



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Automatización del proceso de seriamiento, puntuación y registro de  
tiro de armas livianas en un polígono de tiro**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autores**

**ÁNGEL GUSTAVO ENRÍQUEZ ALULEMA  
CRISTIAN PATRICIO ORTEGA ROMERO**

**Director**

**OMAR SANTIAGO ALVARADO CANDO**

**CUENCA, ECUADOR**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A mi amada esposa Roxana, mis adoradas hijas María Nicole y María José, que son el principio y fin de mi existencia, el soporte de mi vida, ya que día a día se sacrifican al darme el tiempo para que yo pudiera culminar con mis estudios; a mis padres por estar siempre pendientes, a mi hermano y su familia por el cariño brindado.

**Ángel**

Dedico este trabajo de graduación a mi familia, pilares fundamentales en mi vida. De manera especial a mis padres: José Ortega y María Romero, grandes forjadores de valores, quienes han depositado en mí su apoyo, paciencia y sacrificios para verme realizado en mi carrera.

**Cristian**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por ser la esencia de mi fe y amor; a mis adorados padres: Luis (+) y Clara por darme la vida, enseñarme los principios y valores morales y guiarme con sus manos mis primeras letras; a mi esposa Roxana por el apoyo en todos los momentos de mi vida, a mis pequeñas hijas, María Nicole y María José por ser la luz de mi vida. Finalmente a los maestros que de una u otra forma contribuyeron a mi formación profesional.

**Ángel**

Agradezco a Dios por darme la salud y la fuerza necesaria para culminar mis estudios universitarios.

Agradezco al Ing. Freddy Pesántez por brindar sus consejos y ser guía del proyecto, al Ing Omar Alvarado por su apoyo en el desarrollo y culminación del trabajo final de grado. Al personal docente, quienes impartieron sus conocimientos en el campo de la ingeniería, dotando en la mente bases sólidas para un desempeño con excelencia en el futuro. Al personal de planta que conforma la facultad de Ciencia y Tecnología de esta prestigiosa universidad por haberme tendido su mano de apoyo en la duración de mis estudios y en la realización del proyecto.

**Cristian**

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE SERIAMIENTO, PUNTUACIÓN  
Y REGISTRO DE TIRO DE ARMAS LIVIANAS EN UN POLÍGONO  
DE TIRO**

**RESUMEN**

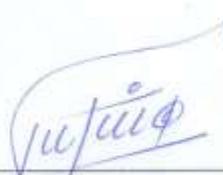
Automatizar el proceso de seriamiento, puntuación y registro de tiro de armas livianas en un polígono de tiro. Modernizará una actividad que se lo realiza en forma permanente en el entrenamiento de las tropas militares y deportistas. La aplicación que permite dirigir el registro y el seriamiento del armamento en tiempo real, utiliza la plataforma virtual *LabView* versión 2011. El sistema consta de una consola de mando, la cual accede a los blancos (dianas) y la información de las lecciones de tiro; y, una aplicación para los dispositivos de los participantes que utiliza el módulo *NI-VISION DEVELOPMENT* para el procesamiento de datos en las dianas mediante visión artificial, proporcionando al tirador parámetros que permiten conocer su puntaje, posición y eficiencia.

**Palabras Claves.-** Visión artificial, seriamiento, registro, consola, cámara, imagen, diana.

  
Hugo Marcelo Torres Salamea  
**Director de Escuela**  
**Ingeniería Electrónica**

  
Ángel Gustavo Enriquez Alulema

  
Omar Santiago Alvarado Cando  
**Director de Tesis**

  
Cristian Patricio Ortega Romero

**Autores**

**AUTOMATION OF SERIAL NUMBERING, SCORING AND REGISTRATION  
PROCESS OF LIGHT SHOOTING WEAPONS AT A FIRING RANGE**

**ABSTRACT**

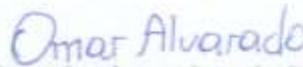
Automate the process of serial numbering, scoring and registration of light weapons in a shooting range will modernize an activity that has been done on an ongoing basis in training athletes and military troops. The application, which enables to direct the registration and serial numbering of weaponry in real time, uses the LabView virtual platform version 2011. The system consists of a control console, which access to the whites (targets), and to the information of the shooting lessons; and an application for participants' devices that uses NI-VISION DEVELOPMENT module for processing data on the target through artificial vision; giving the shooter parameters that provide insight into their score, position and efficiency.

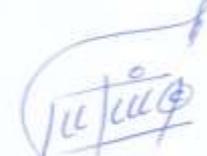
**Keywords:** Artificial Vision, Serial Numbering, Registration, Console, Camera, Image, Target.

  
Hugo Marcelo Torres Salamea  
Electronic Engineering  
School Director

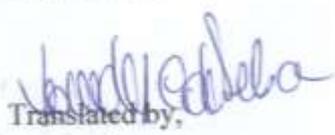
  
Ángel Gustavo Enriquez Alulema

**Authors**

  
Omar Santiago Alvarado Cando  
Thesis Director

  
Cristian Patricio Ortega Romero

  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas

  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CONTENIDOS</b>	<b>Pag.</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1: CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROYECTO</b>	
1.1 Teoría sobre armas livianas .....	3
1.1.1 Armas de fuego .....	3
1.1.1.1 Clasificación de las armas de fuego .....	4
1.1.1.1.1 Tipo de material .....	5
1.1.1.1.2 Sistema de disparo .....	7
1.1.1.1.3 Armas deportivas .....	7
1.1.1.1.4 Tamaño .....	7
1.1.1.2 Calibre .....	8
1.2 Proceso de tiro .....	9
1.2.1 Fundamentos de la puntería con rifle o fusil.....	9
1.2.1.1 Puntería avanzada .....	11
1.2.2 Técnicas de disparo.....	15
1.2.3 Transición de armas .....	15
1.2.4 Disparo en movimiento o tiro de combate.....	16
1.2.5 Seriamiento de las armas livianas.....	16
1.2.6 Armas que se utilizan en el ejército ecuatoriano .....	17
1.2.6.1 Conocimiento de armas livianas H&K 33E y H&K USP.....	18

1.2.6.1.1	Generalidades del fusil H&K 33E.....	18
1.2.6.1.2	Datos técnicos .....	18
1.2.6.1.3	Nomenclatura .....	19
1.2.6.1.4	Conjunto del cañón y caja de los mecanismos.....	19
1.2.6.1.5	Generalidades de la pistola H&K USP .....	20
1.2.6.1.6	Datos técnicos .....	21
1.2.6.1.7	Nomenclatura USP .....	21
1.2.6.1.8	Conjunto del pistolete.....	21
1.2.7	Polígono de tiro .....	22
1.2.7.1	Interior de la instalación.....	22
1.2.7.2	Blancos .....	25
1.2.7.3	Polígono de tiro para armas largas.....	27
1.3	Software LabView .....	27
1.3.1	Características principales de LabView.....	28
1.3.2	Ventajas de usar LabView .....	29
1.3.3	Instrumento virtual.....	29
1.4	Visión artificial .....	30
1.4.1	Visión humana vs visión artificial .....	31
1.4.2	Definición de imagen.....	38
1.4.2.1	Imagen digital .....	38
1.4.2.1.1	Píxel .....	38
1.4.2.1.2	Parámetros de una imagen digital .....	38
1.4.2.1.2.1	Tamaño de la imagen .....	38
1.4.2.1.2.2	Resolución de la imagen.....	39
1.4.2.1.2.3	Profundidad de color .....	39
1.4.3	Componentes de un sistema de visión artificial.....	40
1.4.3.1	Objeto .....	40
1.4.3.2	Subsistema de procesamiento .....	40
1.4.3.3	Subsistema de iluminación.....	41
1.4.3.3.1	Fuentes de luz .....	41
1.5	La Cámara .....	42
1.5.1	Clasificación de las cámaras .....	43

1.5.1.1	Tipo de señal .....	43
1.5.1.1.1	Cámaras analógicas .....	43
1.5.1.1.2	Cámaras digitales .....	44
1.5.1.2	Adquisición .....	46
1.5.1.2.1	Cámaras lineales .....	46
1.5.1.2.2	Cámara entrelazada .....	47
1.5.1.2.3	Cámaras progresivas .....	47
1.5.1.3	Tipos de imagen .....	47
1.5.1.3.1	Cámaras monocromo .....	47
1.5.1.3.2	Cámaras a color .....	47
1.5.1.3.3	Cámaras IR .....	48
1.5.1.4	Tipo de sensor .....	48
1.5.1.4.1	Cámaras CCD .....	48
1.5.1.4.2	Cámaras CMOS .....	48
1.5.2	Componentes principales de una cámara .....	48
1.5.2.1	El sensor .....	49
1.5.2.1.1	Sensor CCD .....	50
1.5.2.1.2	Sensor CMOS .....	50
1.5.2.2	La óptica .....	50
1.5.2.2.1	Características de las ópticas .....	51
1.5.2.2.1.1	Enfoque .....	51
1.5.2.2.1.2	Número F .....	51
1.5.2.2.1.3	Iris o diafragma .....	51
1.5.2.2.1.4	Ángulo de vista .....	53
1.5.2.2.1.5	Monturas .....	54
1.5.2.2.2	Parámetros de las ópticas .....	55
1.5.2.2.2.1	Campo de visión .....	55
1.5.2.2.2.2	Distancia focal .....	56
1.5.2.2.2.3	Tamaño del sensor .....	56
1.5.2.2.2.4	Distancia de trabajo .....	56
1.6	Gestión de redes .....	57
1.6.1	Protocolos de comunicación .....	57

1.6.1.1	TCP	57
1.6.1.2	UDP	57
1.6.1.3	HTTP	57
1.6.1.4	PSP	58
1.6.2	Publicación de datos en la red	58
1.6.2.1	Process	58
1.6.2.2	NI-PSP	58
1.6.2.3	Shared variable engine	58
1.6.2.4	Publisher	59
1.6.2.5	Subscriber	59
1.6.3	Enlaces entre variables compartidas en la red	59
1.6.4	Redes inalámbricas	60
1.6.4.1	Clasificación	60
1.6.4.2	Redes Wi-Fi	61
1.6.4.2.1	Infraestructura de la red	61
1.6.4.2.2	Seguridad	61
1.6.4.2.3	Modos de operación	62
1.6.4.2.3.1	El modo infraestructura	62
1.6.4.2.3.2	El modo ad-hoc	63
1.6.4.2.4	Interfaz inalámbrica	64

## **CAPÍTULO 2: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA**

2.1	Implementación	66
2.1.1	Prueba	67
2.1.2	Maqueta	67
2.1.3	Funcionamiento	68
2.1.4	Mantenimiento	68
2.2	Funcionalidad	68
2.3	Aplicación	69
2.4	Diseño y programación del software para la consola y dispositivos	70
2.4.1	Programación del software para la consola	72
2.4.1.1	Variables compartidas	73
2.4.1.2	Creación de una variable compartida para consola de mando	73

2.4.1.3	Propiedades de la variable compartida de la consola de mando .....	74
2.4.1.4	Datos para los participantes .....	76
2.4.1.5	Encabezados .....	77
2.4.1.6	Eliminación de datos .....	78
2.4.1.7	Registro de armas .....	79
2.4.1.7.1	Participantes .....	79
2.4.1.7.2	Selección de puesto .....	81
2.4.1.7.3	Almacenamiento de resultados.....	83
2.4.1.7.4	Generación y almacenamiento de reportes.....	85
2.4.1.8	Seriamiento de armas .....	88
2.4.1.8.1	Participantes .....	88
2.4.1.8.2	Almacenamiento de resultados.....	88
2.4.2	Programación del software para los dispositivos.....	91
2.4.2.1	Proceso de Registro de armas livianas .....	91
2.4.2.1.1	Configuración del sistema .....	92
2.4.2.1.1.1	Modos de captura .....	93
2.4.2.1.1.2	Manejo de espacios de memoria .....	94
2.4.2.1.1.3	Muestra de imágenes en el panel frontal .....	95
2.4.2.1.2	Adquisición de imagen.....	97
2.4.2.1.2.1	Escritura de imágenes en un archivo .....	97
2.4.2.1.2.2	Lectura de imágenes desde un archivo .....	97
2.4.2.1.2.3	Disponibilidad de imágenes .....	98
2.4.2.1.3	Conversión a escala de grises.....	99
2.4.2.1.3.1	Detección de cambios en una imagen .....	100
2.4.2.1.4	Filtrado .....	101
2.4.2.1.4.1	Filtro Gaussiano .....	101
2.4.2.1.4.2	Escaneo de los impactos en la diana .....	103
2.4.2.1.5	Procesamiento .....	105
2.4.2.1.5.1	Histograma de la imagen .....	105
2.4.2.1.5.2	Binarización de la imagen .....	106
2.4.2.1.5.3	Morfología en imágenes .....	107

2.4.2.1.5.3.1	Rechazar bordes .....	107
2.4.2.1.5.3.2	Relleno de agujeros .....	108
2.4.2.1.5.3.3	Separación de partículas .....	109
2.4.2.1.5.3.4	Remover partículas .....	109
2.4.2.1.6	Análisis de la imagen .....	110
2.4.2.1.6.1	Localización de impactos .....	110
2.4.2.1.6.1.1	Reporte del análisis de impactos .....	111
2.4.2.1.6.1.2	Sobreponer impactos .....	113
2.4.2.1.6.1.3	Ubicación de los impactos.....	114
2.4.2.1.6.2	Conversión de unidades.....	117
2.4.2.1.6.3	Conteo de impactos y asignación de puntaje.....	118
2.4.2.1.6.4	Determinación de la eficiencia .....	121
2.4.2.1.6.5	Resultados del participante.....	123
2.4.2.1.6.5.1	Reporte de los resultados .....	123
2.4.2.2	Proceso de seriamiento de armas livianas.....	125
2.4.2.2.1	Localización de impactos .....	126
2.4.2.2.2	Posicionamiento del impacto .....	128
2.4.2.2.3	Resultados del participante.....	131
2.4.2.2.3.1	Indicadores del seriamiento.....	131
2.4.2.2.3.2	Reporte del seriamiento de armas .....	133
2.4.2.3	Envío de resultados de los participantes .....	136
2.4.2.3.1	Creación de una variable compartida para el dispositivo del participante .....	136
2.4.2.4	Red inalámbrica Ad-Hoc .....	140
2.4.2.5	Configuración de la red Ad-Hoc.....	140
2.4.2.6	Configuración de IP .....	144

### **CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN DE MAQUETA, ACOPLAMIENTO Y COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

3.1	Diseño y construcción de la maqueta .....	148
3.1.1	El blanco .....	148
3.1.1.1	Marcación .....	148
3.1.1.2	Calidad y dimensiones de la diana.....	149

3.1.2	Estructura para el blanco de tiro .....	149
3.1.3	Estructura para soporte de la cámara .....	151
3.2	Acoplamiento del blanco de tiro y la cámara .....	152
3.3	Acoplamiento del sistema para el tirador .....	153
3.4	Acoplamiento de la consola de mando y el dispositivo para el tirador .....	154
3.4.1	Asignación de direcciones IP a cada dispositivo .....	154
3.4.2	Comunicación entre equipos.....	154
3.5	Comprobación del sistema de adquisición de datos .....	157
3.5.1	La consola de mando .....	158
3.5.1.1	Registro de tiro de armas .....	159
3.5.1.2	Seriamiento de armas .....	162
3.5.1.3	Detener la aplicación.....	166
3.5.2	Los dispositivos de los participantes .....	167
3.5.2.1	Registro de armas.....	167
3.5.2.1.1	Adquisición de imagen.....	168
3.5.2.1.2	Conversión de imagen a escala de grises .....	170
3.5.2.1.3	Guardar imagen .....	170
3.5.2.1.4	Análisis del centro de la diana.....	170
3.5.2.1.5	Procesamiento de imagen.....	173
3.5.2.1.6	Análisis de los impactos.....	177
3.5.2.2	Seriamiento de armas .....	181
3.5.2.2.1	Análisis de impactos en la diana .....	182
3.5.2.2.2	Calibración del arma .....	183
3.5.2.2.2.1	En dirección .....	185
3.5.2.2.2.2	En elevación .....	186

## **CAPÍTULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS**

4.1	Pruebas realizadas en tiempo real.....	190
4.1.1	Comunicación entre equipos.....	190
4.1.2	Envío y recepción de datos .....	192
4.1.3	Envío y recepción de resultados de registro de tiro .....	192
4.1.4	Envío y recepción de resultados de seriamiento de armas.....	192

4.2	Análisis de las pruebas y muestra detallada de los resultados de cada lección de tiro efectuada por los tiradores o participantes.....	196
4.2.1	Registro de tiro en el dispositivo del participante.....	196
4.2.1.1	Resultado de una serie de tiros.....	197
4.2.1.2	Resultado de varias series de tiros .....	197
4.2.2	Seriamiento de armas en el dispositivo del participante.....	198
4.2.2.1	Resultado de una sesión de tiro.....	198
4.2.2.2	Resultado de varias sesiones .....	199
4.2.3	Resultados de la práctica de registro de tiro en la consola .....	201
4.2.4	Resultados de la práctica de seriamiento de armas en la consola.....	203
4.2.5	Informe de la práctica de registro de tiro en polígono cerrado .....	205
4.2.6	Informe de la práctica de seriamiento de armas en polígono cerrado.....	207
4.3	Elaboración del instructivo del proyecto .....	209
4.3.1	Referencias .....	209
4.3.2	Antecedentes .....	209
4.3.3	Objetivos .....	210
4.3.4	Finalidad .....	210
4.3.5	Disposiciones generales.....	210
4.3.6	Empleo .....	211
4.3.6.1	En la consola de mando .....	211
4.3.6.2	En la ejecución de los ejercicios de tiro.....	211
4.3.6.2.1	El supervisor .....	211
4.3.6.2.2	El técnico .....	214
4.3.6.2.3	Los participantes .....	214
4.3.6.3	Las instalaciones donde se encuentran los polígonos de tiro.....	215
4.3.6.3.1	Instalaciones .....	215
4.3.6.3.2	Los polígonos .....	215
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>216</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>218</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>219</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Pistola Pieta Beretta 92 FS.....	6
Figura 1.2: Revolver Smith & Wesson 60.....	6
Figura 1.3: Munición para pistola y revolver.....	8
Figura 1.4: Munición para fusil.....	8
Figura 1.5: Alineación de la mira.....	9
Figura 1.6: Formas de apuntar al blanco.....	10
Figura 1.7: Enfoque de la mira.....	10
Figura 1.8: Posición isósceles.....	12
Figura 1.9: Posición weaver.....	13
Figura 1.10: Aparatos de puntería.....	16
Figura 1.11: Alineación del ojo a la diana.....	17
Figura 1.12: Fusil de asalto de 5,56 mm H&K 33E.....	17
Figura 1.13: Partes que conforman el fusil.....	19
Figura 1.14: Pistola semi-automática de 9 mm H&K USP.....	20
Figura 1.15: Polígono de tiro abierto.....	22
Figura 1.16: Ubicación para práctica de tiro con fusil.....	25
Figura 1.17: Tipos de blancos: a) diana. b) silueta.....	25
Figura 1.18: Práctica de tiro en un polígono cerrado.....	26
Figura 1.19: Silueta metálica.....	26
Figura 1.20: Polígono de tiro para armas largas.....	27
Figura 1.21: Partes del ojo humano.....	32
Figura 1.22: Células fotosensibles.....	33
Figura 1.23: Espectro visible.....	34
Figura 1.24: a) Distorsión cromática.	
b) Sensibilidad del ojo a diferente longitud de onda.....	35
Figura 1.25: Córtex visual.....	36
Figura 1.26: Formatos de cámaras analógicas.....	44
Figura 1.27: Sensores para cámaras.....	49
Figura 1.28: Apertura del iris o diafragma.....	52

Figura 1.29: Diferentes aperturas del iris.....	53
Figura 1.30: Características y parámetros de las ópticas.....	53
Figura 1.31: Tipos de montura de las cámaras.....	55
Figura 1.32: Distancia focal.....	56
Figura 1.33: Modo infraestructura.....	63
Figura 1.34: Modo AD HOC.....	64
Figura 1.35: Tarjeta de red inalámbrica.....	65
Figura 2.1: Esquema general de diseño del software para la consola.....	70
Figura 2.2: Esquema general de diseño del software para los dispositivos.....	71
Figura 2.3: Esquema del software de la consola.....	72
Figura 2.4: Creación de una variable compartida.....	73
Figura 2.5: Propiedades de la variable compartida.....	74
Figura 2.6: Variable compartida RES IMPACTOS de la consola de mando.....	75
Figura 2.7: Modo escritura de la variable compartida.....	76
Figura 2.8: Diagrama de bloques datos para participantes.....	77
Figura 2.9: Diagrama de bloques sub vi encabezado datos de la práctica.....	78
Figura 2.10: Panel frontal sub vi encabezado datos de la práctica.....	78
Figura 2.11: Diagrama de bloques borrar datos para práctica.....	79
Figura 2.12: Diagrama de bloques del sub vi participantes.....	80
Figura 2.13: Panel frontal del sub vi participantes.....	80
Figura 2.14: Sub vi selección de puesto.....	81
Figura 2.15: Diagrama de bloques del sub vi selección de puesto.....	82
Figura 2.16: Panel frontal del sub vi selección de puesto.....	83
Figura 2.17: Diagrama de bloques almacenamiento de resultados de registro.....	84
Figura 2.18: Diagrama de bloques encabezado del informe.....	85
Figura 2.19: Diagrama de bloques para grabar resultados.....	86
Figura 2.20: Diagrama de bloques grabación de documento con resultados.....	87
Figura 2.21: Panel frontal del sub vi encabezado del informe.....	87
Figura 2.22: Sub vi participantes.....	88
Figura 2.23: Diagrama de bloques seriamiento de armas.....	90
Figura 2.24: Proceso de registro de armas.....	91
Figura 2.25: Función abrir cámara.....	92

Figura 2.26: Función configurar cámara.....	93
Figura 2.27: Función grabar imagen.....	93
Figura 2.28. a) Función IMAQ create. b) Función IMAQ dispose.....	94
Figura 2.29: Pantalla de visualización de imagen.....	95
Figura 2.30: Función cerrar cámara.....	96
Figura 2.31: Configuración del sistema de adquisición de imagen.....	96
Figura 2.32: a) Función IMAQ write file 2. b) Función IMAQ read file.....	98
Figura 2.33: Función IMAQ copy.....	99
Figura 2.34: Función IMAQ extract single color plane.....	100
Figura 2.35: Panel frontal diferencia entre dos imágenes.....	100
Figura 2.36: Diagrama de bloques diferencia entre dos imágenes.....	101
Figura 2.37: Diagrama de bloques sub vi filtrado de imagen.....	102
Figura 2.38: Panel frontal sub vi filtrado de imagen.....	102
Figura 2.39: Diagrama de bloques sub vi escaneo de impactos.....	104
Figura 2.40: Panel frontal sub vi escaneo impactos.....	104
Figura 2.41: Función IMAQ histogram.....	105
Figura 2.42: Función IMAQ threshold.....	106
Figura 2.43: Diagrama de bloques sub vi umbralización de imagen.....	107
Figura 2.44: Esquema para la aplicación de morfología en una imagen.....	108
Figura 2.45: a) Función IMAQ rejectborder. b) Función IMAQ fillhole.....	108
Figura 2.46: a) Función IMAQ separation. b) Función IMAQ removeparticle.....	109
Figura 2.47: Diagrama de bloques sub vi procesamiento de imagen.....	110
Figura 2.48: Esquema para el análisis de una imagen.....	111
Figura 2.49: Función IMAQ particle analysis report.....	111
Figura 2.50: Diagrama de bloques análisis de impactos.....	112
Figura 2.51: Diagrama de bloques obtención del centro de la diana.....	113
Figura 2.52: Función IMAQ overlay oval.....	114
Figura 2.53: Diagrama de bloques sobreponer impactos.....	115
Figura 2.54: Diagrama de bloques ubicación de impactos.....	116
Figura 2.55: Diagrama de bloques conversión de unidades.....	117
Figura 2.56: Puntajes de la diana.....	118
Figura 2.57: Diagrama de bloques sub vi conteo de tiros.....	120

Figura 2.58: Panel frontal sub vi conteo de tiros.....	121
Figura 2.59: Diagrama de bloques eficiencia de los participantes.....	122
Figura 2.60: Diagrama de bloques resultados de los participantes.....	124
Figura 2.61: Diagrama de bloques sub vi resultado de un participante.....	125
Figura 2.62: Panel frontal sub vi resultado de un participante.....	125
Figura 2.63: Esquema para el análisis de los impactos en la diana.....	126
Figura 2.64: Diagrama de bloques secciones de la diana.....	127
Figura 2.65: Cuadrantes de la diana.....	129
Figura 2.66: Diagrama de bloques posicionamiento del impacto.....	130
Figura 2.67: Zonas de la diana.....	132
Figura 2.68: Diagrama de bloques indicadores de seriamiento.....	132
Figura 2.69: Diagrama de bloques resultados del participante.....	134
Figura 2.70: Diagrama de bloques sub vi resultado participante a consola.....	135
Figura 2.71: Panel frontal resultado del participante.....	135
Figura 2.72: Configuración de las propiedades de la variable compartida.....	137
Figura 2.73 Asignación de URL.....	138
Figura 2.74: Variable compartida IMPACTOS del dispositivo del participante....	139
Figura 2.75: Modo lectura de la variable compartida.....	139
Figura 2.76: a) Panel de control dispositivo de la consola.	
b) Pantalla de red e internet.....	141
Figura 2.77: a) Pantalla network and sharing center.	
b) Configurar una conexión o red.....	142
Figura 2.78: a) Configuración de una red Ad hoc.	
b) Datos de la red AD-HOC.....	143
Figura 2.79: a) Creación de la red AD-HOC CONSOLA.	
b) Red CONSOLA creada.....	145
Figura 2.80: Selección de la red inalámbrica.....	144
Figura 2.81: a) Propiedades de la conexión de red inalámbrica.	
b) Propiedades del protocolo de internet (TCP/IPv4).....	147
Figura 3.1: Dimensiones de la diana.....	149
Figura 3.2: Estructura para la diana.....	150
Figura 3.3: Base de la diana.....	150

Figura 3.4: Blanco de tiro.....	151
Figura 3.5: a) Estructura para la cámara. b) Acople del soporte y cámara.....	152
Figura 3.6: Acoplamiento de la cámara y la diana.....	152
Figura 3.7: Sistema para el tirador.....	153
Figura 3.8: Asignación de IP a) para la consola de mando. b) para el participante.....	155
Figura 3.9: Habilitación de la red CONSOLA.....	156
Figura 3.10: Conexión a la consola de mando.....	156
Figura 3.11: a) Dispositivo de la consola de mando. b) Dispositivo del tirador.....	157
Figura 3.12: Panel frontal de la consola, inicio de la aplicación.....	158
Figura 3.13: Panel frontal de la consola, datos para participantes.....	159
Figura 3.14: Panel frontal de la consola, registro de tiro de los participantes.....	160
Figura 3.15: Panel frontal de la consola, inicio de registro de tiro.....	160
Figura 3.16: a) Indicadores de resultados individuales. b) Simulación de datos de participantes.....	161
Figura 3.17: Acumulación de resultados del registro de tiro de todos los participantes.....	161
Figura 3.18: Panel frontal de la consola, resultados del registro de tiro.....	162
Figura 3.19: Panel frontal de la consola, seriamiento de armas.....	163
Figura 3.20: Panel frontal de la consola, inicio del seriamiento de armas.....	164
Figura 3.21: Panel frontal de la consola: a) arma seriada. b) serie terminada.....	165
Figura 3.22: Acumulación de resultados del seriamiento de armas de todos los participantes.....	166
Figura 3.23: Panel frontal finalización de competencia.....	166
Figura 3.24: Panel frontal del dispositivo, inicio de la aplicación.....	167
Figura 3.25: Panel frontal del dispositivo, menú registro.....	168
Figura 3.26: Panel frontal del dispositivo del participante, inicio de registro de tiro de armas.....	169
Figura 3.27: Imagen capturada con cámara web Genius 320.....	169
Figura 3.28: Plano de luminancia de la imagen de la diana.....	170
Figura 3.29: Imagen pregrabada.....	171
Figura 3.30: Imagen binarizada del centro de la diana.....	171

Figura 3.31: a) Parte central de la diana. b) Análisis del centro de la diana.....	172
Figura 3.32: Diferencia entre dos imágenes.....	172
Figura 3.33: Histograma de la imagen de la diana.....	173
Figura 3.34: Binarización de la imagen de los impactos.....	174
Figura 3.35: Eliminación de bordes de la imagen.....	174
Figura 3.36: Relleno de agujeros en partículas.....	175
Figura 3.37: a) Separación de partículas. b) Remover partículas.....	176
Figura 3.38: a) Resultados del análisis, b) Impacto de la munición en la diana.....	177
Figura 3.39: a) Análisis de impactos en la diana.	
b) Superposición de un impacto.....	178
Figura 3.40: a) Ubicación de un grupo de impactos.	
b) Superposición de un grupo de impactos.....	180
Figura 3.41: Panel frontal del dispositivo, captura de impacto.....	179
Figura 3.42: Panel frontal del dispositivo, resultado del registro de tiro.....	181
Figura 3.43: Panel frontal del dispositivo, menú seriamiento.....	181
Figura 3.44: Panel frontal del dispositivo, inicio de seriamiento de armas.....	182
Figura 3.45: a) Impacto en zona exterior de la diana.	
b) Impacto en zona intermedia de la diana.....	184
Figura 3.46: Impacto en zona interior de la diana.....	183
Figura 3.47: Formas de ajuste del arma.....	185
Figura 3.48: Ajuste del arma en dirección.....	185
Figura 3.49: Ajuste del arma en elevación.....	186
Figura 3.50: Panel frontal del dispositivo, calibración del arma.....	187
Figura 3.51: Panel frontal del dispositivo, resultado de la serie de tiros.....	187
Figura 3.52: Panel frontal del dispositivo, resultado del arma seriada.....	188
Figura 3.53: Panel frontal del dispositivo, finalización de la aplicación.....	189
Figura 4.1: a) Comando desde la consola.	
b) Control del dispositivo del participante.....	191
Figura 4.2: a) Datos desde la consola.	
b) Datos recibidos en el dispositivo del participante.....	193
Figura 4.3: a) Envío de resultados de registro de tiro.	
b) Recepción de resultados de registro de tiro.....	194

Figura 4.4: a) Envío de resultados de seriamiento de armas.	
b) Recepción de resultados de seriamiento de armas.....	195
Figura 4.5: Resultado individual de registro de una serie de tiro.....	197
Figura 4.6: Resultado individual de registro de varias series de tiros.....	198
Figura 4.7: Resultado individual del seriamiento de armas en una serie de tiro....	199
Figura 4.8: Resultado individual del seriamiento en varias sesiones.	
a) participante 1. b) participante 2.....	200
Figura 4.9: Diseño del informe del registro de tiro.....	202
Figura 4.10: Diseño del informe del seriamiento de armas.....	204
Figura 4.11: Informe del registro de tiro de armas.....	206
Figura 4.12: Informe del seriamiento de armas.....	208

Enríquez Alulema Ángel Gustavo  
Ortega Romero Cristian Patricio  
Trabajo de grado  
Omar Santiago Alvarado Cando  
Diciembre, 2015

## **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE SERIAMIENTO, PUNTUACIÓN Y REGISTRO DE TIRO DE ARMAS LIVIANAS EN UN POLÍGONO DE TIRO**

### **INTRODUCCIÓN**

En las Fuerzas Armadas, como parte de la formación del combatiente, se realiza la instrucción para el uso y manejo de las armas de fuego, que la institución dispone; ésta capacitación tiene varias fases como son: conocimiento de las armas, escuela de puntería, instrucción de tiro y finaliza con el tiro práctico.

El combatiente una vez que ha sido instruido en éstas técnicas y adquirido las destrezas necesarias, requiere que cada cierto tiempo deba realizar las prácticas de tiro como parte del entrenamiento, con lecciones que van desde las diferentes posiciones (tendido, de rodilla, de pie, de combate y tiro caza).

En las prácticas y ejercicios de tiro, actualmente se emplea gran cantidad de tiempo en la ejecución de la misma, entre realizar: el seriamiento del fusil, la verificación de los impactos, marcación, puntuación, cubrir los orificios y regresar a la posición en la distancia asignada; la repetición de éstos procedimientos, conlleva a emplear valioso tiempo, el mismo que, podría ser utilizado en mayor cantidad de repeticiones y número de participantes, es decir, que con el mismo tiempo que actualmente se utiliza, se pueda realizar más prácticas o mayor cantidad de participantes puedan realizar ésta actividad.

Es importante recalcar, que el entrenamiento de tiro con armas, no solo lo realizan las Fuerzas Armadas, sino también, la Policía Nacional y las diferentes asociaciones de tiro de las federaciones provinciales y nacional, así como clubes privados. El contar con un sistema de marcación y verificación automático, permitirá que el procedimiento para el seriamiento y registro de los impactos realizados con las diferentes armas de fuego livianas, sea más eficaz y eficiente.

El desarrollo de este sistema mediante visión artificial, permite adquirir la imagen del blanco (DIANA), procesar la información contenida y obtener un estadístico individual de los impactos como son: puntajes, la eficiencia y eficacia luego de cada serie de disparos, y la cantidad de munición empleada, evitando de esta manera el movimiento innecesario de los participantes, desde sus posiciones hasta la línea de blancos y viceversa.

Para que la información de los resultados de una lección de tiro sea reflejada en tiempo real en el dispositivo del participante y en la consola de mando, es necesaria la creación de una red inalámbrica; esta red permitirá la comunicación entre todos los equipos, evitando la implementación de cableado, ya que no es conveniente usar éste tipo de infraestructura, debido a las características y topografía del polígono de tiro. El prototipo para el proyecto fue diseñado e implementado de acuerdo a las características y especificaciones de un polígono de tiro (línea de blancos).

## **CAPÍTULO 1**

### **CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROYECTO**

En este capítulo se darán a conocer cada uno de los temas relacionados con el proyecto, como son: una breve introducción sobre el manejo de armas y el proceso de tiro en un polígono, la plataforma sobre la que se desarrollará las diferentes aplicaciones, visión artificial y el sistema de comunicación entre dispositivos.

#### **1.1 Teoría sobre armas livianas**

Dentro de la instrucción, como primer paso es el conocimiento de las armas ligeras, que son armas de fuego que pueden ser transportadas y descargadas por una persona. En esta categoría se encuentran las armas automáticas que se desarrollaron a partir de las portátiles como las ametralladoras, que usan la misma munición que los fusiles militares o como las ametralladoras de mayor calibre. Dado que la frontera entre las armas cortas y la artillería es muy grande, cada una de las fuerzas militares definen un calibre específico a partir del cual se habla de artillería. Las armas tienen una definición estricta que por lo general incluyen rifles, pistolas, revólveres, fusiles, ametralladoras ligeras y ametralladoras pesadas.

##### **1.1.1 Armas de fuego**

Se emplea esta denominación a las armas o materiales portátiles, ligeros o pesados, que utilizan proyectiles, pólvora y explosivos. La denominación de "armas de fuego" se debe a que las primeramente inventadas echaban una llamarada por la boca del arma. "Dentro de este campo los términos más empleados está la Balística, ciencia que estudia el movimiento de los cuerpos proyectados a través del espacio.

La balística tiene que ver en general con proyectiles disparados por cañones o armas ligeras, pero también puede examinar el vuelo libre de las bombas o de los cohetes.”(Pérez, 2012) El movimiento de un proyectil desde el momento del disparo hasta su impacto en el blanco se divide en tres fases distintas:

- **Balística interior.**- Estudia el movimiento del proyectil mientras se encuentra dentro del cañón. Se ocupa de la temperatura, el volumen y la presión de los gases producidos por la combustión de la carga propulsora en el tubo cañón; tiene que ver con el efecto de la expansión de esos gases sobre el tubo cañón, el armazón y el proyectil. Algunos de los elementos críticos implicados en el estudio de la balística interior son la relación entre el peso de la carga y el peso del proyectil, la medida del calibre, el tamaño, forma y densidad óptimos de los granos de carga propulsora para los diferentes cañones, y los problemas ligados de máxima y mínima presión en la boca del arma.
- **Balística exterior.**- Considera el movimiento del proyectil desde el momento en que abandona el cañón hasta que alcanza el blanco. La forma, el calibre, el peso, las velocidades iniciales, la rotación, la resistencia del aire y la gravedad constituyen los elementos que inciden en la trayectoria de un proyectil desde el momento en que abandona el cañón hasta que alcanza el blanco.
- **Balística terminal.**- Analiza el efecto del proyectil sobre el blanco.

#### 1.1.1.1 Clasificación de las armas de fuego

Las armas de fuego se clasifican por:

- Tipo de material
- Sistema de disparo
- Armas deportivas
- Tamaño

### **1.1.1.1.1 Tipo de material**

#### **Armas de hombro**

Las armas de fuego llamadas de "Hombro" o también "Largas", son aquellas que para su empleo normal requieren estar apoyadas en el hombro del tirador y el uso de ambas manos, entre ellas se encuentra los fusiles, carabinas y escopetas. Se diferencian por la forma de su cañón:

- Estriado (Las estrías son los surcos en forma helicoidal grabados en el interior del tubo cañón del arma de fuego, sirve para que el proyectil al abandonar el tubo cañón rote en su eje y mantenga estabilidad en el vuelo y al impactar el blanco pierda el control y produzca el mayor daño posible).
- Liso, cuando carecen totalmente de estrías.

Las que presentan su cañón estriado se clasifican en:

- Carabinas, cuando el largo del tubo cañón no sobrepasa los 560 mm de longitud.
- Fusiles, cuando se supera esta medida.

Las que presentan su cañón liso se clasifican en:

- Carabinas y fusiles, de carga tiro a tiro, repetición o semiautomáticas.
- Escopetas de carga tiro a tiro, repetición o semiautomáticas.

#### **Armas de puño**

A las armas de "Puño", se las conoce también como "Cortas", han sido diseñadas para ser empleadas normalmente con una sola mano sin ser apoyada en otra parte del cuerpo. Dentro de las armas de puño se distinguen básicamente tres: pistolas, revólveres y pistolones.

- **Pistolas.-** Son las armas cortas de uno o dos cañones de ánima rayada, con su recámara alineada permanentemente con el cañón (Figura 1.1). Pueden ser tiro a tiro, de repetición o semiautomáticas. Los modelos actuales y más comunes corresponden a las semiautomáticas: *COLT.45*, *KH 9 mm*, *BERSA .380*, etc.



Figura 1.1. Pistola Pietro Beretta 92 FS

Fuente: NRA.

- **Revólveres.-** Son las armas de puño de ánima estriada que poseen una serie de recámaras en un cilindro o tambor giratorio montado coaxialmente con el cañón. Un mecanismo hace girar el tambor de modo tal que las recámaras son sucesivamente alineadas con el ánima del cañón (Figura 1.2). Los modelos más modernos son de doble acción: *COLT*, *SMITH & WESSON*, *RUGER*, *TAURUS*, *DOBERMAN*, etc.



Figura 1.2. Revolver *Smith & Wesson 60*

Fuente: NRA.

#### 1.1.1.1.2 Sistema de disparo

- **Tiro a tiro.**- Son armas que carecen de almacén o cargador y obligan al tirador a repetir manualmente la acción completa de carga del arma en cada disparo.
- **Repetición.**- Son las que el ciclo de carga y descarga de la recámara se efectúa mecánicamente por acción del tirador, estando acumulados los proyectiles en un almacén cargador.
- **Semiautomático.**- En este tipo de armas es necesario oprimir el disparador (gatillo) para cada disparo y en el que el ciclo de carga y descarga se efectúa sin la intervención del tirador.
- **Automático.**- En estas armas al mantener oprimido el disparador se produce más de un disparo en forma continua, como ejemplo las ametralladoras.

#### 1.1.1.1.3 Armas deportivas

Dentro de la categoría de armas deportivas se encuentran:

- Pistolones de caza, de uno o dos cañones, de carga tiro a tiro calibres 14,2 mm. (28), 14 mm. (32) y 12 mm. (36).
- Carabinas y fusiles, de carga tiro a tiro o repetición hasta calibres 5,6 mm., con excepción de las que empleen munición de mayor potencia o dimensión que la denominada "22 largo rifle" (.22 LR).
- Escopetas de carga tiro a tiro, cuyos cañones posean una longitud no inferior a los 600 mm.

#### 1.1.1.1.4 Tamaño

Otra de las formas utilizadas para clasificar las armas de fuego es mediante su tamaño, las mismas que se encuentran definidas en tres grupos: Armas cortas, que puede ser un revolver o una pistola; Armas medianas, como la Metralleta o el Pistam; Armas largas, que pueden ser: un fusil, una carabina o una escopeta.

### 1.1.1.2 Calibre

El calibre de las armas se expresa habitualmente en: "milímetros", como se puede ver en la figura 1.3, los más usados son: 7,65 mm, 9 mm, o 11,25 mm; en "fracciones de pulgada", como son: .38, .357, .44, .45; o en "unidades absolutas", como se puede ver en la figura 1.4, los calibres 12, 16, 20, son utilizados para escopetas y pistolones.



Figura 1.3. Munición para pistola y revolver

Fuente: Armas de Fuego.



Figura 1.4. Munición para fusil

Fuente: Rogers.

## 1.2 Proceso de tiro

### 1.2.1 Fundamentos de la puntería con rifle o fusil

Las reglas siguientes se aplican para disparar un rifle con miras metálicas abiertas. Se debe usar un blanco (diana) de tipo circular, llamado también “ojo de buey”, de manera que, se pueda medir el progreso del participante al momento en que realice las prácticas de tiro, previos a una competencia.

- **La posición.-** Cada participante al momento de realizar las prácticas de tiro debe adquirir una posición adecuada para cada entrenamiento, estas son: tendido, de pie, arrodillado, y sentado. Los elementos básicos requieren apoyo de huesos, relajación de los músculos y apuntar en forma natural.
- **Alineación de la mira.-** Se debe centrar la mira delantera (guión) en la mira trasera (alza). La punta de la mira delantera debería nivelarse y alinearse con el extremo superior de la mira trasera (Figura 1.5). El apoyo de la cantonera (culata) del rifle en el hombro debe ser de manera tal, que se pueda alinear las miras sin inclinar la cabeza hacia el lado. Mientras se enfrenta al blanco, bajar la cabeza hacia adelante, sobre el trozo de apoyo para la mejilla hasta que la mira delantera se alinee adecuadamente con la mira trasera.



Figura 1.5. Alineación de la mira

Fuente: Autores.

- Vista de la mira.**- Para realizar una tomada pie de diana (seis en punto), el centro del blanco debería sentarse en lo alto de la mira delantera como una calabaza sobre un poste (Figura 1.6). Para una tomada punto en blanco (puntería al centro), el punto de impacto deseado debería estar alineado con la cima de la mira delantera. Ajustar el arma para que el centro del blanco esté en relación debida con la alineación de las miras, permitiendo apuntar en forma natural, enfocando la visión en las miras de forma que éstas aparezcan nítidas dejando el blanco borroso (Figura 1.7).



Figura 1.6. Formas de apuntar al blanco

Fuente: Beeman.

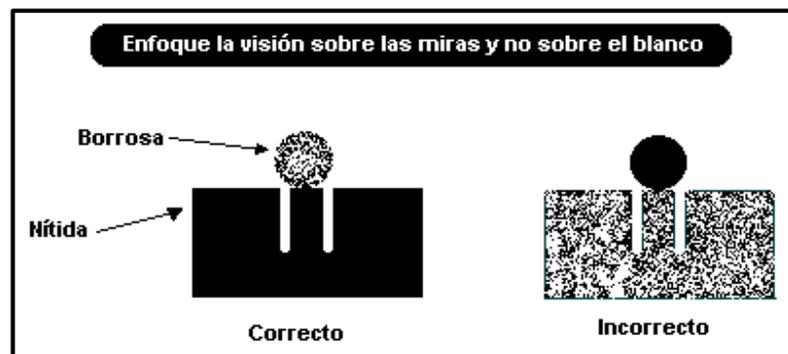


Figura 1.7. Enfoque de la mira

Fuente: Beeman.

- **Control de la respiración.**- Se debe dejar de respirar lo necesario al momento de liberar el disparo. Un tiempo promedio para soportar la respiración es entre 5 a 10 segundos aproximadamente, ya que si se retiene por mayor tiempo, la visión puede dificultarse.
- **Tomada.**- Dejar que la postura se ajuste hasta que el movimiento se minimice. Si la posición conlleva demasiado para asentarse nuevamente, se debe volver a la respiración normal y repetir el paso anterior otra vez.
- **Control del disparador.**- Aplicar una presión ligera hacia atrás sobre el gatillo. El tirador no debería saber cuándo va a salir el tiro porque la anticipación puede causar un fallo. Debería estar concentrándose en la mira delantera, no en el gatillo.
- **Seguimiento.**- Permanecer perfectamente inmóvil por unos segundos después de la salida del tiro. Mientras está quieto, se debe concentrar en la mira delantera, evaluar la tomada y predecir los resultados en términos de valor y proximidad.

El participante debe esforzarse por la consistencia, la repetición del proceso de la misma forma una y otra vez, que es la clave para tener éxito en el tiro. Aunque estos pasos pueden parecer básicos, no significa que sean fáciles de seguir, se tiene que practicar y volver a practicar más. Al seguir estas reglas cada vez que se practique el tiro, el resultado final será una puntería mejorada.

#### 1.2.1.1 Puntería avanzada

Principios básicos de puntería avanzada:

- Posición
- Agarre y empuñadura
- Alineación de miras
- Imagen de las miras
- Control de la respiración
- Control del disparador
- Sostenimiento
- Recuperación

- **Posición**

Todo tirador, tiene una forma natural de establecer su posición para realizar un buen disparo al momento de las prácticas de tiro. Una posición correcta debe: proveer máxima estabilidad; proveer máximo balance o equilibrio; minimizar la tensión en los músculos y sobre todo mantenerse cómodo.

