho de no contar con la iluminación necesaria.

Las consideraciones necesarias para la iluminación en el área de trabajo son:

- Dimensiones del local
- Color del local
- Altura del plano de trabajo
- Tipo de luminarias y lámparas
- Características y distribución del mobiliario
- Características de las lámparas
- Tl-40w g-13
- Duración = 5 000 h
- Potencia = 40 w
- Flujo = 2 500 lm
- Temperatura de color = 6 200 k
- Lumen/watt = 64
- Flujo = 2 500 lm
- Potencia por luminaria =  $2 \times 40 \text{ w} = 80 \text{ w}$

Para estos diseños se consideró el mantenimiento y altura de montaje, debido a que las existentes cumplen con las características del tipo de trabajo que se realiza y altura del área. La distribución de las luminarias se encuentra en la siguiente figura, en la cual se puede observar en color amarillo la cantidad de luminarias.

Figura 58. **Vista de distribución e iluminación de área nueva**



Fuente: elaboración propia.

La figura 59 es una vista de lupa con iluminación, la cual sirve para la visualización de seriales recuperados parcial o totalmente en las armas de fuego.

Figura 59. **Vista de lupa con iluminación**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.4.2. Ventilación del área nueva**

La obra consistió en proceder a la renovación de aire en el laboratorio, mediante el ingreso de aire fresco por medio de reja inferior, con filtro de 35 % de eficiencia y extracción forzada superior mediante extractor de  $\varnothing$  200 mm., con control de velocidad.

Sin perjuicio de lo detallado precedentemente, tanto la campana como el sistema de extracción, purificación, control y renovación de aire deberá tener las mismas características constructivas, operativas y marcas de elementos y equipos según lo planificado por servicios generales.

#### 4.4.3. Temperatura del área nueva

Temperatura operativa recomendada con el fin de conseguir una temperatura en el área nueva con menos de un 10 % de margen de insatisfechos, la recomendación es la siguiente:

- En verano (época de aire acondicionado): entre 23 °C y 26 °C.
- En invierno (época de calefacción): entre 20 °C y 24 °C.
- Ambas temperaturas tienen en cuenta el índice de indumento igual a uno (1 clo), es decir que los trabajadores están vestidos con ropa de algodón, bata, calcetines, zapatos y ropa interior normal.
- Humedad del aire ideal.

La humedad relativa del aire debe situarse entre 30 % y 70 %. Sin embargo, aquí hay que considerar la existencia de electricidad estática en el área. Normalmente el aire acondicionado reseca el ambiente y propicia la aparición de este molesto fenómeno. En este caso, la humedad recomendada no debe bajar del 50 %.

- Velocidad del aire

La velocidad del aire afecta a la sensación térmica que tienen los trabajadores. La recomendación es que esta sea menor a 0,1 metros por segundo.

- Temperatura de *confort*

La temperatura operativa recomendada es:

- En verano: entre 23 °C y 25 °C.
- En invierno: entre 21 °C y 23 °C.
- La humedad relativa marcada está entre el 45-60 % en verano y entre el 40-50 % en invierno.
- La velocidad del aire debe ser menor a 0,2 metros por segundo.

#### **4.4.4. Seguridad e higiene del área nueva**

Dentro de los procedimientos para la implementación de seguridad en el área nueva se tienen los siguientes:

- Mantener despejadas las zonas de paso, los pasillos y las salidas o vías de evacuación.
- La no acumulación de materiales o equipos que impidan el tránsito o el acceso a los mismos.
- Mantener sin obstáculos los extintores, las mangueras y los elementos de lucha contra incendios en general.
- Los medios de lucha contra incendios deben permanecer siempre visibles.
- Evitar la acumulación de desechos líquidos y sólidos u objetos innecesarios en el suelo, en rincones o sobre las mesas de trabajo.
- Cuando se produzcan derrames de líquidos, avisar a la persona responsable para que la limpieza y el secado del suelo inmediatamente. Respetar siempre la señalización de la zona donde se ha producido el derrame para evitar resbalones y caídas.
- No transitar por zonas mojadas. Si esto no es posible, evitar desplazarse rápidamente y realizarlo con precaución.

#### 4.4.5. Señalización del área nueva

Se señaló el área con sus diferentes estaciones de trabajo y equipo, así como la herramienta e insumos a utilizar como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 60. Vista de la señalización de equipo de protección en la aplicación de químicos



Fuente: elaboración propia.

Figura 61. **Vista de señalización para el uso correcto de los *kit* de limpieza**



Fuente: elaboración propia.

Figura 62. **Vista lateral de la señalización de la campana de extracción**



Fuente: elaboración propia.