**Posición Isósceles.**- Los pies deben estar separados al ancho de los hombros. El pie débil debe estar más adelante que el otro y apuntando hacia el blanco. Las rodillas deben estar ligeramente flexionadas. La parte superior del cuerpo debe estar inclinada hacia el frente en una posición agresiva, los brazos extendidos y los codos cerrados (Figura 1.8).



Figura 1.8. Posición isósceles

Fuente: Autores.

**Posición *WEAVER*.**- En la posición Weaver, la anchura de posición de los pies para disparo con pistola debe ser de 10 a 15 cm con respecto al lado débil de los hombros ver figura 1.9, la anchura de posición de los pies para disparo con fusil en los hombros debe ser de 15 a 20 cm respecto al lado débil.



Figura 1.9. Posición weaver

Fuente: Autores.

- **Agarre y empuñadura**

**Agarre.-** Hacer un puño alrededor de la empuñadura de la pistola. La mano débil debe hacer un puño sobre la mano de disparo. La fuerza aplicada sobre la empuñadura debe ser solo suficiente para mantener firme el arma. Demasiada presión causa tensión muscular y probablemente pierda precisión en el disparo. El dedo se debe introducir en el disparador hasta donde tenga presión directa.

**Empuñadura.-** Una empuñadura perfecta debe: Proveer una plataforma estable para disparar, permitir que el arma funcione correctamente y disminuir el retroceso del arma. El pulgar de la mano débil debe mantener tensión hacia abajo, en tanto que el índice de la mano débil debe mantener tensión hacia arriba.

- **Alineación de miras**

Se logra centrando el punto de mira en el alza, la parte superior del punto de mira debe estar al mismo nivel de la parte superior del alza y en alineación con el ojo del tirador. Al alinear las miras con el eje del cañón, el impacto pega donde el tirador desea, además provee un punto de concentración o enfoque al tirador.

- **Imagen de las miras**

Para una imagen correcta se debe alinear las miras con el punto de mira puesto en el centro del blanco. El ojo solo puede enfocar un “objeto” (hace referencia a una sección o parte de una escena ) a la vez a diferentes distancias, por eso el enfoque debe estar en el punto de mira. La imagen, puede decir que el guión (mira delantera) es el punto de enfoque. La mayoría de fallas son porque el tirador no enfoca el guión.

- **Control de la respiración**

El tirador debe aprender a controlar la respiración apropiadamente y en cualquier momento, esto le servirá para poder disparar con precisión. Esta acción se realiza se apunta y hala el disparador. Respirar normalmente – exhalar – respirar – exhalar, hasta que llegue al punto donde tiene que inhalar y entonces disparar. Si es difícil sostener la respiración, entonces se debe realizar en el momento de la pausa natural de respiración. Una técnica para respirar y disparar es: Inhalar, Exhalar, Inhalar, Exhalar, y durante las pausas se puede ejecutar el disparo.

- **Control del disparador**

Para lograr un tiro preciso hay que tener un control delicado y permanente del disparador. Halar el disparador con firmeza, despacio y directamente hacia atrás sin interrupciones hasta que se efectuó el disparo. No se debe anticipar el disparo, de hacer esto pondría más presión en la empuñadura y pondrá fuera de línea las miras.

- **Sostenimiento**

El sostenimiento consiente para aplicar todos los factores de control hasta el disparo del arma. Se debe continuar manteniendo la concentración en la alineación de las miras antes y después del disparo. El tirador tendrá una sorpresa cuando dispare el arma sin reflejos de anticipación molestando la alineación de las miras.

- **Recuperación**

Es el retorno del arma a la posición original en el centro del blanco, acompañado de una alineación de las miras natural. Si se usa la posición de agarre y posición del brazo correcto, la recuperación es más natural y uniforme. La recuperación debe lograrse lo más pronto posible para recibir el retroceso recto de los hombros. Al momento que se dispare el arma ya sea un fusil o pistola, se debe resumir inmediatamente la secuencia de aplicar los principios para el siguiente tiro.

### **1.2.2 Técnicas de disparo**

#### **Parejas controladas**

Se refiere a disparar dos tiros de forma consecutiva en un blanco, utilizando el mecanismo de retroceso. Al primer disparo debe controlar el retroceso sin perder la alineación. Al confirmar una segunda imagen en el blanco, se debe alinear el alza con el punto de mira y disparar nuevamente sin perder tiempo.

#### **Doble tiro**

El término doble tiro, se refiere a realizar dos disparos seguidos en un blanco. Al momento de disparar el arma con el primer disparo, debe controlar el efecto del retroceso del arma sin restringirlo. Sin perder tiempo y manteniendo la vista fija en el blanco se debe volver a disparar nuevamente.

### **1.2.3 Transición de armas**

La transición de armas se da cuando: el fusil es usado como arma primaria y se le ha terminado la munición, o tiene un mal funcionamiento y está combatiendo; entonces se debe ejecutar una transición es decir, realizar un cambio al arma secundaria (pistola o revolver). Esto debe hacerse porque se tiene la amenaza al frente y no hay tiempo para tomar otra acción. Con cualquier otra acción que se tome se perdería tiempo y también el contacto visual con la amenaza.

### 1.2.4 Disparo en movimiento o tiro de combate

Disparar en movimiento es una técnica que requiere de mucha práctica. Es necesario iniciar y mantener una buena posición ISOSCELES para absorber y reducir el salto del torso. Rodillas un poco flexionadas, cabeza y torso inclinados hacia el blanco. Se debe mover solo las piernas manteniendo la parte superior como se inició.

### 1.2.5 Seriamiento de las armas livianas

No todos los fusiles están listos para que un tirador ocupe e impacte en el centro de la diana (blanco), ya que todo depende de la capacidad visual del tirador, la distancia y otras condiciones que se presenten al momento de una práctica. Las armas livianas poseen dentro de sus piezas diferentes elementos constitutivos, entre los cuales existe unos elementos que se denominan: aparatos de puntería, indicados en figura 1.10. Estos sirven para poder alinear el ojo del tirador, la muesca (alza), la mira (guión) y el centro del blanco (Figura 1.11).

Luego que el tirador realiza un disparo, el armero a su lado va realizando los ajustes correspondientes del arma hasta que el tirador pueda dar en el centro del blanco. Una vez que el fusil ha quedado seriado, el tirador tendrá la confianza que el armamento estará siempre listo para ser empleado e impactar en el centro o donde el tirador apunte.



Figura 1.10. Aparatos de puntería

Fuente: Autores.

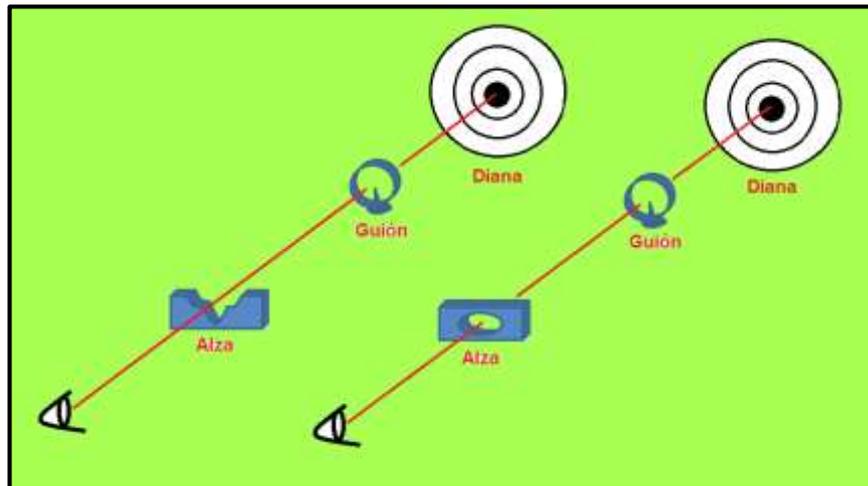


Figura 1.11. Alineación del ojo a la diana

Fuente: Autores.

### 1.2.6 Armas que se utilizan en el ejército ecuatoriano

Dentro de las principales armas de fuego que utiliza el ejército ecuatoriano se pueden destacar:

- FUSIL *H&K* 33E (Figura 1.12).
- SUB AMETRALLADORA UZI.
- PISTOLA *H&K* USP.
- PISTOLA PIETRO BERETTA.



Figura 1.12. Fusil de asalto de 5,56 mm H&K 33E

Fuente: Autores.

### **1.2.6.1 Conocimiento de armas livianas H&K 33E y H&K USP**

#### **1.2.6.1.1 Generalidades del fusil H&K 33E**

- Procedencia: R.F.A.
- Fábrica: *HECKLER KOCH (H&K)*
- Versátil y ligeramente pesado
- Automático
- Simple acción
- Calibre 5,56 X 45 mm
- Cargadores de 25, 30 y 40 cartuchos
- Cargado por barra alimentadora
- Miras de hierro: Con opción de utilizar otros medios ópticos y de luz
- Selector de tiro: Tres posiciones (seguro, tiro a tiro y continuo)
- Funcionamiento: Carga por retroceso y toma de gases
- Refrigeración: Por aire
- Cierre: De rodillos de acerrojamiento semi-rígido, rotativo y cerrado
- Alza: Con 4 posiciones: 200, 300, 400 m. y en "V". regulable
- Guión: Cubierto

#### **1.2.6.1.2 Datos técnicos**

- Peso del arma sin cargador: 3,65 Kg. (Retráctil) Y 4,00 KG. (Rígida)
- Longitud: 920 mm (Retráctil) Y 935 mm (Rígida)
- Alcance práctico: 550 m.
- Cadencia de tiro: 750 Disparos por minuto

### 1.2.6.1.3 Nomenclatura

En la figura 1.13 se muestra cada una de las partes que conforman el fusil *H&K 33E*, usado por las tropas para las prácticas de tiro.

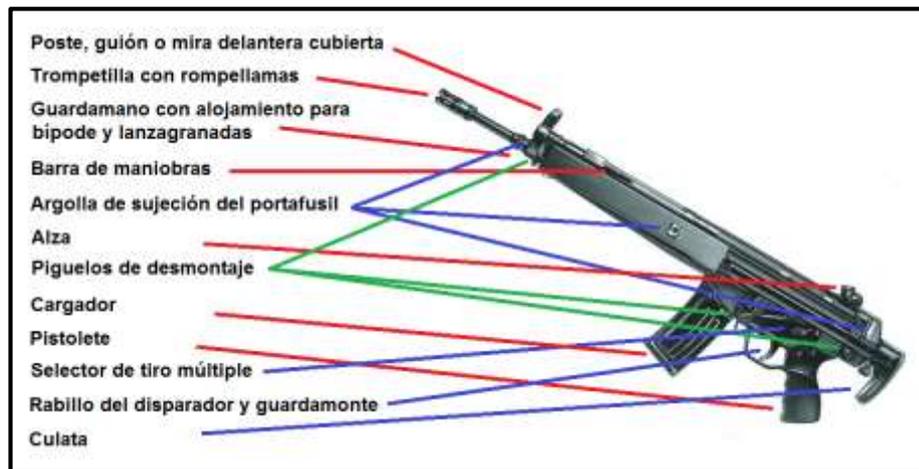


Figura 1.13. Partes que conforman el fusil

Fuente: Autores.

### 1.2.6.1.4 Conjunto del cañón y caja de los mecanismos

El conjunto del cañón está conformado por:

- Tubo cañón
- Miras
- Guardamano
- Barra de maniobras

La caja de los mecanismos del arma está conformada por:

- Culata retráctil
- Cargador
- Resorte recuperador y varilla guía
- Cierre y porta cierre

La figura 1.14, muestra un arma de fuego correspondiente a una pistola H&K USP de calibre 9mm usada para las prácticas de tiro.



Figura 1.14. Pistola semi-automática de 9 mm H&K USP

Fuente: Autores.

#### **1.2.6.1.5 Generalidades de la pistola H&K USP**

- Procedencia: R.F.A
- Fábrica: *Heckler Koch (H&K)*
- Versátil y ligeramente pesada
- Semiautomática
- Seguro externo
- Simple y doble acción
- Calibre 9 x 19 mm
- Cargadores de 10 y 15 cartuchos
- Cargado por alimentadora
- Miras de hierro, con opción de utilizar otros medios ópticos y de luz
- Selector de tiro: dos posiciones (seguro y tiro a tiro)
- Funcionamiento: toma de gases
- Refrigeración: por aire
- Aparatos de puntería: regulables y descubiertos

#### **1.2.6.1.6 Datos técnicos**

- Peso arma sin cargador: 720 g.
- Longitud: 194 mm.
- Alcance práctico: 50 m.

#### **1.2.6.1.7 Nomenclatura USP**

- Poste o mira delantera
- Corredera
- Rabillo del disparador y guardamonte
- Retén del cargador
- Pistolete o GRIP
- Alimentadora, o cargador
- Selector de tiro y palanca liberadora del martillo
- Muesca de desbloqueo
- Ventanilla de expulsión
- Barra de bloqueo y palanca de retención de la corredera
- Alza o mira posterior y martillo

#### **1.2.6.1.8 Conjunto del pistolete**

- Selector de tiro
- Rabillo del disparador
- Guardamonte

### 1.2.7 Polígono de tiro

Se consideran campos y polígonos de tiro (Figura 1.15), los espacios habilitados para la práctica del tiro que reúnan las características y medidas de seguridad regulados por el Ministerio de Seguridad Pública. Los campos y polígonos de tiro sólo pueden ser instalados en los terrenos urbanísticamente aptos para estos usos y en todo caso fuera del límite de las poblaciones.



Figura 1.15. Polígono de tiro abierto

Fuente: Autores.

#### 1.2.7.1 Interior de la instalación

El interior de las instalaciones de un polígono de tiro generalmente está conformado por las siguientes secciones:

- **“Parabalas o espaldón.-** Pueden estar contruidos de hormigón de 15 cm o de ladrillos macizos, con mezcla reforzada de 30 cm de espesor o cualquier otro material resistente al impacto del arma de mayor calibre y/o poder, que se habrá de utilizar en el sector.

- **Campo de tiro.-** La tierra debe estar libre de piedras, cascotes, escombros, hierros, chapas u otros materiales que puedan provocar rebotes o desviaciones en el tiro. Tanto el arado o no del suelo, como su dirección (transversal o longitudinal), se efectuará de acuerdo a la topografía del mismo y según el criterio técnico de los responsables de la entidad.
- **Glacis.-** Son los promontorios de tierra que protegen los fosos de marcadores. Se encuentran inmediatamente delante de éstos y deberán estar rastrillados, la tierra picada y libre de escombros, a fin de evitar posibles rebotes.
- **Espaldón o paraballas final.-** Deberá tener como mínimo 50 cm de ancho en el primer metro que supere la parte inferior del último paraballas, ensanchándose hacia abajo y libre de cualquier material que pueda producir rebotes. La tierra deberá estar fijada con gramilla, gramón, etc.
- **Galería de tiro.-** Deberá mantenerse en buen estado de conservación y los medios de comunicación con los fosos de marcadores (timbres, teléfonos, chicharras, etc.), deberán ser adecuados a las características del polígono, debiendo controlarse su funcionamiento y el de los medios alternativos existentes.
- **Fosos de marcadores.-** Su estado general permitirá lograr absoluta seguridad, evitando la existencia de rajaduras o desmoronamiento que interrumpan su recorrido total. Deberán tener acceso desde el exterior del campo de tiro. Podrán ser subterráneos (detrás del glacis) o aéreos (detrás del paraballas, para lo cual, éste deberá ser como mínimo de hormigón de 25 cm de espesor).
- **Tabiques, paredes o mamparas divisorias.-** Resistirán el impacto de proyectiles cuyos calibres estén permitidos usar en el polígono y, además, anular posibles rebotes aleatorios provocados por disparos accidentales. Esta exigencia será de cumplimiento obligatorio para los sectores de prácticas de tiro de defensa, de instrucción y de acceso de tiradores novatos.

- **Paredones laterales.**- Deberán ser continuos desde la galería de tiro hasta el espaldón final y tener una altura mínima tal, que en toda su extensión, no permitan ver espacio de cielo o el exterior del polígono, desde la posición de cualquier tirador ubicado en la galería de tiro. Estarán contruidos de hormigón, ladrillos (15 cm - preferentemente con revoque liso reforzado), tierra, etc., de manera que cumplan con los requisitos indispensables, acordes con las armas a utilizar. Si se observan columnas, las mismas deberán estar revestidas en madera semidura de 5 cm de espesor.
- **Aleros.**- Junto con los parabolas, las paredes laterales y las divisorias, formarán el conjunto de medidas tendientes a impedir la visión del cielo o del exterior del polígono. Deberán ser (o estar revestidos) de materiales que resistan el impacto de proyectiles cuyos calibres estén permitidos usar en el polígono, que anulen posibles rebotes provocados por disparos accidentales y que impidan que el proyectil los perforo y salga de las instalaciones. Los aleros de chapas de zinc, latón, fibrocemento o similares, también deberán estar recubiertos por materiales que impidan su perforación.
- **Otros.**- Este tipo de instalaciones por ser abiertas y estar en su mayoría lindando con poblaciones rurales o urbanas, con vías de comunicación, fábricas, establecimientos educacionales, deportivos, etc., requiere extremar las medidas de seguridad” (Renar, 2012).

En la actualidad hay pocos polígonos en el país que puedan sostener el mantenimiento de una costosa infraestructura como es la de tiro a 200 y 300 m. Por tal circunstancia, últimamente se utiliza y recomienda el uso de las líneas de 150 m con blancos reducidos. Como ejemplo: ESMIL (Escuela Superior Militar Eloy Alfaro), figura 1.16. Para el tiro con escopeta (Fosa Olímpica, *Skeet*, *Doble Trap*, etc.). Se debe tener, por elementales razones de seguridad, por delante de la línea de disparo un espacio libre de 250 m como mínimo.



Figura 1.16. Ubicación para práctica de tiro con fusil

Fuente: Autores.

### 1.2.7.2 Blancos

Los blancos son superficies destinadas a recibir los impactos de munición durante una sesión de tiro, cada blanco esta segmentado por zonas a las que les corresponde un puntaje específico. Dependiendo del entrenamiento, se dispone de dos tipos de blancos: en forma de silueta y en forma de diana, como se muestra en la figura 1.17.

- Las dianas.- Están formadas por un conjunto de círculos concéntricos.
- Las siluetas.- Pueden ser en forma de botella o de una persona.

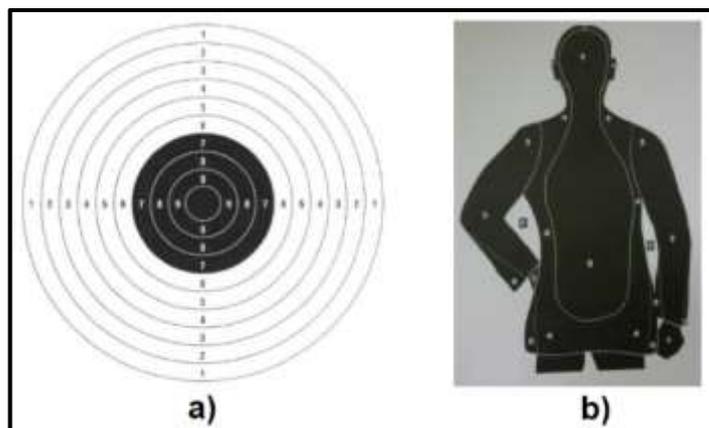


Figura 1.17. Tipos de blancos: a) diana. b) silueta

Fuente: Autores.

No es conveniente en el tiro deportivo (figura 1.18) el empleo de blancos con marcos o porta marcos, de hierro expuesto u otro material que no sea madera ya que el participante correría el riesgo de sufrir algún accidente al momento de realizar las prácticas de tiro. Podrán solamente ser utilizados en instalaciones con especiales medidas de seguridad para esos fines, por ejemplo los Poppers.



Figura 1.18. Práctica de tiro en un polígono cerrado

Fuente: USAMÁGICA.

**La silueta metálica (*Poppers*).**- Se ubican con una inclinación no mayor a  $75^\circ$  y deben contar con paredes laterales y techo para contener posibles rebotes de proyectiles (Figura 1.19). Tales siluetas metálicas podrán usarse si sólo se admite en el sector la utilización de armas calibre 9 mm y .22 LR (*Long Rifle*) y a distancias mayores de 20 m.



Figura 1.19. Silueta metálica

Fuente: TIRO FEDERAL ARGENTINO.

### 1.2.7.3 Polígono de tiro para armas largas

El rango de tiro en estos polígonos es de 150 m (Figura 1.20) o más, conocidas como armas gran poder. Un fusil o una carabina de calibre superior al .22 LR (*Long Rifle*), requiere instalaciones de seguridad total para impedir el escape de proyectiles hacia el exterior. Los proyectiles de este tipo de armas pierden la mayoría de su energía cinética en el primer impacto. El rebote no es más que la nueva trayectoria balística de los desechos de la munición y es de corto alcance.



Figura 1.20. Polígono de tiro para armas largas

Fuente: FAE.

## 1.3 Software LabView

*LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbenches)*, es un lenguaje y a la vez un entorno de programación grafica en el que se pueden desarrollar distintas aplicaciones como: el análisis, adquisición de datos, manipulación de imágenes, automatización y el control de instrumentos de una forma rápida.

Al ser un lenguaje de programación gráfico y basado en un sistema de ventanas, es más sencillo de utilizar que otros lenguajes, permitiendo lograr una mejor calidad, acortar tiempos de trabajo y mejorar la eficiencia de la ingeniería y manufactura. Se puede aumentar la productividad en toda una organización al usar el entorno integrado de *LabView* para: establecer una interfaz con señales de tiempo real, analizar datos que contengan información significativa y compartir resultados.

Además, posee la flexibilidad de un lenguaje de programación, combinado con herramientas adicionales diseñadas específicamente para test, medida y control, de manera que, se pueden crear aplicaciones simples hasta simulaciones y diseños de sistemas de control complejos. Los programas desarrollados son llamados instrumentos virtuales (VI), porque su apariencia es la de un instrumento de laboratorio, se puede distinguir entre Instrumento e Instrumentación Virtual:

“INSTRUMENTO es un dispositivo diseñado para recolectar datos desde un ambiente o desde una unidad bajo prueba, que permite visualizar al usuario los datos recolectados.

INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL es un campo interdisciplinario que utiliza hardware y software de censado para crear flexibles y sofisticados instrumentos para aplicaciones de control y monitoreo” (Scribd, 2012).

*LabView* tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y control, pero también, se utiliza bastante en el procesamiento digital de señales, en aplicaciones biomédicas, manipulación de imágenes, automatización, generación de señales, etc.

### 1.3.1 Características principales de LabView

- Posee herramientas de desarrollo y librerías de alto nivel específicas para aplicaciones.
- Funciones para E/S, control, análisis y presentación de datos.
- Posibilidad de ser desplegado en computadores personales, móviles e industriales.
- Modular y jerárquico, ya que se pueden correr Vi's o sub Vi's, escalándose programas en función de las necesidades.
- Herramientas de desarrollo de equipos, se pueden crear aplicaciones profesionales grandes con herramientas de gestión de proyectos integradas, incluyendo la librería de proyecto y otra herramienta llamada el *Project Explorer*.

### 1.3.2 Ventajas de usar LabView

- Es muy simple de manejar, debido a que está basado en un sistema de programación gráfica.
- Es un programa enfocado hacia la instrumentación virtual, por lo que cuenta con numerosas herramientas de presentación, en gráficas, botones, indicadores y controles, los cuales son muy esquemáticos y versátiles.
- Es compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar a la vez con programas de otra área de aplicación, como Matlab o Excel; además se puede utilizar en muchos sistemas operativos, incluyendo Windows, siendo el código transportable de uno a otro.
- Es un programa que contiene librerías especializadas para manejos de DAQ (tarjetas de adquisición de datos), Redes y Comunicación con Bases de Datos.
- La ventaja más importante que tiene este lenguaje de programación es que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de Imágenes).

### 1.3.3 Instrumento virtual

A diferencia de un instrumento real, que podemos tener en cualquier laboratorio o planta de procesos, y, que queda perfectamente definido por unos mandos de control y unos elementos de representación, un instrumento virtual está ligado al concepto de *software*.

Este *software* se ejecuta en un computador que tiene alojado elementos como: un *hardware* concreto, tarjetas de adquisición de datos que pueden ser analógicos y digitales, tarjetas de interfaz con los buses de instrumentación y canales de control también analógicos y digitales.

Nuestro instrumento virtual permitirá manipular y analizar imágenes adquiridas a través de una cámara a nivel de píxel mediante la interfaz gráfica de usuario. Con la presentación en la pantalla del computador de los elementos de visualización y control, el usuario puede seleccionar las entradas y observar sus estados, además de interactuar con las salidas (muestra de resultados) directamente, mediante la ejecución de las rutinas que haya programado en la aplicación. Básicamente, el *software* se encargará de comunicar la interfaz de usuario del computador con el hardware de adquisición de datos dotando a la aplicación de la funcionalidad requerida.

#### **1.4 Visión artificial**

La visión artificial o también llamada visión por computador, se puede definir como un campo de la inteligencia artificial que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite el procesamiento y análisis de cualquier tipo de información visual del entorno físico, obtenida a través de imágenes digitales.

La visión artificial comprende la informática, la óptica, la ingeniería mecánica y la automatización. Está compuesta por un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de imágenes; estos procesos son: captación de imágenes, memorización de la información, procesado e interpretación de los resultados para el control de equipos destinados a alguna actividad productiva o práctica.

Los sistemas de visión artificial se destinan a realizar inspecciones visuales que requieren: alta velocidad, gran aumento visual, funcionamiento en un determinado intervalo de tiempo o la repetitividad de medidas, toma de datos y muestra de resultados. El objetivo de un sistema de inspección por visión artificial suele ser comprobar la conformidad de un objetivo con ciertos requisitos, tales como las dimensiones, la presencia de componentes, etc., sin necesidad del contacto físico.

Mediante la visión artificial se puede:

- Automatizar tareas repetitivas de inspección realizadas por operadores.
- Realizar controles de calidad de productos.
- Realizar la inspección y control en una producción a gran velocidad.
- Reducir el tiempo de ciclo en procesos automatizados.

Dentro de las principales aplicaciones de la visión artificial en la industria actual se tiene:

- Identificación e inspección de objetos.
- Determinación de la posición de los objetos en el espacio.
- Establecimiento de relaciones espaciales entre varios objetos (en robótica).
- Determinación de las coordenadas importantes de un objeto.
- Realización de mediciones angulares.

#### **1.4.1 Visión humana vs visión artificial**

La visión es el sentido más importante que tiene el ser humano. La vista tiene más de dos millones de terminaciones nerviosas que sirven para captar la luz proveniente desde un medio externo. La radiación exterior recibida por el ojo debe ser transformada en señales que puedan ser procesadas por el cerebro, por lo que el ojo actúa como el elemento transductor mientras que el cerebro es el que procesa dicha información.

“El ojo tiene una forma, aproximadamente esférica, de unos 2.5 cm de diámetro, está formado por una óptica y una zona sensorial. La óptica está constituida por la córnea, el iris, pupila y el cristalino (*Lens*) (Figura 1.21). La cornea es un material transparente y funciona como lente fija. La pupila regula la cantidad de luz que entra en el interior y el cristalino hace las veces de lente variable, permitiendo el enfoque acorde a la distancia de los objetos (secciones o partes de una escena). Los músculos que sujetan al cristalino provocan su deformación, cuya consecuencia es el enfoque del campo visual.

La misión de la óptica del ojo es conducir la radiación electromagnética, del espectro visible, hacia la retina. La retina se encuentra en la parte posterior del glóbulo ocular y es donde se ubican las células fotosensibles: los conos y los bastones (Figura 1.22)” (Sabia, 2010).

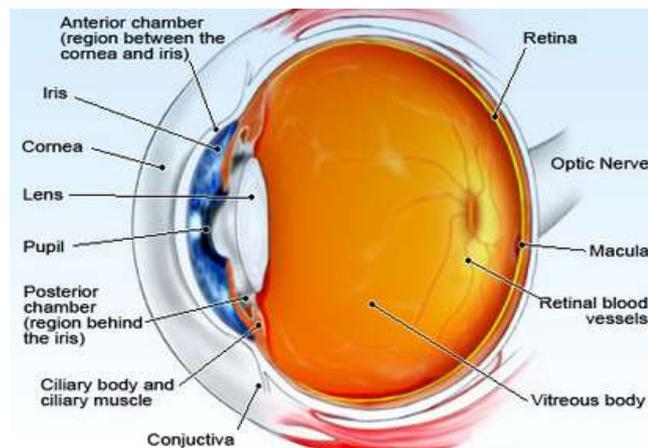


Figura 1.21. Partes del ojo humano

Fuente: MEDICINENET.

En la retina se puede distinguir dos partes: la fovea y la mácula. La fovea es la parte central de la retina, de menor tamaño y donde se encuentran las células fotosensibles: los conos y los bastones. Es en esta zona donde se tiene mayor sensibilidad a la longitud de la onda electromagnética. “La fovea es tan pequeña que es necesario mover el ojo para enfocar dos puntos tan próximos como los del signo de puntuación (:)” (Instituto Nacional de Chile, 2012).

Esta información visual transmitida al cerebro se llama visión fovea. La mácula es de mayor extensión, la agudeza visual es menor y está definida por los bastones. Esta zona se encarga de la visión periférica. “La percepción del color de una imagen la realizan los conos, los cuales están conectados a varias neuronas. Basándose en la información aportada por los conos, el cerebro construye la sensación de color.

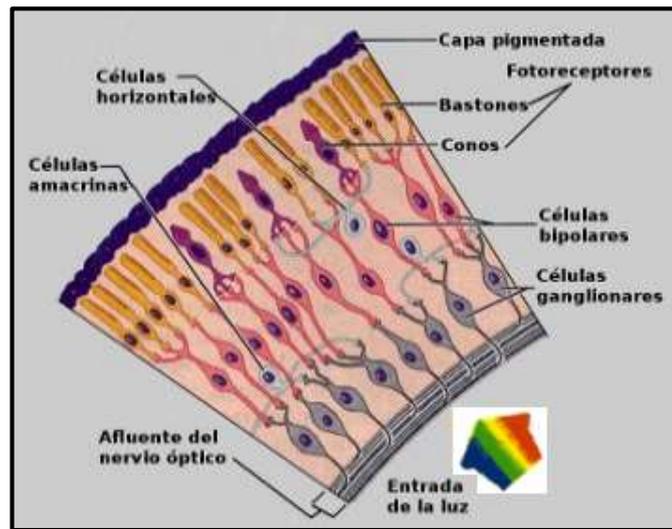


Figura 1.22. Células fotosensibles

Fuente: Anatomía.

Por el contrario, los bastones son más de 100 millones y son capaces de detectar la intensidad lumínica. Mientras la visión fovea tiene mayor agudeza, más resolución y percibe los colores, la visión periférica le da al cerebro más información espacial que la fovea y destaca los contrastes. De este hecho se destaca que en la oscuridad, la visión periférica es más adecuada que intentando centrar la visión sobre el objeto (sección o parte de una escena).

La sensibilidad a la intensidad luminosa en el ser humano es alta siempre que los elementos que se comparen sean pocos. Cuando el número de intensidades involucradas simultáneamente es superior a unos 24 tonos se pierde la mayor parte de esta sensibilidad. Esto explica que, en la mayoría de los casos prácticos, sea suficiente el uso de 32 o 64 niveles de intensidad para representar una imagen.

El color es una característica del sistema de percepción humana y está relacionado con las sensaciones recibidas por el ojo ante las variaciones de las longitudes de onda del espectro electromagnético visible (Figura 1.23). Estudios fisiológicos han revelado que existen tres tipos de conos, denominados tipos S, M y L. Los S son más sensibles a las ondas cortas (azules – 450nm), los M a las medias (verde – 540 nm) y los L a las de longitudes largas (rojo - 650 nm).

Este hecho ha dado base a la teoría del triestímulo, de manera que el color se puede representar en una base de tres componentes fundamentales: rojo-verde-azul (*RGB – Red, Green, Blue*)” (Elai-upm, 2012). La visión humana solamente capta un pequeño rango de frecuencias y amplitudes, conocido como rango de luz visible, mientras que los sistemas de visión artificial pueden captar todo el espectro, es decir, además del rango de luz visible puede captar ondas de radio, de televisión, microondas, infrarrojos, ultravioletas, rayos X, rayos gamma y rayos cósmicos.

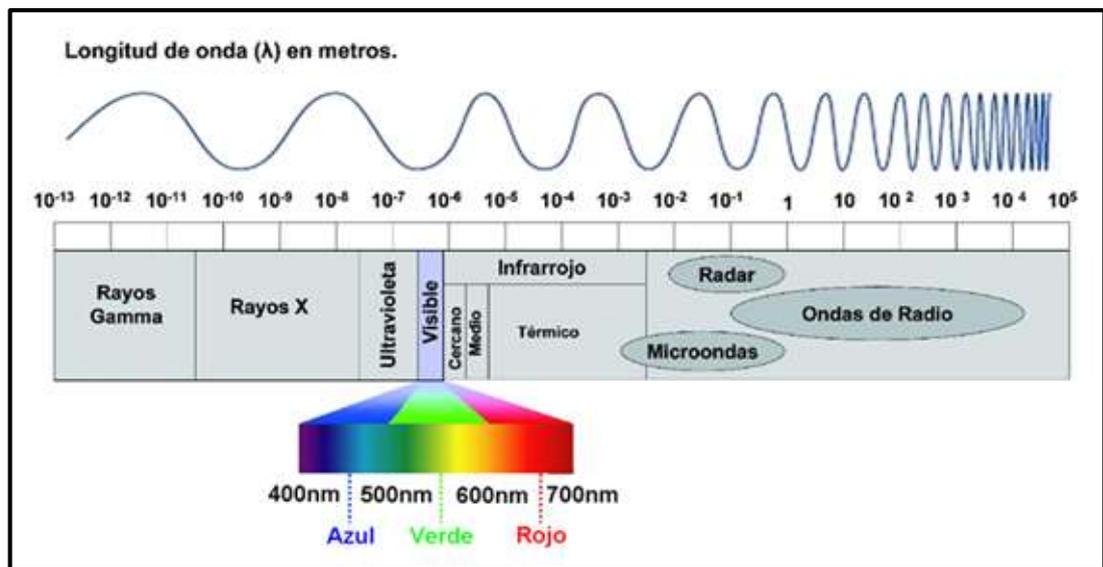


Figura 1.23. Espectro visible

Fuente: Oliva.

La sensibilidad de cada cono no es exactamente igual en cada parte del espectro fijado. Concretamente, los conos azules son los menos sensibles, mientras que los conos verdes son los más sensibles (Figura 1.24 a). “Otra consideración a tener en cuenta es la refracción de los rayos luminosos que penetran en la retina, no todos afectan por igual. La luz de alta frecuencia (azul) focaliza en un punto anterior a la retina, mientras que las bajas frecuencias (rojos) lo hacen en puntos posteriores (Figura 1.24 b).

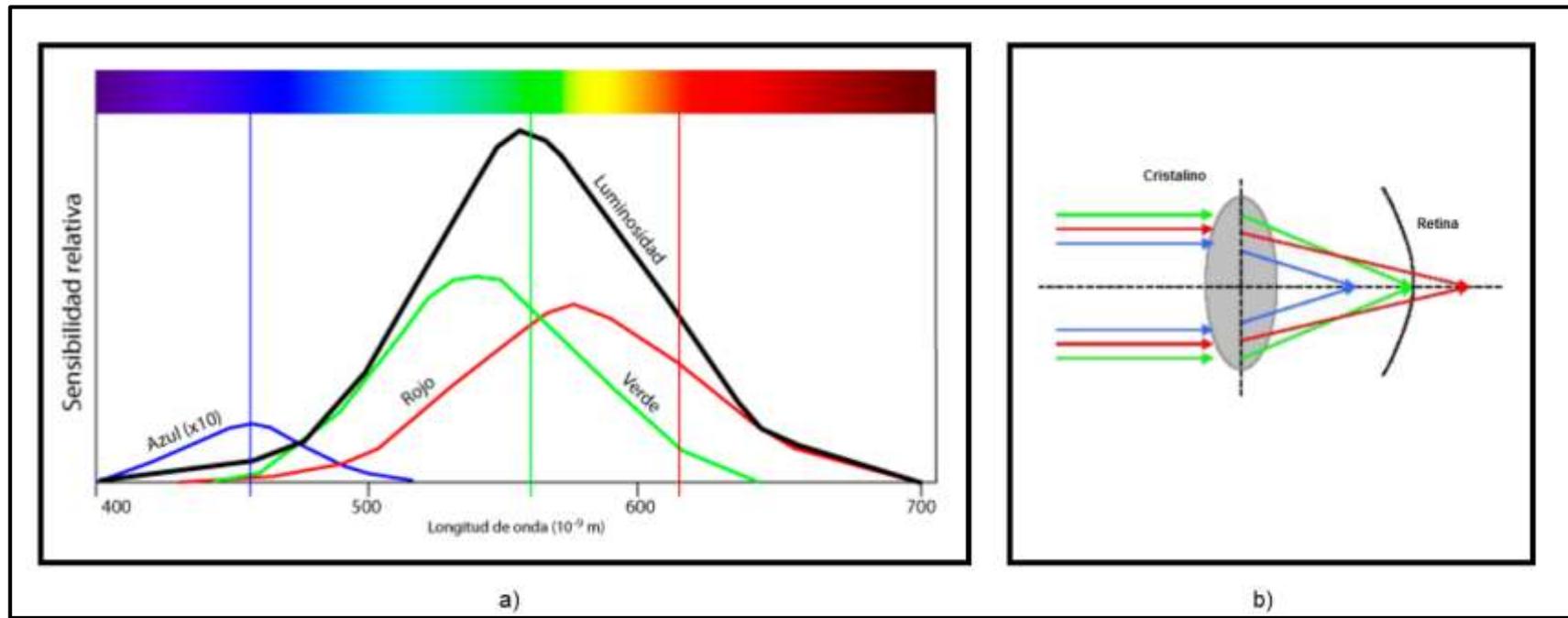


Figura 1.24. a) Distorsión cromática b) Sensibilidad del ojo a diferente longitud de onda

Fuente: OJODIGITAL.

Esto tiene como consecuencia que los detalles rojos o azules no puedan distinguirse netamente en una escena. Justo lo contrario de lo que ocurre con los verdes, cuyo punto de convergencia o focalización se sitúa exactamente en la retina, lo que induce a una mayor resolución del ojo para estas tonalidades” (Marior, 2012).

Una vez que la señal luminosa ha sido transformada en pulsos eléctricos por los conos y bastones, éstos son transportados al cerebro por los nervios ópticos. “Los pulsos son llevados al lóbulo occipital, donde se encuentra el *córtex* visual (Figura 1.25) que es una zona de 24 cm<sup>2</sup>, conformada por  $1.5 \times 10^8$  neuronas. Al hemisferio derecho llega la información del ojo izquierdo y viceversa” (Elai-upm, 2012), en donde se realiza una labor de extracción y asimilación de las características de la imagen.

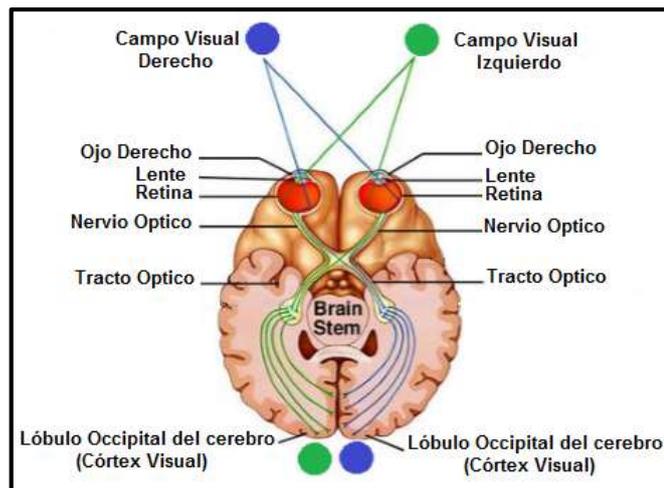


Figura 1.25. Córtex visual

Fuente: Autores.

Basado en las diferentes características de la visión humana y la visión artificial, el hombre ha diseñado sofisticados equipos para el trabajo. Entre estos equipos tenemos las cámaras, para aplicaciones en las que se requiera contar con adquisición de imágenes.

Las cámaras de vídeo con sus ópticas hacen las veces del globo ocular, mientras que el computador realiza las tareas de procesamiento emulando el comportamiento del cerebro. No se conoce aún los mecanismos que el cerebro utiliza para obtener la información de la percepción. El cerebro es capaz de manera inconsciente, de determinar la distancia a los objetos, de reconocerlos en diferentes posiciones, aunque se encuentren rotados y con información parcialmente oculta. En definitiva, el cerebro presenta una percepción muy sofisticada que no se puede implementar artificialmente.

Lo que si hace la visión artificial es construir nuevos y más sofisticados algoritmos que sean capaces de obtener información de bajo nivel visual en procesos tecnológicos y hacer cosas de manera mucho más efectivas y adecuadas que la visión humana. Dentro de estos procesos están: procesos de producción en el campo de la inspección de productos o contar células en una imagen de microscopía, etc. A pesar del gran avance científico y tecnológico en este campo, los sistemas de visión artificial aún están muy lejos de alcanzar a los sistemas de visión humana.

Principales ventajas de la visión humana respecto a la visión artificial y viceversa:

#### Sistema humano

- Mejor reconocimiento de objetos.
- Mejor adaptación a situaciones imprevistas.
- Mejor en tareas de alto nivel de proceso.
- Mejor resolución.

#### Sistema artificial

- Mejor en tareas de bajo nivel de proceso.
- No se cansa ni se ve afectada por emociones.
- Tienen una definición muy superior de niveles de gris.
- Gran precisión en la medición de magnitudes físicas.
- Pueden trabajar en entornos muy peligrosos o riesgosos.
- Mejora en los tiempos de respuesta, acorde a la electrónica de estos sistemas.
- La realización de tareas rutinarias, manteniendo su nivel de rendimiento constante a lo largo de su vida útil.

## **1.4.2 Definición de imagen**

“Es una distribución espacial de intensidad lumínica en una escena” (Orellana, 200\_). Una imagen está representada por la función  $f(x, y)$ , donde  $f$  es el brillo en el punto  $(x, y)$ , y “X” e “Y” representan las coordenadas espaciales de un elemento de imagen o también conocido como píxel.

### **1.4.2.1 Imagen digital**

La imagen digital se define como una “distribución espacial discreta de energía lumínica en una escena” (Orellana, 200\_). Está formada por un conjunto de píxeles dispuestos ordenadamente en filas de valores de ceros y unos. Como los píxeles son muy pequeños, el ojo y el cerebro del observador se encargan de formar una imagen continua, ignorando los detalles que la forman.

#### **1.4.2.1.1 Píxel**

Es el elemento más pequeño que forma la imagen, en el píxel se encuentra contenida información del color de dicha porción de imagen. El píxel solamente puede ser de color rojo, verde, azul, la mezcla de los tres anteriores o en tonos de gris, pero no puede tener dos colores a la vez. Todo el conjunto de píxeles de una imagen se encuentra ordenado en filas y columnas.

#### **1.4.2.1.2 Parámetros de una imagen digital**

Una imagen digitalizada tiene tres parámetros básicos: el tamaño, la resolución y la profundidad de color.

##### **1.4.2.1.2.1 Tamaño de la imagen**

Está determinado por la cantidad de píxeles de una fila (ancho de la imagen) y píxeles de una columna (alto de la imagen). Una imagen compuesta por  $n$  filas y  $m$  columnas, tiene un tamaño de “ $m \times n$ ”. Ejemplo: Una imagen de  $640 \times 480$ , se lo interpreta como una imagen conformada de 640 filas x 480 columnas de píxeles.

#### **1.4.2.1.2.2 Resolución de la imagen**

La resolución indica la cantidad de píxeles que conforman una imagen. En las cámaras, el número de píxeles que contenga la imagen depende de la configuración y de cuantos píxeles utilice el sensor para captar la imagen. La resolución se da como resultado del producto de los parámetros horizontal (ancho) y vertical (alto) de la imagen es decir, si una imagen tiene 640 píxeles de ancho y 480 píxeles de alto, la resolución total de esa imagen será de 307 200 píxeles.

#### **1.4.2.1.2.3 Profundidad de color**

En una imagen indica el número de tonos que se puede ver. La profundidad de color es el número de bits utilizados para codificar el valor de un píxel. Para una profundidad de bits determinado “n”, la imagen tendrá una definición de  $2^n$ , es decir, un píxel puede tener  $2^n$  valores diferentes.

Hay dos tipos de imágenes: “escala de grises” y a “color”. La primera imagen se denomina escala de grises para diferenciar del blanco y negro. Si n es igual a 8 bits, un píxel puede tener 256 valores diferentes que van desde 0 a 255, siendo 0 la representación del color Negro y 255 el color Blanco; los colores intermedios equivalen a la cantidad de tonos de grises que el ojo humano es capaz de distinguir en una imagen. Si n es igual a 16 bits, un píxel puede tener 65 536 valores diferentes que van desde 0 a 65 535 o entre – 32 768 y 32 767.

Una imagen digital en color se genera con sus componentes Rojo, Verde y Azul (RGB) por síntesis aditiva. “La imagen en color se compone de tres capas, que contiene la parte roja, la verde y la azul, la suma de las tres componen la imagen final. Cada una de las capas es una imagen en escala de grises, pero como va asociada a cada uno de los colores primarios, al observarla el ordenador la colorea adecuadamente. Cada píxel va definido por 3 Bytes: el rojo, el verde y el azul. Si cada uno de ellos tiene una gama de 256 tonos, en la imagen final habrá una gama de 16 777 216 colores posibles, lo que se llama una imagen con una profundidad de color de 24 bits” (Lux-capere, 2013).

La forma en que se codifica la imagen depende de la naturaleza del dispositivo de adquisición de la imagen, el tipo de procesamiento de imágenes a utilizar y el tipo de análisis que se realice. La codificación de 8 bits es suficiente si se necesita obtener información de la forma de los objetos (secciones o partes de una escena) en una imagen; sin embargo, si se requiere de información extra o medir con precisión la intensidad de la luz o una región más compleja en una imagen, se debe utilizar la codificación de 16 bits o de punto flotante.