Figura 63. **Estación de trabajo donde se utilizan herramientas para arme y desarme de armas de fuego**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.5. Manejo de materiales**

- Eliminación de desechos

Este aspecto importante del laboratorio se determinará con el buen manejo de la eliminación de los desechos de materiales líquidos y sólidos. Ambos son procesos de significativa importancia por los riesgos que involucran para las personas y el ambiente en general.

- Procedimiento seguro

Los productos químicos que se eliminarán deberán ser previamente neutralizados para evitar la contaminación ambiental. No deberán eliminarse por el desagüe a líquidos corrosivos, como el reactivo químico Fry y los demás reactivos de aluminio que se utilizan una vez y que ya no sirven para su reutilización, así como los hisopos y algodón, entre otros, como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 64. **Vista inferior de la campana de extracción donde se depositan desechos líquidos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 65. **Vista inferior de la campana de extracción donde se depositan desechos líquidos**



Fuente: elaboración propia.

En función de la practicidad se asignará en el laboratorio un responsable de los siguientes contenedores para los residuos:

- Un contenedor o bolsa para los residuos comunes.
- Un contenedor o botellón para los líquidos corrosivos que pudieren afectar el sistema de alcantarillado.
- Todo esto será recolectado por Ecotermo, empresa que presta el servicio para este tipo de desechos y estará en función del calendario que jefatura tenga para la extracción de los mismos.
- Mientras tanto, el personal de servicios generales los tendrá almacenados en un área destinada, hasta que sean evacuados por la empresa Ecotermo.

#### **4.5.1. Químicos en uso**

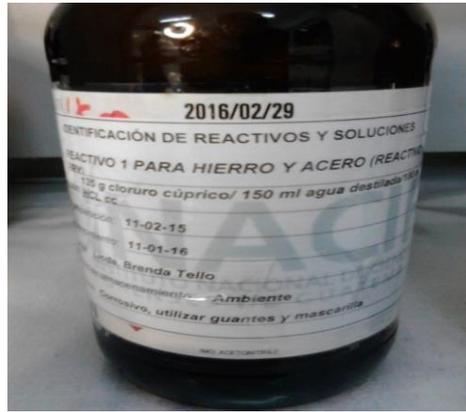
Los químicos en uso se dividen en dos: los reactivos químicos para hierros y aceros y los reactivos químicos para aluminio, siendo los siguientes: ácido clorhídrico concentrado, sulfato de cobre, hidróxido de amonio concentrado, cloruro férrico, hidróxido de sodio, ácido nítrico concentrado, ácido crómico, sulfato de sodio y ácido molibdico.

#### **4.5.2. Químicos en desuso**

La eliminación de este tipo de desechos químicos se dividirá en dos partes:

- En la primera parte el perito almacenará en frascos de vidrio color ámbar oscuro debidamente rotulado, los colocará en la parte inferior de la campana de extracción de gases, lugar que se destinará hasta que se llene el recipiente.
- En la segunda parte el perito encargado, al constatar que el envase de vidrio está lleno, lo trasladará con las medidas de seguridad correspondientes al Laboratorio de Físicoquímica que será el encargado de velar por que estos químicos sean desechados adecuadamente.

Figura 66. **Químicos vencidos para hierro y acero (Fry 1)**



Fuente: Laboratorio de Balística. Diciembre de 2017.

#### **4.5.3. Químicos de partículas magnéticas**

La eliminación de este tipo de desecho se manejará también por la empresa Ecotermo, esta contará únicamente en almacenar los frascos que estén vacíos o que ya no contengan las diferentes partículas magnéticas

La siguiente figura muestra un recipiente que contiene micropartículas magnéticas en un medio acuoso para su mejor distribución en la estructura de los componentes de las armas de fuego.

Figura 67. Recipiente con micropartículas magnéticas



Fuente: Recipiente con micropartículas.

<https://www.magnaflux.com/magnaflux/products/aerosols>. Consulta: enero de 2019.

Figura 68. Aerosoles utilizados (7 hf, skf-s, entre otros)



Fuente: Aerosoles utilizados. <https://www.magnaflux.com/magnaflux/products/aerosols>.

Consulta: enero de 2019

#### **4.6. Proceso, costo / beneficio**

Se analizan los costos estimados para el INACIF sobre la implementación y los resultados que se obtendrán del nuevo proceso.

##### **4.6.1. Costos**

Los costos estimados de materiales para dicha implementación son de carácter confidencial según la Ley Orgánica del INACIF, por lo que servicios generales únicamente se detallan los tipos de materiales que se utilizaron, así como el equipo nuevo que se adquirió a través de donaciones de cooperantes como la Embajada de Estados Unidos.

##### **4.6.2. Resultados del proceso**

El proceso se dio con normalidad en lo que se refiere al traslado de equipos y nuevas estaciones de trabajo, así como al proceso de compra para la adquisición de insumos y el manejo de las donaciones de equipos e instrumentos.