### **1.4.3 Componentes de un sistema de visión artificial**

Un sistema de visión artificial está conformado de:

- Objeto
- Subsistema de procesamiento
- Subsistema de iluminación
- Cámara

#### **1.4.3.1 Objeto**

Uno de los componentes principales de un sistema de visión artificial es el objeto, el cual está definido como la sección de una escena, que se dispone para el análisis de su información relevante. Un objeto se representa a sí mismo mediante la cantidad de luz que refleja.

#### **1.4.3.2 Subsistema de procesamiento**

El subsistema de procesamiento está conformado por el computador, sus características dependerán de las necesidades de las aplicaciones. Este subsistema parte de una representación digital de las imágenes, procesa la información proporcionada por las cámaras mediante el *software* implementado hasta alcanzar otro tipo de información de alto nivel, ofreciendo un análisis detallado en diferentes campos. Además de procesar datos, este subsistema controla el buen funcionamiento de todos los elementos de *hardware* necesarios en un sistema de visión artificial.

### 1.4.3.3 Subsistema de iluminación

Es un aspecto de vital importancia dependiendo de la implementación que se vaya a realizar, su finalidad es contrastar. Se debe proporcionar condiciones de iluminación uniforme e independiente del entorno para facilitar la extracción de los rasgos de interés del objeto en una determinada aplicación, reduciendo de esta forma la complejidad de la imagen a analizar y mejorar el tiempo de respuesta del procesamiento.

Las cámaras no ven los objetos, ven la luz reflejada de los objetos hacia ellas. Las variaciones en la iluminación son percibidas por el sistema como variaciones en los objetos. Es necesario conseguir una iluminación estable que resalte de forma homogénea el objeto a detectar, evitar sombras y reflejos. Además, se debe tener en cuenta la eliminación de factores ambientales como son: el polvo, la vibración, la orientación del objeto, la luz del día. Una buena iluminación es especialmente importante para la toma de imágenes de los productos en una línea rápida de producción, aunque en algunas aplicaciones se puede utilizar la luz ambiente.

#### 1.4.3.3.1 Fuentes de luz

Las fuentes de luz más utilizadas en aplicaciones de visión artificial son:

- **Fluorescente de alta frecuencia.**- No ofrece demasiada luz, pero su adaptabilidad tanto en forma como en color los hacen atractivos.
- **“Halógena.**- Presenta gran luminosidad, pero desprende calor, su luz es caliente y presenta envejecimiento.
- **Xenón.**- Presenta aún mayor luminosidad, aunque los mismos inconvenientes que la halógena y elevados costos.
- **LED.**- Admite una variedad de configuraciones y están disponibles en múltiples colores, son estables, duraderos, funcionan en baja tensión, aunque su precio es elevado.

- **Láser.**- La iluminación mediante láser o luz estructurada se utiliza normalmente para resaltar o determinar la tercera dimensión de un objeto. El método utilizado es colocar la fuente de luz láser en un ángulo conocido con respecto al objeto a iluminar y con respecto a la cámara. De acuerdo a la distorsión de la luz puede interpretarse la profundidad de los objetos a medir.
- **Fibra óptica.**- La iluminación por fibra óptica, es la que puede proporcionar la luz más intensa de todos los tipos de iluminación que se utilizan en visión artificial. La idea básica es conducir la luz procedente de una bombilla halógena, o de xenón, que se encuentra en una fuente de iluminación, a través de un haz de fibras ópticas que termina en un adaptador específico para cada tipo de aplicación. Estos adaptadores pueden tener forma circular, lineal, puntual o de panel, y puede ser de distintos tamaños y dimensiones” (Sabia, 2010).

## 1.5 La Cámara

La función de las cámaras en visión artificial es capturar la imagen proyectada en un elemento sensor mediante las ópticas, luego transferir su información a la memoria del computador donde se almacena para ser analizada y procesada. La evolución de las cámaras ha permitido un mejor equipamiento en *hardware*, ya que están provistas de sensores CCD y CMOS, óptica variable, etc.

Las cámaras que se utilizan en visión artificial requieren de una serie de características específicas, entre ellas el control del disparo para capturar las imágenes que pasan por delante de la cámara, exactamente en la posición requerida. Este tipo de cámaras son más sofisticadas que las convencionales permitiendo un control completo de: los tiempos y señales, la sensibilidad y otros factores fundamentales, tanto en aplicaciones científicas como industriales.

## 1.5.1 Clasificación de las cámaras

Las cámaras se pueden clasificar de acuerdo a:

- Tipo de señal
- Adquisición
- Tipos de imagen
- Tipo de sensor

### 1.5.1.1 Tipo de señal

De acuerdo al tipo de señal que manejen, las cámaras se clasifican en: analógicas y digitales.

#### 1.5.1.1.1 Cámaras analógicas

Las cámaras analógicas son dispositivos que transmiten señales de manera continua en tiempo real. La salida contiene información de la imagen y señales de sincronización que delimitan el comienzo y el final de cada imagen. Este tipo de cámaras tienen límites en la resolución y velocidad de adquisición de fotogramas, además, la señal está limitada por la anchura de banda y es muy susceptible al ruido que puede proporcionar el cable y los conectores. El ruido se puede introducir en la señal antes de almacenarla en el *frame grabber* y ser digitalizada, provocando que la imagen pierda calidad.

## Formatos de cámaras analógicas

Algunos de los formatos analógicos usados:

<i>Format</i>	<i>Country</i>	<i>Mode</i>	<i>Signal Name</i>	<i>Frame Rate (frame/sec)</i>	<i>Vertical Line Resolution</i>	<i>Line Rate (lines/sec)</i>	<i>Image Size (WxH) pixels</i>
NTSC	US, Japan	Mono	RS-170	30	525	15.750	640x480
		Color	NTSC Color	29.97	525	15.734	
PAL	Europe (except France)	Mono	CCIR	25	405	10.125	768x576
		Color	PAL Color	25	625	15.625	
SECAM	France Eastern Europe	Mono		25	819	20.475	N/A
		Color		25	625	15.625	

Figura 1.26. Formatos de cámaras analógicas

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

### 1.5.1.1.2 Cámaras digitales

En las cámaras digitales la salida de información es en forma discreta, la transmisión de las señales electrónicas es mediante datos binarios, secuencias de unos y ceros que proporcionan un gran tamaño de imagen, mayor resolución y mayor velocidad en la adquisición. Utilizan la misma tecnología CCD que las cámaras analógicas, el convertidor analógico digital viene incorporado al sensor dentro de la cámara, por lo que la señal adquirida se digitaliza directamente ofreciendo una señal de salida de mejor calidad.

Para el uso de las cámaras digitales se debe conocer el protocolo de comunicación ya que presentan limitaciones en la parte de *hardware*, como es en la longitud del cable; las distancias deben ser más cortas entre la cámara y el *frame grabber*. Tienen un sistema más resistente al ruido y poseen conectores especiales que dependen de la interfaz definida por el fabricante.

## **Formatos de cámaras digitales**

**Estándar Paralelo.-** Es un estándar bien establecido que provee un amplio rango de velocidades de adquisición, tamaño de imágenes más grandes y profundidad en píxeles. Posee opciones y funcionalidades fáciles de configurar, además de conseguir una disminución de ruido en la imagen. Los archivos de dichas cámaras se comunican con el driver para indicarle a la tarjeta de adquisición de imágenes las características soportadas y como cambiarlas, así como la forma en que los datos se transfieren entre la cámara y el dispositivo.

**Estándar Cámara Gig-E.-** *Gigabit Ethernet* es la más moderna tecnología de bus digital, permite transferir una enorme cantidad de datos de forma rápida y a larga distancia. No requiere un *frame grabber* ya que las imágenes son procesadas a bordo.

**Estándar Cámara Link.-** Es un estándar de interfaz digital para aplicaciones exigentes, ya que ofrece funcionalidad de velocidad en la transferencia de datos y disparo, además facilidad de cableado estandarizado. Tiene una alta profundidad en píxeles y sus tamaños de imagen son más grandes.

**Estándar IEEE 1394 (Firewire).-** El estándar IEEE 1394 ofrece un sistema de cableado simple en cadena utilizando una interface estándar, este bus digital puede alcanzar capacidades de transferencia de datos de 400 Mbits/seg y funcionalidad de fácil uso. En este protocolo, NI-IMAQ puede obtener las características y atributos de la cámara, permitiendo cambiarlas programáticamente.

**Estándar USB.-** Las cámaras *USB* están soportadas por el controlador *IMAQdx*. No requiere *frame grabber*, las imágenes son adquiridas mediante *DirectShow*. *NI-IMAQ* es un controlador para adquirir imágenes de un dispositivo *DirectShow*, además se puede configurar las propiedades de una cámara utilizando el controlador del fabricante y las funciones de *DirectShow*. Para el uso de las cámaras *USB*, el controlador del fabricante debe estar instalado y ser reconocido por el sistema operativo.

### Comparación entre cámara analógica y cámara digital

Cámara Analógica	Cámara Digital
La resolución vertical está limitada por el ancho de banda de la señal.	Ofrece alta resolución en las direcciones horizontal y vertical.
Los computadores pueden ser utilizados para la digitalización.	Ofrecen un gran número de píxeles y sensores.
La señal es susceptible al ruido y la interferencia, provocando pérdida en la calidad.	La pérdida de la señal es pequeña, se produce durante el procesamiento.
Las tasas de captura de imagen son limitadas.	Altas tasas de captura de imagen <i>Frame/seg</i> y obturadores rápidos.

#### 1.5.1.2 Adquisición

De acuerdo a la forma en que realizan la adquisición, estas cámaras se clasifican en: lineales, entrelazada y progresivas. Cada una de las cámaras se diferencia por la forma de construcción de la imagen. La elección de estas depende de la aplicación en la cual se vaya a implementar.

##### 1.5.1.2.1 Cámaras lineales

Las cámaras lineales (line –scan) son aptas para la inspección de piezas o materiales de gran tamaño, que requieran de alta resolución y velocidad en la adquisición. “Utilizan un sensor que está conformado por una sola fila de píxeles” (Codevision, 2010). La construcción de la imagen la realiza mediante escaneos sucesivos línea a línea, estando el objeto (sección o parte de una escena) en movimiento.

### **1.5.1.2.2 Cámara entrelazada**

Las cámaras utilizan la exploración entrelazada, que consiste en un sistema de captación y representación de imágenes, su finalidad es minimizar el fenómeno de percepción de parpadeo que se produce en las imágenes al visualizar. En la exploración entrelazada el sensor está dividido en dos campos: el campo impar (filas impares) y el campo par (filas pares), esta consiste en analizar cada cuadro (*frame*) de la imagen de forma que las líneas resultantes estén montadas alternadamente por superposición para producir un cuadro completo.

### **1.5.1.2.3 Cámaras progresivas**

Este tipo de cámaras se utilizan en aplicaciones especiales como escenas con movimiento rápido de forma que la cámara puede desplazarse con respecto al objeto a capturar, o bien el objeto se desplaza con respecto a la cámara. La imagen se divide en líneas, captándose de manera horizontal y de arriba hacia abajo secuencialmente.

## **1.5.1.3 Tipos de imagen**

### **1.5.1.3.1 Cámaras monocromo**

Estas cámaras incorporan un sensor monocromo, la señal de salida de información es proporcionada en escala de grises, estas son útiles cuando se desea extraer información adecuada de una imagen.

### **1.5.1.3.2 Cámaras a color**

La adquisición de imágenes a color facilita el análisis a detalle en aplicaciones colorimétricas, donde el contraste en escala de grises es demasiado bajo como para identificar con precisión los objetos por su color. Las imágenes de este tipo de cámaras se guardan como imágenes de 32 bits, ocupando un espacio de almacenamiento significativamente mayor que las imágenes monocromas de 8-bit o 16-bits.

### **1.5.1.3.3 Cámaras IR**

Las cámaras infrarrojas son adecuadas cuando se desea medir rasgos sensibles a este tipo de radiación. Este tipo de dispositivo no hace contacto, detecta la energía infrarroja, la convierte en una señal electrónica y la procesa para proyectar una imagen en un video monitor.

### **1.5.1.4 Tipo de sensor**

#### **1.5.1.4.1 Cámaras CCD**

Las cámaras con tecnología *CCD*, proporcionan calidad y una mejor imagen ya que tienen mayor sensibilidad a la luz. Las cámaras profesionales e industriales emplean un sensor *CCD* para cada color, mientras que las cámaras de consumo utilizan solamente un sensor.

#### **1.5.1.4.2 Cámaras CMOS**

Las cámaras con tecnología *CMOS* son más flexibles que las *CCD*, el sensor *CMOS* ofrece un menor tamaño de superficie para captación de luz, permitiendo captar menos cantidad de luz externa del objeto. La digitalización de la señal de salida se realiza píxel a píxel dentro del mismo sensor de la cámara.

### **1.5.2 Componentes principales de una cámara**

- El sensor
- La óptica

### 1.5.2.1 El sensor

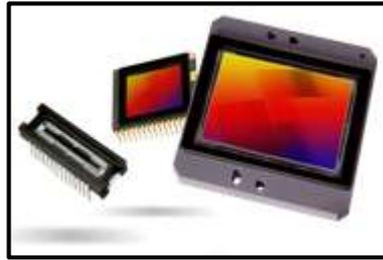


Figura 1.27. Sensores para cámaras

Fuente: BALAJI.

El sensor (Figura 1.27) es una matriz formada por una serie de elementos fotosensores, que son pequeños semiconductores de silicio; material sensible a la luz, los cuales captan los fotones. “La luz incidente produce una determinada carga eléctrica proporcional a su nivel de intensidad en cada uno de los fotosensores” (Bustos, 2012), permitiendo la captura de los puntos que conforman la imagen. Estos elementos al estar configurados en forma matricial proporcionan una imagen bidimensional, cuanto más grande sea el sensor producirá imágenes de más alta calidad.

Se debe tener en cuenta las siguientes características en los sensores:

- **Resolución:** Número de píxeles que conforman la imagen capturada.
- **Sensibilidad:** Nivel mínimo de iluminación que puede capturar el sensor.
- **Rango dinámico:** Intensidad luminosa que puede capturar el sensor, o también, diferencia máxima entre luz y oscuridad que puede distinguir.
- **Señal/ruido:** Influencia entre píxeles.
- **Velocidad:** Velocidad máxima a la que puede capturar imágenes, siendo su medida en *frames* por segundo [*fps*].

El sensor de las cámaras está basado en dos tipos de tecnologías:

- *CCD (Charge Coupled Device* o Dispositivo de Cargas Acopladas).
- *CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor* - Semiconductor de Óxido Metálico Complementario).

“Tanto los sensores *CCD* como los *CMOS* están fabricados con materiales semiconductores y están estructurados en forma de una matriz, con filas y columnas. Funcionan al acumular una carga eléctrica en cada celda de esta matriz, a mayor intensidad luminosa, mayor carga acumulada” (Neo-teo, 2012).

#### **1.5.2.1.1 Sensor CCD**

El sensor *CCD* convierte las cargas eléctricas en voltajes y entrega una señal analógica a su salida, que luego es digitalizada y procesada por la circuitería de la cámara. El sensor está formado por un matriz de dos dimensiones con miles de celdas, donde cada una convierte la luz de una pequeña porción de la imagen en electrones. El número de electrones, descrito como la carga acumulada de cada uno de las celdas, es cuantificado y luego convertido a un valor digital mediante el *ADC*, el conversor analógico digital. La información eléctrica es otorgada a cada píxel, para luego ser interpretada como un color determinado.

#### **1.5.2.1.2 Sensor CMOS**

En la tecnología *CMOS*, las celdas de la matriz son totalmente independientes. “La principal diferencia radica en que en estos sensores la digitalización se realiza píxel a píxel dentro del mismo sensor, por lo que la circuitería para este sensor es mucho más sencilla. Cada celda de una matriz *CMOS* está formada por varios transistores, conformando cada uno de los píxeles del sensor, que amplifican y procesan la información recogida” (Neo-teo, 2012).

#### **1.5.2.2 La óptica**

“La función de la óptica es concentrar los rayos de luz, provenientes de los objetos a visualizar, en un plano donde se formará la imagen para ser captada por el sensor” (Sabia, 2010). Una selección correcta de los lentes para las cámaras permitirá alcanzar una solución óptima en aplicaciones específicas.

### **1.5.2.2.1 Características de las ópticas**

#### **1.5.2.2.1.1 Enfoque**

Es el procedimiento que consiste en ajustar la distancia existente entre el lente y el sensor, con la finalidad de tener una imagen nítida de un objeto ubicado a una cierta distancia del objetivo (Se denomina al conjunto de lentes que forman parte de la óptica). El desenfoque se produce según el objeto se aleja o acerca de la posición ideal, dado que la imagen dejará de formarse sobre el sensor. Si se enfoca cerca, lo que se encuentra lejos se ve borroso, y, si se enfoca lejos, lo que este cerca se verá borroso. “Las ópticas pueden clasificarse por el enfoque en: ópticas fijas, ópticas variables y ópticas motorizadas” (Elai-upm, 2012).

#### **1.5.2.2.1.2 Número F**

El número F o relación focal se define como: “el índice de cantidad de luz que pasa a través del lente. Cuanto más pequeño sea el número F, mayor será la cantidad de luz. Se puede calcular su valor como la relación entre la distancia focal y diámetro efectivo de apertura del Iris” (Elai-upm, 2012).

#### **1.5.2.2.1.3 Iris o diafragma**

Se emplea para poder modificar el área efectiva de la lente, sin tener que cambiarla. El iris permite regular la apertura del objetivo (Figura 1.28) dependiendo del número F y con ello limitar la luminosidad de la imagen, haciendo que la imagen sea más clara o más oscura. Al cerrar el iris también se aumenta la distancia entre el objeto y la cámara (profundidad de campo), disminuyendo los errores de la lente; sin embargo, se tiene que iluminar más la escena. El iris puede ser manual o automático (auto iris).

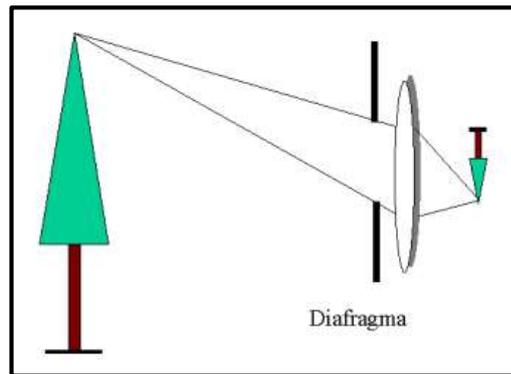


Figura 1.28. Apertura del iris o diafragma

Fuente: ELAI-UPM.

**Iris manual:** Poseen un ajuste externo mediante un anillo que gira sobre el cuerpo del objetivo (Figura 1.29), este ajuste permite utilizar lo mejor posible el campo hiperfocal. Cuanto más cerrado esté el diafragma y aumente el número  $F$ , mejor será el enfoque de los objetos lejanos y los cercanos.

**Auto iris:** “Poseen un motor que regula el paso de la luz en forma automática al variar la apertura relativa del lente entre su número  $F$  más bajo al más alto. Existen dos tipos de control del motor en los lentes auto iris: pasivos y activos” (Rnds, 2012).

Los pasivos poseen el motor pero no la electrónica de comando dentro del lente, de este control se encarga la cámara, ya que da los comandos y los ajustes correspondientes para poder controlar la iluminación. Los activos tienen el motor y la electrónica de control incluida en el interior del lente, además tienen ajuste de sensibilidad y de iluminación.

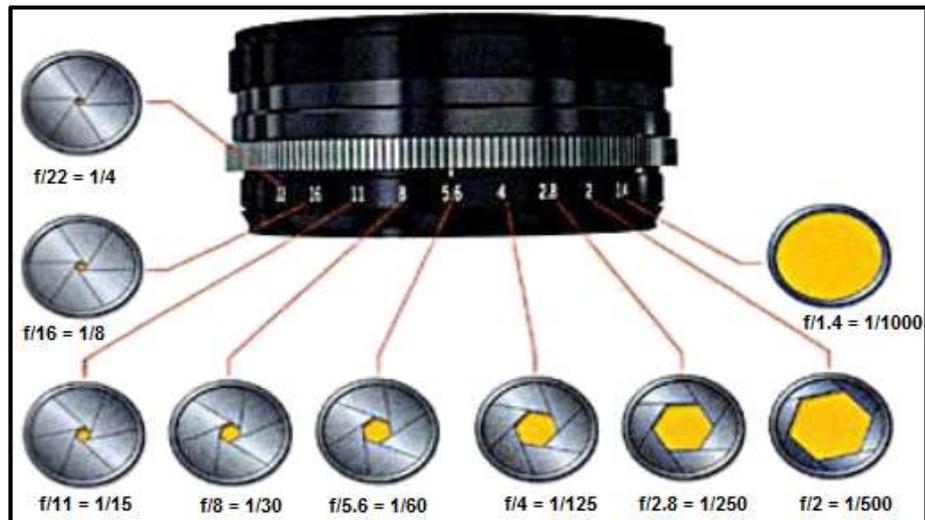


Figura 1.29. Diferentes aperturas del iris

Fuente: TEORIA DEL COLOR.

#### 1.5.2.2.1.4 Ángulo de vista

El ángulo de vista ( $\Theta$ ) que se forma con los dos rayos que parten desde el punto central del lente, donde converge la luz incidente, hacia los extremos de la diagonal del sensor (Figura 1.30). A un mayor ángulo de vista se obtendrá un mayor campo visible (escena); por el contrario, de acuerdo a la ecuación 1.2 (Elai-upm, 2012) si aumenta la distancia focal, el ángulo visual también disminuirá.

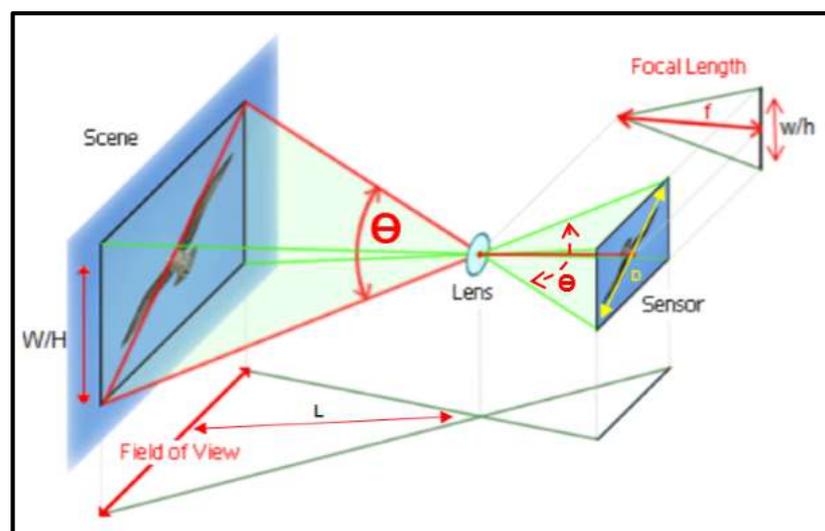


Figura 1.30. Características y parámetros de las ópticas

Fuente: Autores.

Relación para el cálculo del ángulo de vista de la lente:

$$\frac{w}{W} = \frac{h}{H} = \frac{f}{L} \quad (ec. 1.1)$$

$$\theta = 2\arctan\left(\frac{D}{2f}\right) \quad (ec. 1.2)$$

Donde:

w y h dimensiones del plano del sensor

W y H dimensiones de la escena

$\theta$  ángulo de vista

D diagonal del sensor

f distancia focal

L distancia de trabajo

#### 1.5.2.2.1.5 Monturas

Se refieren a los sistemas de montaje de objetivos estándar, estas monturas se emplean en cámaras industriales, permitiendo adaptar varios tipos de lentes e intercambiarles. Estos componentes hay de dos tipos: montura “C” y montura “CS”; este último tipo de montura usa objetivos de tipo atornillado.

“El sistema de montura C se usa principalmente en cámaras con sensores relativamente grandes (de tipo 1/2” o 2/3”) mientras que los sistemas con montura CS se utilizan para cámaras con sensores más pequeños (de tipo 1/3” o 1/4”). Las cámaras con montura C sólo pueden aceptar objetivos con montura C, en tanto que las cámaras con montura CS aceptan los dos tipos.

Esto se consigue gracias a un adaptador mecánico de anillo (Figura 1.31). Dado que las cámaras con montura CS sólo proporcionan una longitud de brida trasera de 12,5 mm, es necesario extenderla a 17,526 mm para poder usar un objetivo de montura C 17,526 mm.” (Sony, 2012).

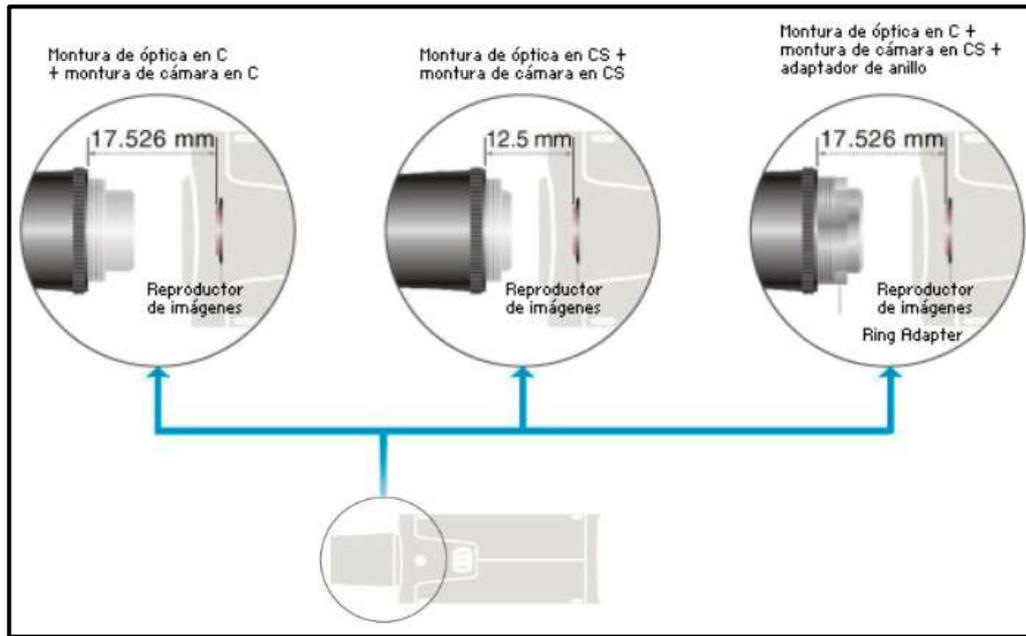


Figura 1.31. Tipos de montura de las cámaras

Fuente: SONY CORPORATION.

### 1.5.2.2.2 Parámetros de las ópticas

Los principales parámetros en la elección de la óptica son:

#### 1.5.2.2.2.1 Campo de visión

El campo de visión (*field of view*) “es el área del objeto bajo inspección que la cámara puede adquirir (Figura 1.30)” (NI<sup>TM</sup>, 2011). Se puede determinar teniendo en cuenta las características propias de cada óptica a utilizar en una cámara, estas son: la distancia focal (*focal length* “*f*”), el tamaño del sensor (*sensor size*) y la distancia de trabajo (*working distance* “*L*”).

La relación está dada por:

$$Field\ of\ view = \frac{(sensor\ size \times working\ distance)}{focal\ length} \quad (ec. 1.3) \quad (NI^{TM}, 2012)$$

#### 1.5.2.2.2 Distancia focal

La distancia focal (*focal length*) es la distancia existente desde el sensor hasta el punto en el que convergen los rayos que llegan paralelos al lente (Figura 1.32). Así, el aumento de la distancia focal disminuye el campo visible y con ello la distancia de trabajo de la misma.

#### 1.5.2.2.3 Tamaño del sensor

El tamaño del sensor (*sensor size*) es un elemento clave para determinar el requisito de la resolución mínima de una imagen. La longitud de la diagonal especifica el tamaño del área activa del sensor, los de tamaño mayor capturan imágenes con menos ruido que los sensores más pequeños.

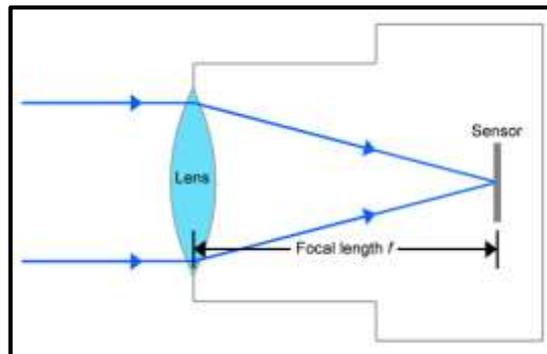


Figura 1.32. Distancia focal

Fuente: Smitt.

#### 1.5.2.2.4 Distancia de trabajo

La distancia de trabajo (*working distance*) es la distancia existente entre el objeto a ser analizado y la parte frontal del objetivo de la cámara, en la cual el objetivo es capaz de enfocar. Al momento de realizar adquisiciones de imagen, si no se puede cambiar la distancia de trabajo, se estará limitado a cambiar la distancia focal del objetivo. Si la distancia focal es corta y la distancia de trabajo es fija, las imágenes pueden aparecer distorsionadas, por lo cual es necesario tener una adecuada selección de la distancia de trabajo.

## 1.6 Gestión de redes

### 1.6.1 Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación son métodos estándar que permiten la comunicación entre procesos. La elección del protocolo de red adecuado para la aplicación depende de factores como el tipo de comunicación y la configuración del sistema. A continuación se indica los protocolos que utiliza *LabView*.

#### 1.6.1.1 TCP

*TCP (Transmission Control Protocol)*, es un protocolo fiable de comunicación punto a punto, los datos se entregan de forma ordenada sin pérdidas. “Este es un protocolo basado en la conexión, lo que significa que una conexión entre el cliente y el servidor debe ser establecida antes de la transferencia de datos. Para garantizar la entrega de datos, *TCP* retransmite los datos hasta que recibe un acuse de recibo. El servidor y el cliente *TCP* se comunican a través de un puerto especificado” (NI™, 2013).

#### 1.6.1.2 UDP

*UDP (User Datagram Protocol)*, “se diferencia de *TCP* en que publica los datos en un puerto especificado pero no requiere una conexión con un cliente antes de enviar los datos. Si no hay conexión para recibir los datos en su destino, los datos simplemente se descartan; no hay verificación de entrega exitosa” (NI™, 2013).

#### 1.6.1.3 HTTP

*HTTP (Hypertext Transfer Protocol)*, es un protocolo de transferencia de hipertexto utilizado para publicar en la Web. *LabView* permite publicar un Vi como un servicio web en el servidor para los clientes. Los usuarios pueden controlar una o varias aplicaciones desde lugares diferentes.

#### 1.6.1.4 PSP

*PSP (Publish-Subscribe Protocol)*, es un protocolo de comunicación propio de *National Instruments<sup>TM</sup>* y está basado en *TCP/IP*, proporciona una transmisión de datos de manera eficiente y fiable a través de la red mediante URL.

### 1.6.2 Publicación de datos en la red

Una forma de compartir datos entre dos equipos, o *Vis* diferentes es mediante la publicación de variables compartidas (*Shared Variables*) en la red. Los componentes de una variable compartida publicada en la red son: *process*, *NI publish subscriber protocol*, *shared variable engine*, *publisher* y *subscriber*.

#### 1.6.2.1 Process

Un proceso (*process*) es una biblioteca correspondiente a un proyecto de *LabView(lvlib)*, que se ha implementado en el *SVE (shared variable engine)*; todas las variables compartidas a ocupar en un proyecto deben también crearse dentro de una biblioteca de proyectos.

#### 1.6.2.2 NI-PSP

*National Instruments – Publisher Subscriber Protocol* “es una tecnología patentada que está conformada por un servidor llamado *SVE (Shared Variable Engine)*, que almacena los datos e información de la variable compartida. *NI-PSP* está diseñado para el caso de uso donde muchos descriptores de acceso deben acceder o actualizar un valor de datos más reciente” (NI<sup>TM</sup>, 2013)

#### 1.6.2.3 Shared variable engine

El *SVE (shared variable engine)* es una estructura de *software* que gestiona las actualizaciones de las variables compartidas (*shared variable*) a través de la red, permitiendo a la variable compartida enviar sus valores. En *Windows*, *LabView* configura el *SVE* como un servicio.

Los lectores y escritores de las variables compartidas pueden ser de dos formas:

- *Publisher*
- *Subscriber*

#### **1.6.2.4 Publisher**

El *publisher* es un editor o publicador que puede cambiar el valor de la variable compartida. Cuando un publicador escribe sobre la variable, se tiene la siguiente interacción con el *SVE* (*shared variable engine*) que aloja la variable compartida del publicador:

- “El publicador solicita al *SVE* para realizar un cambio en el valor de la variable compartida.
- El *SVE* comprueba los privilegios de acceso de dominio del publicador y permite al publicador realizar cambios en el valor de la variable compartida.
- El publicador escribe un nuevo valor en la variable compartida.
- El *SVE* notifica a todos los lectores sobre el cambio.

#### **1.6.2.5 Subscriber**

*Subscriber*, es un suscriptor o lector que puede acceder al valor de la variable. El suscriptor no realiza peticiones al *SVE* (*shared variable engine*) para obtener el último valor de la variable compartida, el *SVE* le notifica cuando existen cambios en el valor de la variable compartida. Un suscriptor siempre devolverá el valor más actual de una variable” (NI<sup>TM</sup>, 2013).

### **1.6.3 Enlaces entre variables compartidas en la red**

“*LabView* localiza las variables compartidas mediante una ruta de red que consiste en: el nombre del equipo donde se encuentra el proyecto, el nombre de la biblioteca del proyecto donde reside la variable compartida y el nombre de la variable compartida.

Por ejemplo, si se tiene la siguiente ruta de red: `\\COMPUTER\LIBRARY\VARIABLE`, esta ruta identifica una variable compartida de nombre *VARIABLE*, en la librería del proyecto llamada *LIBRARY*, ubicada en el equipo de nombre *COMPUTER*. Si una variable compartida se encuentra ubicada en una sub librería del proyecto, por ejemplo, la sublibrería llamada *SUBLIB*, entonces la ruta hacia la variable compartida incluye también esa sub librería como sigue: `\\COMPUTER\LIBRARY\SUBLIB\VARIABLE` (NI<sup>TM</sup>, 2013).

#### 1.6.4 Redes inalámbricas

La necesidad de comunicación entre dispositivos sin la utilización de cables ha dado paso al desarrollo de tecnologías inalámbricas, constituyendo así un medio eficaz para la transmisión de cualquier tipo de datos. Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas de radio, permitiendo que los dispositivos tales como: computadoras, *PDA*, *tablets*, se conecten sin dificultad y puedan mantenerse comunicados aún cuando se desplacen dentro del radio de cobertura de la red.

##### 1.6.4.1 Clasificación

Las redes de datos inalámbricas se clasifican según su alcance en:

- Redes de área personal, *PAN (Personal area networks)* que tienen alcance de algunos metros, dentro de estas se encuentran las tecnologías: bluetooth, infrarrojo y zigbee.
- Redes de área local, *LAN (Local area networks)* cuya cobertura puede llegar a varios cientos de metros, dentro de este tipo de red se encuentra la tecnología *WiFi, HiperLAN2 y HomeRF*.
- Redes metropolitanas, *MAN (Metropolitan area networks)* cuya cobertura va desde cientos de metros hasta varios kilómetros, entre estas se encuentran: *WiMax, HiperMAN, LMDS, Mobile-Fi y WiBro*.
- Redes Extensas, *WMAN (Wide area networks)* son redes que pueden abarcar una región, cubriendo varios cientos de kilómetros, dentro de las cuales están las tecnologías: *GSM, GPRS y UMTS*.

### 1.6.4.2 Redes Wi-Fi

“*Wi-Fi* es una tecnología de comunicación inalámbrica que cumple con el estándar internacional *IEEE 802.11*” (Ecured, 2012). Esta tecnología surgió por la necesidad de establecer un mecanismo de conexión inalámbrica que fuera compatible entre distintos equipos. Las redes Wi-Fi funcionan mediante el uso de ondas electromagnéticas, sin la conexión física entre un dispositivo emisor y un receptor; cabe recalcar que esta tecnología tiene un rango limitado de alcance dependiendo de los dispositivos que se ocupen.

#### 1.6.4.2.1 Infraestructura de la red

La infraestructura de una red inalámbrica es la parte más importante, ya que permite tener un nivel alto de confiabilidad en la transmisión y recepción de los diferentes dispositivos inalámbricos. Los requerimientos para la implementación de una red inalámbrica *WiFi* son:

- Un *router* o un *AP (Access point)* punto de acceso, para el modo infraestructura.
- Tarjetas *WiFi*, que se conectan a un puerto PCI o PCMCIA.

#### 1.6.4.2.2 Seguridad

La seguridad de la red es un punto muy importante ya que mediante esta se puede mantener la información de manera adecuada. El problema de las redes inalámbricas es que uno no tiene ningún control sobre el medio donde circulan los datos. Por lo cual existen varias alternativas para garantizar la seguridad de las redes.

Las alternativas más comunes son la utilización de protocolos de cifrado de datos para los estándares *WiFi*. “*WEP* o *WPA*, son dos posibilidades de encriptar los datos que circulan en la red. Al encriptar los datos se garantiza la confidencialidad de la información; esto mediante una clave. La clave que se adjudique permite proteger también el acceso a la red” (High-tech, 2012).

- *WEP (Wired equivalent privacy)* es un protocolo de seguridad especificado en el estándar IEEE para redes inalámbricas, consume muchos recursos y es fácilmente craqueable.
- *WPA (WiFi protected access)* es un protocolo de securización más robusto que permite una mayor seguridad; sin embargo, no existe ninguna alternativa totalmente fiable, ya que todas ellas son susceptibles a ser vulnerables.

### 1.6.4.2.3 Modos de operación

El estándar 802.11 ofrece dos modos operativos de las redes *wireless*:

- El modo infraestructura
- El modo *ad-hoc*

#### 1.6.4.2.3.1 El modo infraestructura

En este modo la gestión está centralizada en un *access point (AP)* o punto de acceso, que actúa como un controlador central para la red inalámbrica; todos los dispositivos trabajan en orden jerárquico. Uno de los dispositivos que conforman la red es el punto de enlace, de forma que coordina la transmisión y recepción entre los múltiples dispositivos; es decir, todos los datos que envía cada dispositivo llegarán al punto de acceso y luego éste los transferirá al resto de ordenadores (computadores) que se encuentren dentro de un rango de cobertura específico a través del enlace inalámbrico.

“Los puntos de acceso actúan como puente entre una red cableada y la red inalámbrica, permitiendo a los dispositivos *wireless* acceder a los servicios de la red” (Gamma, 2003). Una red inalámbrica al poseer puntos de acceso permite aumentar la cobertura de la red debido a que los dispositivos se comunican directamente con él. En la figura 1.33 se puede ver la conformación de una red en modo infraestructura, el dispositivo “AP” representa el punto de acceso y “D1”, “D2”, “D3”, los dispositivos *wireless*.

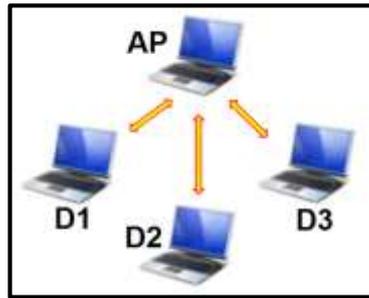


Figura 1.33. Modo infraestructura

Fuente: Autores.

#### 1.6.4.2.3.2 El modo ad-hoc

En este modo los dispositivos inalámbricos se conectan directamente entre sí, no se requiere de un punto de acceso para dar soporte a la red. Cada equipo retransmite la información que recibe a los otros dispositivos, sin pasar por ningún otro dispositivo; actuando de esta forma como una red punto a punto.

Este es un modo fácil de establecer una red inalámbrica. Para que puedan comunicarse y realizar un intercambio eficiente de información, todos los dispositivos deben de encontrarse dentro de un mismo rango de cobertura. El acceso a la red en este modo se realiza con un número limitado de equipos que estén próximos entre sí y que dispongan de un adaptador de red.

En una red ad-hoc los dispositivos no poseen un punto de interconexión con la red cableada, a no ser que se disponga a alguno de ellos actuar como *router*. En la figura 1.34 se muestra la configuración de la red en modo AD HOC, donde “D1”, “D2”, “D3”, representan a cada uno de los dispositivos conectados en red.

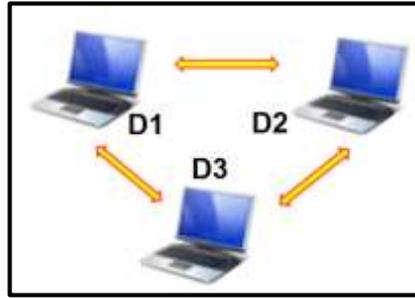


Figura 1.34. Modo AD HOC

Fuente: Autores.

#### 1.6.4.2.4 Interfaz inalámbrica

Con el fin de poder interconectarse a las redes inalámbricas, los diversos dispositivos portátiles necesitan de adaptadores de red específicos que cumplan con el estándar 802.11. La mayoría de adaptadores de red inalámbrica para computadores portátiles se han diseñado en forma de chip de circuito integrado permitiendo funciones como:

- La transmisión y la recepción de datos sin la utilización de cables y conexiones directas. Almacenan la información mediante buffering y posteriormente la envían en paquetes agrupados.
- Codifican y descodifican los paquetes de datos. Estos paquetes de datos incluyen toda clase de archivos como: texto, audio o video.

Entre los diferentes adaptadores de red se pueden distinguir:

- Las tarjetas de PC, se encuentran integradas en el interior de los computadores, instaladas en una ranura PCMCIA, estas permiten la conexión de portátiles, *Tablet PCs* y otros dispositivos móviles.

- Las tarjetas PCI, en su mayor parte se encuentran situadas como componente externo o montadas como en los slots de la placa base, generalmente poseen una pequeña antena externa la cual se puede sustituir fácilmente por una de mayores prestaciones.
- Los adaptadores USB, aportan notables ventajas como su tamaño, no necesitan de alimentación externa y pueden orientarse para recibir mejor la señal.

Un punto muy importante a la hora de elegir un dispositivo de red inalámbrico es la velocidad de la tarjeta, ya que debe estar acorde a las necesidades que requiera la aplicación. En la figura 1.35 se muestra una tarjeta *wireless* o adaptador de red de un computador portátil.



Figura 1.35. Tarjeta de red inalámbrica

Fuente: Autores.

## CAPÍTULO 2

### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

Dentro del diseño y construcción del sistema se encuentra las especificaciones técnicas correspondientes a la parte informática, desde donde la combinación de los diferentes comandos permitirá materializar la automatización del proceso de seriamiento y registro de tiro de armas livianas.

Haciendo uso del software LabView y el módulo de visión se desarrolla el algoritmo de captura, procesamiento y análisis de imagen, que será la parte inteligente del sistema. La misión de este sistema consiste en obtener resultados de los impactos de munición mediante la inspección automática de la diana (Blanco destinado a la práctica de tiro, cuya superficie está conformada por un conjunto de círculos concéntricos numerados con puntuaciones del 1 hasta el 9)

#### 2.1 Implementación

La implementación del sistema es realizada según las necesidades extraídas de los diferentes ejercicios y prácticas en un polígono de tiro, para fines demostrativos el desarrollo del proyecto utiliza como equipo de captura de imagen, una cámara *web*. Los equipos que se deben utilizar para la implementación corresponden a: un servidor, cámaras de video de alta definición, un concentrador, *Tablet* o *laptops*. Todos los equipos deberán ser instalados en los diferentes puntos del polígono de tiro, por lo que, es necesario indicar como deben implementarse:

En la línea de blancos se instalarán las cámaras de alta definición, las cuales irán ubicadas a nivel del piso frente a la posición de las dianas o siluetas. El conjunto de todas las cámaras que se coloquen irán conectadas a un concentrador, para poder establecer el enlace con la consola de mando.

En la fosa de la línea de blancos o en un lugar adecuado para el efecto y con una protección, se instalará el concentrador que dirige la información de las imágenes hacia los dispositivos encargados de realizar todas las operaciones y cálculos a fin de obtener los datos que serán pasados a la consola de mando por medio de la red inalámbrica.

La consola deberá estar ubicada en la parte posterior del polígono o en un lugar desde donde se pueda visualizar las actividades de campo y realizar la interconexión con las *Tablet* o *laptops*, dispositivos que estarán colocados en las posiciones de los tiradores. Además, tendrá implementada todas las actividades a realizar por parte de los participantes o tiradores, desde aquí se obtendrá y emitirá toda la información referente al ejercicio de tiro.

### **2.1.1 Prueba**

La prueba que se realice consiste en verificar el correcto funcionamiento del sistema en general y cada uno de los respectivos sistemas de procesamiento. A la vez detectar y dar solución a los problemas que se presenten o en caso de existir, de forma que al momento de realizar las prácticas o entrenamientos de tiro no se desplieguen inconvenientes.

### **2.1.2 Maqueta**

La creación de la maqueta permite probar el trabajo en sus dimensiones técnicas y en términos de su organización y respuesta del usuario. La experiencia de la maqueta permite la preparación para la puesta en funcionamiento, un mejor entendimiento de los requisitos y una temprana identificación de las dificultades.

### **2.1.3 Funcionamiento**

El proyecto de tesis está diseñado para todo tipo de usuarios dispuestos a estos entrenamientos, es necesario realizar pruebas incrementales de los resultados, es decir, simular un número de usuarios que se incremente gradualmente para poder estimar si el producto es potencialmente capaz de tolerar el resultado final, a más de incrementar también las funciones de acuerdo al usuario.

### **2.1.4 Mantenimiento**

El mantenimiento se refiere a todas las operaciones de modificación llevadas a cabo en el *software* operativo, dejando sus funcionalidades básicas intactas. Así, el mantenimiento permite tener un sistema en operación mientras se corrige anomalías en el trabajo y se toma en cuenta los pedidos de mejoras del usuario.