#### **4.7. Inventarios de abastecimientos**

La función de almacenamiento se basará en este caso en dos acciones principales y la primera acción será la preservación de la calidad de los insumos que ingresan al laboratorio hasta que salen para ser usados.

La segunda función se basa en mantener siempre actualizado el registro de materiales físicos utilizados y sin utilizar con el material registrado en documentos o en el sistema administrativo financiero del INACIF, el cual llevará un control de los registros para tener datos estadísticos de cuánto pedir, cuándo pedir y dónde pedir los insumos que se utilizarán en el área nueva. En las siguiente figuras se muestra el lugar donde estarán los químicos a utilizar.

Figura 69. **Vista inferior de la campana de extracción de gases**



Fuente: elaboración propia.

Figura 70. **Vista interna de la parte interior de la campana de extracción de gases**



Fuente: elaboración propia.

Un inadecuado manejo de los inventarios produciría exceso, desperdicio y variabilidad del *stock*. Tener una buena gestión en la administración de los almacenes y el control de los inventarios en el laboratorio da la posibilidad de tener sus procesos funcionando adecuadamente.

#### **4.8. Adaptación de seguridad y *comfort***

Es importante añadir que, al aplicar la propuesta, será un proceso de adaptación de *comfort* y seguridad, mediante la ejecución de las buenas prácticas de ergonomía en el área de trabajo como:

- Tener un buen sistema de ventilación

- Tener una adecuada temperatura y humedad en el ambiente
- Poseer una óptima iluminación del área de trabajo
- Una adecuada señalización
- Medidas de seguridad e higiene ocupacional

Cuando el trabajador realiza su labor en un ambiente confortable y seguro aumenta la productividad en el laboratorio.

#### **4.8.1. Aprovechamiento de cualidades del trabajo**

Es el desempeño laboral donde el individuo manifiesta las competencias laborales alcanzadas en las que se integran, como un sistema: conocimientos, habilidades, experiencias, sentimientos, actitudes, motivaciones, características personales y valores que contribuyen a alcanzar los resultados que se esperan, en correspondencia con las exigencias técnicas, productivas y de servicios de la empresa.

El término desempeño laboral se refiere a lo que en realidad hace el trabajador y no solo lo que sabe hacer, por lo tanto le son esenciales aspectos tales como: las aptitudes (la eficiencia, calidad y productividad con que desarrolla las actividades laborales asignadas en un periodo determinado), el comportamiento de la disciplina, el aprovechamiento de la jornada laboral, el cumplimiento de las normas de seguridad y salud en el trabajo, las aristas específicas de los puestos de trabajo y las cualidades personales que se requieren en el desempeño de determinadas ocupaciones o cargos y, por ende, la idoneidad demostrada.

Las características del desempeño laboral corresponden a los conocimientos, habilidades y capacidades que se espera que una persona aplique y demuestre al desarrollar su trabajo, como:

- Adaptabilidad: mantención de la efectividad en diferentes ambientes y con diferentes asignaciones, responsabilidades y personas.
- Iniciativa: intensión de influir activamente sobre los acontecimientos para alcanzar objetivos. Es la habilidad de provocar situaciones en lugar de aceptarlas pasivamente e incluye las medidas que se toman para lograr objetivos más allá de lo requerido.
- Conocimientos: nivel alcanzado de conocimientos técnicos y/o profesionales en áreas relacionadas con su área de trabajo. La capacidad que tiene una persona de mantenerse al tanto de los avances y tendencias actuales en su área de experiencia.
- Trabajo en equipo: capacidad de desenvolverse eficazmente en equipos/grupos de trabajo para alcanzar las metas de la organización, contribuyendo y generando un ambiente armónico que permita el consenso.
- Estándares de trabajo: capacidad de cumplir y exceder las metas o estándares de la organización y a la capacidad de obtención de datos que permitan retroalimentar el sistema y mejorarlo.
- Desarrollo de talentos: capacidad de desarrollar las habilidades y competencias de los miembros de su equipo, planificando actividades de desarrollo efectivas, relacionadas con los cargos actuales y futuros.

- Potenciar el diseño del trabajo: se refiere a la capacidad de determinar la organización y estructura más eficaz para alcanzar una meta. Es la capacidad de reconfigurar adecuadamente los trabajos para maximizar las oportunidades de mejoramiento y flexibilidad de las personas.
- Maximizar el desempeño: capacidad de establecer metas de desempeño/desarrollo proporcionando capacitación y evaluando el desempeño de manera objetiva.

Al aplicar todas estas cualidades y aptitudes se evaluaron algunos peritos en la aplicación de los métodos, teniendo como resultado que cuatro de ellos realizaron en un mejor tiempo promedio cada método arrojando 29,5 minutos por método de los 34,5 minutos que se ocupaban en realizar el mismo trabajo pero en condiciones de ergonomía diferente.

#### **4.9. Logística en el proceso**

En cuanto al proceso, en primer lugar, para el caso de la ergonomía, no es realista esperar que todas las instituciones del estado empleen solo especialistas en esta especialidad (como empleados o como consultores externos) para aplicar la ergonomía.

Los ingenieros de diseño o de producción, el personal en salud y seguridad, los jefes y coordinadores y los peritos pueden contribuir considerablemente al esfuerzo ergonómico. Los métodos y ayudas que se les den deben incluir la capacitación de estas personas para identificar cuándo es necesario contratar a los expertos.

#### 4.9.1. Áreas señalizadas

Como se indica en el apartado de señalización de áreas nuevas, tienen un impacto en la eficiencia y productividad del trabajador, ya que todo se mantiene en su lugar y en orden, por lo que los disminuyen los tiempos sin productividad por la mala ubicación de los insumos o equipos, así como las buenas prácticas de orden en cada área de trabajo.

Figura 71. Vista de la nueva área de recuperación de caracteres



Fuente: elaboración propia.

Figura 72. **Vista interna del área nueva para la aplicación de los diferentes métodos de recuperación**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.10. Mantenimiento a equipos de trabajo**

Dentro de las consideraciones necesarias para su implementación se presentan las siguientes:

El análisis de riesgos es un paso previo a la realización de un plan de mantenimiento, en este se estudian los distintos fallos que se suelen producir y las consecuencias de los mismos. Lo primero que hay que tomar en cuenta es que no pueden existir planes que prevengan totalmente todos los fallos o averías de todos los equipos, ya que su costo sería muy grande, tanto en términos de recursos humanos, como financieros, logísticos, entre otros.

#### **4.10.1. Campana de extracción de gases**

Todos los equipos y elementos descritos se instalaron de acuerdo a las indicaciones y recomendaciones del fabricante y contando con la aprobación previa de la jefatura de los Laboratorios de Criminalística.

Figura 73. **Vista de la campana de extracción de gases tóxicos y dos estaciones de trabajo nuevas**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.10.2. Yugos magnéticos**

Se cuenta un yugo electromagnético ac / dc modelo y-7, es un yugo magnético de ca / cc que tiene alrededor de 9 años en uso y está diseñado para detectar indicaciones de superficie y subsuperficie en las aplicaciones más resistentes.

Con una construcción sellada resistente a productos químicos, patas articuladas que se adaptan a cualquier forma de la pieza del arma de fuego y un robusto cordón de doce pies liberado por tensión para uso en el campo, el y-7 es ideal para la inspección de alteraciones en metales como las aleaciones de hierro y acero, y no es útil en piezas de aluminio.

Los controles de estado sólido permiten al operador utilizar campos magnéticos de ca para indicaciones de superficie o campos magnéticos de cc para indicaciones de su superficie para satisfacer todas las necesidades de inspección. Su mantenimiento es únicamente su limpieza superficial y una adecuada toma eléctrica de 110 v.

Figura 74. **Nuevo Magnaflux donado por la Embajada de EEUU a Guatemala en el 2017**



Fuente: elaboración propia.

En las figuras 79, 80 y 81 se presentan los diferentes colores de partículas magnéticas para la recuperación de números seriales. En la figura 79 se ve el compuesto Black/7hf aplicado al cajón de mecanismos de un arma de fuego tipo pistola, donde el fabricante troquela el número de serie, el cual se encontraba obliterado con Dispositivo Abrasivo Suave (GRS).

Figura 75. **Compuesto Black/7hf**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 80 se muestra el compuesto Red/9cm aplicado al cajón de mecanismos de un arma de fuego tipo pistola, donde el fabricante troquea el número de serie, el cual se encontraba obliterado con Dispositivo Abrasivo Suave (GRS).

Figura 76. **Compuesto Red/9cm**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 81 se presenta el compuesto Magnaglo/14am, aplicado al cajón de mecanismos de un arma de fuego tipo pistola con la ayuda del Magnaflux. Se observa el troquel del número de serie, el cual se encontraba obliterado con Dispositivo Abrasivo Suave (GRS).