Generalmente, se hace una distinción entre mantenimiento correctivo y mantenimiento actualizado. El mantenimiento correctivo consiste en corregir errores del sistema, en tanto que el mantenimiento actualizado consiste en la modificación del sistema para agregarle nuevas funcionalidades.

## **2.2 Funcionalidad**

El proyecto tiene por objetivo servir de herramienta para que en el proceso de entrenamiento se optimicen los recursos humanos, materiales y sobre todo se agilite el tiempo en el empleo de los polígonos a fin de que el personal que requiera realizar las prácticas y entrenamiento, pueda efectuar estas actividades en el menor tiempo posible y obtener los resultados finales una vez concluida su participación.

El programa realizado tiene las características de poder identificar la posición del impacto en la diana (blanco), y, mediante el uso de las diferentes herramientas y características del sistema, ejecuta las actividades de registro de tiro y el seriamiento de armas.

Para que se pueda seriar (calibrar) un fusil, es decir, alinear la visión del tirador, los aparatos de puntería del fusil (la muesca y el guión) con el centro de la diana, se requiere que se ajusten sus aparatos de puntería. El sistema, a partir del impacto realiza los cálculos respectivos de su ubicación dentro de la diana, a la vez que informa al tirador para que pueda realizar los ajustes del arma y tener el fusil calibrado y listo para realizar las prácticas de tiro.

Para el proceso de registro de tiro, partiendo desde el punto de impacto, el programa realiza la comparación con las coordenadas del centro de la diana y establece un valor que correspondería a cada puntaje en la diana, ya que en una competencia o práctica es necesario el registro de los impactos realizados y el puntaje obtenido.

Dentro de la aplicación del programa para el registro de tiro, se puede obtener la información referente a: nombre del tirador, posición de tiro, cantidad de disparos, puntaje obtenido, eficiencia de disparo y la posición del tirador o participante respecto a los demás. Una vez finalizada la práctica de tiro el sistema entrega un registro final con todos los resultados en forma inmediata. En definitiva, el sistema se encarga de procesar toda la información correspondiente a las prácticas de tiro desde el momento en que una ojiva (parte que conforma la estructura de la munición; punta de la munición) impacta en la silueta o diana hasta que se entregan los resultados totales y finales.

### **2.3 Aplicación**

La aplicación corresponde a una herramienta, desarrollada para ser ejecutada bajo la plataforma virtual *LabView* en el entrenamiento de personas en prácticas de tiro de armas livianas. Con esta aplicación se evitará pérdidas de tiempo en: contabilizar los impactos, detener las prácticas para la verificación de los impactos realizados y el puntaje obtenido, contabilización de los puntos obtenidos por cada tirador, el puesto con respecto a los demás en el registro general y marcación automática de cada tiro.

Debido a las cámaras de alta definición y al procesamiento de imágenes en *LabView*, se puede obtener resultados excepcionales, en donde se podrá conocer las habilidades de cada uno de los participantes.

Este sistema puede ser aplicado en lugares con especificaciones técnicas correspondiente a un polígono de tiro, estos polígonos pueden ser: militares, policiales o de las federaciones deportivas del país, ya que sirve para contabilizar los impactos de las armas livianas; también podrán ser instalados en polígonos cerrados para tiro de pistola.

#### 2.4 Diseño y programación del software para la consola y dispositivos

La programación del *software* para los diferentes dispositivos que intervendrán en el proceso de seriamiento y registro de armas ha sido desarrollada bajo la plataforma virtual *LabView*, debido a que cumple con los requerimientos para éste proyecto. Los diagramas de las figuras 2.1 y 2.2 muestran de forma global como está estructurado el sistema en *LabView*, tanto para la consola de mando como para los dispositivos con los que va a interactuar.

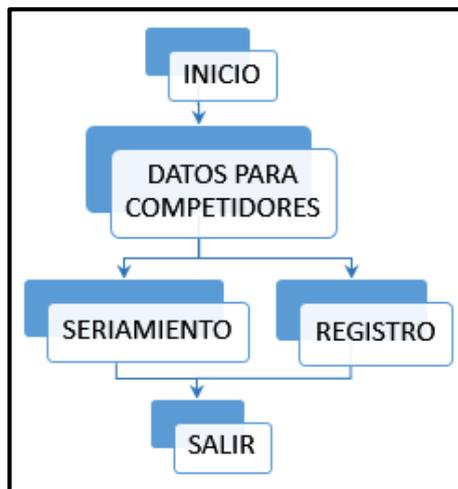


Figura 2.1. Esquema general de diseño del software para la consola

Fuente: Autores.

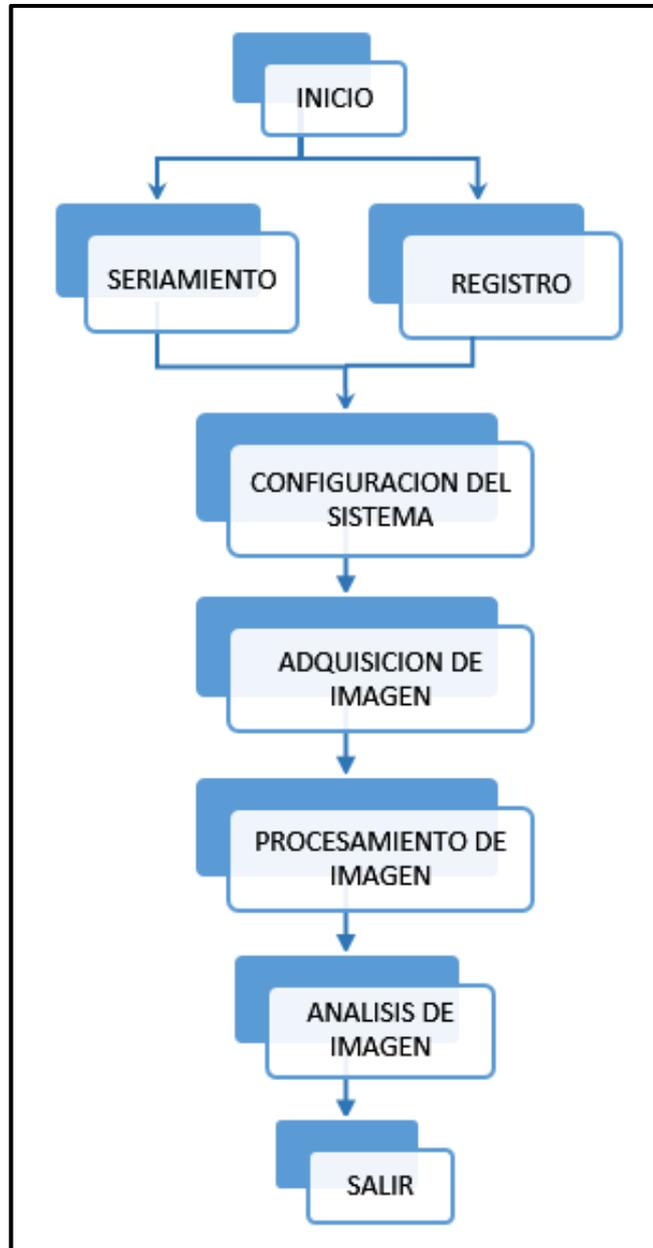


Figura 2.2. Esquema general de diseño del software para los dispositivos

Fuente: Autores.

### 2.4.1 Programación del software para la consola

La aplicación para la consola de mando permite la interacción entre los dispositivos de los participantes y el juez. El proceso que se sigue para el desarrollo de la programación del *software* para la consola de mando se puede ver en el esquema de la figura 2.3. Cada uno de los subprocesos que se indican en el esquema se detalla en las secciones siguientes.



Figura 2.3. Esquema del software de la consola

Fuente: Autores.

### 2.4.1.1 Variables compartidas

Las variables compartidas (*Shared Variables*), permiten compartir e intercambiar información entre Vi's de un proyecto en un mismo computador (dispositivo) o entre Vi's de proyectos de diferentes dispositivos, a través de la red.

### 2.4.1.2 Creación de una variable compartida para consola de mando

Para crear una Variable compartida en *LabView*, se debe disponer de un proyecto donde se desarrollará la aplicación. Dentro de la ventana del explorador de proyectos se selecciona el submenú mi computadora (*My computer*) o Librería (*Library*) si se ha creado alguna librería anteriormente, al dar clic derecho sobre cualquiera de las dos opciones aparecerá un menú contextual donde se selecciona la opción nueva (*New*) y de este sub menú seleccionar *variable*, este procedimiento se puede visualizar en la figura 2.4.

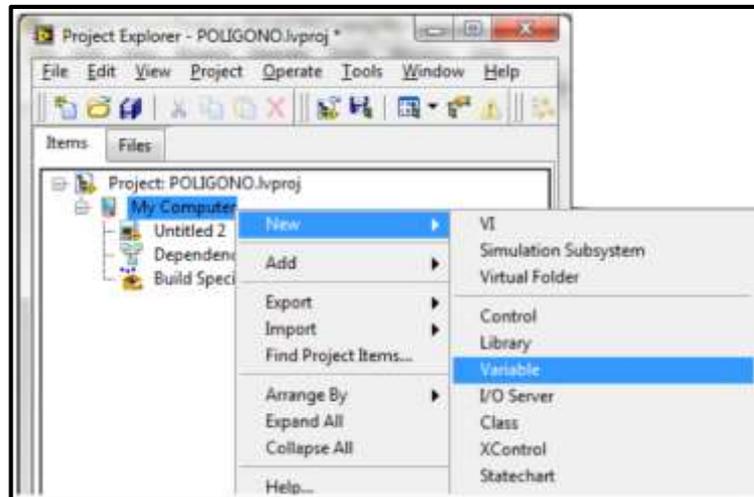


Figura 2.4. Creación de una variable compartida

Fuente: Autores.

### 2.4.1.3 Propiedades de la variable compartida de la consola de mando

Luego de crear una variable compartida, se presenta un cuadro de diálogo como se muestra a continuación en la figura 2.5, en donde se puede configurar algunas propiedades de la nueva variable compartida como son: *name*, *variable type*, *data type*, *enable aliasing*.

- *Name*: Esta casilla corresponde al nombre de la variable.
- *Variable Type*: El tipo de variable, en este caso se selecciona la opción *Network-Published*, ya que las variables se publicarán en la red.
- *Data Type*: El tipo de dato, se puede seleccionar de entre algunos tipos de datos estándar como son: *booleano*, *integer*, *double*, *string*, etc.
- *Enable Aliasing*: La casilla habilitar el alias, se debe activar para las variables compartidas en el programa de los dispositivos de los participantes.

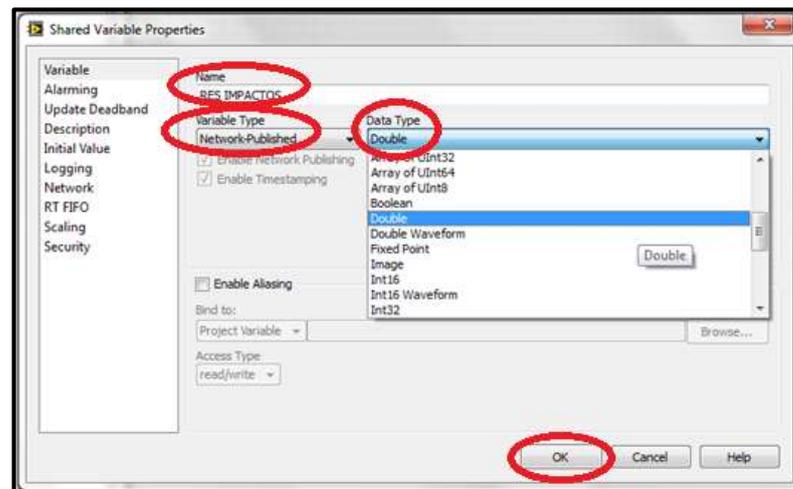


Figura 2.5. Propiedades de la variable compartida

Fuente: Autores.

De las opciones del cuadro de dialogo se seleccionan las tres primeras opciones, esto para el programa que pertenecerá a la consola de mando. En este caso el dispositivo de la consola de mando actuará como publicador de datos en las variables compartidas en la red. Para terminar la configuración de la variable se selecciona la opción aceptar (*OK*).

En la figura 2.6 se puede ver un ejemplo de creación de la variable compartida “RES IMPACTOS”, que se encuentra ubicada dentro de la librería “VAR CONS” (variables compartidas) en el proyecto “POLIGONO”.

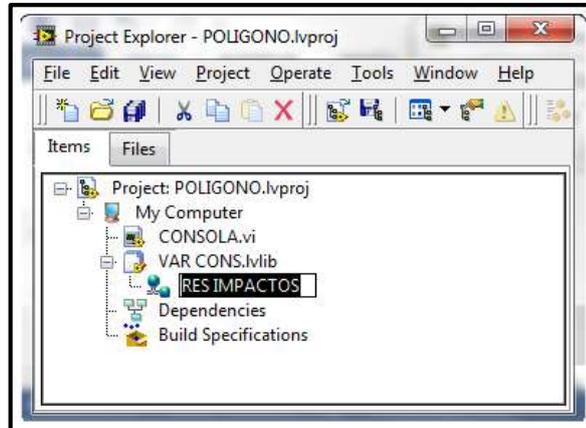


Figura 2.6. Variable compartida RES IMPACTOS de la consola de mando

Fuente: Autores.

Las variables creadas se alojan siempre dentro de una librería o sub librería perteneciente al proyecto sobre el que se trabaje. Si no se dispone de una librería dentro del proyecto al momento de crear una variable, *LabView* la generará automáticamente después de que se haya configurado la variable compartida.

Luego que se han creado las variables necesarias en el desarrollo del programa y para poder usarlas dentro del diagrama de bloques, lo que se tiene que hacer es seleccionar una de ellas y arrastrar hacia donde se desee conectar. Se debe tomar en cuenta las entradas respectivas de las variables para poder realizar el cableado, esto dependiendo si se va a leer o escribir sobre la variable. Para poder cambiar la forma de acceder a la variable, ya sea en modo escritura o lectura, se da clic derecho sobre la variable, del menú contextual se selecciona *Access Mode* y de esta opción seleccionamos cualquiera de los dos modos (Figura 2.7).

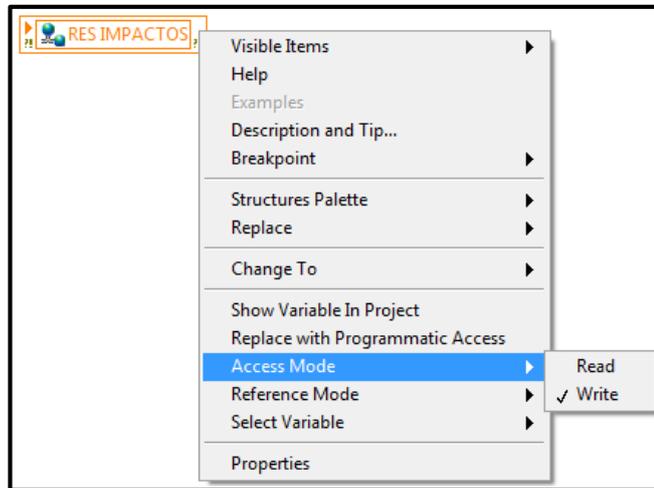


Figura 2.7. Modo escritura de la variable compartida

Fuente: Autores.

#### 2.4.1.4 Datos para los participantes

En los dispositivos que han sido asignados a cada participante se carga un informe en el que consten sus datos y los detalles respecto a la práctica de tiro. La forma en la que se realiza el envío de estos datos desde la consola hacia los dispositivos es mediante el uso de las variables compartidas o *Shared Variables*. En el desarrollo del proyecto las variables compartidas permiten una fluidez de la información mucho más rápido, agilitando de esta manera cada uno de los procesos que dependen de ellas.

Una de las ventajas que poseen es que se pueden leer y escribir, con lo que el envío de datos desde la consola de mando se realiza mediante la escritura de las variables compartidas y la recepción en la aplicación de los participantes se la realiza mediante la lectura. A continuación se muestra un diagrama para el envío de datos mediante el uso de las variables compartidas (Figura 2.8).

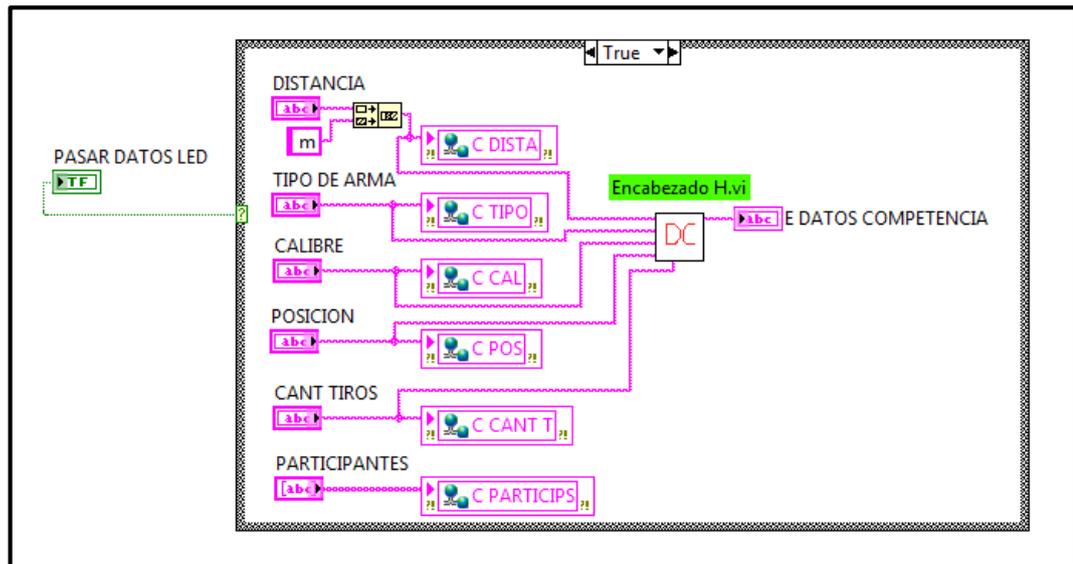


Figura 2.8. Diagrama de bloques datos para participantes

Fuente: Autores.

#### 2.4.1.5 Encabezados

Los datos que se envían a los participantes se ordenan para formar el encabezado de lo que será el informe de los resultados generales de todos los participantes. Mediante la función *Concatenate Strings* se puede agrupar un conjunto de datos del mismo tipo uno a continuación de otro para formar uno solo que contenga a los demás. La separación de los datos se realiza mediante tabulaciones o fin de línea.

En el diagrama del sub vi “encabezado” (Figura 2.9), se puede ver la concatenación de varios datos para la obtención de un *String* “Datos Competencia”, que contiene todos los datos de entrada de tipo *String* con la información para la práctica de tiro. En el panel frontal del sub vi “encabezado” de la figura 2.10, se puede ver a la derecha cada uno de los datos de la práctica y a la izquierda la conformación de los datos luego de que se han concatenado todas las entradas.

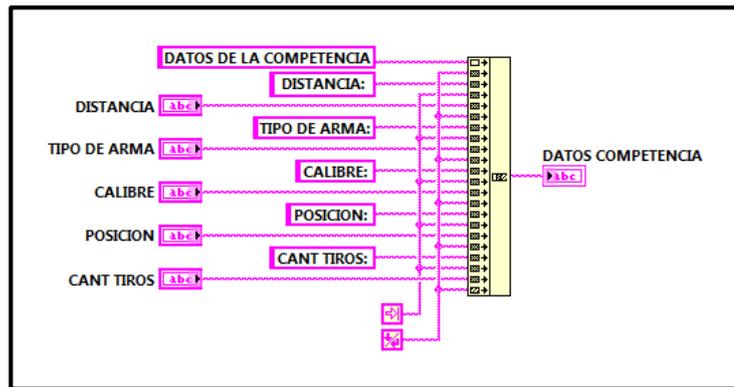


Figura 2.9. Diagrama de bloques sub vi encabezado datos de la práctica

Fuente: Autores.



Figura 2.10. Panel frontal sub vi encabezado datos de la práctica

Fuente: Autores.

#### 2.4.1.6 Eliminación de datos

La aplicación dispone de la opción “Borrar datos”, permitiendo al usuario modificar la información que se enviará a los participantes, en caso de que se produzca un error. El diagrama de la figura 2.11 muestra la selección de esta opción mediante una estructura de tipo caso.

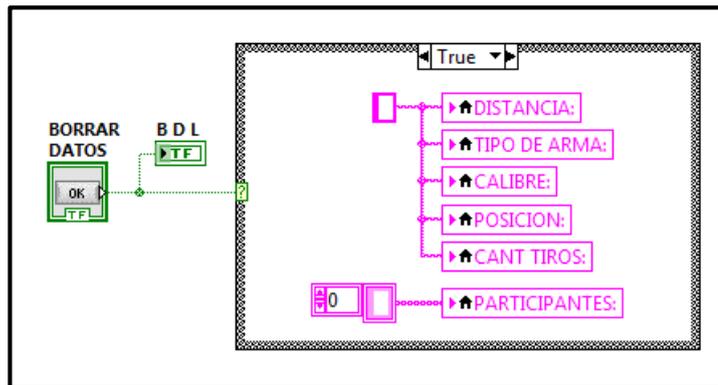


Figura 2.11. Diagrama de bloques borrar datos para práctica

Fuente: Autores.

### 2.4.1.7 Registro de armas

El registro de armas es la parte del *software* de la consola de mando que permite comandar el proceso de registro de tiro de armas livianas de todas las ubicaciones de la línea de los blancos y controlar los dispositivos de cada uno de los participantes que en ese momento estén ejecutando un ejercicio de tiro.

#### 2.4.1.7.1 Participantes

Al enviar los datos iniciales de la práctica a cada uno de los participantes, estos son pasados en forma de un solo *String* que contiene un conjunto de datos. Para elegir cada uno de los participantes al momento de comenzar a analizar los resultados se debe disponer de sus identificaciones, por lo que se requiere extraer el *String* que representa las identificaciones individuales.

Cada una de las identificaciones de los participantes se obtiene mediante un escaneo de toda la información contenida en la variable compartida “PARTICIPANTES”, extrayendo el nombre de acuerdo a la posición que ocupe dentro del arreglo. En la figura 2.12, del diagrama de bloques del sub vi “participantes” se puede ver este proceso.

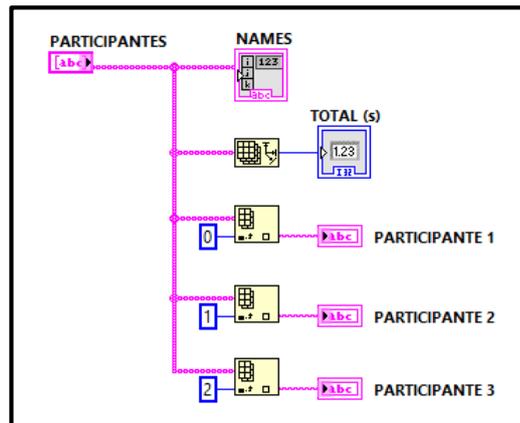


Figura 2.12. Diagrama de bloques del sub vi participantes

Fuente: Autores.

En la figura 2.13 perteneciente al panel frontal del sub vi “participantes”, se puede observar en la parte derecha el dato de tipo string “PARTICIPANTES” que contiene a todos los participantes y en la parte izquierda un listado de todos ellos por separado, indicados por: “PARTICIPANTE 1”, “PARTICIPANTE 2” Y “PARTICIPANTE 3”.



Figura 2.13. Panel frontal del sub vi participantes

Fuente: Autores.

### 2.4.1.7.2 Selección de puesto

Para seleccionar el puesto que le corresponde a cada participante, se necesita el resultado del puntaje de todos los participantes. El software de los dispositivos de cada participante es el encargado de realizar el análisis de los impactos en la diana y entregar el puntaje total correspondiente a la consola de mando.

La figura 2.14, muestra la adquisición del puntaje de los participantes mediante las variables compartidas: “C puntaj 1”, “C puntaj 2” y “C puntaj 3”, para luego procesar esta información en el sub vi “selección de puesto”. El resultado de este sub vi es nuevamente enviado hacia cada dispositivo con la ubicación del tirador en las variables: “C PUESTO P1”, “C PUESTO P2” y “C PUESTO P3”, para análisis posteriores.

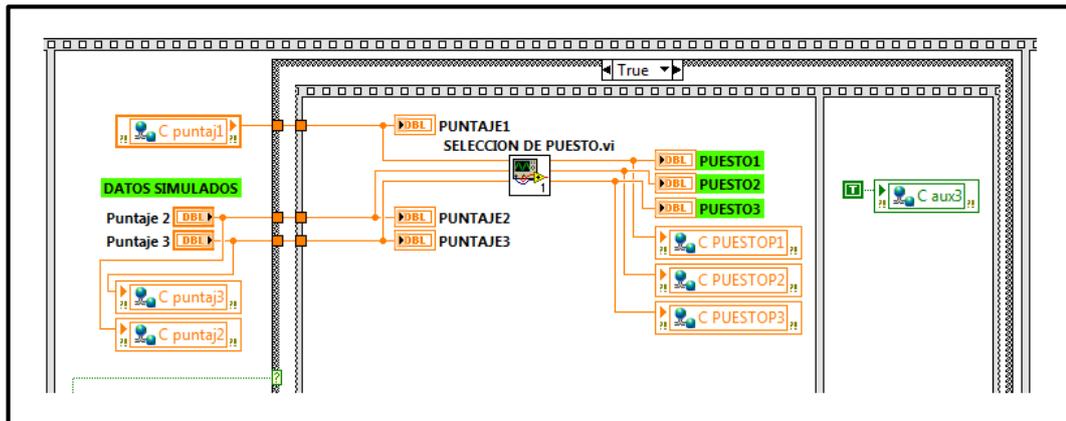


Figura 2.14. Sub vi selección de puesto

Fuente: Autores.

En el diagrama de bloques de la figura 2.15, se puede ver en detalle el proceso que se realiza para la selección del puesto correspondiente a cada participante luego de que se ejecute cada una de las series de tiro. El análisis se realiza con los resultados de los puntajes, mediante una serie de estructuras de tipo caso.

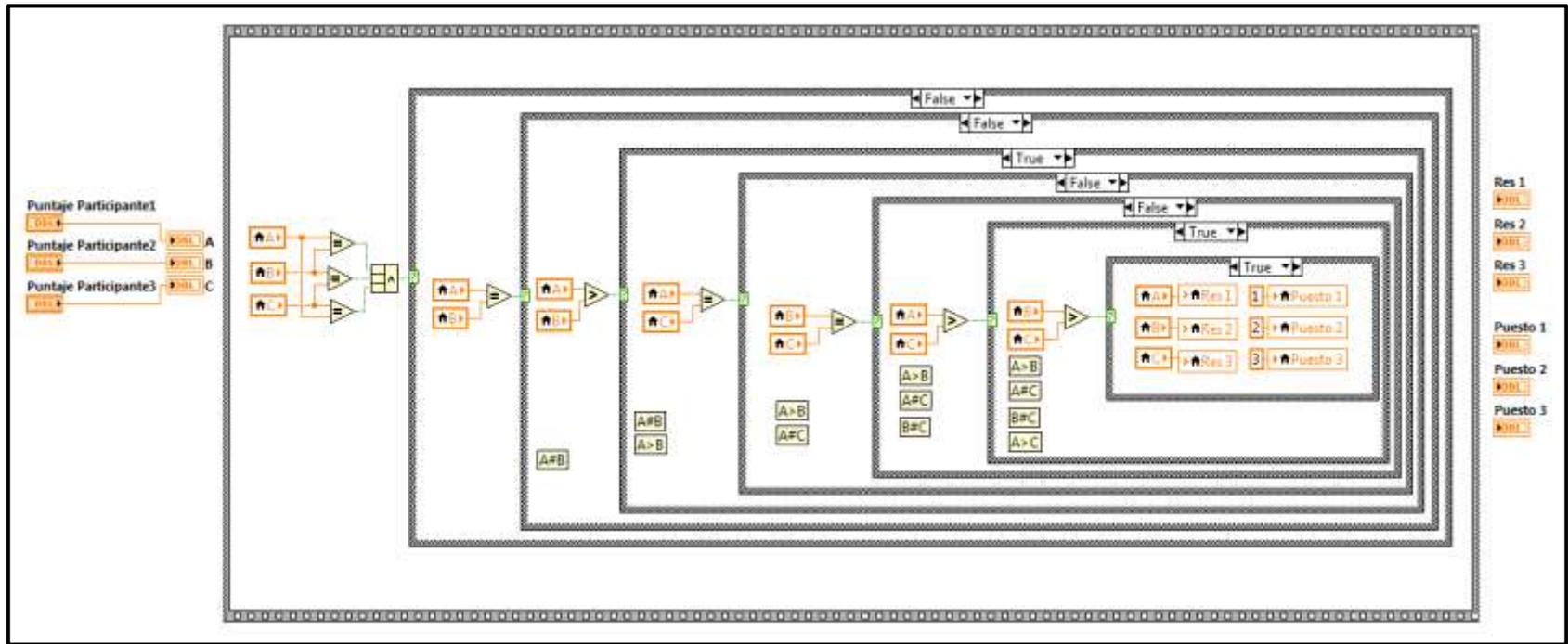


Figura 2.15. Diagrama de bloques del sub vi selección de puesto

Fuente: Autores.

“Puntaje Participante1”, “Puntaje Participante2” y “Puntaje Participante3”, son las entradas de los datos a analizar, los datos representados por las letras: “A, B y C”, son variables auxiliares que se utilizaron en el análisis del posicionamiento. Los resultados ya ordenados en este proceso se muestran en la figura 2.16, del panel frontal perteneciente al sub vi “selección de puesto”.

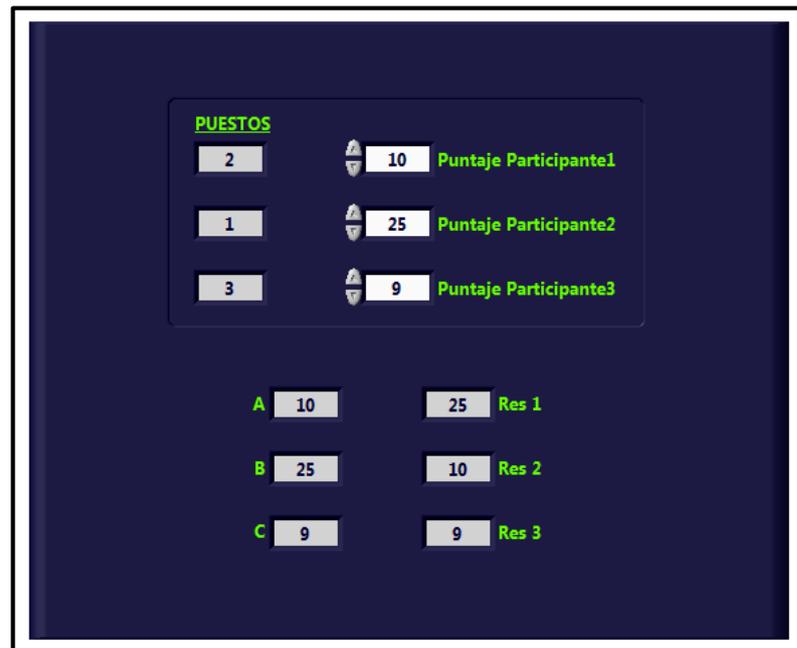


Figura 2.16. Panel frontal del sub vi selección de puesto

Fuente: Autores.

### 2.4.1.7.3 Almacenamiento de resultados

Después de cada tiro se analizan las imágenes captadas para poder extraer información contenida en ellas y asignarles a los resultados de cada participante. Los resultados de los participantes son receptados en la consola de mando en forma de arreglos, el envío desde cada dispositivo se realiza mediante las variables compartidas: “C Res Competidor1”, “C Res Competidor2” y “C Res Competidor3”, cada variable contiene información de un conjunto de datos agrupados.

El almacenamiento de los resultados durante la sesión de tiro debe ser constante, para lo cual se utiliza una estructura de tipo caso y la función *Feedback Node*. La función *Feedback Node* acarrea datos de forma similar a un *Shift Register*, por lo que los nuevos resultados que llegan a la Consola de mando se van acumulando a los datos del análisis del tiro anterior.

La acumulación de los datos producidos durante las sesiones de tiro se realiza mediante la función *Insert Into Array*, el proceso de almacenamiento del resultado de registro de tiro de armas de los participantes se puede ver en el diagrama de bloques de la figura 2.17.

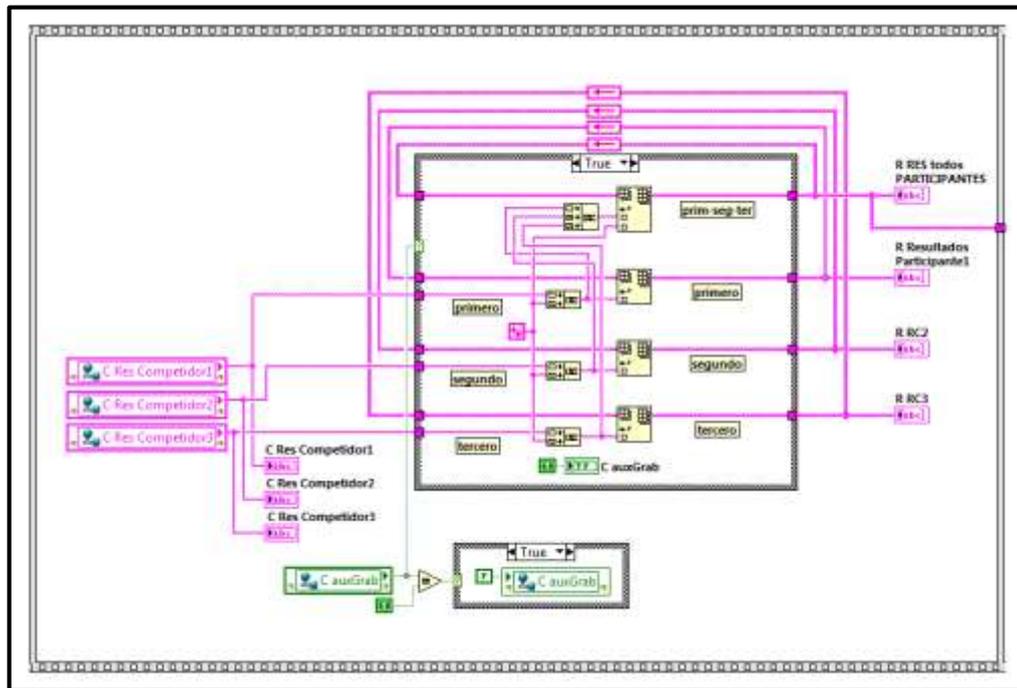


Figura 2.17. Diagrama de bloques almacenamiento de resultados de registro

Fuente: Autores.

#### 2.4.1.7.4 Generación y almacenamiento de reportes

Los resultados de una competencia o práctica de tiro deben ser almacenados para poder hacer uso de estos al momento de presentar detalles, una de las formas es mediante la generación de reportes. Estos reportes, permiten entregar un informe personalizado sobre los resultados de los impactos dentro de la diana, tales como: el puntaje máximo adquirido por el participante, la posición del participante respecto a los demás y su eficiencia.

El encabezado del resultado de la práctica de tiro contiene los datos que se asignó inicialmente a cada participante, los nombres de las diferentes casillas de la pantalla de los dispositivos, la fecha y hora en la que ha culminado el proceso de registro de armas. El diagrama de bloques “Encabezado del informe” (Figura 2.18) muestra los datos concatenados para ser guardados en una base de datos de excel.

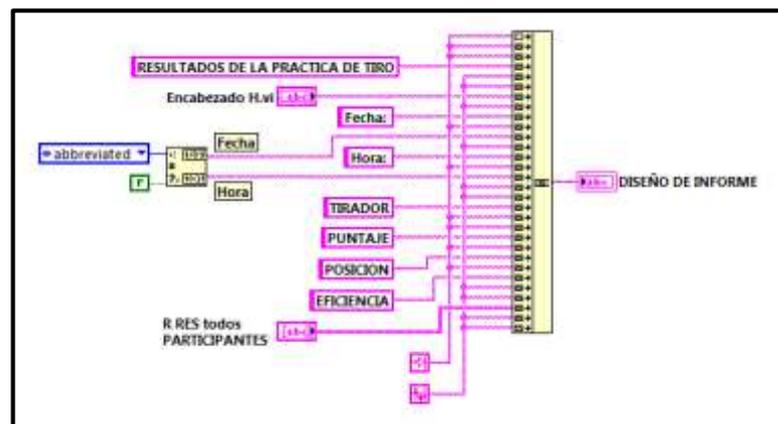


Figura 2.18. Diagrama de bloques encabezado del informe

Fuente: Autores.

Para almacenar los resultados en la base de datos se usa una estructura de tipo caso, en donde se debe realizar la configuración de las siguientes funciones para poder acceder a un archivo de Excel: *Open/Create/Replace File*, *Write to Text File* y *Close File*.

- *Open/Create/Replace File*, en esta función se especifica la acción que se desea realizar mediante la entrada “*operation*”; se puede escoger entre abrir, crear o reemplazar un archivo. Para el proyecto se utiliza la opción crear, ya que estos informes se realizan en sesiones diferentes, se debe especificar también la ubicación de la base de datos en la entrada “*file path*”.
- *Write to Text File*, en esta función se especifica los datos a escribir en el archivo de texto y la dirección donde se va a almacenar la información.
- *Close File*, esta función cierra el archivo donde se almacenaron todos los resultados.

El proceso de almacenamiento de los reportes se muestra en el diagrama de bloques de la figura 2.19.

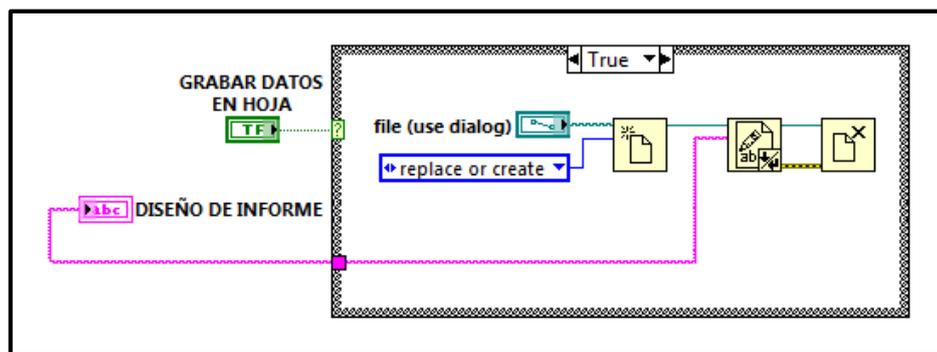


Figura 2.19. Diagrama de bloques para grabar resultados

Fuente: Autores.

El siguiente diagrama “Grabación de Documento con Resultados” de la figura 2.20, muestra el sub vi “encabezado del informe” y la asignación de una dirección de un archivo (*path*). La forma en la que se asigna una dirección hacia un archivo en específico es mediante su nombre y extensión.

Una extensión “.xls” pertenece a un archivo de Excel, si esta extensión se concatena con un nombre se obtiene una dirección de referencia, de tal forma que el usuario tendrá que ingresar solamente el nombre con el que desee guardar los resultados de la práctica de registro de tiro de armas.

El proceso de grabación de los reportes contiene: un encabezado, los resultados del registro de tiro y la dirección en donde se almacenará cada reporte. Esta representación se puede ver en el panel frontal de la figura 2.21.

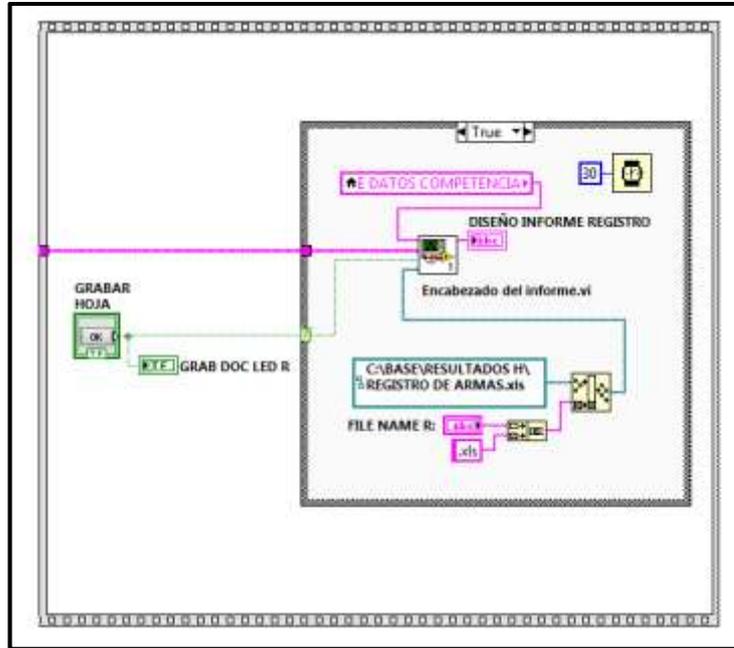


Figura 2.20. Diagrama de bloques grabación de documento con resultados  
Fuente: Autores.



Figura 2.21. Panel frontal del sub vi encabezado del informe  
Fuente: Autores.

### 2.4.1.8 Seriamiento de armas

El desarrollo del *software* para el seriamiento de armas en la consola de mando, permite el control de la inicialización y culminación de este proceso en cada uno de los dispositivos de los participantes durante los ejercicios de tiro.

#### 2.4.1.8.1 Participantes

La interacción con el software del seriamiento de armas es similar al que se ha desarrollado para el registro de tiro de armas. Las identificaciones de cada participante se obtienen mediante la descomposición de la información contenida en un arreglo de datos. La figura 2.22 representa el sub vi “participantes” que realiza este proceso, este sub vi es utilizado también en las llamadas de subrutina que realiza el registro de armas.



Figura 2.22. Sub vi participantes

Fuente: Autores.

#### 2.4.1.8.2 Almacenamiento de resultados

La única diferencia que se presentan en el proceso de seriamiento de armas a comparación con el registro de tiro de armas es el almacenamiento de los resultados, el resto del proceso que se realiza es similar. El proceso de grabación del impacto en la diana lo realiza en este caso el participante, ya que él se encarga de ir ajustando y posicionando el arma de acuerdo a los resultados que el sistema le entrega en pantalla.

La grabación del informe en un archivo de texto contiene: los nombres de los participantes, un aviso de que el arma ha sido seriada, el número de disparos que se han realizado y un mensaje de “serie terminada”. Este último en caso de sobrepasar el número de tiros dado, estará acompañado de otro mensaje indicando que se ha excedido en el número de intentos para seriar el arma.

En la parte derecha del diagrama de bloques “Seriamiento de Armas” (Figura 2.23) se presenta el proceso de almacenamiento de resultados de todos los participantes, los cuales están representados por las variables “C AVI SERIE”, “C AVISO SER”, “CANT TIROS” y “C SERIE S”, y en la izquierda, el sub vi “encabezado del informe” que realiza la generación del reporte para el seriamiento y la grabación de los resultados en un archivo de texto. La variable “C AVI SERIE” indica cuando la serie de tiros asignada se ha terminado, “C AVISO SER” indica si el arma fue seriada, “CANT TIROS” indica la cantidad de tiros a realizar y “C SERIE S” indica el conteo de cada tiro realizado.

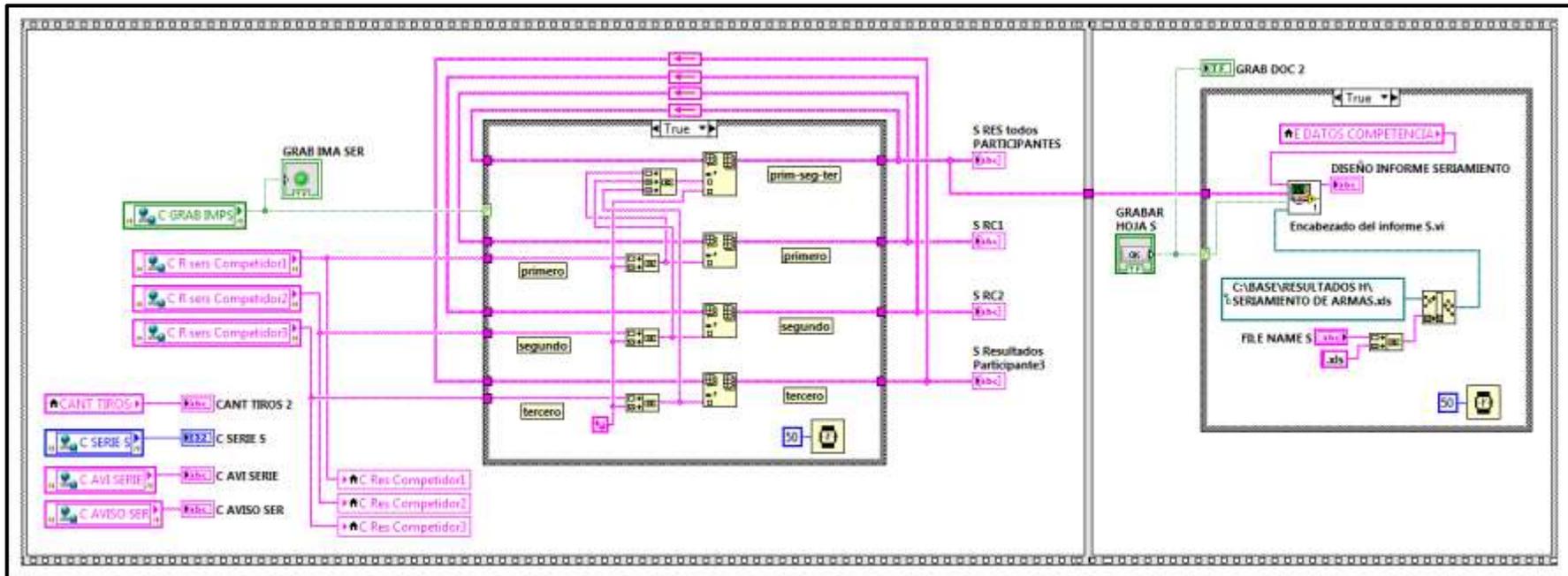


Figura 2.23. Diagrama de bloques seriamiento de armas

Fuente: Autores.