Figura 77. **Compuesto Magnaglo/14am**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.10.3. Fuentes de voltaje**

Esta fuente se desea implementar en la nueva área, ya que se tiene todo el equipo e insumos necesarios, y dentro de este trabajo de investigación y basado en la experiencia adquirida se dan a conocer los pasos para poder aplicar dicha prueba de recuperación de caracteres:

- Asegurarse de que la fuente de poder esté desactivada antes de comenzar.
- Conectar el conector rojo (positivo) a la parte metálica del arma de fuego (cañón, corredera, cajón de mecanismos, entre otros).
- Sumergir el hisopo con algodón en el reactivo químico adecuado, y además:
  - Agregar metal negro (negativo) a la porción saturada de tipo.
  - Encender la alimentación y ajuste de los voltios.
  - Deslizar en una dirección el hisopo con el reactivo químico.

Figura 78. **Reactivos químicos y fuente de poder para la aplicación del método electroquímico**



Fuente: elaboración propia.

Figura 79. **Método electroquímico a un cajón de mecanismos de un arma de fuego tipo pistola**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.10.4. Soluciones prácticas**

Durante el análisis del lugar de trabajo, es posible que se hayan identificado algunas oportunidades de mejoras rápidas que pueden ser fácilmente puestas en práctica y proporcionarían beneficios inmediatos a los trabajadores.

La mayoría de soluciones rápidas son pequeños cambios en el lugar de trabajo, tales como distribución óptima de la herramienta e insumos en las estaciones de trabajo, que ayudan a minimizar tiempos en la aplicación de los métodos, algunos de estos cambios pueden ser aplicados por los propios trabajadores, y los mismos también pueden tener sugerencias para las soluciones de bajo presupuesto. Se pueden dar a conocer algunos cambios que los empleados ya han hecho en el lugar de trabajo en un intento de hacer que sus áreas de trabajo sean más cómodas o fáciles de utilizar.



## 5. SEGUIMIENTO O MEJORA

- Prueba de funcionamiento: al finalizar la remodelación e instalación del área nueva se procede a revisar los siguientes aspectos:
  - Medición de caudal: se monitorea si el caudal de entrada y salida de aire es el que se calculó, para esto se deben tomar en cuenta las distintas variables con las que se puedan contar como: el tipo de clima o estación del año, y si el proceso de trabajo dentro del laboratorio se está realizando de manera normal.
  - Funcionamiento del sistema eléctrico: se debe estar seguro que ninguna instalación eléctrica genere corto circuito, que ningún aspa quede trabada o tope con algún cable o base sólida.
  - Funcionamiento de extractores: es parte importante la revisión del funcionamiento de las piezas móviles del extractor de la campana de extracción de gases.
  - Aseguramiento de visibilidad: mantener un área bien iluminada para que no afecte la aplicación de los diferentes métodos.

- Capacitación del personal: para asegurar que el esfuerzo realizado para llevar a cabo el proyecto no sea desaprovechado se debe capacitar al personal de mantenimiento para que sepa la forma en la cual funciona la campana de extracción de gases, el yugo magnético, la fuente de voltaje, poder realizar una limpieza adecuada y no dañar el equipo al momento de realizar la limpieza.

Para esto es necesario hacer saber al personal del equipo por el cual se encuentra conformado el área, así como la función de cada objeto.

## **5.1. Resultados**

Toda implementación es seguida, para su perfeccionamiento, de la mejora continua, pues la continuidad es necesaria para conseguir, en este caso, las buenas prácticas de la ergonomía, de no llevarse a cabo, la misma quedaría no más que en una buena intención de mejoramiento ergonómico del área, y no es este el fin del proyecto. Se deja clara la importancia de dar continuidad a la implementación presentada, con una mejora continua en la estructura y en todo el desarrollo del laboratorio y sus trabajadores.

Estos son los resultados que se obtuvieron:

- Las personas laboran con eficiencia y eficacia en el área de trabajo nueva.
- Aumentó la calidad de los peritajes relacionados a la identificación técnica de armas de fuego con seriales recuperados.
- Los trabajadores poseen iniciativa y mejoró la comunicación entre los trabajadores y el coordinador.
- Superan las metas propuestas.
- Mejores resultados por parte de los trabajadores.

- Eliminación de las fuentes de contaminación por el uso de químicos y reactivos en la implementación de los métodos al resto de ambientes en el Laboratorio de Balística.
- Reducir las visitas a la clínica médica de la institución por exposición a químicos tóxicos.
- Sensación de bienestar de los trabajadores en su nueva área de trabajo.

En la siguiente tabla se puede observar el aumento de la productividad a nivel de laboratorio cuando se trabajaba en un área inadecuada vs el trabajo actual en un área adecuada.

Tabla XI. **Resumen de un antes y un después de la aplicación de diferentes métodos**

Productividad sin un área adecuada	Productividad con área adecuada	Aumento de la productividad en %
Tiempo mensual promedio: 210 armas analizadas	Tiempo promedio mensual: 271 armas analizadas	29 %
Dictámenes evacuados, promedio mensual: 350 dictámenes	Dictámenes evacuados, promedio mensual: 410 dictámenes	17 %
Tiempo efectivo promedio por arma aplicando métodos de recuperación de caracteres: 34,5 min	Tiempo efectivo promedio por arma aplicando métodos de recuperación de caracteres: 29,5 min	13 %

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.1. Interpretación

Se presenta un breve resumen de los siguientes factores.

### **5.1.2. Alcance**

El alcance de un proceso es el que define los límites del mismo. Un proceso comienza cuando un cliente (Ministerio Público / Organismo Judicial) requiere el servicio (peritaje balístico) que este proporciona y finaliza cuando dicho cliente recibe el producto o servicio demandado.

### **5.1.3. Mejora**

Las mejoras continuas producirán un cambio fundamental en la ergonomía y por ende se debe dar prioridad en optimizar la implementación de las buenas prácticas. Para ello se debe dar continuidad a lo siguiente:

- Comunicación eficiente entre los trabajadores y jefatura.
- Mejor manejo del equipo en función de sus fichas técnicas.
- Mejor iluminación con las nuevas generaciones de iluminación.
- Mejor ventilación con las nuevas tecnologías.
- Mejor señalización del área.
- Óptima condición de equipo.
- Mejores áreas de trabajo, generando un ambiente de trabajo confortable, estimulante, seguro, saludable y productivo.

## **5.2. Auditorías**

En esta primera fase el auditor debe recabar una serie de información del laboratorio con el fin de tener un conocimiento mayor de la misma y poder preparar la auditoría.

La documentación que debe solicitarse en relación al Laboratorio de Balística específicamente a la nueva área de trabajo es la siguiente: información general (actividad, organización básica y principales procesos, número de trabajadores), información sobre los accidentes relacionados, información sobre la evaluación de los riesgos, información sobre la organización de la prevención, acuerdos del comité de seguridad y salud e informes de auditorías anteriores.

En primer lugar el auditor se reunirá, inicialmente, con jefatura. En esta reunión se comentará el programa de trabajo, delimitando objetivos y alcances de la auditoría. Tras esta reunión el equipo auditor debe proceder a comprobar que la evaluación de riesgos abarca todas las áreas, actividades y puestos de trabajo del Laboratorio de Balística, constatando que no han dejado de evaluarse partes significativas de la misma.

Durante esta visita conviene aclarar dudas, recoger información que aporten los peritos en balística y tomar notas de todo aquello que pueda ser significativo para la evaluación sistemática del cumplimiento de los requisitos de la norma, en la que se procederá a la búsqueda de evidencias objetivas con el fin de detectar si se ha producido una no conformidad.

Finalmente, en la reunión final mantenida con jefatura, el auditor debe justificar y calificar las no conformidades que haya podido detectar, haciendo una descripción de la situación que le parece inadecuada, mostrando las correspondientes evidencias. Debe contener básicamente el programa de la auditoría, con las modificaciones que se hubieran producido y las conclusiones, en donde deben figurar las no conformidades y una descripción detallada de cada una de ellas.

Los criterios de evaluación de las no conformidades deben quedar claros. Debe aparecer la firma de la entidad auditora y del auditor jefe y, una vez finalizado dicho informe, debe remitirse al laboratorio y el responsable debe ponerlo a disposición de los trabajadores del mismo. Los requisitos establecidos que deben auditarse están distribuidos en los siguientes tipos de actuaciones:

- Evaluación de los riesgos, cuyos resultados determinan el tipo de medidas o actividades preventivas a efectuar.
- Medidas/actividades para eliminar o reducir los riesgos: prevención en el origen, protección colectiva e individual, información y formación.
- Actividades para controlar los riesgos: revisiones periódicas, control de riesgos higiénicos, ergonómicos y psicosociales y vigilancia de la salud, actuaciones frente a sucesos previsibles: emergencias, riesgos graves e inminentes.
- Primeros auxilios, investigación de accidentes u otros daños para la salud.
- Actuaciones frente a cambios previsibles: modificaciones, adquisiciones y contratación de personal.
- La planificación de las medidas y actividades preventivas en el laboratorio.

### **5.2.1. Internas**

Los programas de auditoría se deben planear, establecer, implementar y mantener por el laboratorio enfocados a la ISO /IEC 17025: 2005, para laboratorios de ensayo o laboratorios forenses. El (los) procedimiento(s) de auditoría se deben establecer, implementar y mantener de manera que establezcan:

- Las responsabilidades, competencias y requisitos para planear y conducir auditorías, reportar los resultados y retener los registros asociados.
- La determinación de los criterios de auditoría en el laboratorio, alcance, frecuencia y métodos.
- La selección de auditores y la realización de las auditorías deben asegurar la objetividad y la imparcialidad del proceso de auditoría.