## 2.4.2 Programación del software para los dispositivos

La programación del software para los dispositivos tiene la capacidad de facilitar el registro de tiro, el seriamiento de armas, la marcación y la puntuación obtenida de cada participante luego de una práctica de tiro, esto mediante la ejecución de varios procesos encargados de analizar las dianas respectivas.

### 2.4.2.1 Proceso de Registro de armas livianas

El esquema de la figura 2.24, ilustra el proceso seguido para la realización del registro de tiro de armas livianas. El proceso de registro describe la configuración del sistema, adquisición de imagen de la diana, procesamiento, análisis y muestra de los resultados en la pantalla del dispositivo del participante.

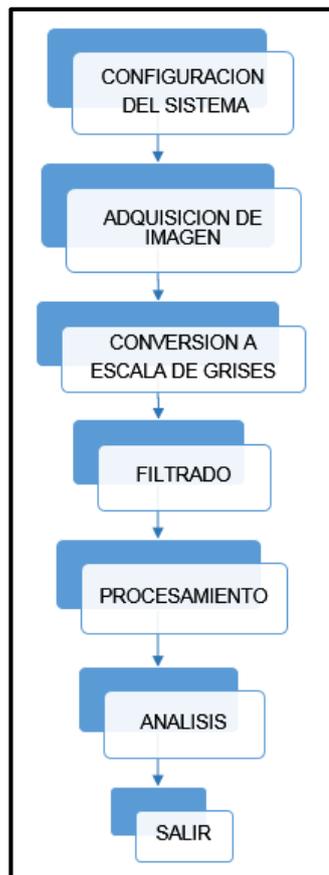


Figura 2.24. Proceso de registro de armas

Fuente: Autores.

### 2.4.2.1.1 Configuración del sistema

Como primer paso para el trabajo con un sistema de visión artificial es necesario configurar el sistema de adquisición de imágenes, esto mediante *NI-IMAQdx*. El software *NI-IMAQdx* facilita muchas herramientas para el control de diversos tipos de dispositivos de captura de imágenes (cámaras), en las funciones que se tratan a continuación se explica solamente la conexión de las terminales más importantes que deben ir cableadas en el diagrama de bloques.

La función *IMAQdx Open Camera* (Figura 2.25) dispone de una entrada *Session In* y como salida *Session Out*. *Session In* permite abrir una cámara específica, *Session Out* es similar a *Session In*, es una referencia del dispositivo con el que se va a capturar el objeto.

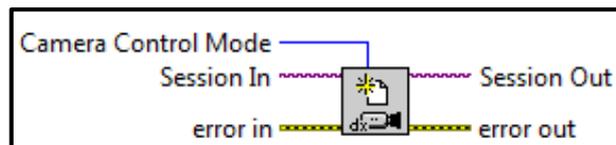


Figura 2.25. Función abrir cámara

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

Cuando se abre una cámara se debe especificar el nombre, esto para identificar el dispositivo que se utilizará durante la adquisición de la imagen. *LabView* detecta automáticamente los dispositivos luego de haber sido conectados a un puerto de la computadora, por lo que el nombre depende de la forma en la que el dispositivo sea reconocido.

Los nombres para las cámaras se dan en forma ascendente y de acuerdo al número de dispositivos que se dispongan, esto es: *cam0*, *cam1*, *cam2*, etc., al utilizar un solo dispositivo *LabView* por defecto asignará a esa cámara como *cam0*. La función *IMAQdx Configure Grab* (Figura 2.26) también posee una entrada *Session In* y *Session Out* que son las referencias del dispositivo con el que se va a adquirir la imagen. Esta función configura e inicializa la adquisición.

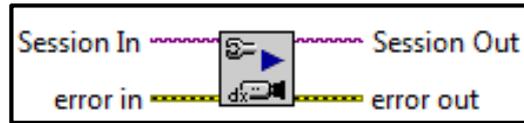


Figura 2.26. Función configurar cámara  
 Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

#### 2.4.2.1.1.1 Modos de captura

*NI-IMAQdx* permite realizar la adquisición de imágenes a través de una cámara de tres maneras: *Snap*, *Grab* y *Sequence*. *IMAQdx Snap* se utiliza cuando se desea realizar una sola captura de imagen, *IMAQdx Sequence* permite realizar la adquisición de múltiples imágenes e *IMAQdx Grab* realiza la adquisición de forma continua. Dependiendo del tipo de aplicación que se vaya a realizar se escoge la adecuada, la función *IMAQdx Grab* (Figura 2.27) es la que se ocupará para la captura de imágenes en el proyecto, ya que se debe realizar adquisiciones continuas.

*IMAQdx Grab* tiene como terminales de entrada *Session In*, que hace referencia a la cámara con la que va a realizar la adquisición de la imagen, *Image In*, hace referencia a una ubicación en memoria donde se almacenará la imagen capturada para su posterior análisis. Las salidas de esta función son *Session Out* e *Image Out*, *Session Out* hace referencia a la cámara, es igual que *Session In*, *Image Out* es la referencia a la imagen adquirida. Con esta imagen se comienza el procesamiento del objeto (diana).

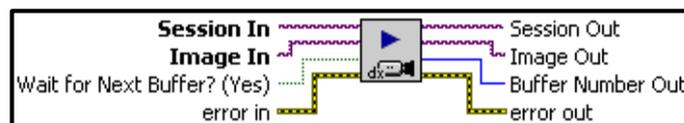


Figura 2.27. Función grabar imagen  
 Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

### 2.4.2.1.2 Manejo de espacios de memoria

Para que *LabView* pueda manejar capturas es importante reservar un espacio en memoria para almacenar temporalmente las imágenes que luego se ocuparán en el análisis. La función *IMAQ Create* (Figura 2.28 a)) reserva ese espacio en memoria, si no se proporciona un espacio de memoria, la imagen original sería modificada por la que se capture.

La terminal de entrada *Image Name* asigna una identificación a la imagen capturada, a cada imagen creada se le debe asignar un nombre único. La terminal de salida *New Image* es la imagen de referencia, la cual se proporciona como entrada para las funciones usadas por *NI Vision*, *New Image* da una referencia a la estructura de la imagen.

Así como es necesario reservar localidades de memoria, también lo es liberar el espacio que se ha ocupado cuando ya no se utilice, para esto se usa la función *IMAQ Dispose* (Figura 2.28 b)). *IMAQ Dispose* puede eliminar una imagen y liberar ese espacio de memoria, para eliminar una imagen o todas las creadas previamente se usa la entrada lógica *All Images*, si la opción de esta entrada es falso solo se destruirá la imagen que se indica en la terminal de entrada *Image*, de lo contrario se eliminarán todas.

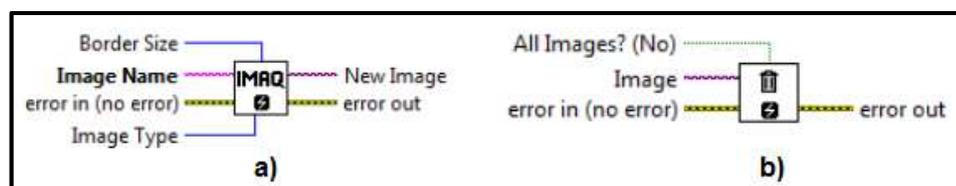


Figura 2.28. a) Función IMAQ create. b) Función IMAQ dispose

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

### 2.4.2.1.1.3 Muestra de imágenes en el panel frontal

La visualización de las imágenes tanto de las adquisiciones como las procesadas se puede realizar mediante la herramienta *Image Display* (Figura 2.29) del panel Frontal de cada Vi. *Image Display*, presenta en la parte central el área de visualización de las imágenes, en la parte lateral derecha algunas herramientas que permiten hacer ampliaciones o reducciones de la imagen y seleccionar regiones de interés (ROIs), en la parte lateral izquierda e inferior se encuentran barras de desplazamiento.

Las barras de desplazamiento se presentan automáticamente cuando se amplía la imagen, en la parte inferior se encuentra un indicador de la información de la imagen que contiene: el tamaño de la imagen en píxeles, su formato y las coordenadas de la posición del cursor al momento de desplazarlo por el área de visualización.

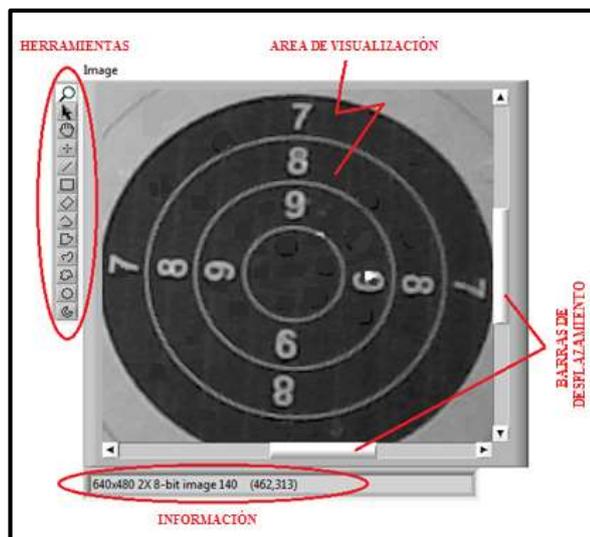


Figura 2.29. Pantalla de visualización de imagen

Fuente: Autores.

En el resultado del procesamiento de una imagen se pueden obtener varios tipos de imágenes como los que se tratarán en el desarrollo del proyecto, dos de estos tipos son: imágenes en escala de grises e imágenes binarias, por lo que es necesario configurar la pantalla en la paleta de funciones para poder visualizar correctamente las imágenes.

La configuración del sistema para adquisición de imágenes termina con la función *IMAQdx Close Camera* (Figura 2.30), la función tiene como terminal de entrada *Session In*, que es la referencia del nombre de la cámara. Esta función permite detener la adquisición de imágenes, libera los recursos que se han utilizado y cierra la cámara.

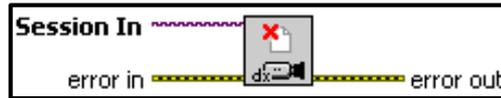


Figura 2.30. Función cerrar cámara

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

Todas las salidas de error se deben conectar en forma sucesiva con las entradas de error de cada función, de tal forma que al momento de producirse un error durante la ejecución del programa se notifique en la pantalla frontal mediante un mensaje que ha ocurrido un error, portando a su vez información de la ocurrencia del mismo. En el diagrama de bloques de la figura 2.31 se puede ver completamente la configuración del sistema de adquisición de imagen en el que constan los pasos expuestos anteriormente.

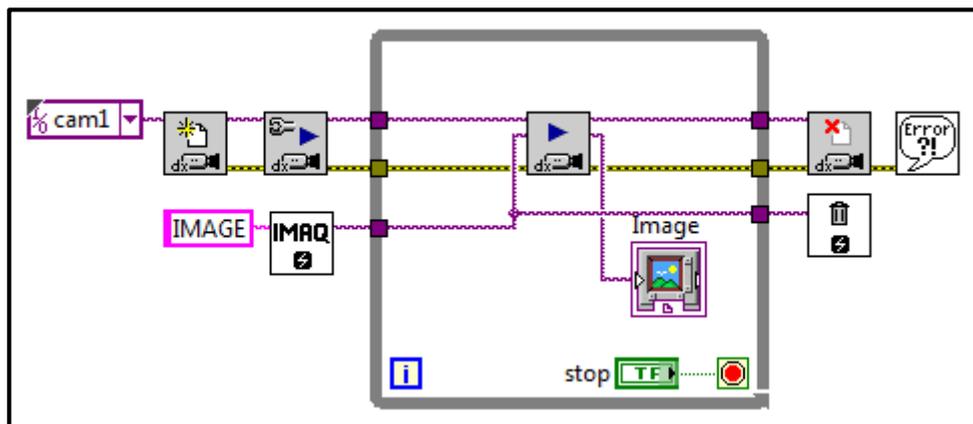


Figura 2.31. Configuración del sistema de adquisición de imagen

Fuente: Autores.

### 2.4.2.1.2 Adquisición de imagen

Para realizar los análisis de un objeto se requiere de la captura de la imagen, la cual implica realizar la configuración del sistema de adquisición si se va a utilizar una cámara o a su vez, abrir una imagen existente desde un archivo almacenado en la computadora o dispositivo.

La cámara es un dispositivo capaz de captar las señales externas de luz a través de un sensor y enviar esta información en forma digital hacia la computadora, al momento de disponer de la información de todo el objeto (imagen), es necesario ubicarlo en un espacio de memoria si va a ser interpretada seguidamente, o si se desea realizar un análisis posterior se puede guardar en un archivo con un formato específico.

#### 2.4.2.1.2.1 Escritura de imágenes en un archivo

La escritura de imágenes permite guardar imágenes en varios tipos de formatos estándares, *LabView* dispone de los siguientes formatos: BMP, JPEG, JPEG2000, PNG, TIFF. De los formatos de imagen especificados, el formato de mapa de bits “BMP” es el más completo ya que conserva todas las características de la imagen al momento de almacenarla, en tanto que los demás formatos pierden información relevante de la imagen.

La función que permite guardar una imagen en un archivo es *IMAQ Write File 2* (Figura 2.32 a)), las terminales de entrada a cablear son: *Image* y *File Path*, *Image Out* es la terminal de salida. *Image* es una referencia de la imagen que se va a guardar, *File Path* hace referencia a la ubicación en donde se alojará la imagen, esta incluye el directorio y el nombre del archivo.

#### 2.4.2.1.2.2 Lectura de imágenes desde un archivo

La adquisición de imágenes pregrabadas se puede realizar mediante la función *IMAQ Read File* (Figura 2.32 b)), esta función puede cargar una imagen desde un directorio en cualquier tipo de formato. Las terminales de entrada a conectar son *File Path* e *Image*, la terminal de salida es *Image Out*.

*File Path* hace referencia al nombre del directorio, el nombre del archivo donde esta almacenada la imagen y la extensión perteneciente al tipo de formato de imagen, que puede ser: BMP, JPEG, JPEG2000, PNG o TIFF. *Image* se refiere al espacio reservado en memoria para la imagen que se va a leer. *Image Out* es la referencia a la imagen que ha sido leída desde una ubicación especificada.

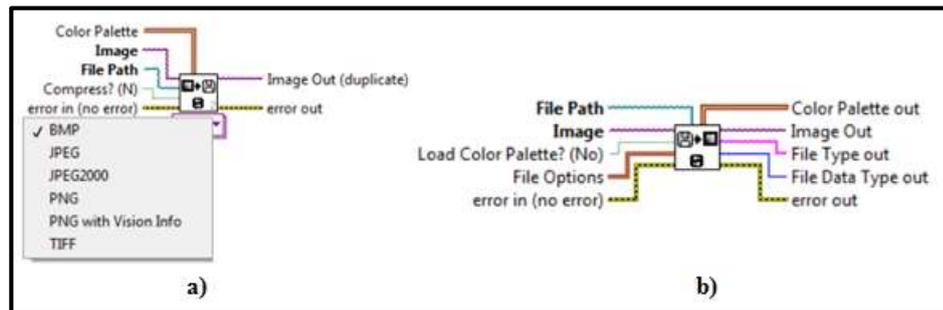


Figura 2.32. a) Función IMAQ write file 2. b) Función IMAQ read file

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

### 2.4.2.1.2.3 Disponibilidad de imágenes

Si en una aplicación se desea ocupar una misma imagen para realizar varios procesos, la imagen original solamente se podría ocupar una sola vez, ya que al seguir realizando operaciones o procesamientos se van realizando cambios continuamente en los píxeles de la imagen, por lo que es preferible tener disponible una copia para mantener la imagen original.

La función *IMAQ Copy* (Figura 2.33), permite mantener disponibles las imágenes originales, conservando sus especificaciones e información antes de cualquier procesamiento. Las terminales de entrada: *Image Src* e *Image Dst* hacen referencia a la imagen que va a ser copiada y la ubicación en memoria donde será almacenada temporalmente, la terminal de salida *Image Dst Out* dispone de una copia de la imagen original.

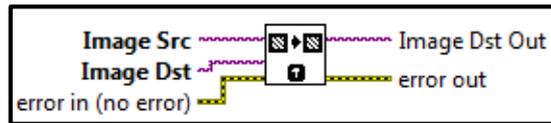


Figura 2.33. Función IMAQ copy

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

### 2.4.2.1.3 Conversión a escala de grises

Dependiendo del tipo de cámara que se use, puede ser una cámara a color o a blanco y negro, se receptorá diferentes tipos de imagen ya sea a color o a blanco y negro. Las imágenes, a excepción de las a blanco y negro están compuestas por tres planos, estas son: RGB (*Red, Green, Blue*) basada en los tres colores primarios, HSL (*Hue, Saturation, Luminance*), HSV (*Hue, Saturation, Value*), o HSI (*Hue, Saturation, Intensity*).

Las imágenes en color presentan problemas al aplicar el procesamiento de imágenes porque requieren de técnicas y operaciones complejas, implicando un mayor uso de recursos de memoria para el almacenamiento y una notable disminución en la velocidad para procesar al momento de la ejecución. Como la imagen adquirida en el proyecto está representada en sus tres planos HSL (Tonalidad, Saturación y Luminancia), es necesario extraer uno de ellos para realizar el proceso de análisis. Para esto se extrae el plano de luminancia, que es el de nuestro interés, obteniendo de esta manera una imagen en escala de grises, es decir, una imagen representada por una amplia gama de tonos de gris.

La función *IMAQ Extract Single Color Plane* (Figura 2.34), permite manipular los planos de colores de una imagen, permitiendo extraer un solo plano del color, las terminales de entrada a conectar son: *Color Plane, Image Src* e *Image Dst*. *Color Plane* especifica el plano de color que se necesita, *Image Src* es la referencia de la imagen a tratar, *Image Dst* es una referencia de la imagen a ser almacenada en un espacio de memoria y como terminal de salida *Image Dst Out*, que contiene el plano de color extraído.

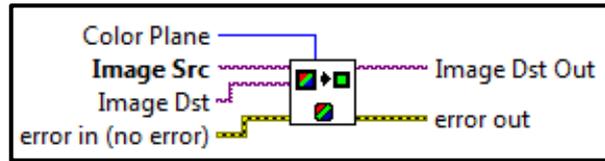


Figura 2.34. Función IMAQ extract single color plane

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

#### 2.4.2.1.3.1 Detección de cambios en una imagen

Una variación en el objeto dispuesto para la adquisición se puede detectar mediante la substracción de dos imágenes, es decir, entre una imagen pregrabada y una imagen adquirida como se puede apreciar en el panel frontal “diferencia entre dos imágenes” de la figura 2.35. El proceso para la obtención de este resultado se puede ver en el diagrama de bloques “diferencia entre dos imágenes” de la figura 2.36, este resultado se convierte en la nueva imagen a procesar.

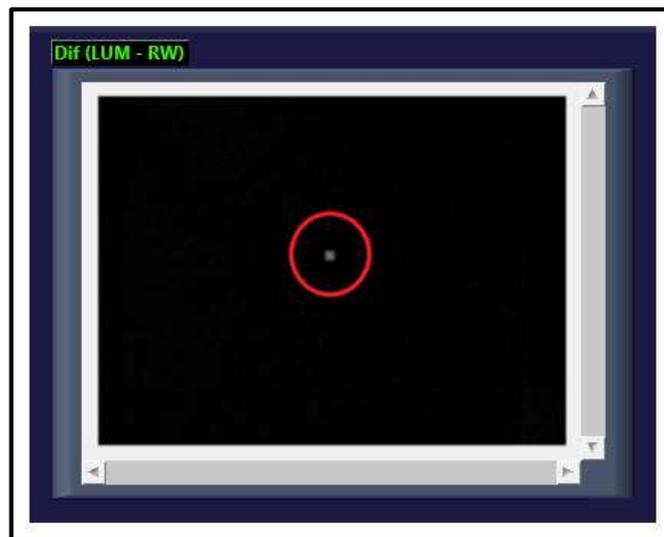


Figura 2.35. Panel frontal diferencia entre dos imágenes

Fuente: Autores.

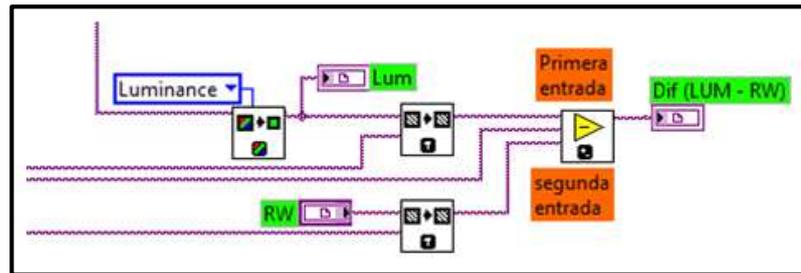


Figura 2.36. Diagrama de bloques diferencia entre dos imágenes

Fuente: Autores.

#### 2.4.2.1.4 Filtrado

*LabView* ofrece algunas herramientas para realizar el filtrado de una imagen, entre estas incluyen filtros lineales y no lineales. Los filtros lineales son más factibles de usar, por lo que se aplican a las imágenes antes de realizar el procesamiento para mejorar los detalles que se desean analizar.

##### 2.4.2.1.4.1 Filtro Gaussiano

El uso de este tipo de filtro permite atenuar las variaciones de la intensidad luminosa alrededor de un píxel, además, se caracteriza por suavizar la forma de los objetos. El filtrado de la imagen se realiza mediante la función IMAQ convolute, en la cual se especifica el tipo de kernel, el kernel hace referencia al tamaño de matriz gaussiana a utilizar en la convolución, en este caso se especifica una matriz de 3x3. En el diagrama de bloques de la figura 2.37 se puede ver la configuración del filtro gaussiano para el análisis de la imagen.

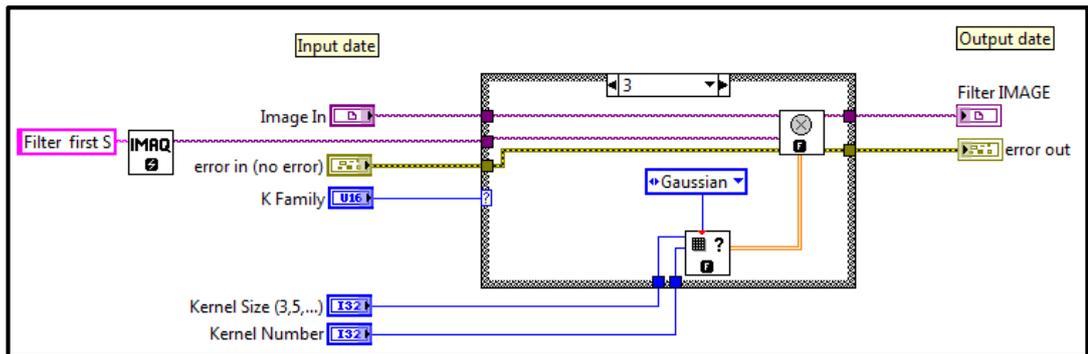


Figura 2.37. Diagrama de bloques sub vi filtrado de imagen

Fuente: Autores.

En la figura 2.38 se muestra la imagen captada y el resultado luego de aplicar el proceso de filtrado.



Figura 2.38. Panel frontal sub vi filtrado de imagen

Fuente: Autores.

#### 2.4.2.1.4.2 Escaneo de los impactos en la diana

Obtenida la imagen resultante de la diferencia entre una imagen inicial pregrabada y la imagen captada en un instante dado luego de haber realizado la sesión de tiros, se procede a realizar la primera modificación a la imagen antes de realizar el procesamiento. Debido a las características de la cámara, algunos impactos de los tiros en la diana se pueden pasar por alto al no ser detectados ya que no poseen un buen contraste. Para solucionar este inconveniente se procede a realizar una asignación de valores en los píxeles de la imagen, con lo que los objetos o impactos obtienen un mayor contraste.

Como se trató en el capítulo 1, una imagen está definida como una función bidimensional por lo que es posible realizar cambios mediante la manipulación de los píxeles, ya sea a lo largo de una fila o columna. Para ejecutar este proceso se necesita extraer los píxeles que conforman toda la imagen, realizando una conversión de la imagen gráfica a imagen en píxeles mediante la función *IMAQ ImageToArray*.

Con el arreglo de píxeles que forman la imagen, les asignamos un cambio en su valor, esto se hace dentro de dos estructuras For Loop, con las cuales se cubre todos los valores de los píxeles. Una vez que se pasa este proceso se debe realizar la conversión de la imagen nuevamente, pero esta vez de forma contraria, de píxeles a imagen, la función para realizar este proceso es *IMAQ ArrayToImage*. La figura 2.39 muestra el diagrama de bloques del sub vi “escaneo de impactos”, en el que se detalla el proceso de conversión de la imagen y la asignación de los valores de los píxeles.

La imagen obtenida del sub vi “escaneo de impactos” (Figura 2.40) presenta un excelente contraste y se pueden notar tanto los impactos como partículas innecesarias para nuestro análisis, esto producto del ruido infiltrado, lo cual impide seleccionar solo los objetos o impactos. Para eliminar estos elementos, a la imagen se realiza un proceso de morfología.

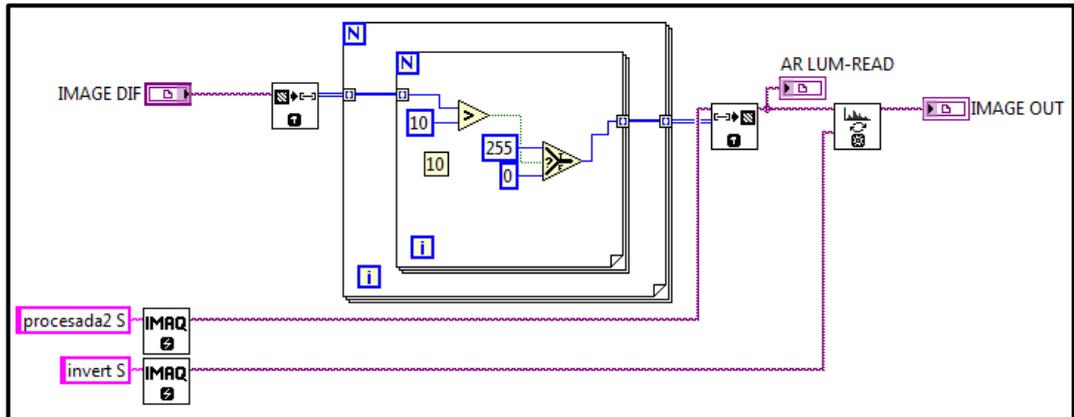


Figura 2.39. Diagrama de bloques sub vi escaneo de impactos

Fuente: Autores.

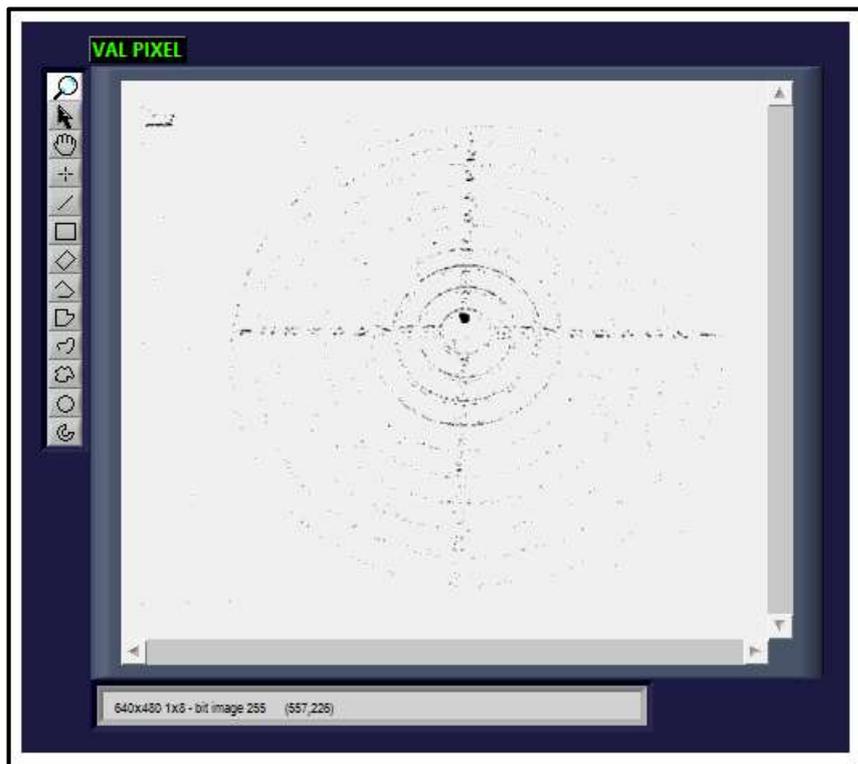


Figura 2.40. Panel frontal sub vi escaneo impactos

Fuente: Autores.

### 2.4.2.1.5 Procesamiento

El módulo de visión proporciona un ambiente interactivo para configurar diferentes funciones y herramientas, con las cuales es posible determinar el procesamiento que se puede dar a una imagen. El objetivo del procesamiento de la imagen es localizar con exactitud los impactos y su posición en la diana cada vez que se ejecute un tiro. Para realizar esto la imagen a tratar se tiene que pasar de escala de grises a binaria.

#### 2.4.2.1.5.1 Histograma de la imagen

Con la nueva imagen filtrada, se procede a extraer los valores de todos los píxeles que conforman la imagen para poder distinguir cuales pertenecen a los impactos de munición de cada tiro. El análisis de los píxeles se realiza de acuerdo a su distribución en la escala de grises, a cada píxel le corresponde un valor diferente, para visualizar la conformación de los píxeles de la imagen se utiliza la función *IMAQ Histogram* (Figura 2.41).

Si la imagen fue adquirida en un ambiente sin luz suficiente, en el histograma la mayoría de los píxeles tendrán valores de baja intensidad, si la imagen fue adquirida en un ambiente con mucha luz, la mayoría de los píxeles tendrán valores de alta intensidad. En tanto que si la imagen tiene una cantidad apropiada de contraste, en el histograma se obtendrán regiones con distintas concentraciones de píxeles.

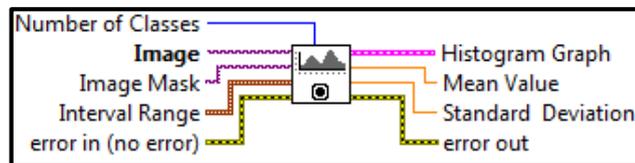


Figura 2.41. Función IMAQ histogram

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

### 2.4.2.1.5.2 Binarización de la imagen

Cuando se aplica un umbral a una imagen; es decir, se determina un nivel de luminancia, se crea otra imagen pero binaria, separando de esta forma los objetos que se desean analizar y el fondo de la imagen. La umbralización de las imágenes asigna valores diferentes tanto a los píxeles del objeto como a los del fondo, estos valores se definen dentro de un rango.

Los valores de los píxeles de una imagen se pueden obtener del histograma o a su vez se pueden asignar de forma automática mediante la función *AutoBThreshold 2*. La asignación de umbrales de forma automática son más flexibles que las manuales basados en rangos fijos, debido a que la asignación automática se ve menos afectada por los cambios en la iluminación.

Los píxeles que forman parte del objeto tomarán un valor de uno, en tanto que los píxeles del fondo de la imagen el valor de cero, aunque en algunos casos depende de la programación la asignación de estos valores. La función que se encarga de realizar este proceso es *IMAQ Threshold* (Figura 2.42).

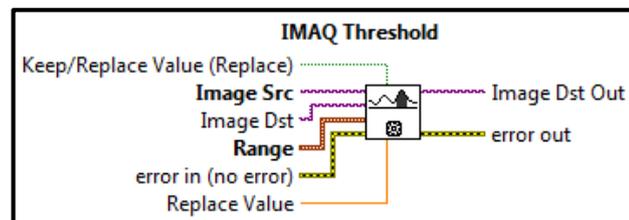


Figura 2.42. Función IMAQ threshold

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

Las terminales de entrada que deben ser cableadas son: *Image Src* y *Range*, las mismas que se refieren a la imagen que va a ser binarizada y el rango dentro del cual se va a aplicar el umbral. La terminal de salida *Image Dst Out* hace referencia a la imagen ya binarizada. En el diagrama de bloques de la figura 2.43, se muestra la configuración para la binarización de una imagen de forma manual, es decir, se especifican los valores del rango para realizar la umbralización.

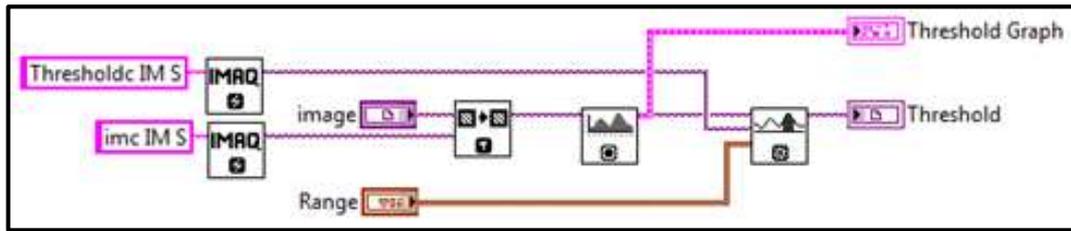


Figura 2.43. Diagrama de bloques sub vi umbralización de imagen

Fuente: Autores.

### 2.4.2.1.5.3 Morfología en imágenes

Las diferentes funciones morfológicas que posee *LabView* permiten mejorar una imagen binaria, de esta forma se puede filtrar información errónea y conservar características importantes contenidas en la imagen. Cada vez que se realiza alguna operación morfológica como puede ser: el relleno de agujeros, rechazar bordes, separar o remover partículas, la imagen resultante tiende a ser afectada por estas funciones ya que cambian su forma.

Es necesario trabajar con copias de estas imágenes si se desea volver a reutilizar la imagen original. Luego de obtener la imagen binarizada se aplica el procesamiento, mediante el cual se tratará de resaltar los objetos de mayor interés; en este caso el estudio se enfoca en los impactos de las ojivas (puntas de las municiones) en toda el área de la diana. En la figura 2.44 se tiene un esquema que representa la forma en que se aplicó las operaciones morfológicas a la imagen para el procesamiento.

#### 2.4.2.1.5.3.1 Rechazar bordes

Se utiliza la función *IMAQ RejectBorder* (Figura 2.45 a)) para eliminar las partículas que están en contacto con el borde de la imagen y a su vez que formen parte de él, ya que nos interesan partículas que representen todos los impactos dentro del área de la diana.



Figura 2.44. Esquema para la aplicación de morfología en una imagen  
Fuente: Autores.

### 2.4.2.1.5.3.2 Relleno de agujeros

Un agujero se define como una región compuesta de píxeles con un valor de cero, rodeados por píxeles con un valor diferente de cero. Si una partícula contiene agujeros, la función *IMAQ FillHole* (Figura 2.45 b)) cambia los valores dentro de esa área para obtener una partícula conformada por píxeles de un solo valor.

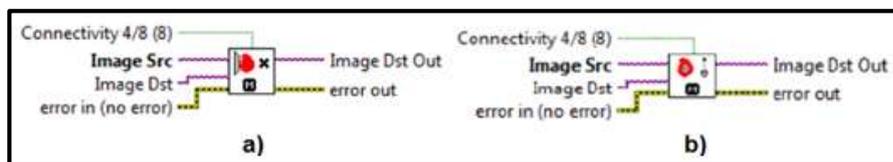


Figura 2.45. a) Función IMAQ rejectborder. b) Función IMAQ fillhole  
Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

### 2.4.2.1.5.3.3 Separación de partículas

Cuando se presentan dos conjuntos de píxeles adyacentes que a la vez formen parte de dos partículas diferentes, *LabView* les considera como una sola partícula, pero, para el análisis se requiere que se encuentren bien definidas las regiones de cada partícula, *IMAQ Separation* (Figura 2.46 a)) realiza este proceso en la imagen.

### 2.4.2.1.5.3.4 Remover partículas

Si la imagen contiene partículas demasiado pequeñas que pueden ser producto del ruido y que no interesan en el análisis, para eliminarlas se utiliza la función *IMAQ RemoveParticle* (Figura 2.46 b)). En esta función también se puede especificar el tipo de conectividad para su uso.

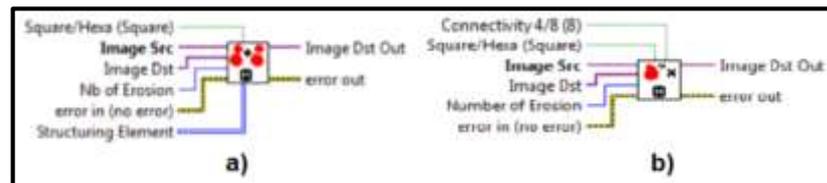


Figura 2.46. a) Función IMAQ separation. b) Función IMAQ removeparticle

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

La conectividad se refiere a como el *software* de visión determina si dos píxeles adyacentes pertenecen a una misma partícula. Se usa conectividad 4 para considerar que los píxeles forman parte de una partícula cuando se encuentran juntos a lo largo de un borde adyacente, en tanto que si se especifica conectividad 8, se considera a los píxeles parte de una misma partícula incluso si solo se tocan las esquinas.

En el caso de que no se eliminen por completo las partículas se puede también aplicar una erosión. La erosión se refiere a ir eliminando los píxeles de una partícula, desfragmentándola por partes. El diagrama de bloques de la figura 2.47 muestra la secuencia del procesamiento de la imagen en *LabView* de acuerdo a los pasos explicados anteriormente.

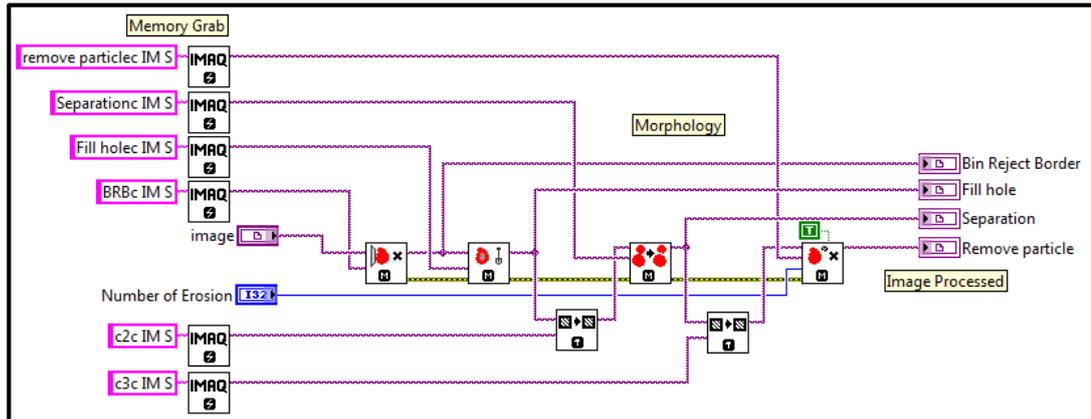


Figura 2.47. Diagrama de bloques sub vi procesamiento de imagen

Fuente: Autores.

#### 2.4.2.1.6 Análisis de la imagen

Los resultados de un participante dependen mucho del análisis que se le realice al contenido de la imagen, en esta etapa se obtienen los impactos dentro de la diana y se ejecutan los cálculos respecto a la posición dentro del área de análisis. El proceso a seguir para el análisis de una imagen se puede ver en el esquema de la figura 2.48.

##### 2.4.2.1.6.1 Localización de impactos

Con la imagen procesada se tiene definido los impactos dentro de la diana, ahora el procedimiento consiste en localizar cada una de estos, ya que contienen información importante como: el área de la marca del impacto de la ojiva, el número de impactos, su ubicación en la diana, etc.

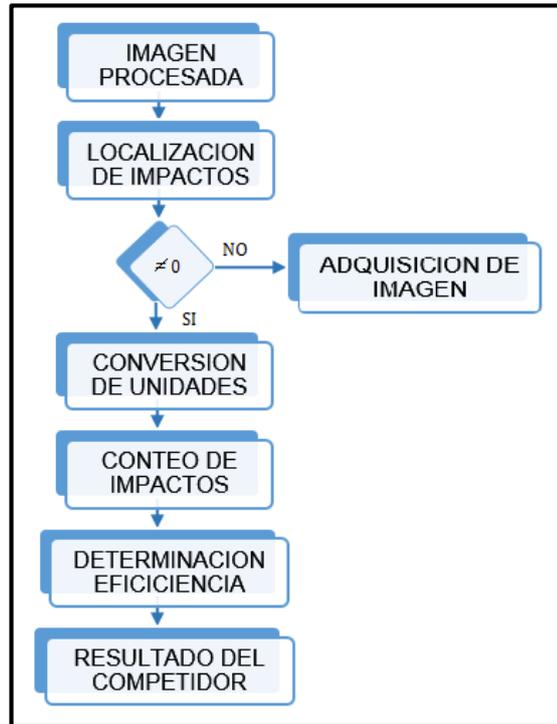


Figura 2.48. Esquema para el análisis de una imagen

Fuente: Autores.

### 2.4.2.1.6.1.1 Reporte del análisis de impactos

Para obtener la información de cada partícula, en este caso de cada impacto de las ojivas (puntas de las municiones), se utiliza la función *IMAQ Particle Analysis Report* (Figura 2.49). El proceso para el análisis de los impactos de las ojivas se especifica en el diagrama de bloques de la figura 2.50.

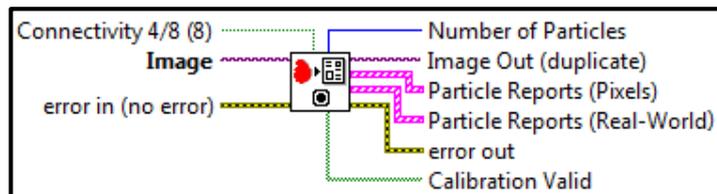


Figura 2.49. Función IMAQ particle analysis report

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

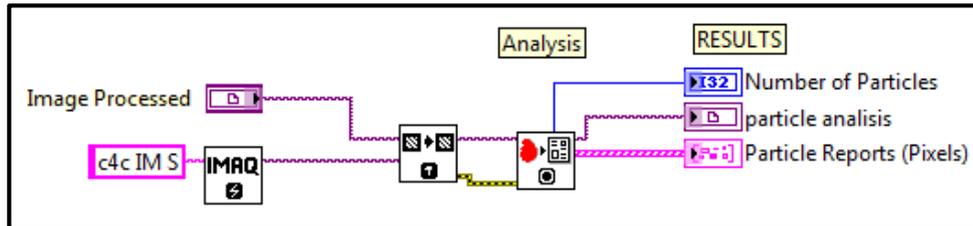


Figura 2.50. Diagrama de bloques análisis de impactos

Fuente: Autores.

Con los resultados de esta función se obtienen los centros de cada uno de los impactos. Para poder especificar su ubicación correcta es necesario tener una referencia, la referencia para los impactos se da con respecto al centro de la diana. Las coordenadas del centro de la diana se localizan mediante el análisis del área de color negro perteneciente a los círculos centrales. Realizando el análisis de partículas el sistema automáticamente entrega la ubicación del centro. En la figura 2.51 se muestra el proceso para extraer las coordenadas del centro de la diana.

La salida *Particle Reports*, de la función *IMAQ Particle Analysis Report* entrega los resultados en forma de *cluster*, para extraer el dato necesario se debe descomponer ese conjunto de datos. Una forma de realizar esto es mediante la función *Unbundle By Name*, que permite extraer un elemento específico del grupo de arreglos tales como: las coordenadas del rectángulo que contienen a una partícula o las coordenadas del centro de la partícula.

El arreglo que contiene las coordenadas del rectángulo nos sirve para graficar una imagen sobrepuesta. Las coordenadas del centro de la diana también deben ser desglosadas ya que están compuestas por los valores (X, Y), coordenadas que serán ocupadas más adelante.

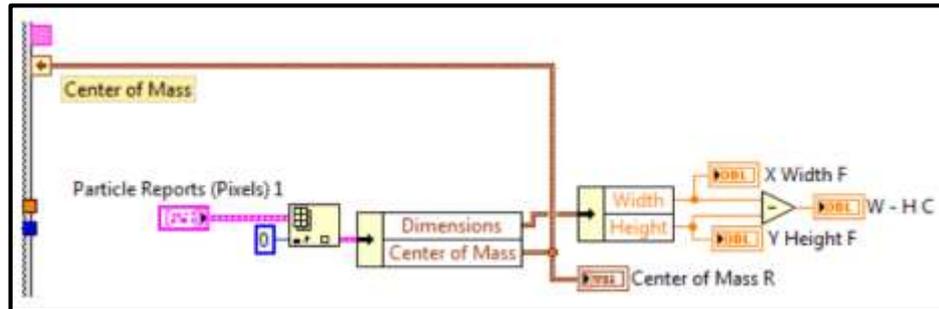


Figura 2.51. Diagrama de bloques obtención del centro de la diana

Fuente: Autores.

#### 2.4.2.1.6.1.2 Sobreponer impactos

Los resultados del análisis de una imagen se los pueden adjuntar a una imagen final, sobreponiéndolos sin alterar su información. Mediante una estructura For Loop se extrae la información de cada uno de los impactos, en especial de las coordenadas del rectángulo que contiene a cada uno, a la vez que se puede ir sobreponiendo cada impacto obtenido.

La función *IMAQ Overlay Oval* (Figura 2.52) permite sobreponer una figura sobre la imagen de la diana cada vez que esta se muestra. La forma en que será representada la figura le da la entrada *Drawing Mode*, misma que se refiere a cómo realizar el gráfico sobrepuesto, este puede ser: con relleno o solamente el contorno. El color del recubrimiento del gráfico se da en la terminal *Color*. El diagrama de bloques de la figura 2.53 muestra todo el proceso para sobreponer los resultados de los impactos en una imagen.

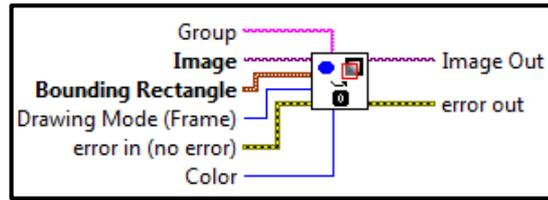


Figura 2.52. Función IMAQ overlay oval

Fuente: NATIONAL INSTRUMENTS™.