La auditoría interna se llevará a cabo en el Laboratorio de Balística, la cual pretende asegurar el cumplimiento de la normativa y mejorar constantemente la gestión preventiva del laboratorio para conseguir así un buen funcionamiento, utilizando de manera adecuada sus recursos, promoviendo cambios cuando sea necesario, asegurando el cumplimiento de las correcciones de las deficiencias detectadas y al mismo tiempo llevando toda esta mejora a la política de calidad del INACIF con los lineamientos e instrucciones de la dirección. Esta auditoría interna debe realizarla personal competente del INACIF con la capacidad y conocimientos necesarios en materia preventiva y que cuente siempre con el apoyo incondicional de la dirección.

### **5.2.2. Externas**

La auditoría externa no se debe basar únicamente en la comprobación de la documentación actual sino que las buenas prácticas en los procesos en sí tienen que ser un reflejo de la realidad del laboratorio, de ahí que sea necesario realizar una visita a los lugares de trabajo. El auditor deberá proceder a la verificación de dicha información cuando la información aportada por jefatura manifieste contradicción, o en su caso omisión, con:

- Las observaciones efectuadas durante la visita al laboratorio.
- Las informaciones recibidas de los trabajadores y supervisores.

- Los accidentes ocurridos y los daños para la salud que se hayan puesto de manifiesto como resultado de la vigilancia de la salud de los trabajadores.

El alcance de la auditoría y los resultados de dichas actividades siempre deben tener relación con las restantes actividades preventivas que están sujetas a auditoría. Otro de los puntos esenciales cuyo cumplimiento debe comprobar el auditor es si la dirección general del INACIF ha hecho una integración de la prevención en la estructura organizativa del laboratorio, ya que la integración, además de ser un requisito de la norma, es una condición necesaria para la eficacia de la acción preventiva. Deben hacerla auditores totalmente ajenos al laboratorio, por lo menos en el ámbito profesional y laboral.

### **5.3. Estadísticas**

Incluyen el estado actual de trabajadores que han tenido algún tipo de enfermedad derivada del diagnóstico realizado, sin la implementación del área nueva.

### **5.4. Seguimiento continuo**

Los controles ergonómicos están agrupados dentro de tres categorías principales, para prevenir y controlar los factores de riesgo en el área nueva asociados a los factores de la ergonomía:

- Los controles de ingeniería son la parte medular de la ergonomía: cambio de estaciones de trabajo, herramientas y equipo que se ajusten al trabajador. El diseño debe acomodarse al amplio rango de personas asignadas a la tarea.

- Controles administrativos: son los métodos que se usan para darle estructura al trabajo, tales como: programar el trabajo en la asignación de casos o turnos y descansos o programas de ejercicio.
- Los controles de limpieza y mantenimientos apropiados: pueden reducir o eliminar posturas incómodas asociadas a movimientos de alcance, doblar o girar cuando se manejan materiales, herramientas u otros objetos. Los suelos y pisos deben mantenerse libres de peligro de tropiezo o resbalones. Un mantenimiento deficiente de las herramientas eléctricas causa un aumento de vibración.



## CONCLUSIONES

1. En relación al objetivo planteado sobre la implementación de una nueva área de trabajo del Laboratorio de Balística Identificativa se logró optimizar la productividad para la aplicación de los diferentes métodos en la recuperación de caracteres de identificación en armas de fuego, ya que se diseñó una nueva área ergonómica y estaciones de trabajo especializadas para dicho propósito, reduciendo los riesgos a la salud y mejorando los tiempos de 34,5 minutos a 29,5 minutos en promedio en la aplicación de cada método.
2. La eliminación de los factores tóxicos que emitían los reactivos químicos en el Laboratorio de Balística derivados del área nueva contribuye a aumentar la eficiencia en los peritajes balísticos.
3. La eficiente distribución de las nuevas estaciones de trabajo para la aplicación de los diferentes métodos, así como la actual iluminación y la adecuada ventilación, contribuyen a reducir errores que afectan la objetividad de los peritajes balísticos.
4. Todos estos factores ergonómicos de bienestar hacia el trabajador representan un incremento en la productividad y por ende una reducción en los tiempos en los peritajes balísticos, aumentando la evacuación de 350 a 410 dictámenes balísticos mensualmente, lo que representa un 17 % de aumento en la productividad total del Laboratorio de Balística.