### 2.4.2.1.6.1.3 Ubicación de los impactos

La determinación de las ubicaciones de los impactos se realiza mediante la relación entre el centro de la diana y el centro de cada uno de ellos. El centro de la diana ya se determinó en la sección 2.4.2.1.6.1.1, este resultado está representado por las coordenadas (X1, Y1), en tanto que las coordenadas (X2, Y2) correspondientes a los centros de cada uno de los impactos se obtiene del resultado del análisis de partículas. En el diagrama de bloques de la figura 2.54, se puede ver el proceso de la ubicación de los impactos.

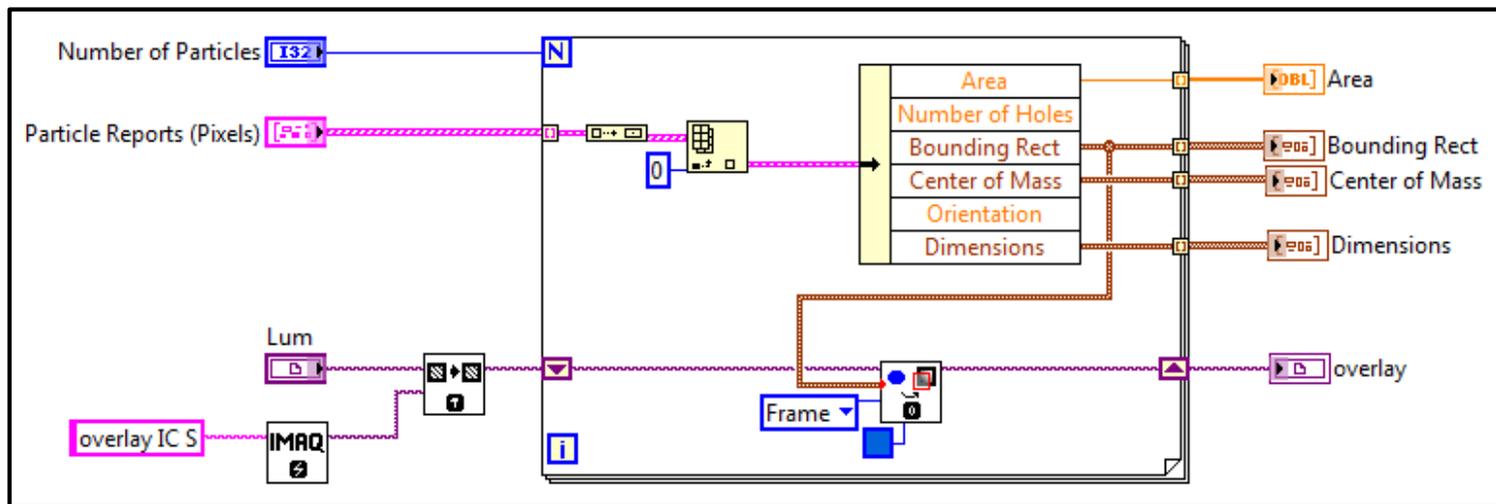


Figura 2.53. Diagrama de bloques sobreponer impactos

Fuente: Autores.

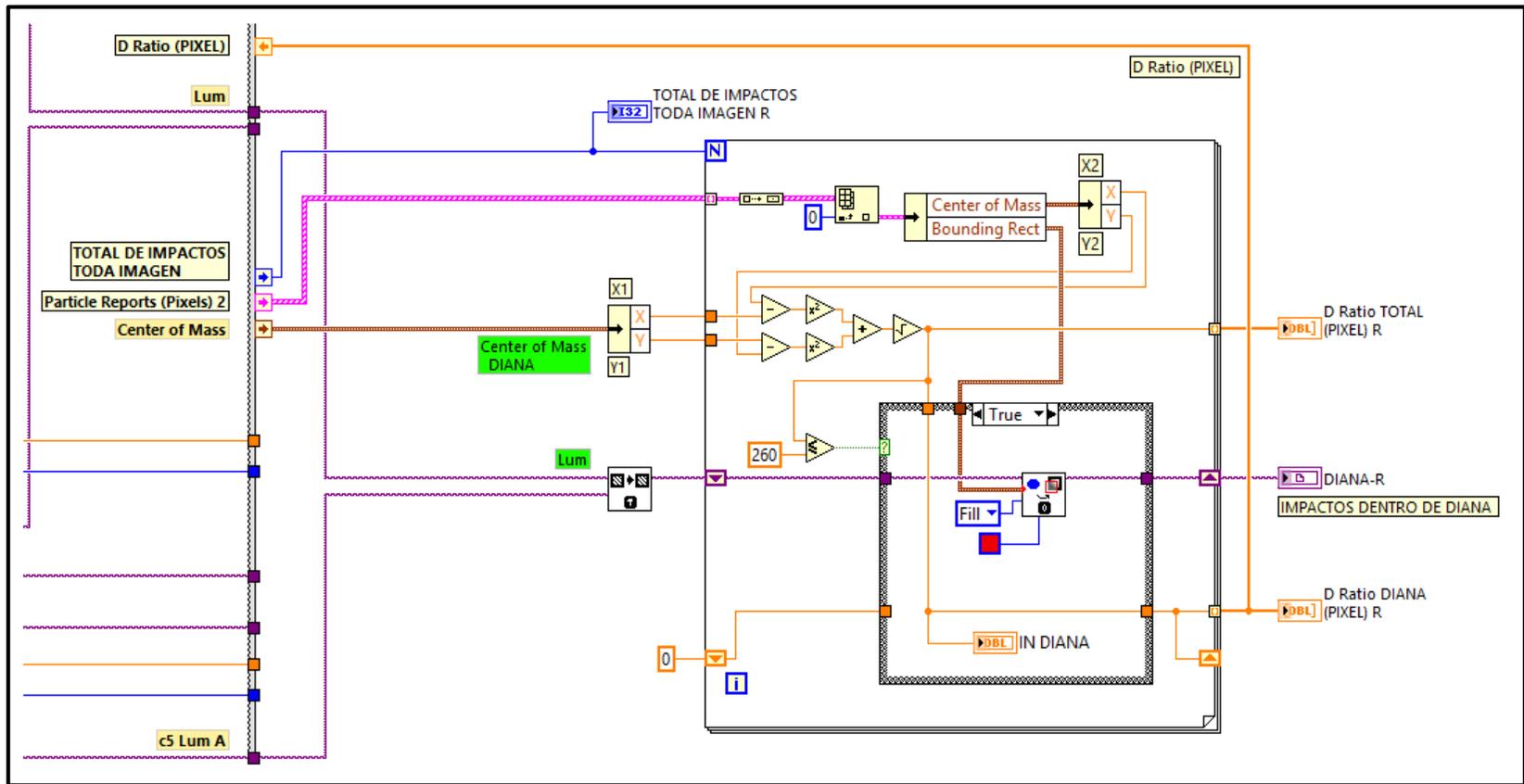


Figura 2.54. Diagrama de bloques ubicación de impactos

Fuente: Autores.

### 2.4.2.1.6.2 Conversión de unidades

Como resultado del proceso de localización de impactos se obtuvo la ubicación exacta de cada tiro con respecto al centro de la diana. Este resultado está dado en unidades de píxeles, ya que hasta ahora todos los procesos se han realizado de acuerdo a la configuración básica de una imagen, pero es necesario realizar un cambio de unidades para poder realizar cálculos en un mismo sistema de unidades (Figura 2.55).

La unidad de medida con la cual se trabajará es el metro, para lo cual se realizó una relación entre la cantidad de píxeles encontrados en una longitud de un centímetro. También tiene que ver en esta conversión la posición de la cámara respecto al objeto, esta distancia debe ser fija para que la relación entre los píxeles y la unidad de longitud no se altere.

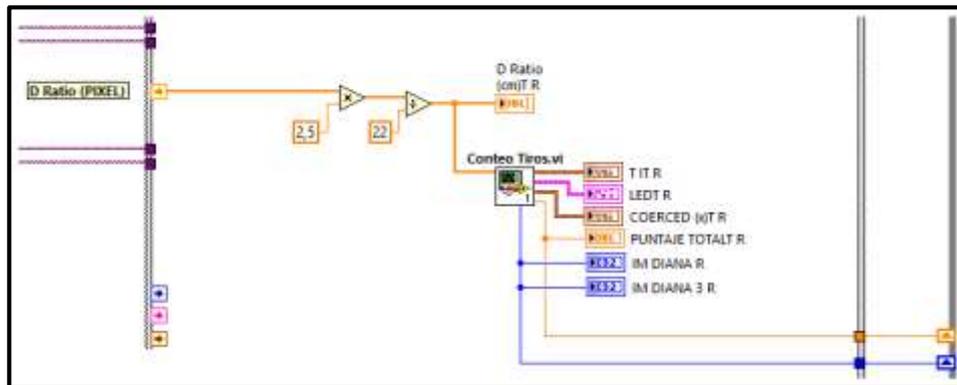


Figura 2.55. Diagrama de bloques conversión de unidades

Fuente: Autores.

### 2.4.2.1.6.3 Conteo de impactos y asignación de puntaje

La diana está formada por múltiples círculos concéntricos, a cada círculo le corresponde un valor de puntaje que va desde el 1 hasta el 10 (Figura 2.56), el valor de uno representa el puntaje dentro del área más alejada del centro, un valor de diez representa el centro de la diana, en tanto que un valor de cero representa la zona fuera de los círculos.

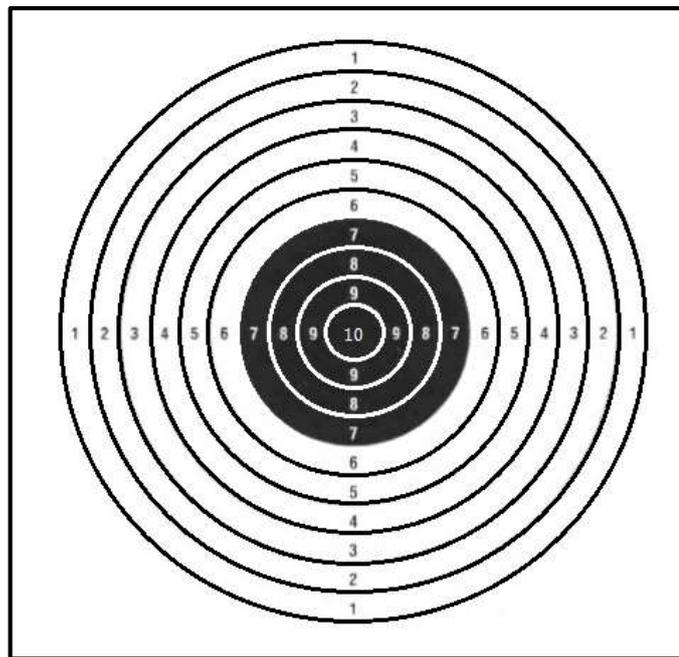


Figura 2.56. Puntajes de la diana

Fuente: Autores.

Con la ubicación de cada uno de los impactos obtenidos se procede a realizar un análisis de cuantos tiros han impactado dentro de la zona de la diana, a cada impacto que se encuentre en alguna zona se le asigna un puntaje y al final se realiza una sumatoria de todos los impactos para obtener un totalizado. Este proceso se realiza dentro de una estructura *For Loop* para poder analizar todos los impactos.

En el diagrama de bloques de la figura 2.57 se muestra una parte del proceso de conteo de los impactos y la asignación del puntaje respectivo desde cinco hasta diez, el complemento a la gráfica es similar al presentado, con la diferencia de que se asignan los puntajes desde cero hasta el cuatro.

En el panel frontal del sub vi “conteo de tiros” (Figura 2.58), se muestra el resultado del conteo de impactos y la asignación de puntaje para una serie conformada de diez disparos. Los indicadores LED muestran la detección de los impactos en una determinada area de la diana, el sistema ha captado cuatro impactos de los diez tiros, los restantes fueron impactos descartados que no estuvieron dentro del area de análisis o no impactaron en la diana; con la puntuación diez se tienen 2 impactos, en tanto que con la puntuación de siete y seis se tiene 1 impacto, dando como resultado una puntuación total de 33 puntos alcanzados de un máximo de 100.

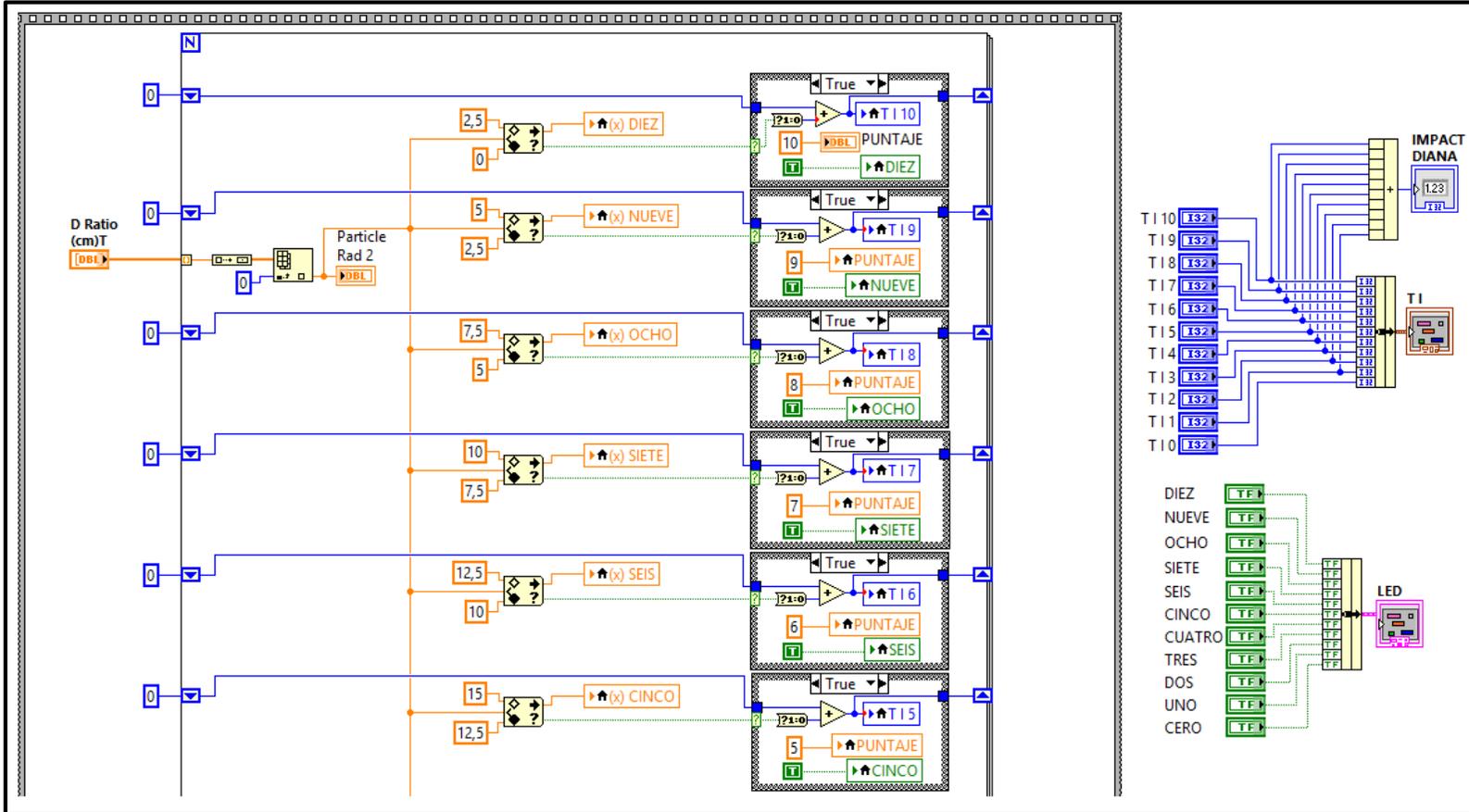


Figura 2.57. Diagrama de bloques sub vi conteo de tiros

Fuente: Autores.

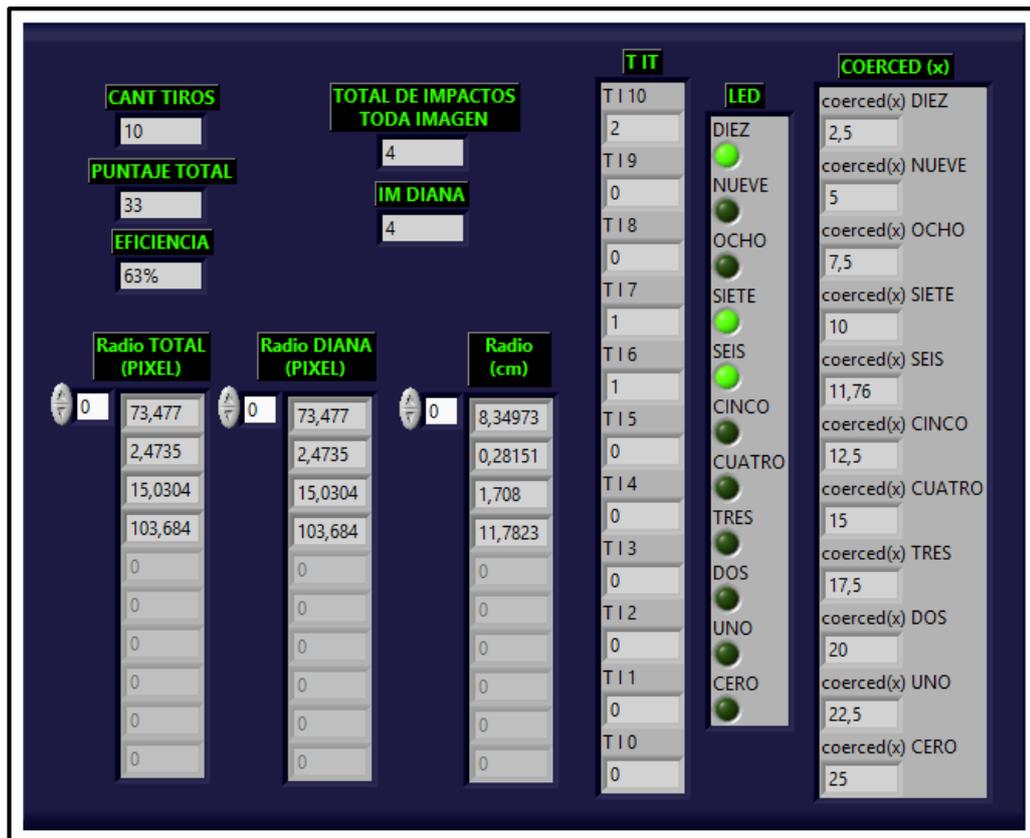


Figura 2.58. Panel frontal sub vi conteo de tiros

Fuente: Autores.

#### 2.4.2.1.6.4 Determinación de la eficiencia

La eficiencia en una competencia o práctica hace referencia al puntaje máximo alcanzado dentro de una cierta cantidad de disparos realizados, es decir, los impactos realizados en el blanco frente al número total de disparos realizados por el tirador.

Para obtener la eficiencia de un participante se necesita el puntaje total que alcanzó durante la práctica de tiro y luego realizar el cálculo mediante la relación entre el puntaje obtenido y la cantidad de tiros total que se debe realizar. El diagrama de bloques de la figura 2.59 muestra el proceso para la obtención de la eficiencia de cada participante.

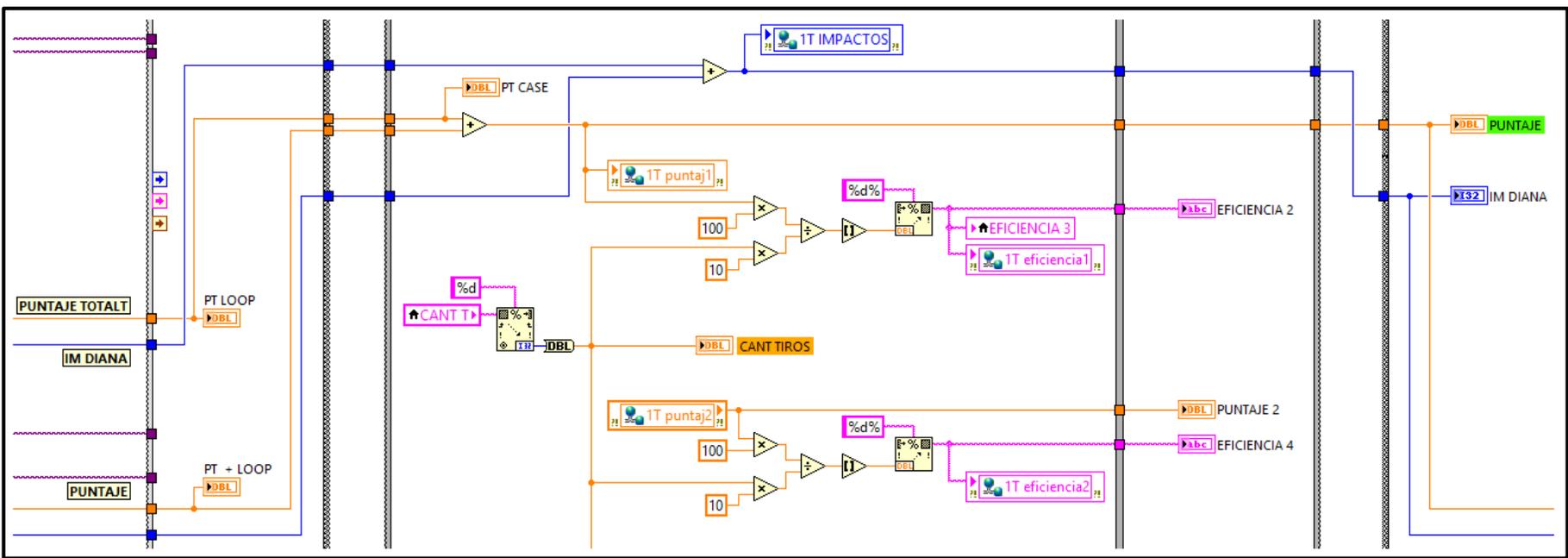


Figura 2.59. Diagrama de bloques eficiencia de los participantes

Fuente: Autores.

#### 2.4.2.1.6.5 Resultados del participante

Al inicio se realizó la adquisición de la imagen para tener una referencia de los impactos, seguido, un procesamiento de esta imagen y un amplio análisis en el que se presentó las características de cada impacto. El diagrama de bloques de la figura 2.60 presenta cada una de las variables que contienen los resultados de la práctica del participante, como son: código del participante, puntaje, puesto y eficiencia, además del tratamiento de estos datos antes de ser enviados a la consola de mando.

- La identificación del participante se extrae de los datos enviados desde la consola de mando, correspondiente al código de cada participante.
- El puntaje se determinó en la sección 2.4.2.1.6.3, el cual es el acumulado de todos los impactos en la diana.
- El puesto es generado en la consola de mando, ya que es el resultado del análisis de los puntajes de todos los participantes, el análisis del puesto de detalla en la sección 2.4.1.7.2.
- La eficiencia se extrae del resultado de la sección 2.4.2.1.6.4.

##### 2.4.2.1.6.5.1 Reporte de los resultados

Los resultados a entregar de cada participante hacia la consola de mando son varios, por lo que una manera de enviarlos es en una sola variable que contenga a todos los demás datos. Una parte importante del resultado es la inclusión del instante en el que se realizó el reporte de una determinada serie de tiros, esta información se puede adquirir de la función *Get Date/Time String*.

*Get Date/Time String*, captura la fecha y hora actual del dispositivo o computador en el que se esté ejecutando el programa y la entrega en forma de caracteres alfanuméricos. El diagrama de bloques de la figura 2.61 muestra el proceso a realizar para la entrega de los resultados de cada participante.

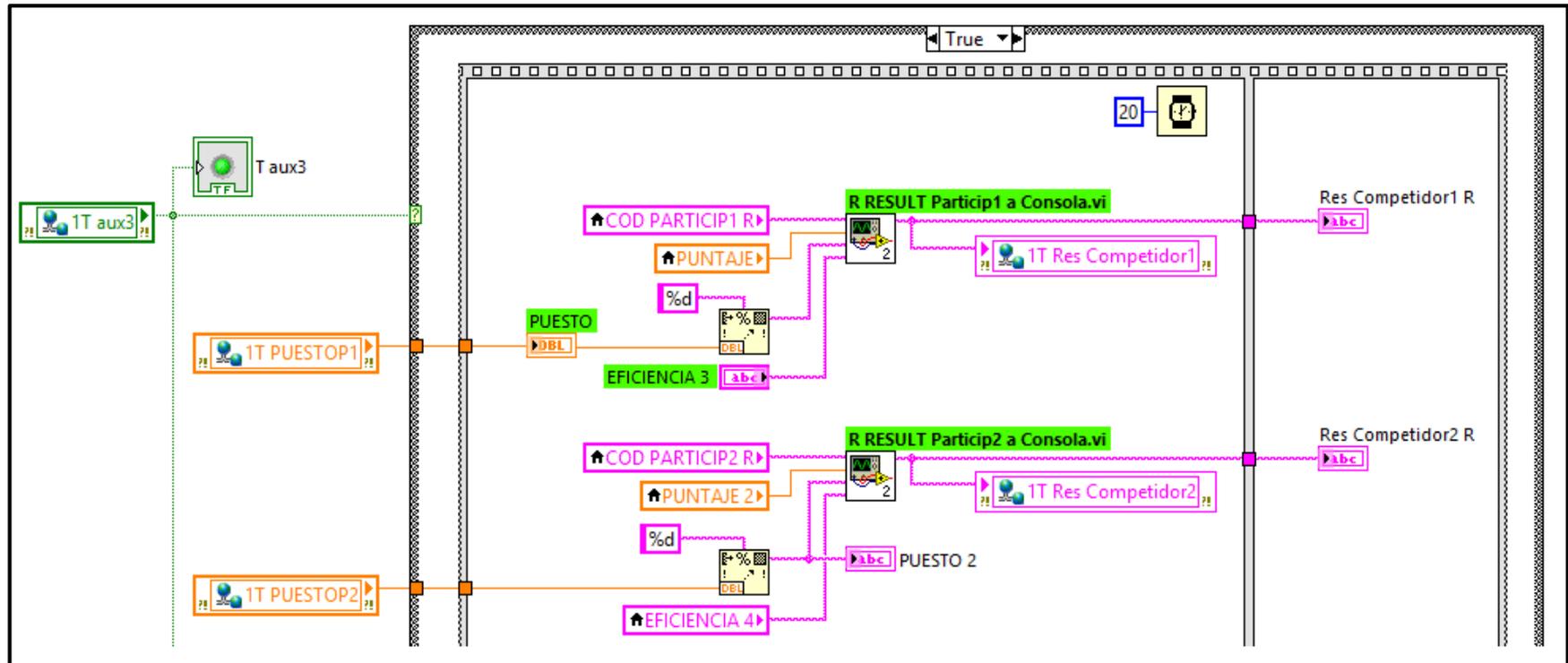


Figura 2.60. Diagrama de bloques resultados de los participantes

Fuente: Autores.

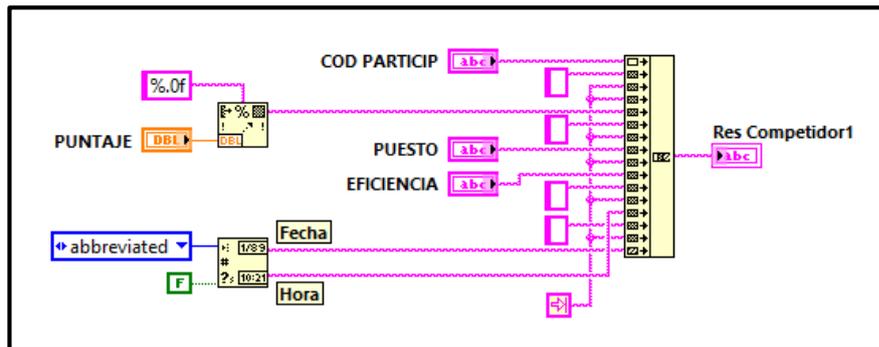


Figura 2.61. Diagrama de bloques sub vi resultado de un participante

Fuente: Autores.

En la figura 2.62 se puede ver en el panel frontal la presentación de los resultados de un participante.



Figura 2.62. Panel frontal sub vi resultado de un participante

Fuente: Autores.

### 2.4.2.2 Proceso de seriamiento de armas livianas

El estudio de las imágenes del seriamiento de armas es similar al registro de armas como se puede ver en el esquema de la figura 2.24 “proceso de registro de armas”, lo que varía de este proceso es el análisis de los impactos ya que los disparos se realizan tiro a tiro y no en forma de ráfaga.

La diferencia de este proceso radica en que se debe ir corrigiendo la posición del arma cada vez luego de que se realice un disparo, con la finalidad de que la ojiva de la munición impacte en el centro de la diana. En la figura 2.63 se muestra el proceso para el análisis de los impactos en la diana.

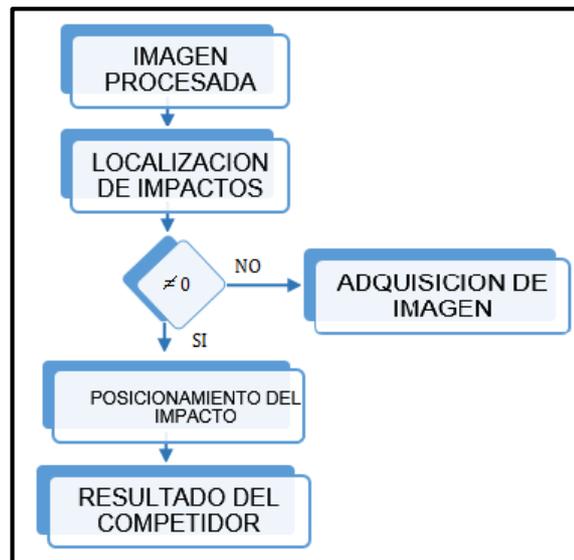


Figura 2.63. Esquema para el análisis de los impactos en la diana.

Fuente: Autores.

#### 2.4.2.2.1 Localización de impactos

La correcta definición de los impactos en la diana luego de aplicar un procesamiento a la imagen, permite tomar importante información de los tiros en la diana. En el proceso de registro se realizó una búsqueda dentro de toda el área de la diana, para el análisis del seriamiento se necesita dividir la diana en tres secciones como son: zona externa, zona intermedia y zona interna.

La zona externa corresponde a la región que se encuentra fuera del círculo de mayor radio, la zona intermedia pertenece a la región que se encuentra limitada por los círculos concéntricos con valores de puntaje de cero al ocho y la zona interna de la diana corresponde a la región limitada por los círculos centrales con un valor de puntaje de nueve y diez.

El proceso de separación de las zonas de análisis se la realiza en una estructura *For Loop*, asignando los límites de cada región. Los resultados de los impactos de cada zona son reconocidos de acuerdo a la región en la que se encuentren, una vez obtenidos se almacenan en un arreglo al final de la estructura. Este proceso se detalla en el diagrama de bloques de la figura 2.64.

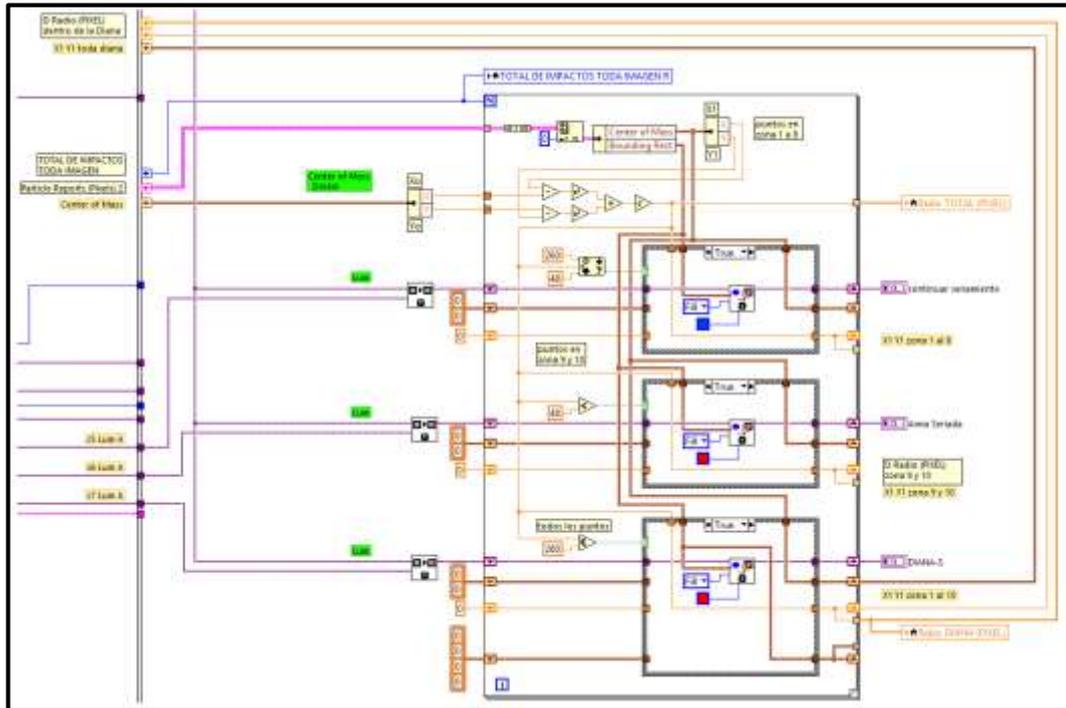


Figura 2.64. Diagrama de bloques secciones de la diana

Fuente: Autores.

#### 2.4.2.2.2 Posicionamiento del impacto

Con los resultados obtenidos de cada zona de la diana, se extrae las coordenadas del centro de cada impacto y les asignamos al punto  $(X1, Y1)$ , es necesario también disponer de las coordenadas del centro de la diana que se determinaron anteriormente en el registro de armas, asignándolas al punto  $(Xo, Yo)$ .

Con el par de coordenadas  $(Xo, Yo)$  y  $(X1, Y1)$ , se puede detectar la posición del impacto mediante la diferencia entre sus valores. Los resultados que entrega este análisis es un nuevo sistema de coordenadas  $(X, Y)$ , la posición se puede distinguir mediante un cambio en el signo de cada valor de las coordenadas.

Los valores de las coordenadas  $(X, Y)$  pueden tener un signo positivo como un negativo, indicando la posición en uno de los cuadrantes de la diana (Figura 2.65). Los cuadrantes sirven como referencia para indicar al participante hacia donde debe dirigir el arma.

Los valores correspondientes a cada cuadrante son:

El primer cuadrante:  $(X, Y)$ .

El segundo cuadrante:  $(-X, Y)$ .

El tercer cuadrante:  $(-X, -Y)$ .

El cuarto cuadrante:  $(X, -Y)$ .



Figura 2.65. Cuadrantes de la diana

Fuente: Autores.

El análisis de este sistema se realiza dentro de un conjunto de estructuras tipo caso como se muestra en la figura 2.66, en el cual se analizan las posibilidades de impacto de la ojiva de la munición en cada uno de los cuadrantes de la diana. Estos resultados pueden estar posicionados ya sea en la parte derecha o izquierda, en la parte superior o inferior de la diana.

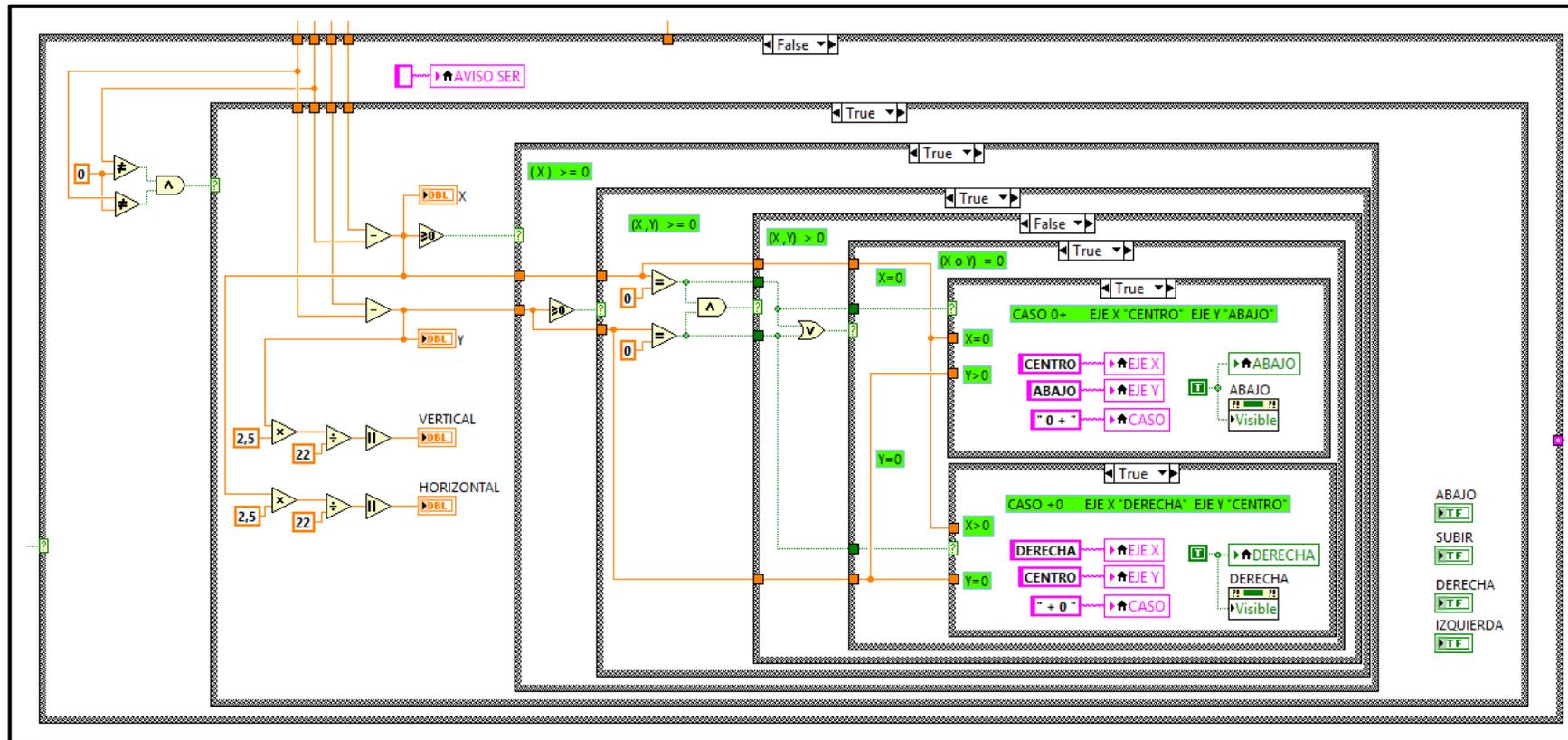


Figura 2.66. Diagrama de bloques posicionamiento del impacto

Fuente: Autores.

### **2.4.2.2.3 Resultados del participante**

Cada vez que se realiza los disparos el sistema reflejará los resultados del proceso en la pantalla del dispositivo del participante, como son: los impactos dentro del área de la diana y los diferentes indicadores para la calibración de la posición del arma, antes de continuar con la serie de tiros.

#### **2.4.2.2.3.1 Indicadores del seriamiento**

Los impactos analizados de acuerdo al nuevo sistema de coordenadas indican la posición en una determinada zona, pero para poder visualizar el impacto, el análisis tiene que cumplir las condiciones descritas a continuación para el proceso de seriamiento. En la figura 2.67 se encuentran delimitadas de color rojo las tres zonas de la diana en las que se realizará el análisis de los impactos.

Análisis dentro de las zonas dispuestas:

- Si la ojiva (punta de la munición) ha impactado dentro de la zona externa, el sistema descartará la información que esta contenga.
- Si el impacto se ha dado dentro de la zona intermedia, el sistema se basará en el análisis del posicionamiento del impacto para verificar en qué lugar está el impacto y orientar al participante para que pueda calibrar el arma.
- Si el impacto se ha producido dentro de la zona interior; es decir, si al momento de realizar el tiro la ojiva impactó en el centro de la diana, el arma quedará seriada.

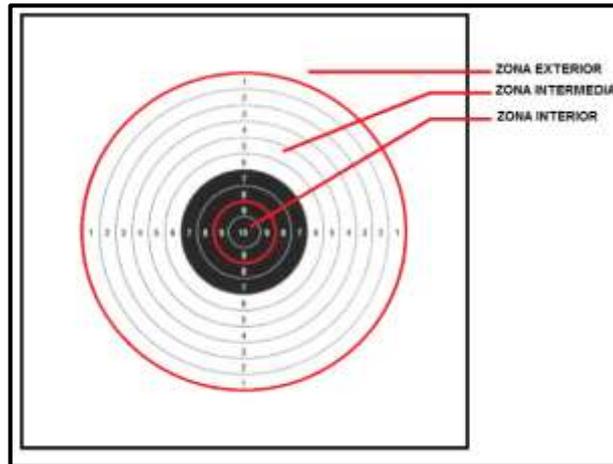


Figura 2.67. Zonas de la diana

Fuente: Autores.

La selección de los resultados acorde a este análisis se realiza mediante una estructura tipo caso. En el diagrama de la figura 2.68 se indica este proceso en el cual se puede detectar un impacto de ojiva (punta de la munición) en la zona central de la diana, el mismo que daría como resultado el seriamiento del arma.

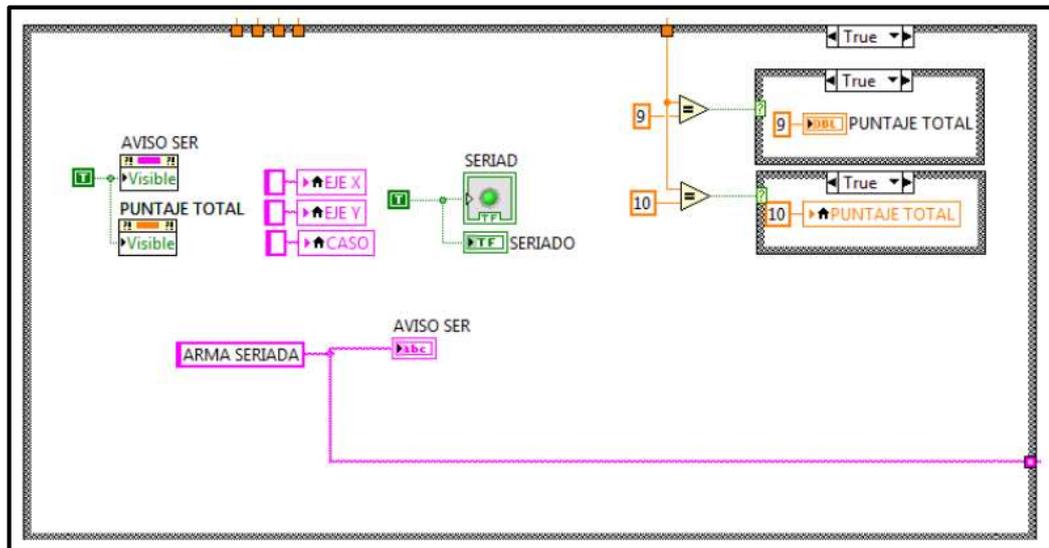


Figura 2.68. Diagrama de bloques indicadores de seriamiento

Fuente: Autores.

#### **2.4.2.2.3.2 Reporte del seriamiento de armas**

Para generar un reporte de los resultados del seriamiento de armas luego de un ejercicio o entrenamiento de tiro se debe de disponer de tres datos principales, los mismos que son: el código del participante, aviso del seriamiento y aviso de las series realizadas. La figura 2.69 muestra estas variables con los resultados necesarios para la generación de un reporte del seriamiento de armas.

- El código del participante hace referencia a la identificación de cada participante, se extrae de los datos proporcionados desde la consola de mando.
- El aviso del seriamiento se refiere al estado en el que se encuentra el arma luego de realizar un disparo.
- El aviso de las series realizadas se refiere a la cantidad de tiros que se ha ejecutado durante el proceso de seriamiento.

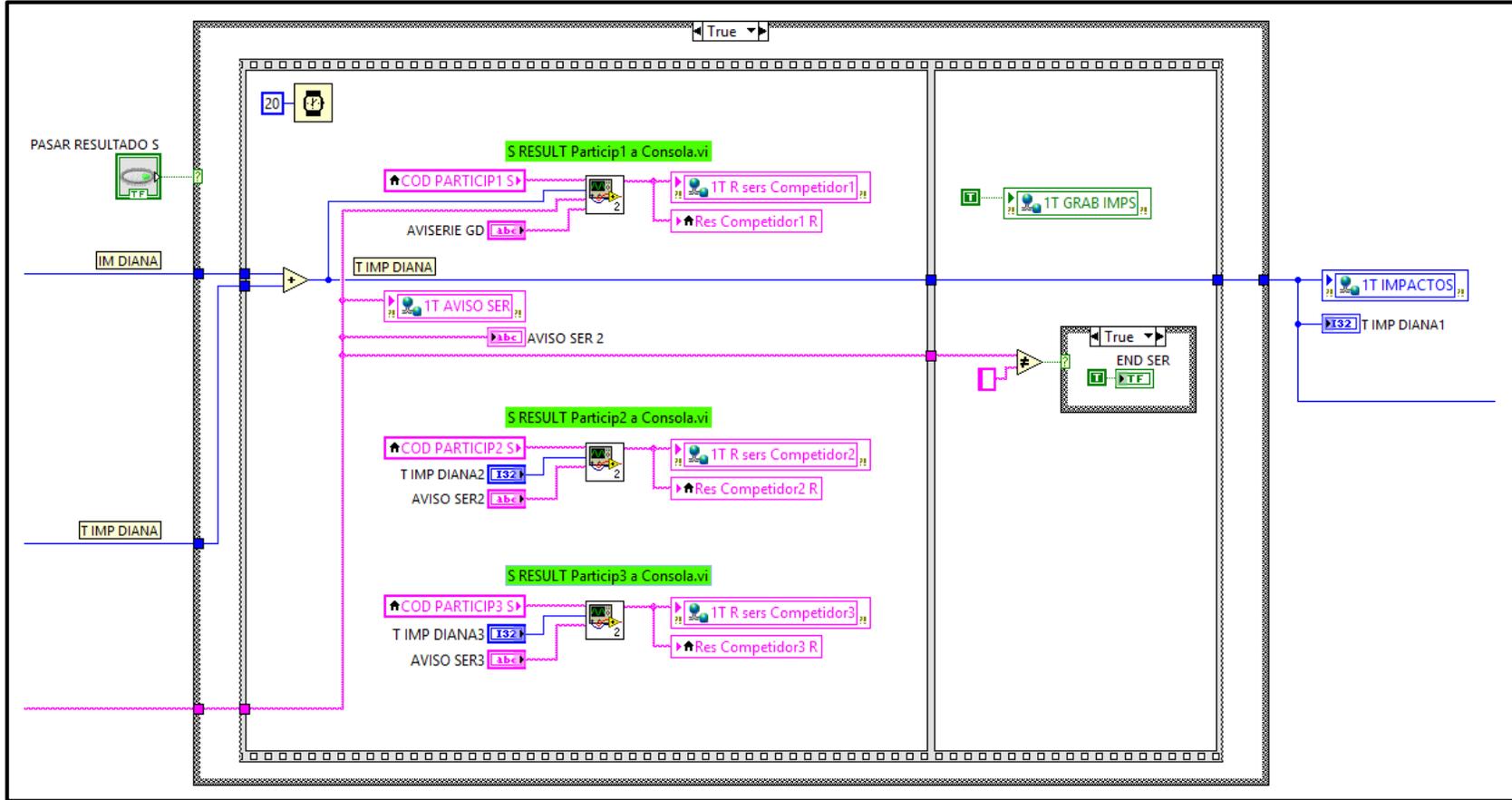


Figura 2.69. Diagrama de bloques resultados del participante

Fuente: Autores.

El sub vi “resultado participante a consola” de la figura 2.70 muestra como está estructurado un reporte del seriamiento de armas antes de ser enviado a la consola de mando con los datos obtenidos del análisis de los impactos, el proceso es similar al registro de armas.

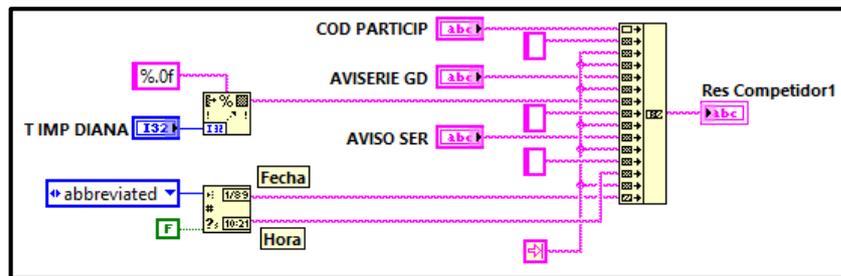


Figura 2.70. Diagrama de bloques sub vi resultado participante a consola

Fuente: Autores.

La figura 2.71 muestra los resultados del participante para el seriamiento de armas.



Figura 2.71. Panel frontal resultado del participante

Fuente: Autores.

### 2.4.2.3 Envío de resultados de los participantes

Los resultados de los participantes, obtenidos tanto del seriamiento como del registro de armas son enviados hacia la consola de mando por medio de las variables compartidas, la transferencia de datos de las variables por la red se realiza mediante el uso del protocolo *PSP (Publish-Subscribe Protocol)*.

El termino *publish-subscribe*, describe un modelo de comunicación donde los publicadores o escritores no envían datos a los suscriptores o lectores específicos de forma directa, sino a través de un servidor *SVE (Shared Variable Engine)*; los publicadores envían actualizaciones de los datos al *SVE* y los suscriptores reciben dichas actualizaciones.

#### 2.4.2.3.1 Creación de una variable compartida para el dispositivo del participante

El proceso para la creación de una variable compartida para el dispositivo del participante es similar a la creación de una variable para la consola de mando (sección 2.4.1.2). Lo que varía en esta sección del programa para el dispositivo es la configuración de las propiedades de la variable compartida (Figura 2.72).

- *Name*: El nombre debe ser distinto al nombre de la variable correspondiente de la consola de mando, esto para evitar inconvenientes al momento de ejecutar el programa.
- *Variable Type*: El tipo de variable es el mismo, *Network-Published* (publicada en la red).
- *Data Type*: El tipo de dato, es muy importante asignar el mismo tipo de dato que tengan las variables de la consola de mando, es decir, si una variable es de tipo *Double* en un programa, por ejemplo: “RES IMPACTOS” (variable perteneciente a la consola de mando), su variable correspondiente “IMPACTOS” (variable perteneciente al dispositivo del participante) con la que se comunicará también debe ser de tipo *Double*.
- *Enable Aliasing*: Esta casilla permite habilitar el alias.

El dispositivo del participante actúa como un suscriptor al momento de recibir los datos de parte de la consola de mando, en tanto que si envía datos se convierte en un publicador, lo mismo ocurre en la consola de mando. Al habilitar la casilla “*Enable Aliasing*” se puede configurar dos opciones más en las propiedades de la variable compartida, que no se seleccionaron al momento de crear las variables de la consola de mando, estas son: *Bind to* y *Access Type*.

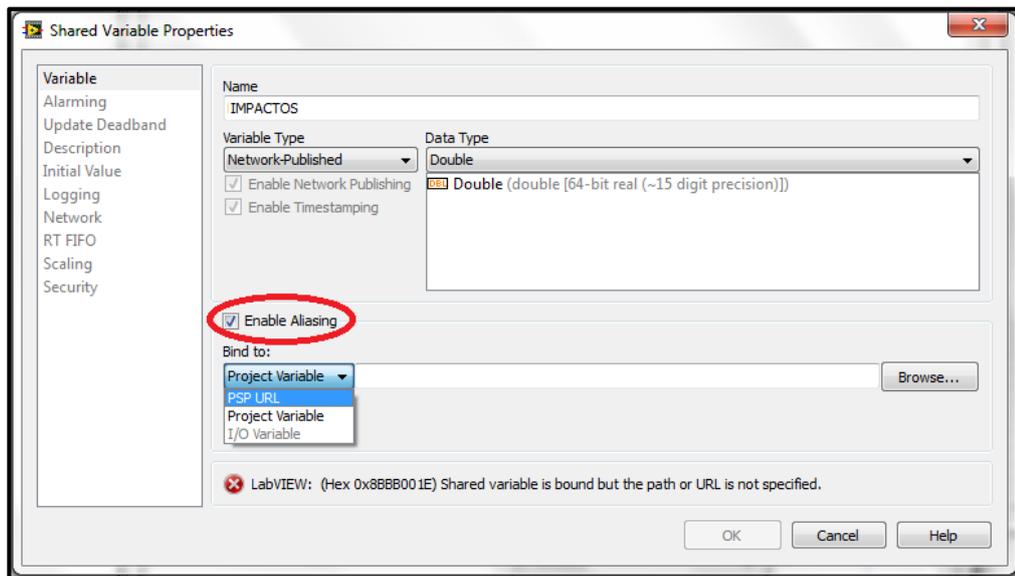


Figura 2.72. Configuración de las propiedades de la variable compartida

Fuente: Autores.

**Bind to:** Esta casilla permite establecer el enlace entre variables: *Project Variable*, permitirá enlazar variables dentro de un mismo proyecto en un equipo, en tanto que la opción *PSP URL*, permitirá el enlace entre variables de proyectos distintos en equipos diferentes.

Al seleccionar el protocolo de comunicación *PSP* se debe especificar la ruta de enlace de las variables compartidas, las de un proyecto con otro esto es, la *URL* (Unidad única de recursos), para transmitir datos a través de la red. Se puede buscar cualquier variable compartida con la que se quiera enlazar en la opción buscar (*Browse* Figura 2.73).

Al seleccionar esta opción, se presenta un cuadro de dialogo en la que se encuentran registradas las diferentes IP de los dispositivos con los que se desee trabajar, cada equipo contiene las librerías en donde están almacenadas las variables compartidas creadas, de aquí se debe escoger la variable de interés. Por ejemplo, en el caso del dispositivo para el participante, la variable “IMPACTOS” se enlazará con la variable “RES IMPACTOS” del dispositivo de la consola de mando.

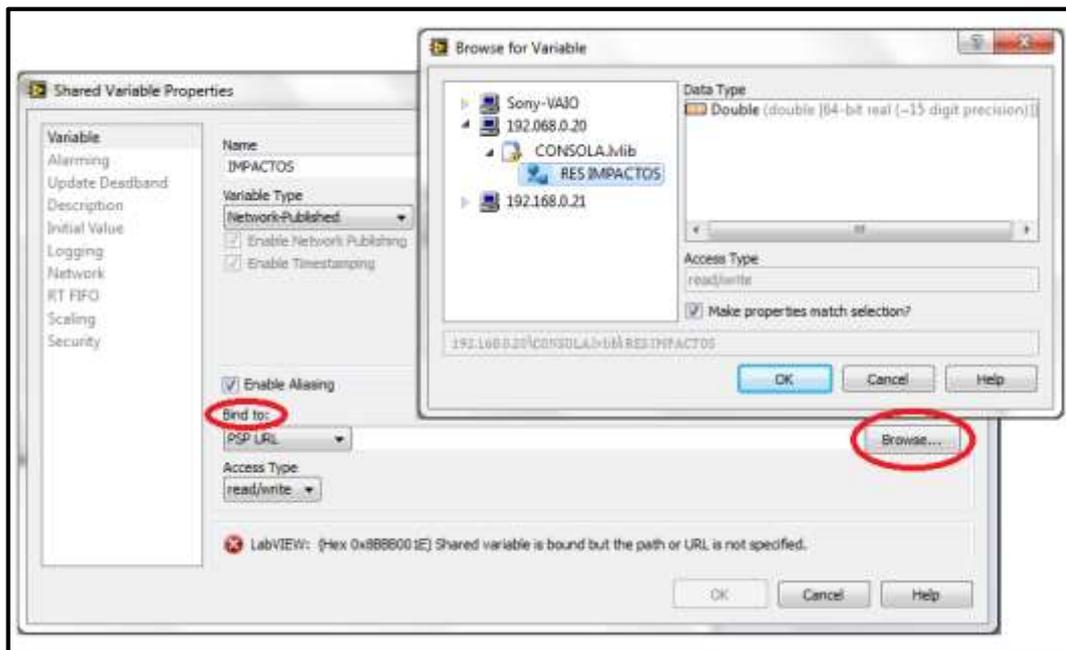


Figura 2.73. Asignación de URL

Fuente: Autores.

**Access Type:** Esta opción permite configurar el tipo de acceso a la variable compartida (Figura 2.74), en forma de solo lectura (*Read only*), de solo escritura (*Write only*) o lectura y escritura (*Read/Write*), como las variables compartidas se van a leer y escribir en algunos casos se selecciona la opción *Read/Write*. Una vez terminada de configurar la variable compartida se selecciona aceptar (*OK*) y se tendrá creada la variable “IMPACTOS” en el proyecto del dispositivo del participante, que está a la vez enlazada con la variable “RES IMPACTOS”.

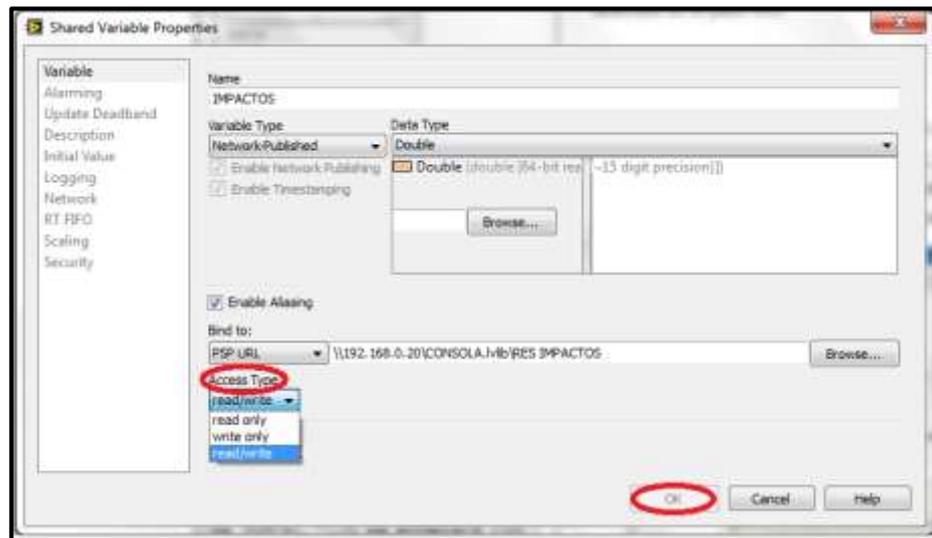


Figura 2.74. Variable compartida IMPACTOS del dispositivo del participante

Fuente: Autores.

Al momento de disponer de una variable compartida en el diagrama de bloques, se podrá modificar el tipo de acceso a la variable compartida en modo solo de lectura o solo escritura. En la figura 2.75 se puede ver la configuración de la variable compartida en modo lectura.

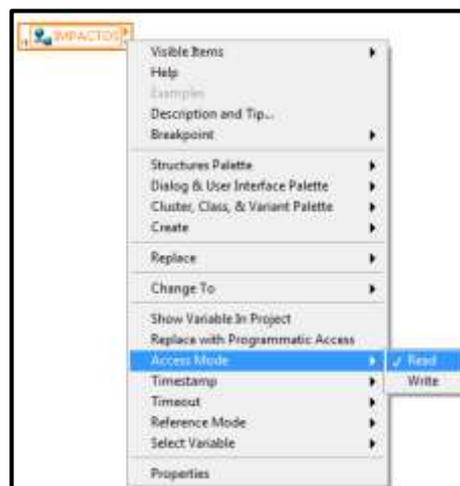


Figura 2.75. Modo lectura de la variable compartida

Fuente: Autores.

#### **2.4.2.4 Red inalámbrica Ad-Hoc**

Una red *AD-HOC* es una red inalámbrica de área local que permite la conexión entre varios dispositivos (servidor-cliente). Los dispositivos que se desean comunicar en red deben estar dentro de un área menor a diez metros del dispositivo que realice la función de servidor, esto para poder tener una buena cobertura.

#### **2.4.2.5 Configuración de la red Ad-Hoc**

Este tipo de redes inalámbricas no requieren utilizar un punto de acceso para la comunicación de equipo a equipo. La red *AD-HOC* se crea en el dispositivo que será destinado como servidor. Al momento de la implementación del proyecto, el dispositivo que actuará como servidor será asignado a la consola de mando y abarcará a todos los dispositivos que sean configurados como clientes, es decir, a todos los dispositivos de los participantes.

Para realizar la configuración de la red es necesario de que el dispositivo a usar (computador) disponga de un adaptador inalámbrico o tarjetas *WiFi* para evitar conflictos al momento de crear una red *AD-HOC*; aunque, ahora la mayoría de dispositivos que se fabrican tienen incluido un adaptador inalámbrico. Los dispositivos que tengan el sistema operativo *Windows* poseen una utilidad que permite configurar una red inalámbrica. Para hacer uso de esta utilidad se ingresa al panel de control (Figura 2.76 a)) y se selecciona el icono de Redes e Internet (Figura 2.76 b)).

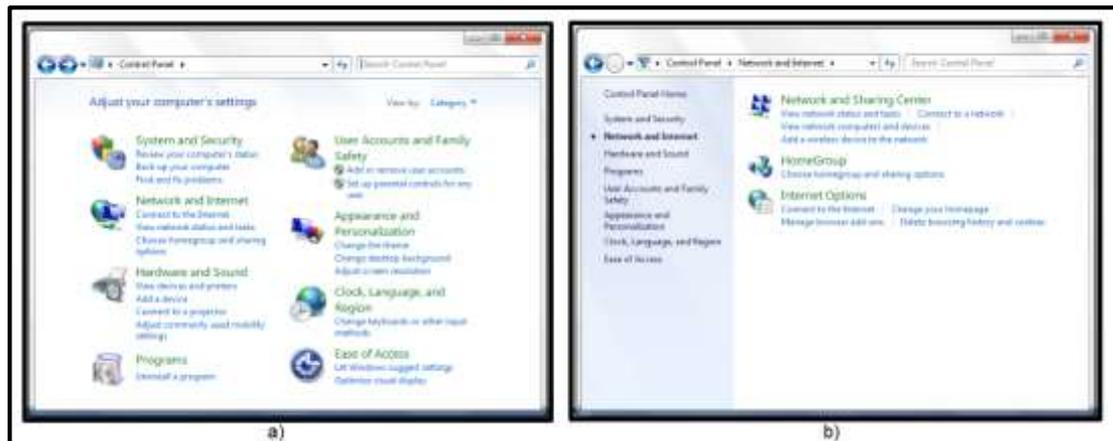


Figura 2.76. a) Panel de control dispositivo de la consola. b) Pantalla de red e internet

Fuente: Autores.

En la pantalla de Redes e Internet, se selecciona el icono redes y recursos compartidos (Figura 2.77 a)) y se escoge la opción configurar una nueva conexión o red. En la pantalla configurar una conexión o red, se escoge el tipo de red que se va a crear, como se muestra en la figura 2.77 b).

Al seleccionar la opción: configurar una red AD-HOC (*set up a wireless ad hoc*), se inicializa un asistente que sirve de guía para los siguientes pasos en la creación de la red, como se indica en la figura 2.78 a). Al seleccionar siguiente, nos presenta una pantalla en la que se pide ingresar los siguientes datos: el nombre de la red, el tipo de seguridad y un código (Figura 2.78 b)).

- En la casilla nombre de la red, se especifica en nombre que identificará a la red AD-HOC del proyecto.
- En tipo de seguridad, se selecciona el tipo de seguridad de la red como puede ser: WEP o WPA2-Personal, estas opciones crean una red segura, si no se selecciona ninguna de las dos la red quedará definida como de libre acceso y cualquier usuario que esté al alcance de la red podrá conectarse a ella.

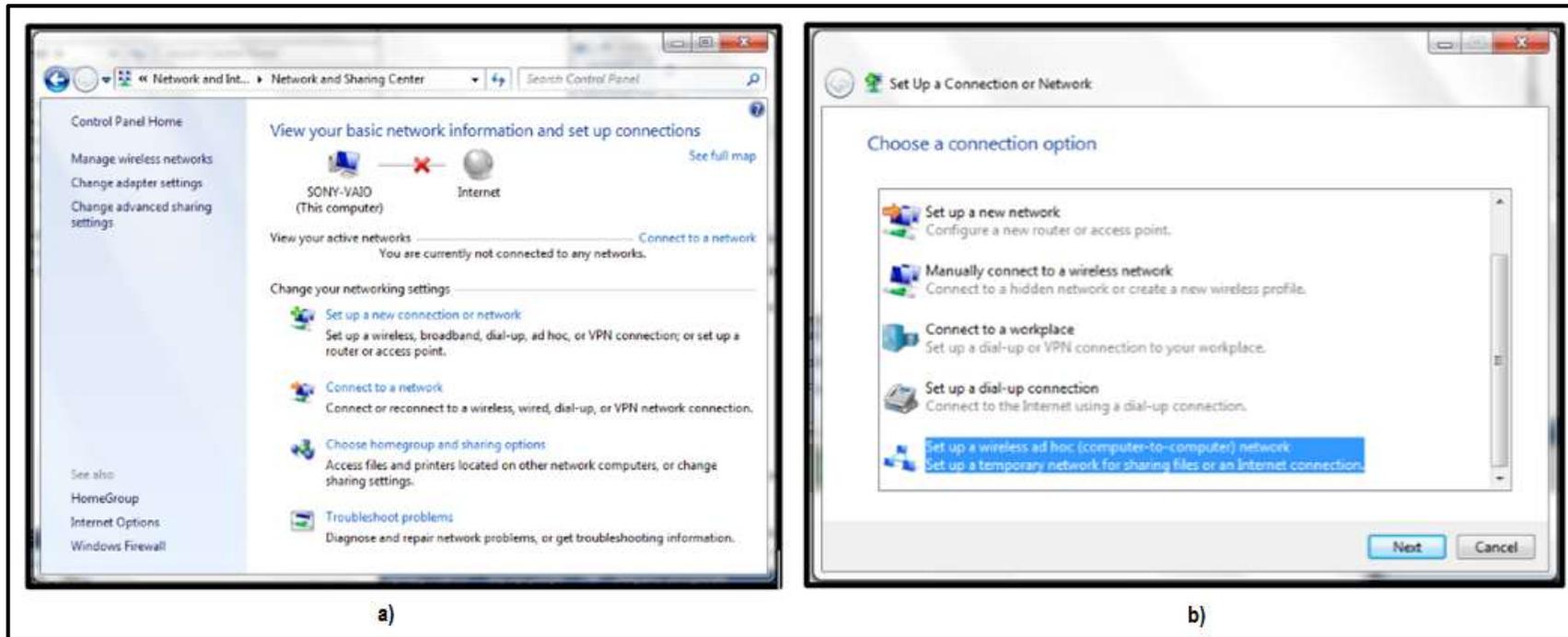
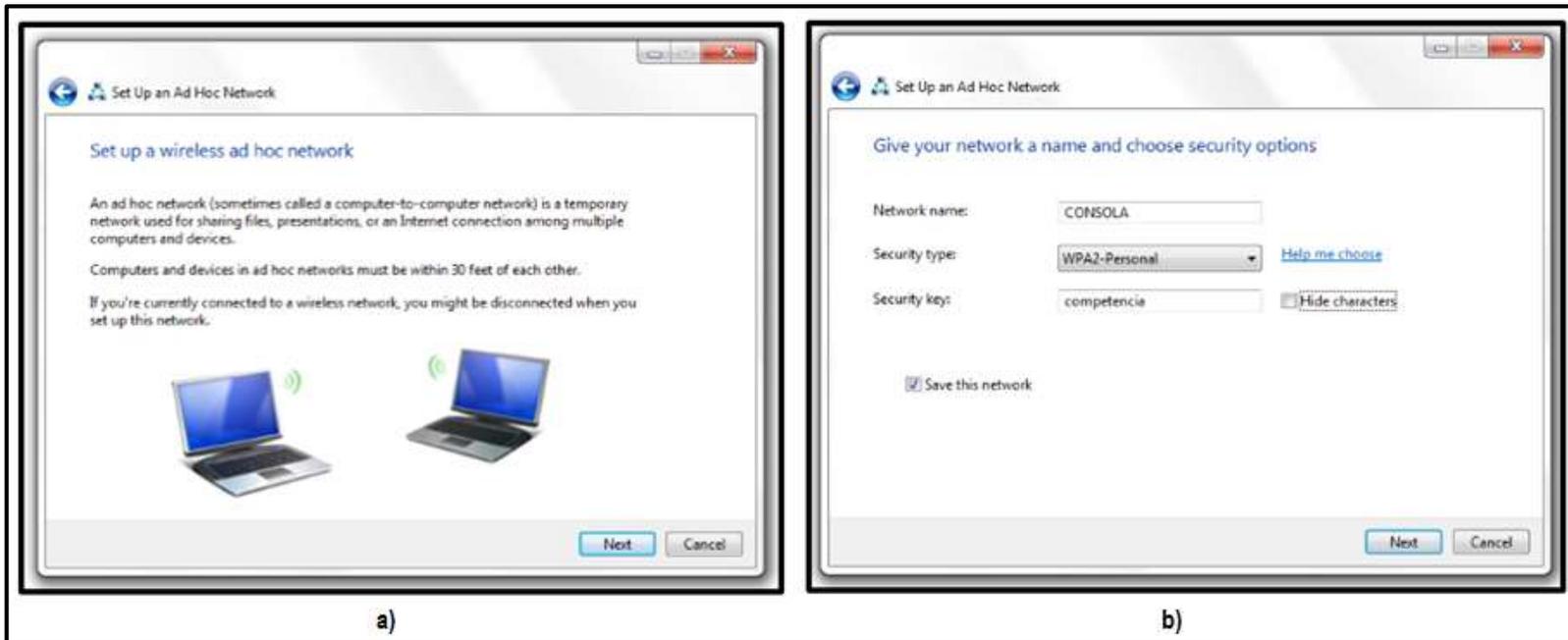


Figura 2.77. a) Pantalla network and sharing center. b) Configurar una conexión o red  
Fuente: Autores.



a)

b)

Figura 2.78. a) Configuración de una red Ad hoc. b) Datos de la red AD-HOC

Fuente: Autores.

- El código de seguridad, permite que los usuarios se conecten a la red mediante el uso de una contraseña. Una vez que se han especificado todos los datos, se selecciona la casilla guardar red.

En la figura 2.79 a), se puede visualizar el momento en que el sistema configura la nueva red llamada CONSOLA. Una vez que se ha creado la red el sistema presenta un mensaje indicando que está lista para usarse. La figura 2.79 b), muestra el mensaje al culminar la configuración de la red.

#### 2.4.2.6 Configuración de IP

Para poder utilizar una red inalámbrica en su totalidad, se debe definir una asignación de direcciones IP para los dispositivos. Para configurar las direcciones IP de los dispositivos se ingresa al Panel de Control, Redes e Internet (Figura 2.76), y se selecciona el ícono correspondiente a las conexiones de red inalámbrica, dentro de esta pantalla se presentan una serie de redes inalámbricas: reales y virtuales, a más de la red fija. Se debe escoger la red inalámbrica que no sea virtual y luego seleccionar la opción propiedades (Figura 2.80).

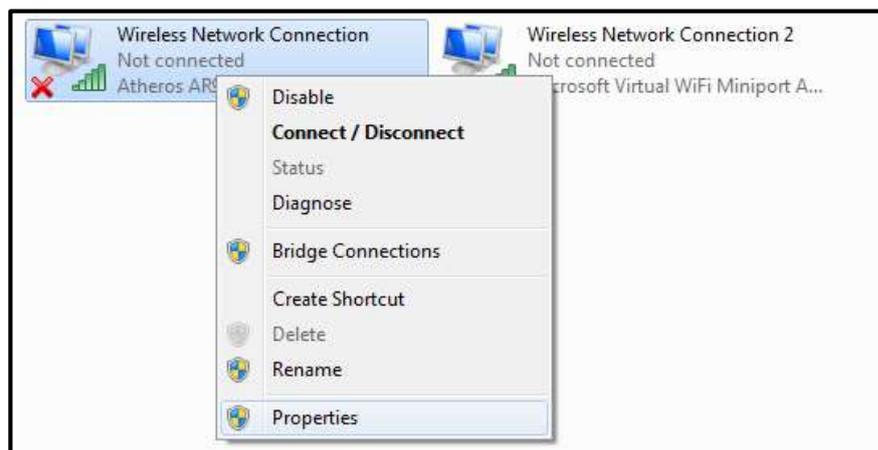


Figura 2.80. Selección de la red inalámbrica

Fuente: Autores.

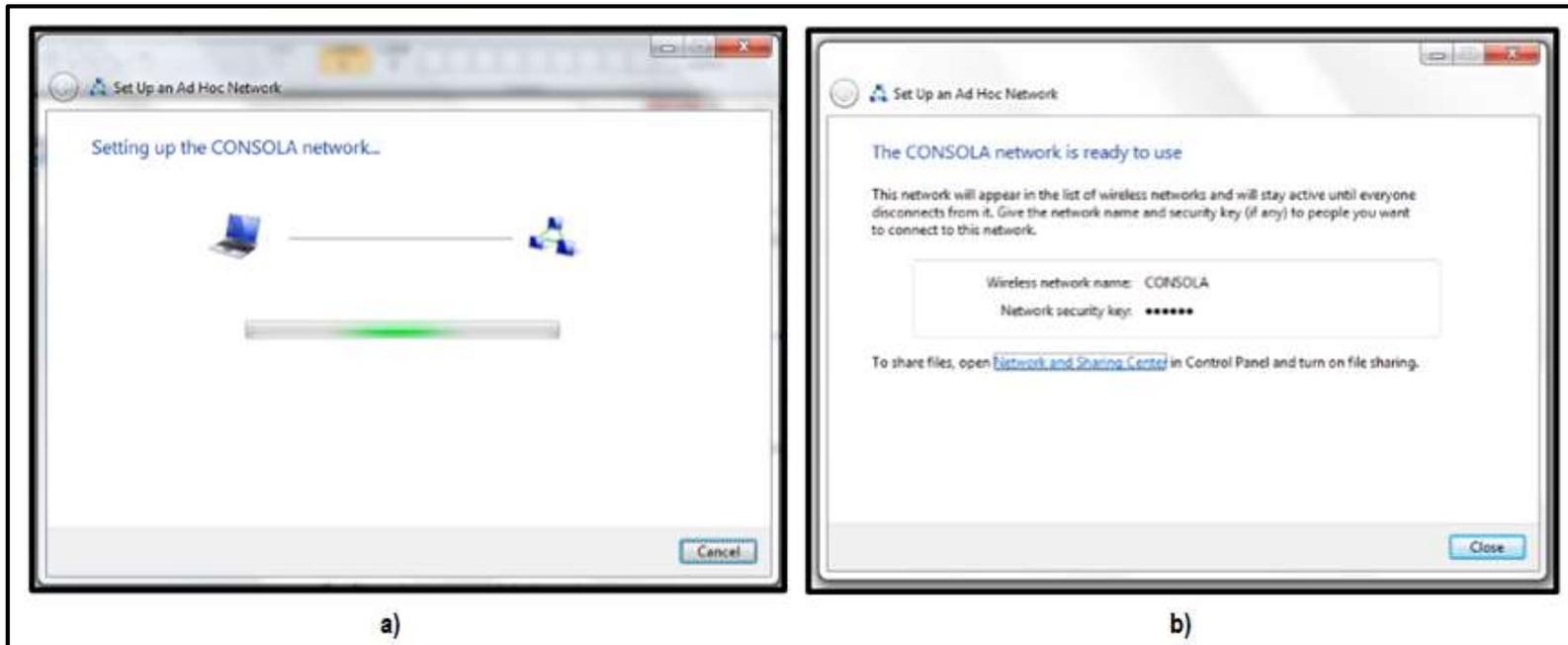
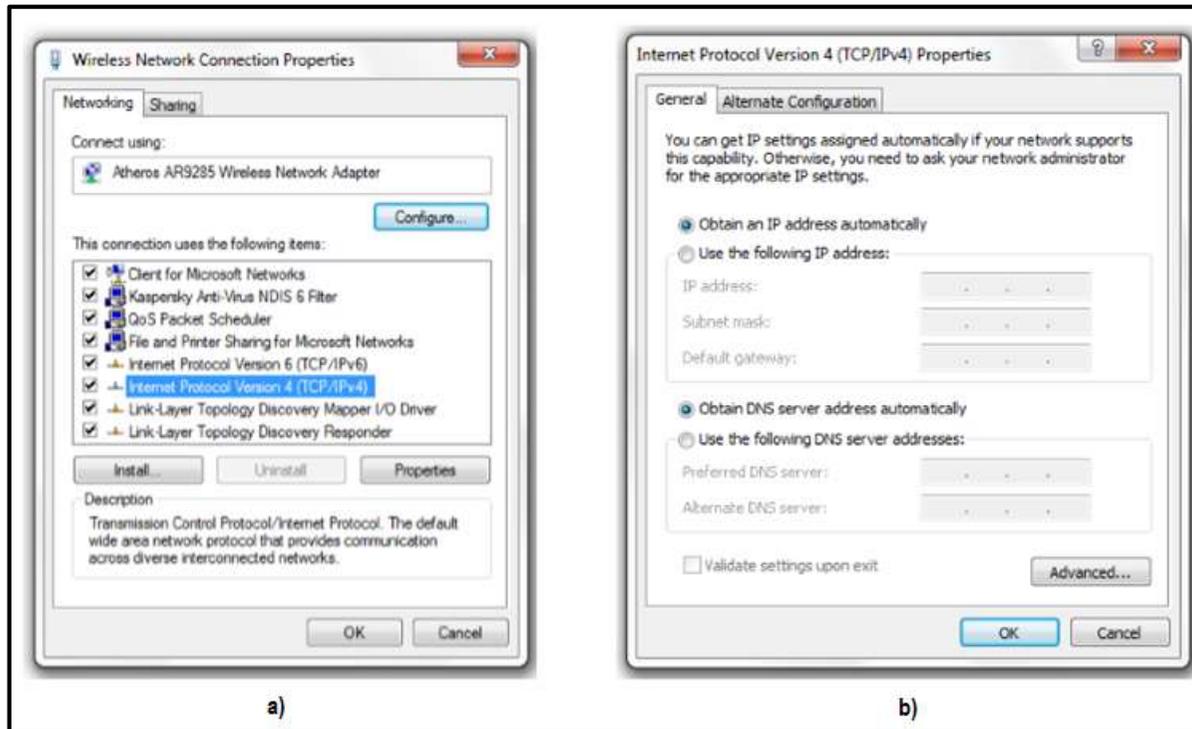


Figura 2.79. a) Creación de la red AD-HOC CONSOLA. b) Red CONSOLA creada

Fuente: Autores.

El menú despliega una nueva pantalla en la que presenta una lista de protocolos, se selecciona el protocolo de internet versión 4 (*TCP/IPv4*) que permite la comunicación a través de diversas redes y luego la opción propiedades (Figura 2.81 a)). En la opción propiedades del protocolo, se puede escoger la forma en la que se selecciona la IP, esta puede ser: automática o mediante el establecimiento de una dirección de forma manual.

El establecimiento de la dirección IP tanto para la consola de mando como para los diferentes dispositivos debe ser única, de tal forma que no se repita dos veces. La figura 2.81 b) muestra las propiedades del protocolo de internet (*TCP/IPv4*). La asignación de direcciones IP para cada dispositivo (equipo) se presentan en el capítulo 3. Una vez realizado estos pasos se selecciona la opción aceptar y se configurará la dirección IP para el dispositivo a utilizar.



a)

b)

Figura 2.81. a) Propiedades de la conexión de red inalámbrica. b) Propiedades del protocolo de internet (TCP/IPv4)

Fuente: Autores.

## CAPÍTULO 3

### CONSTRUCCIÓN DE MAQUETA, ACOPLAMIENTO Y COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

En este capítulo se presenta el diseño y la construcción del prototipo para el seriamiento y registro de tiro de armas livianas, basado en las características propias de un blanco de tiro real. Se realiza además la comprobación del correcto funcionamiento de cada uno de los procesos que conforman el *software* para cada dispositivo.

#### 3.1 Diseño y construcción de la maqueta

##### 3.1.1 El blanco

El blanco que más se emplea en la instrucción de tiro de armas livianas es el blanco de anillos o de zonas, a este tipo de blanco se le conoce también con el nombre de diana. Este se encuentra dividido por circunferencias concéntricas, donde el centro lo conforman cuatro zonas de color negro que representa el lugar de más alta puntuación para las competencias y prácticas de tiro.

##### 3.1.1.1 Marcación

La marcación hace referencia a los valores de puntuación que contiene la diana. Estos valores corresponden a cantidades de números enteros que van del 1 al 9 impresas en la zona de puntuación, la zona 10 correspondiente a la parte central de la diana (zona de máxima puntuación) se distingue de las demás ya que no lleva ninguna marcación impresa.

### 3.1.1.2 Calidad y dimensiones de la diana

El papel usado para los blancos debe ser de tal color y calidad de material, que no produzca reflejo y así permitir que el area de puntería (centro de la diana) resulte claramente visible bajo condiciones normales de iluminación, a distancia apropiada.

El tamaño de la diana y los círculos divisorios de las zonas de puntuación deben tener exactitud en sus dimensiones acorde a las normas de práctica de tiro. El tamaño de la diana a emplear en el proyecto es de 650mm de largo por 650 mm de ancho, el diámetro del círculo mayor es de 500mm y el ancho de cada zona entre los anillos concéntricos es de 25mm (Figura 3.1).

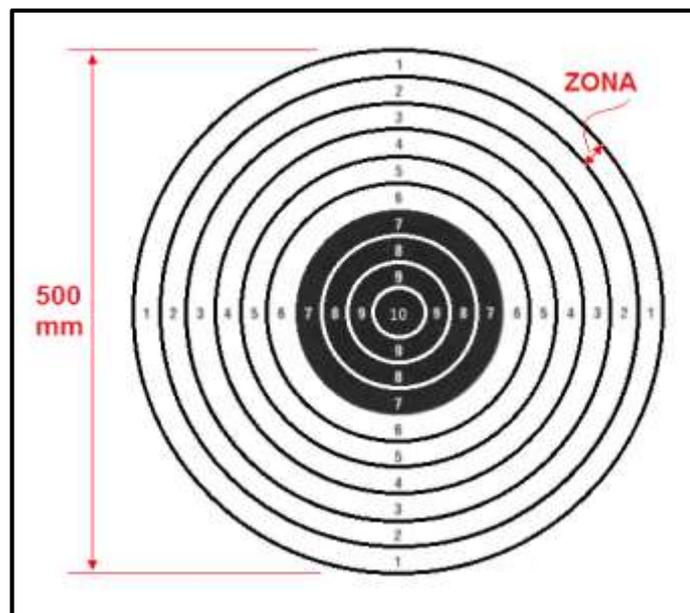


Figura 3.1. Dimensiones de la diana

Fuente: Autores.

### 3.1.2 Estructura para el blanco de tiro

La forma y el tipo de la estructura que sirve como soporte base de los blancos, depende de la diana a usar en las prácticas de tiro. La estructura que se utiliza generalmente son los marcos de madera ya que los metálicos pueden producir rebotes de la ojiva de la munición.

El marco de la estructura consta de dos bases (pies) que van empotradas al piso, las dimensiones de la estructura son de 650 x 1500 mm, en la figura 3.2 se especifica cada una de las dimensiones de la estructura. El marco cerrado de 650 x 650 mm le corresponde al lugar donde va ubicada la diana, los 850mm representa la altura del pie de la estructura base.

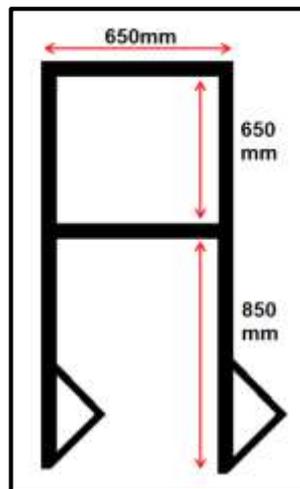


Figura 3.2. Estructura para la diana

Fuente: Autores.

Muchos de los marcos de las dianas llevan implementado una superficie de madera semidura con un cierto espesor “M” (Figura 3.3) en la parte posterior donde va colocada la diana. Éste soporte de madera sirve como base para amortiguar el impacto y absorber las ojivas de las municiones luego de realizar las diferentes sesiones de tiro.

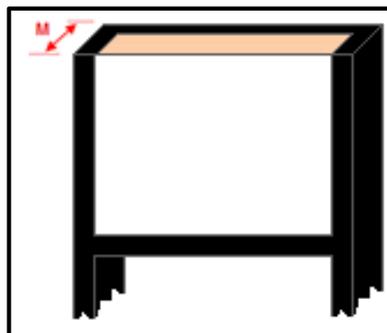


Figura 3.3. Base de la diana

Fuente: Autores.

La figura 3.4 muestra la terminación completa de lo que será el blanco de tiro, sus dimensiones y características van de acuerdo a las reales. En conjunto se puede ver que el blanco está conformado por: la diana, la base de la diana y la estructura de soporte.



Figura 3.4. Blanco de tiro

Fuente: Autores.

### 3.1.3 Estructura para soporte de la cámara

La estructura que sirve como soporte de la cámara se construyó en forma de trípode para poder tener facilidad de manipulación al momento de enfocar el objeto (diana). La base sobre la cual se coloca la cámara tiene un área de  $2500\text{mm}^2$  y está a una altura de 850mm del piso (Figura 3.5 a)). La figura 3.5 b) muestra el acople final de la cámara sobre el trípode.

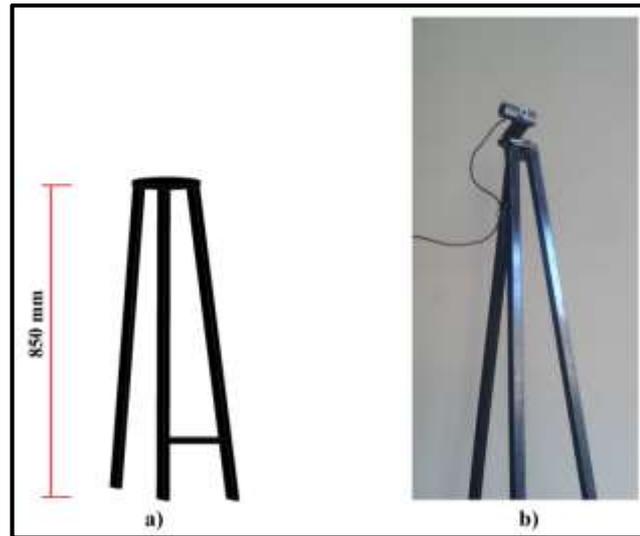


Figura 3.5. a) Estructura para la cámara. b) Acople del soporte y cámara  
Fuente: Autores.

### 3.2 Acoplamiento del blanco de tiro y la cámara

Las estructuras dispuestas tanto para el blanco de tiro como para la cámara deben estar ubicadas de tal forma que la cámara pueda captar toda el área de la diana. Para obtener resultados más precisos del objeto, se ubicó la base trípode de la cámara a una distancia ( $L$ ) de 800mm respecto al blanco de tiro (Figura 3.6).



Figura 3.6. Acoplamiento de la cámara y la diana  
Fuente: Autores.

### 3.3 Acoplamiento del sistema para el tirador

El sistema del tirador o participante está conformado por el dispositivo de adquisición de imagen y un dispositivo para muestra de resultados. El dispositivo de adquisición de imagen hace referencia a la cámara *web* y el dispositivo para muestra de resultados a una *laptop* (Figura 3.7).

La cámara *web* estará conectada a un puerto USB del dispositivo del tirador ya que este dispositivo es el encargado de recibir y procesar las imágenes adquiridas mediante el *software* implementado. La *laptop* estará ubicada junto al tirador de manera que disponga de los resultados de las sesiones de tiro y pueda verificar en que parte de la diana está pegando, sin tener que comprometer a mayores cambios la posición de tiro.

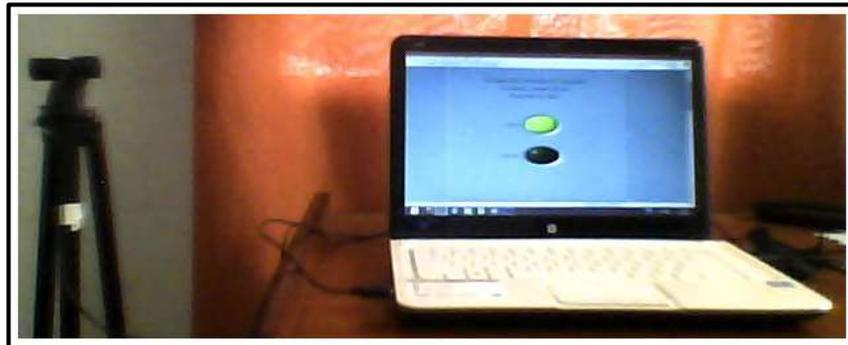


Figura 3.7. Sistema para el tirador

Fuente: Autores.

### **3.4 Acoplamiento de la consola de mando y el dispositivo para el tirador**

#### **3.4.1 Asignación de direcciones IP a cada dispositivo**

En la red inalámbrica creada, es necesario usar una dirección IP privada. Existen una serie de direcciones reservadas a este efecto, en un rango de 0 a 255 direcciones que pueden ser asignadas a los equipos que acceden a la red. En el proyecto se utilizarán dos de estas direcciones: para al dispositivo de la consola de mando la dirección 192.168.0.20 (Figura 3.8 a) y para el dispositivo del participante la dirección 192.168.0.21 (Figura 3.8 b)).

#### **3.4.2 Comunicación entre equipos**

La comunicación entre el dispositivo del participante y el de la consola de mando se realizan de forma inalámbrica, evitando de esta manera el uso de cableado.

Para habilitar la conexión a la red creada en la consola de mando, se debe ir al icono de redes inalámbricas de la barra de tareas (Figura 3.9) ubicado en la parte inferior izquierda de la pantalla del dispositivo, se selecciona la red “CONSOLA” y le activamos. Luego de conectar la red, aparecerá un mensaje en espera de usuarios, indicando que la red está lista para que los dispositivos de los participantes se conecten.

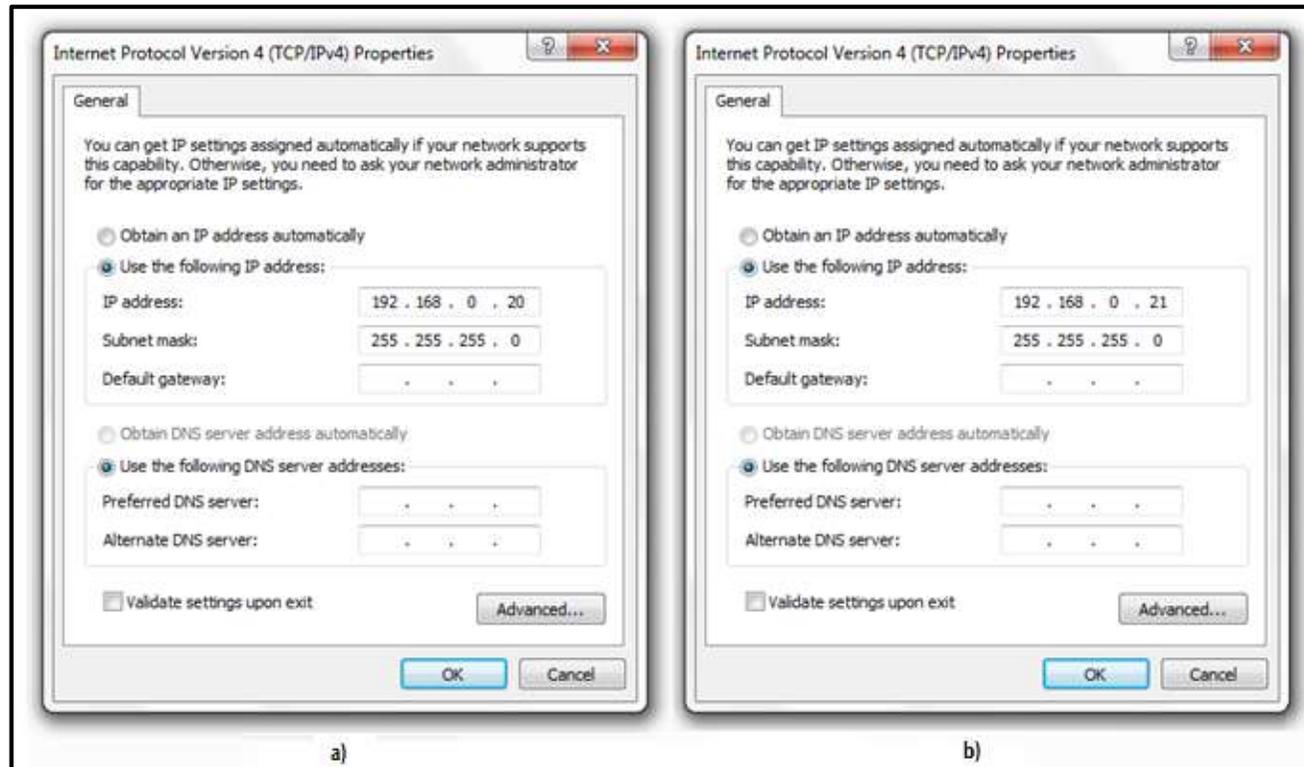


Figura 3.8. Asignación de IP a) para la consola de mando. b) para el participante

Fuente: Autores.