## RECOMENDACIONES

1. La mejora continua de los aspectos contemplados en la implementación permitirá que los peritos en balística puedan desempeñar sus labores en un ambiente seguro, cómodo y fuera de peligros. La productividad mejorará continuamente conforme se implementen mejoras a las condiciones que merman la eficacia de producción y regulando los factores del ambiente físico.
2. Dar seguimiento a cada uno de los aspectos de la implantación de mejora, retroalimentando siempre cada aspecto evaluado a través de estadísticas de control y seguimiento por parte de jefatura. Esto para identificar algún tipo de peligro para los peritos en balística.
3. Crear índices que permitan medir si las medidas de mejora están abarcando los resultados esperados, evaluando la productividad del trabajador.
4. Elaborar un plan preventivo contra los riesgos más comunes y realizar análisis semestralmente sobre los riesgos que se presentan. Este análisis debe contar con un plan de mejora para eliminar el peligro o bien minimizarlo, esto debe realizarlo la jefatura del Departamento Técnico-Científico con el apoyo del jefe de balística.

5. Dar seguimiento a las propuestas de mejoras: mejorar las condiciones a las que el perito en balística está expuesto, velar porque estas se cumplan y utilizar los resultados obtenidos como retroalimentación para seguir mejorando. Si las variables ergonómicas no son identificadas correctamente existe la posibilidad de que la eficiencia en los casos evacuados sea la no esperada y que esto repercuta negativamente en la jefatura de los laboratorios.
  
6. Invertir lo suficiente para que las nuevas condiciones ergonómicas se mantengan y sean las óptimas para los peritos en balística, ya que generarán el aumento y mejoramiento de la productividad en los casos evacuados mensualmente, alcanzando los resultados esperados y el rendimiento adecuado, lo cual permita que los dictámenes lleguen con mejor calidad al cliente final.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ATF. *Bureau of alcohol, tobacco, firearms and explosives*. 2018. ATF Firearms. [en línea] <<https://www.atf.gov/resource-center/publications-library>>. [Consulta: 18 de mayo de 2018.]
2. . *Carabine*. 2011. [en línea] <[wikipedia.org/Carbine. https://www.atf.gov/file/55526/download](https://www.atf.gov/file/55526/download)>. [Consulta: 15 de mayo de 2018.]
3. BARRIOS, Carlota. *Pistola y revólver: las diferencias*. 2014. [en línea] <<https://crimiperito.wordpress.com/2014/03/19/pistola-y-revolver-las-diferencias/>>. [Consulta: 21 de julio de 2018.]
4. CHINCHILLA LEIVA, Roberto Carlos. *Optimización de procesos en el departamento de bodega de Reciclados de Centro América, S.A.* Guatemala: Facultad de Ingeniería Mecánica Industrial, 2004. 132 p.
5. CN Policía. *Armas de fuego*. 2017. [en línea] <<https://www.preparadores.eu/policia/tema-muestra-policia.pdf>>. [Consulta: 21 de julio de 2018.]
6. Decreto 39-89 del Congreso de la República de Guatemala. *Ley de armas y municiones*. Guatemala: 1989. 46 p.

7. Decreto 32-2006 del Congreso de la República de Guatemala. *Ley Orgánica del Instituto Nacional de Ciencias Forenses de Guatemala*. Guatemala: 2006. 18 p.
8. Forensics for Survivors. *Laboratorios de criminalística*. [en línea] <<http://www.surviverape.org/forenses/criminologia/laboratorios>>. [Consulta: 21 de julio de 2018.]
9. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo. México: McGraw-Hill, 2005. 457 p.
10. INACIF. *Guía sobre el Laboratorio de Balística*. Guatemala: 2013. 22 p.
11. INACIF. *Información de la institución*. [en línea] <<https://www.inacif.gob.gt/servicios>>. [Consulta: 12 de febrero de 2017].
12. Laboratorio de ATF. *Fórmulas químicas*. Estados Unidos de América. 2013. 87 p.
13. LOCLES, Roberto Jorge. *Tratado de balística*. Buenos Aires: La Rocca, SRL, 2005. 247 p.
14. *Origen de las armas de fuego*. [en línea] <<https://docplayer.es/68522568-Eschema-1-introduccion-2-origen-de-las-armas-de-fuego>>. [Consulta: febrero de 2019].

15. Seguros Caracas. Ergonomía en la oficina. [en línea] <<https://www.seguroscaracas.com./pagina/ergonomiaenlaoficina>>. [Consulta: 18 de marzo de 2018.]
16. SOLÍS PEÑA, Celso I. *Todo sobre el tiro con armas de fuego*. España: Waunceullen, Editorial Deportiva SL., 2007. 308 p.
17. Wikipedia. *Firearms*. 2018. [en línea]. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Firearm>>. [Consulta: 15 de enero de 2018].
18. . *Lighting*. [en línea] <<https://en.wikipedia.org/wiki/Lighting>>. [Consulta: 20 de enero de 2018].
19. . *Productivity*. [en línea]. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Productivity>>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
20. . *Ventilation*. [en línea]. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Ventilation>>. (architecture). [Consulta: 02 de mayo de 2018].