Figura 3.9. Habilitación de la red CONSOLA

Fuente: Autores.

Para acoplar los diferentes dispositivos de los participantes a la red habilitada, se debe ir al icono de redes inalámbricas (Figura 3.10) de cada uno. En este aparecerán una serie de redes disponibles, de las cuales se selecciona la red “CONSOLA” para conectarse.



Figura 3.10. Conexión a la consola de mando

Fuente: Autores.

La red inalámbrica “CONSOLA” se configuró inicialmente con una contraseña por lo que se debe ingresar la clave en el cuadro de dialogo al momento de conectarse. Luego de tener los equipos conectados, se puede inicializar el proceso de control de las prácticas en el dispositivo del participante por parte del dispositivo de la consola de mando.

En la figura 3.11 se puede ver los dispositivos (computadores portátiles) utilizados en el proyecto. En estos equipos se ha cargado los respectivos programas para el funcionamiento del proyecto y realizado la conexión inalámbrica respectiva para el intercambio de datos con los diferentes resultados de los participantes.



Figura 3.11. a) Dispositivo de la consola de mando. b) Dispositivo del tirador

Fuente: Autores.

### 3.5 Comprobación del sistema de adquisición de datos

El sistema en general está controlado por una consola de mando, la cual es capaz de dar acceso a la utilización de cada uno de los blancos de tiro. Los controles que active el supervisor desde la consola se verán reflejados mediante indicadores en la pantalla del dispositivo del tirador o participante, de tal forma que el tirador tendrá acceso solamente a los resultados.

### 3.5.1 La consola de mando

Al inicializar la aplicación de la consola de mando, se despliega en la pantalla inicial (Figura 3.12) dos botones que permiten ingresar a la pantalla datos para los participantes o a su vez salir de la aplicación. Si seleccionamos la primera opción se ingresará a la pantalla en la que se debe ingresar los datos referentes a la práctica de tiro (Figura 3.13).

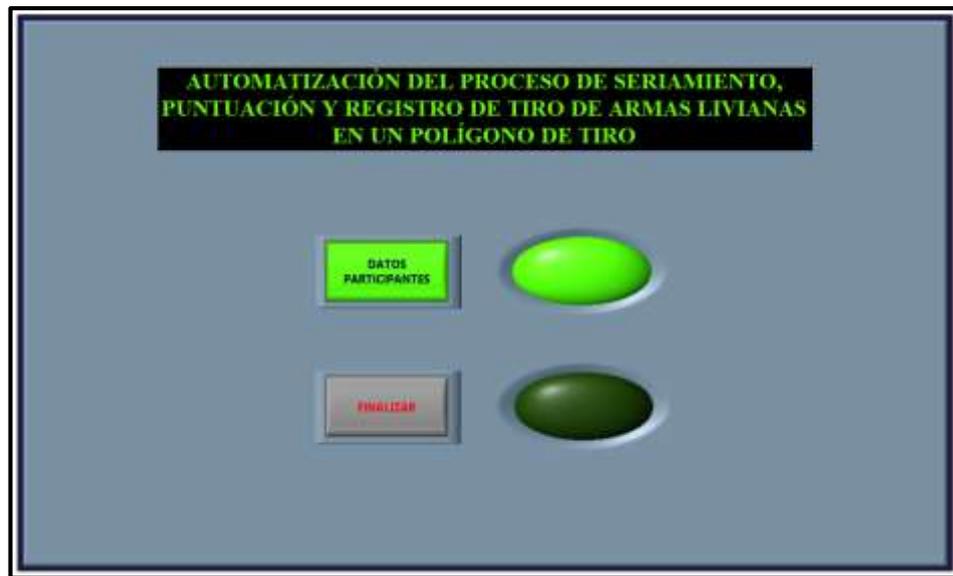


Figura 3.12. Panel frontal de la consola, inicio de la aplicación

Fuente: Autores.

Los datos para una práctica de tiro corresponden a:

- La distancia a la cual se realizará los disparos,
- El tipo de arma, puede ser: fusil o pistola,
- El calibre del arma, puede ser: 5.56mm y 7.62mm para fusil o 9mm para pistola,
- La posición en la que se realizará el tiro, puede ser: de pie, rodilla o acostado,
- La cantidad de tiros, esto es definido por el supervisor,

Los participantes, se refiere a las identificaciones de cada uno de ellos.

Toda esta información se proporcionará a los dispositivos de los participantes al pulsar el botón “PASAR DATOS”. Si se desea realizar cambios se selecciona la opción “BORRAR DATOS”, una vez realizado este paso, el sistema estará listo para realizar el registro o seriamiento de armas.

Con las opciones “REGISTRO” o “SERIAMIENTO” se ingresa a las pantallas respectivas de los resultados generales, a la vez que se activa también las opciones de los dispositivos de los participantes para realizar el registro de tiro o el seriamiento de armas.



Figura 3.13. Panel frontal de la consola, datos para participantes

Fuente: Autores.

### 3.5.1.1 Registro de tiro de armas

En la opción de registro de tiro de la consola de mando (Figura 3.14), se procesan los datos recibidos de los dispositivos de los participantes, obteniendo un estadístico individual y colectivo. Los resultados se muestran en pantalla mediante indicadores que contienen: su identificación, puntaje alcanzado, posición entre todos los participantes, eficiencia, el total de impactos en la diana y la cantidad de munición empleada.



Figura 3.14. Panel frontal de la consola, registro de tiro de los participantes

Fuente: Autores.

Para comandar el inicio o detención del registro de tiro en el dispositivo del participante (Figura 3.15) se dispone de los botones “INICIAR REGISTRO” o “SALIR REGISTRO”. El botón “GRABAR IMPACTO” permite grabar cada serie de tiros que se realice durante el ejercicio.



Figura 3.15. Panel frontal de la consola, inicio de registro de tiro

Fuente: Autores.

Luego de grabar un impacto, se puede ver los resultados individuales del registro de tiro (Figura 3.16 a)) correspondiente al participante 1, participante 2 y participante 3. La figura 3.16 b) muestra los datos simulados de los resultados del participante 2 y participante 3.

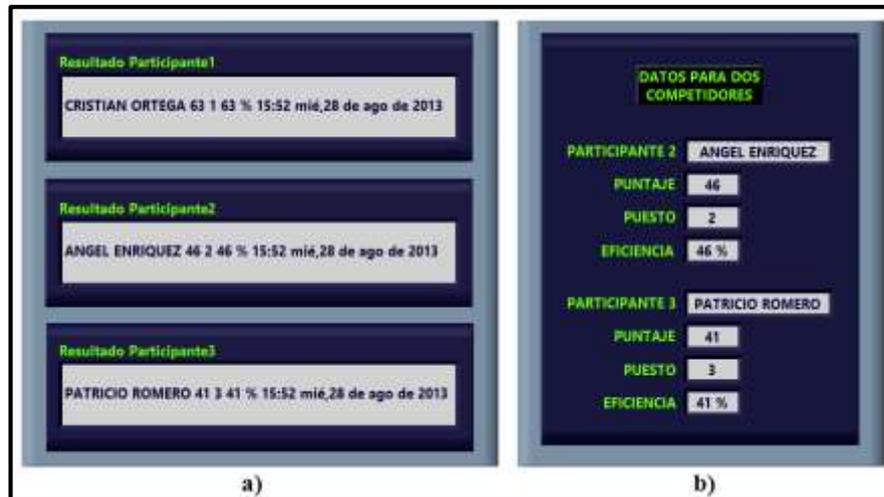


Figura 3.16. a) Indicadores de resultados individuales. b) Simulación de datos de participantes  
Fuente: Autores.

La figura 3.17 muestra la acumulación de los diferentes resultados del registro de tiro de todos los participantes cada vez que se graba una serie de tiros.

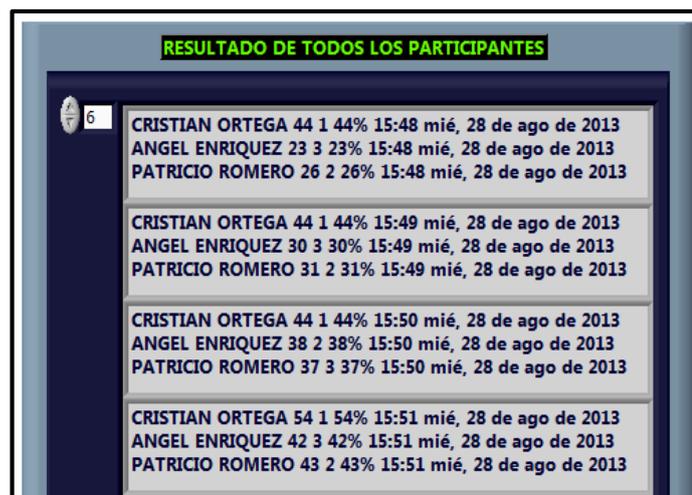


Figura 3.17. Acumulación de resultados del registro de tiro de todos los participantes  
Fuente: Autores.

La opción “PRÁCTICA” permite ingresar el nombre del archivo con el que se desea guardar los resultados obtenidos de toda la práctica (REGISTRO DE TIRO). El botón “GRAB DOC” graba el documento que contiene todos los datos acumulados, en una base de datos asignada luego de culminar el proceso de registro de tiro.

La figura 3.18 muestra la pantalla del registro de tiro con los resultados de cada participante una vez terminada la práctica.



Figura 3.18. Panel frontal de la consola, resultados del registro de tiro

Fuente: Autores.

### 3.5.1.2 Seriamiento de armas

Al momento de seleccionar la opción seriamiento de la pantalla “DATOS PARA LOS PARTICIPANTES”, el programa ingresa a la pantalla “RESULTADO DEL SERIAMIENTO DE ARMAS LIVIANAS” (Figura 3.19) para realizar el control del seriamiento en el dispositivo de los participantes.

En esta pantalla constan los indicadores de los resultados de los participantes y los siguientes botones de control: INICIAR, SALIR, GRABAR DOC, RETORNAR A DATOS (Figura 3.20). “INICIAR”, inicializa el seriamiento del arma en el panel del dispositivo del participante, “SALIR” detiene el programa de seriamiento del participante luego de seriar el arma, “GRABAR DOC” permite almacenar en la base de datos los resultados de toda la práctica con un nombre especificado (SERIAMIENTO DE ARMAS) en la entrada “PRÁCTICA”, “RETORNAR A DATOS” permite regresar a la pantalla datos de los participantes una vez que se ha terminado la práctica de seriamiento de armas.



Figura 3.19. Panel frontal de la consola, seriamiento de armas

Fuente: Autores.

Los indicadores del seriamiento de armas contienen información como: la identificación del participante, la cantidad de tiros a realizar, el número de tiros realizado, un aviso de arma seriada y otro que indica la terminación de una serie de tiros asignada.



Figura 3.20. Panel frontal de la consola, inicio del seriamiento de armas

Fuente: Autores.

En la figura 3.21 a) se puede ver el resultado de un participante en el instante en que el arma fue seriada antes de realizar todos los tiros dispuestos por la consola de mando, en tanto que si el participante ha hecho uso de todos los tiros asignados, saldrá un mensaje de “serie terminada” como se puede ver en la figura 3.21 b). En cualquiera de los dos casos que ocurriera, el programa automáticamente se detendrá hasta que comience una nueva sesión de tiros.

La acumulación de los resultados del seriamiento de armas en la consola de mando (Figura 3.22) se da cada vez que el participante graba el resultado del impacto luego de realizar un disparo.



Figura 3.21. Panel frontal de la consola: a) arma seriada. b) serie terminada  
Fuente: Autores.

RESULTADO DE TODOS LOS PARTICIPANTES	
10	CRISTIAN ORTEGA 8 17:27 mié, 28 de ago de 2013 ANGEL ENRIQUEZ 5 ARMA SERIADA 17:27 mié, 28 de ago de 2013 PATRICIO ROMERO 0 17:27 mié, 28 de ago de 2013
	CRISTIAN ORTEGA 9 17:29 mié, 28 de ago de 2013 ANGEL ENRIQUEZ 5 ARMA SERIADA 17:29 mié, 28 de ago de 2013 PATRICIO ROMERO 2 17:29 mié, 28 de ago de 2013
	CRISTIAN ORTEGA SERIE TERMINADA 10 ARMA SERIADA 17:31 mié, 28 de ago de 2013 ANGEL ENRIQUEZ 5 ARMA SERIADA 17:31 mié, 28 de ago de 2013 PATRICIO ROMERO 3 ARMA SERIADA 17:31 mié, 28 de ago de 2013

Figura 3.22. Acumulación de resultados del seriamiento de armas de todos los participantes

Fuente: Autores.

### 3.5.1.3 Detener la aplicación

Para detener las aplicaciones de los dispositivos de los participantes y la consola de mando luego de concluir con las prácticas dispuestas por el instructor o personal a cargo, simplemente se debe seleccionar la opción “FINALIZAR” (detener) de la consola, como se muestra en la figura 3.23.



Figura 3.23. Panel frontal finalización de competencia

Fuente: Autores.

### 3.5.2 Los dispositivos de los participantes

Los participantes o competidores se encontrarán todo el tiempo en el sector de la línea de fuego y junto a ellos estarán los dispositivos asignados a cada uno. La aplicación de los dispositivos de los participantes dispone de indicadores que sirven como guía en los diferentes procesos comandados desde la consola de mando, la figura 3.24 muestra el despliegue de la pantalla inicial al momento en que los dispositivos son activados.



Figura 3.24. Panel frontal del dispositivo, inicio de la aplicación

Fuente: Autores.

#### 3.5.2.1 Registro de armas

Cuando la consola de mando inicializa la aplicación de los dispositivos, el programa presenta en pantalla un menú con las siguientes opciones: SERIAMIENTO, REGISTRO y REGRESAR. “SERIAMIENTO” y “REGISTRO”, permite al participante prepararse para el seriamiento o el registro de tiro de armas, “REGRESAR” indica al participante el momento en que se regresa nuevamente a la pantalla inicial. En la figura 3.25 se puede ver el menú del dispositivo del participante, además la asignación de la práctica de registro de tiro, activado desde la consola de mando.



Figura 3.25. Panel frontal del dispositivo, menú registro

Fuente: Autores.

Una vez que se ha seleccionado la opción de registro, se activará la pantalla “REGISTRO DE TIRO DE ARMAS LIVIANAS” (Figura 3.26) en la que se muestra: los datos para la práctica y del participante (enviados desde la consola de mando), una pantalla de visualización que muestra los impactos en la diana, y los resultados de cada disparo como son: “puntaje, eficiencia, puesto y cantidad de impactos”, dentro del área de la diana.

Los siguientes indicadores: “INICIO REGISTRO”, “SALIR REGISTRO” y “REGISTRO GRABADO” de la pantalla del registro de tiro de armas livianas notifican al participante: el momento en que comienza el registro de tiro, cuando finaliza la práctica y cuando se va grabando cada sesión de tiro.

#### 3.5.2.1.1 Adquisición de imagen

Al momento en que se activa el indicador de inicio de registro, se ha dado paso a la ejecución del ejercicio de registro de tiro por parte de la consola. Este comando permite la inicialización de la configuración de la cámara, permitiendo la adquisición de la imagen de la diana. La figura 3.27 muestra la primera captura de la imagen de la diana.



Figura 3.26. Panel frontal del dispositivo del participante, inicio de registro de tiro de armas  
Fuente: Autores.



Figura 3.27. Imagen capturada con cámara web Genius 320  
Fuente: Autores.

### 3.5.2.1.2 Conversión de imagen a escala de grises

Para realizar el análisis de los impactos, es necesario convertir la imagen adquirida a una imagen en escala de grises, este proceso se realiza al extraer el plano de luminancia de la imagen. La figura 3.28 muestra la imagen de la diana extraído el plano de luminancia.



Figura 3.28. Plano de luminancia de la imagen de la diana

Fuente: Autores.

### 3.5.2.1.3 Guardar imagen

Luego de que se realice una sesión de tiro se debe guardar la imagen para comparar con otra de la siguiente sesión y determinar si existe algún impacto de munición en la diana; este proceso se realiza luego de analizar una imagen adquirida, todas estas imágenes se guardan en escala de grises con una extensión “.bmp” (Figura 3.29).

### 3.5.2.1.4 Análisis del centro de la diana

El análisis de la parte central de la diana es muy importante ya que mediante estos resultados se puede ubicar con precisión la posición y el centro de la diana. Para realizar este análisis se convirtió la imagen de escala de grises en una imagen binarizada (Figura 3.30).



Figura 3.29. Imagen pregrabada

Fuente: Autores.

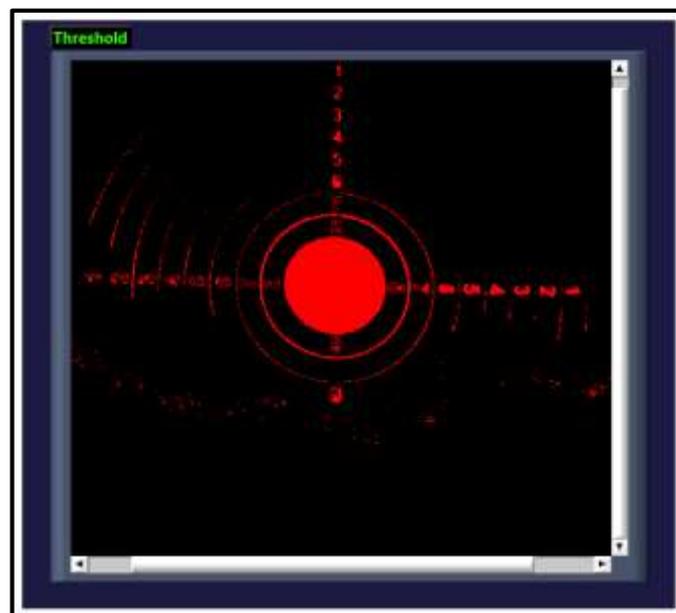


Figura 3.30. Imagen binarizada del centro de la diana

Fuente: Autores.

Para determinar la zona central se realiza un proceso de morfología en toda la imagen, obteniendo como resultado solo el área de color negro (Figura 3.31 a)). La figura 3.31 b) muestra la información del análisis como las coordenadas del centro de la diana que se utilizarán en los procesos posteriores.

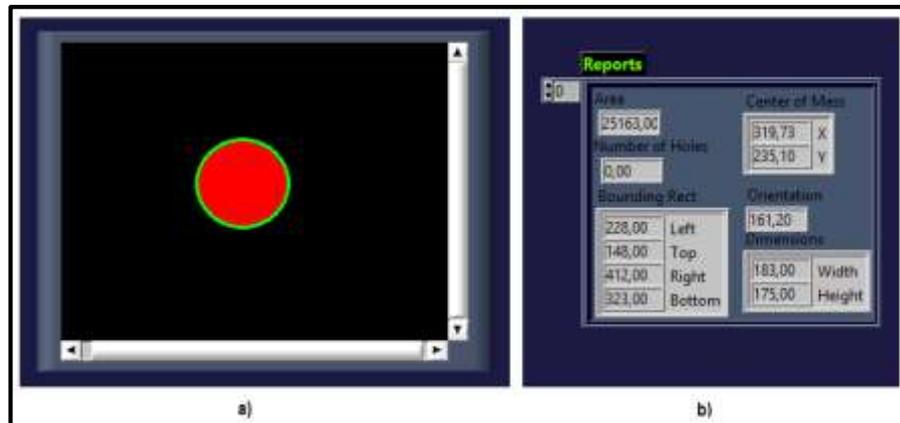


Figura 3.31. a) Parte central de la diana. b) Análisis del centro de la diana

Fuente: Autores.

En la figura 3.32 se muestra la imagen resultante al aplicar la diferencia entre dos imágenes, dando como resultado los posibles impactos en la diana. Esta imagen luego se filtra y procesa para obtener los impactos reales de las ojivas (puntas de las municiones) dentro de las zonas analizadas en la diana.



Figura 3.32. Diferencia entre dos imágenes

Fuente: Autores.

### 3.5.2.1.5 Procesamiento de imagen

Antes de realizar el análisis de los impactos en toda la imagen de la diana, se tiene que hacer un procesamiento previo que permita resaltar los detalles de cada impacto. Los pasos seguidos para obtener los resultados que se presentan a continuación se encuentran detallados en el capítulo 2.

Primeramente se extrae el histograma de la imagen para poder visualizar los valores de las variaciones de las intensidades de los píxeles que conforman la imagen de la diana (Figura 3.33) y definir cuales corresponden a las huellas de los impactos de las ojivas.

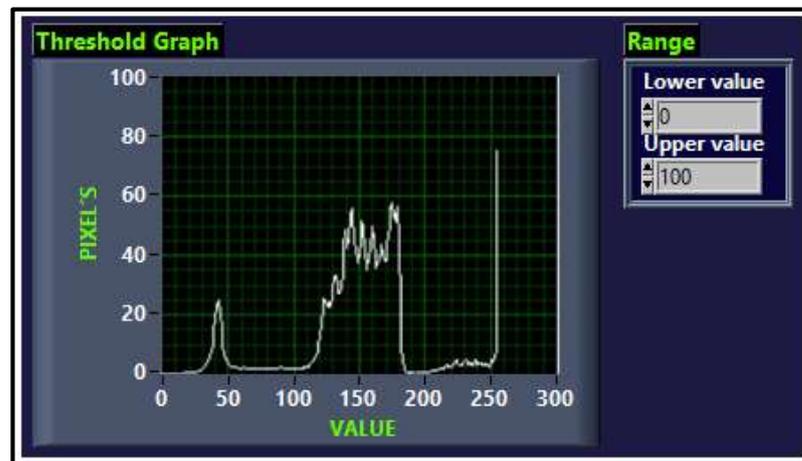


Figura 3.33. Histograma de la imagen de la diana

Fuente: Autores.

Con los valores de intensidad de los píxeles disponibles en el histograma, se puede binarizar la imagen dentro de un rango de valores de interés seleccionado, es decir, se procede a transformar la imagen en escala de grises a una imagen formada por valores de cero o uno (Figura 3.34).

Esta imagen presenta un conjunto de partículas definidas con un solo valor. Se pueden ver que también se encuentran partículas ubicadas sobre el borde de la imagen que no interesan para el análisis y deben ser quitadas. La figura 3.35 muestra el resultado de la eliminación de estas partículas.

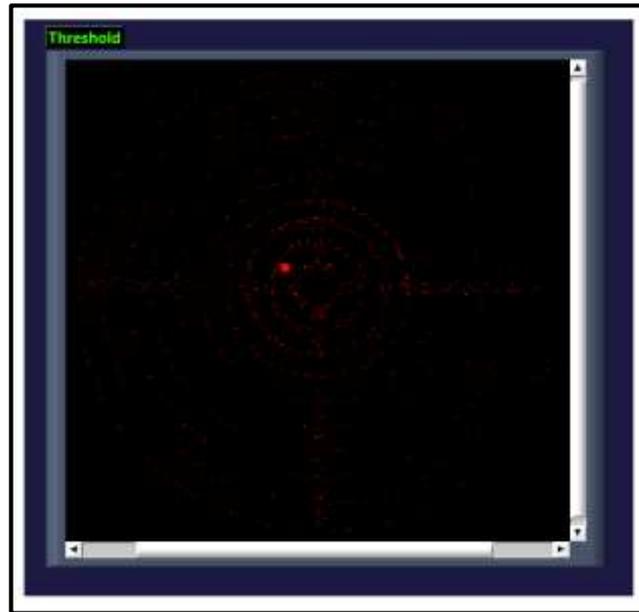


Figura 3.34. Binarización de la imagen de los impactos

Fuente: Autores.

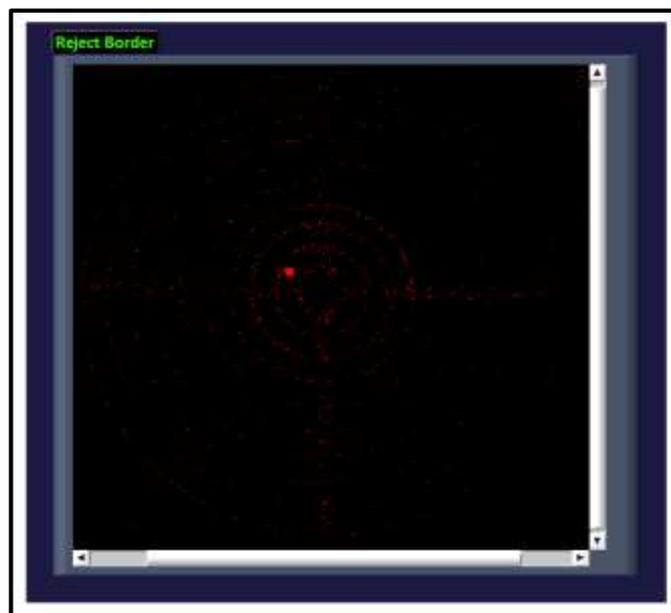


Figura 3.35. Eliminación de bordes de la imagen

Fuente: Autores.

En la imagen obtenida se puede notar partículas dentro de la diana, algunas de estas pueden corresponder a los impactos pero no se distinguen debido a que no están formadas completamente, es decir, puede que existan partículas con huecos, y que deben ser rellenadas. Al aplicar el relleno a las partículas en la imagen anterior de la diana se obtiene una imagen más definida (Figura 3.36).

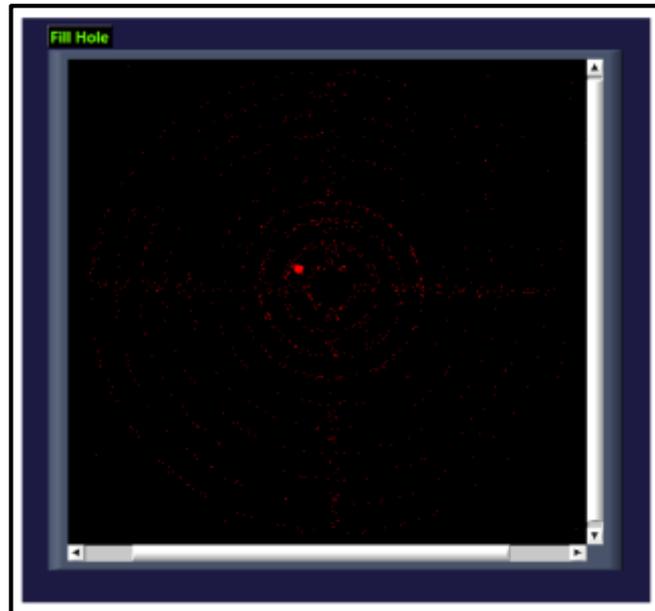


Figura 3.36. Relleno de agujeros en partículas

Fuente: Autores.

Si luego de aplicar un relleno a las partículas y no se distinguen claramente, se procede a realizar una separación de estas partículas (Figura 3.37 a)), ya que pueden estar juntas formando una sola conllevando a la pérdida de información de alguna de ellas. Para eliminar las partículas sobrantes que no forman parte del análisis, se procede a removerlas de la imagen de la diana (Figura 3.37 b)). Si aún quedan partículas pequeñas por eliminar, se aplica una erosión.

Como resultado de la aplicación de morfología se obtiene una imagen limpia que contiene solamente la partícula correspondiente al impacto de la munición en la diana (Figura 3.38 a)). Los detalles de la información como son: las coordenadas del centro y los bordes del rectángulo que contienen la huella de la ojiva, se muestra en la figura 3.38 b)).

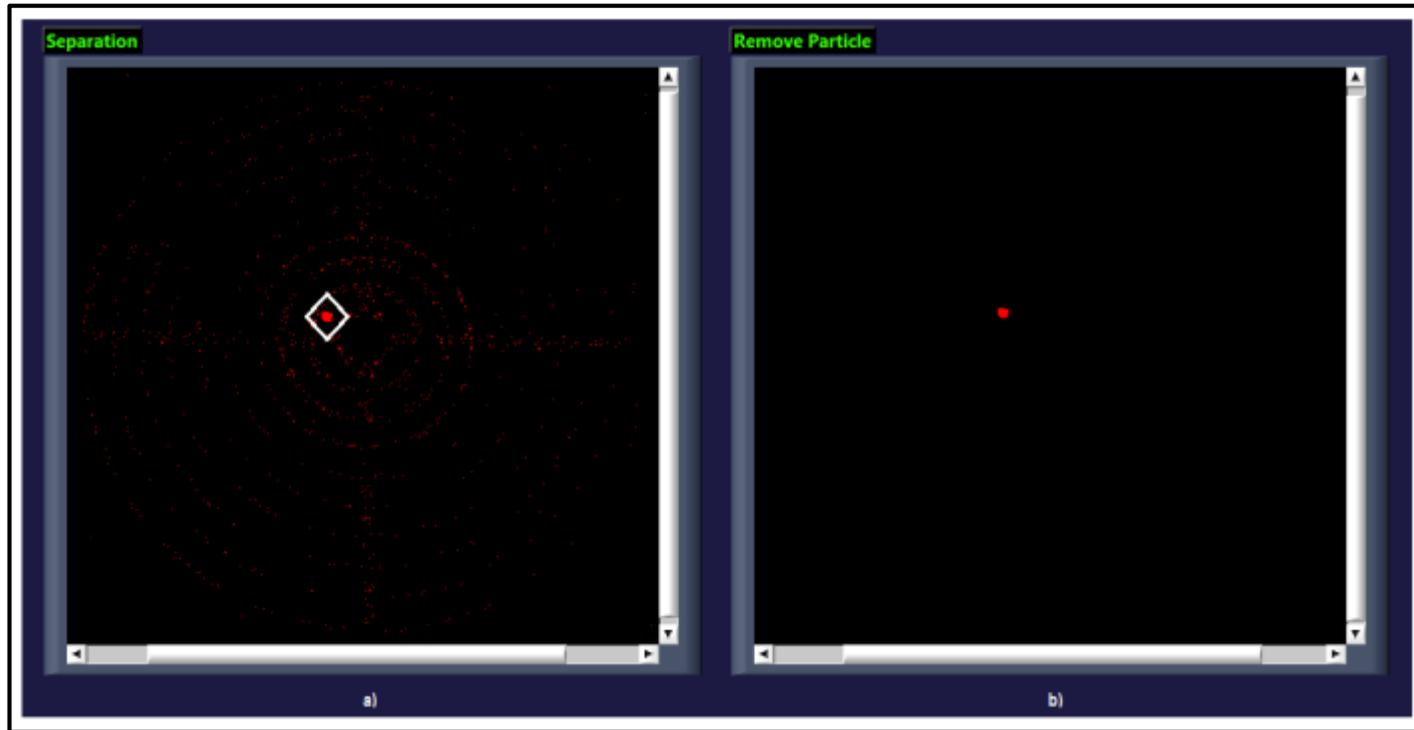


Figura 3.37. a) Separación de partículas. b) Remover partículas

Fuente: Autores.

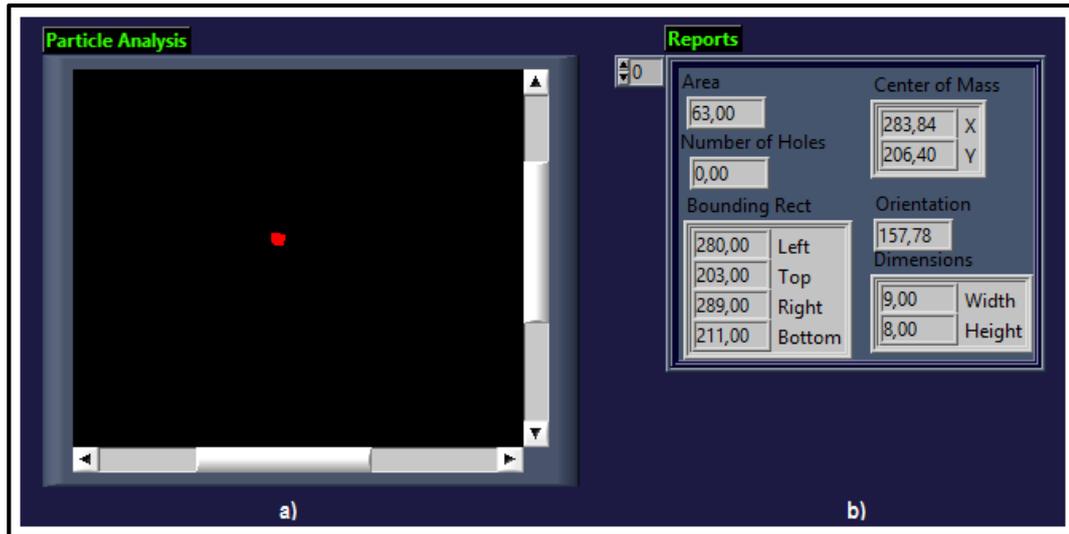


Figura 3.38. a) Resultados del análisis, b) Impacto de la munición en la diana

Fuente: Autores.

### 3.5.2.1.6 Análisis de los impactos

Una vez que se ha obtenido el/los impacto/s mediante el procesamiento de la imagen, se procede a analizar su ubicación con respecto al centro de la diana, su puntaje y el total de impactos dentro de la diana. La figura 3.39 a) muestra los resultados del análisis del impacto en la diana. En los cuales se presenta: la puntuación asignada a un impacto, indicada en la columna “LED”; el rango dentro del cual se encuentra el impacto de la ojiva, se puede ver en la columna “COERCED” (el resultado de la imagen indica que el impacto se encuentra dentro de la zona central de la diana); la columna “T IT”, indica cuantos impactos hay en cada zona marcada por los puntajes del 0 al 10; las columnas “Radio”, indican a que distancia se encuentra el impacto de la zona central de la diana.

“TOTAL DE IMPACTOS”, indica la cantidad total de impactos dentro del área de la diana; “PUNTAJE TOTAL”, representa el total de la puntuación del tirador luego de cada sesión de tiro; “EFICIENCIA,” representa la eficiencia de tiro del participante; “IM DIANA”, representa la cantidad total de impactos en la diana; “CANT TIROS”, es la cantidad de tiros que se debe realizar en una sesión (dato enviado desde la consola de mando). La figura 3.39 b) muestra la superposición de una circunferencia sobre la imagen de la diana, indicando la ubicación del impacto.



En la figura 3.40 a), se muestra un ejemplo de la ubicación de un grupo de impactos dentro de la diana. Para que se pueda visualizar los impactos en la pantalla del dispositivo, se sobrepone una figura con relleno en la imagen que presenta los resultados al tirador (Figura 3.40 b). De tal forma que resalte los impactos existentes y sean visibles luego de disparar el arma.

Luego que el sistema procesa la imagen adquirida y se muestran los resultados en la pantalla de visualización del participante, el supervisor procede a grabar la información del resultado para continuar con otra sesión de tiro. En la figura 3.41 se puede ver el momento en el que interactúan los comandos de la consola de mando sobre los indicadores de “INICIO REGISTRO” y “REGISTRO GRABADO”, de la pantalla del dispositivo del participante.



Figura 3.41. Panel frontal del dispositivo, captura de impacto

Fuente: Autores.

Una vez que se han terminado las lecciones de tiro se presentan los siguientes resultados: puntaje total alcanzado, la eficiencia, el puesto en el que se encuentra ubicado y el total de impactos que se dieron en la diana. En la figura 3.42 se muestra los resultados del registro de tiro de armas de un participante.



Figura 3.40. a) Ubicación de un grupo de impactos. b) Superposición de un grupo de impactos

Fuente: Autores.

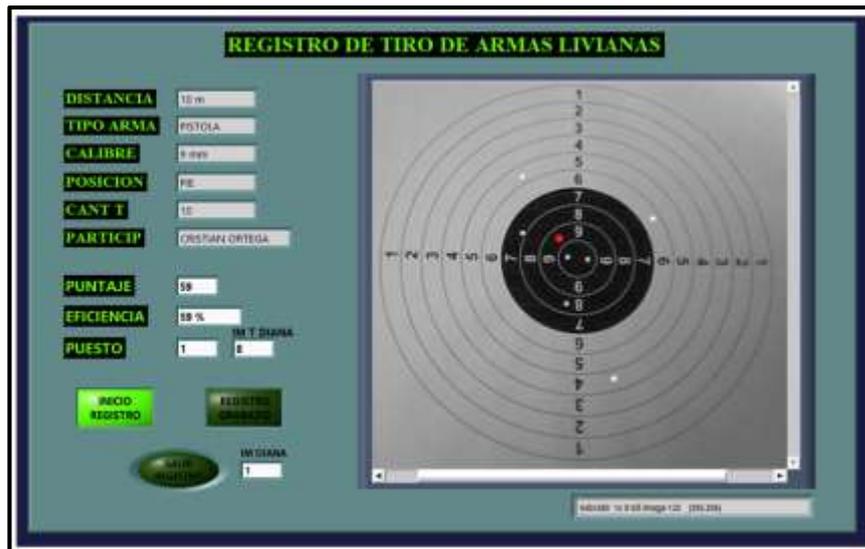


Figura 3.42. Panel frontal del dispositivo, resultado del registro de tiro  
 Fuente: Autores.

### 3.5.2.2 Seriamiento de armas

Al activar la casilla “SERIAMIENTO” desde la consola de mando, se informa al tirador o participante en el menú de la pantalla de su dispositivo que se va a realizar el seriamiento de armas livianas (Figura 3.43), para que a la vez tome posición inicial en la realización de la práctica de tiro.

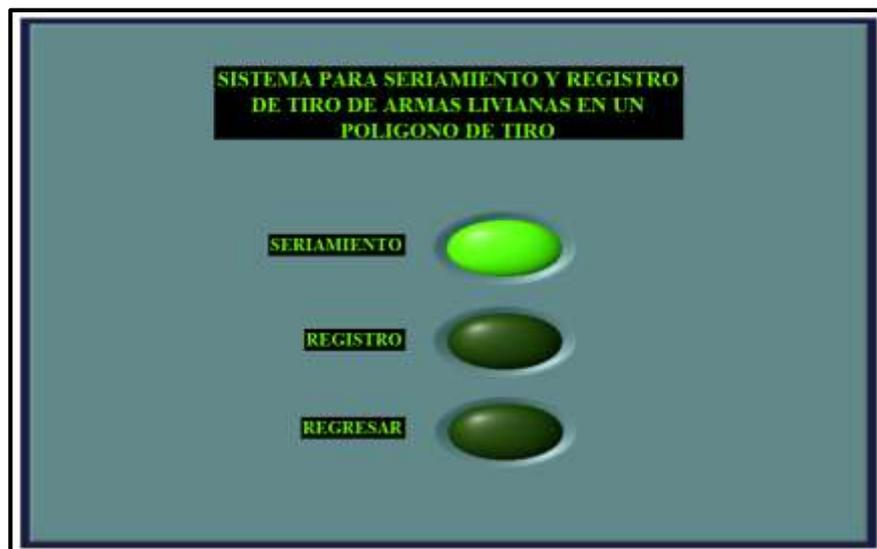


Figura 3.43. Panel frontal del dispositivo, menú seriamiento  
 Fuente: Autores.

Una vez dado inicio al seriamiento desde la consola de mando, el programa del dispositivo del participante se inicializará e indicará la pantalla de “SERIAMIENTO DE TIRO DE ARMAS LIVIANAS” (Figura 3.44). En esta pantalla se puede ver los datos correspondientes a la práctica como son: “DISTANCIA”, “TIPO DE ARMA”, “CALIBRE”, “POSICION”, “CANTIDAD DE TIROS” a realizar, “PARTICIP” (identificación del tirador o participante), enviados previamente desde la consola de mando.



Figura 3.44. Panel frontal del dispositivo, inicio de seriamiento de armas

Fuente: Autores.

Los resultados del procedimiento de captura de imagen de la diana y el procesamiento para el programa del seriamiento de armas son similares al proceso que se realizó en el registro de tiro (sección 3.5.2.1).

### 3.5.2.2.1 Análisis de impactos en la diana

En la práctica del seriamiento de armas, el tirador o participante se ubica a una cierta distancia del blanco de tiro definida por el supervisor y procede a realizar una serie de disparos con la finalidad de verificar en qué lugar de la diana está impactando, hasta llegar a dar en el centro.

El procesamiento de la imagen permite la ubicación de los impactos dentro de las zonas asignadas para el análisis (capítulo 2), estas zonas son: exterior, intermedia e interior. En la figura 3.45 a) se muestra un impacto dentro de la zona exterior y en la figura 3.45 b) un impacto en la zona intermedia de la diana.

La figura 3.46, presenta la ubicación de un impacto en la zona interior de la diana, correspondiente a la parte central del blanco de tiro.



Figura 3.46. Impacto en zona interior de la diana

Fuente: Autores.

### 3.5.2.2.2 Calibración del arma

Dependiendo del cuadrante en que se haya realizado el impacto, el armero (personal especializado en armas) o ayudante, procederá hacer los ajustes de los tornillos que están localizados en los aparatos de puntería, con la finalidad que al terminar la sesión de seriado o calibración del arma, la munición haya impactado en el centro de la diana. Los mecanismos de disparo se pueden ajustar en dirección y elevación (Figura 3.47).

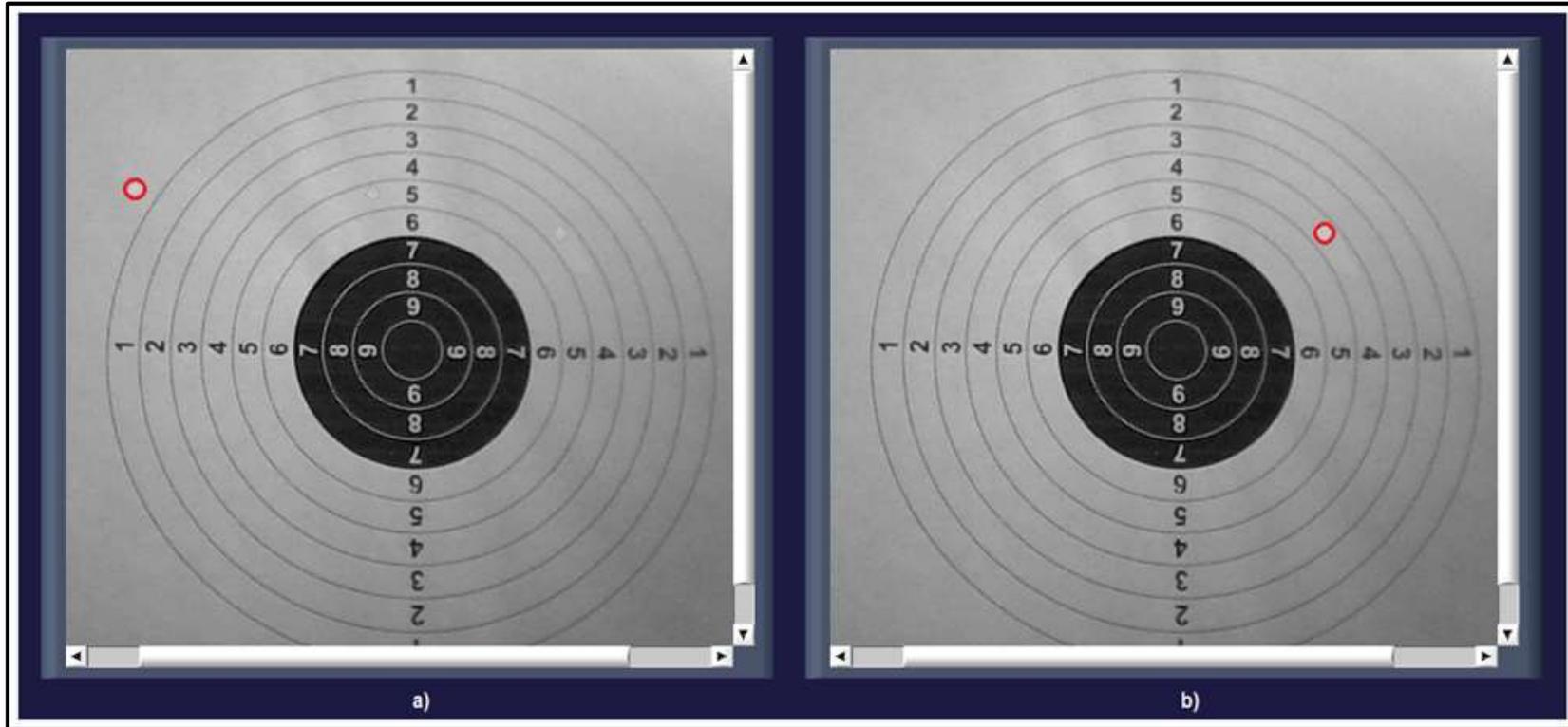


Figura 3.45. a) Impacto en zona exterior de la diana. b) Impacto en zona intermedia de la diana

Fuente: Autores.

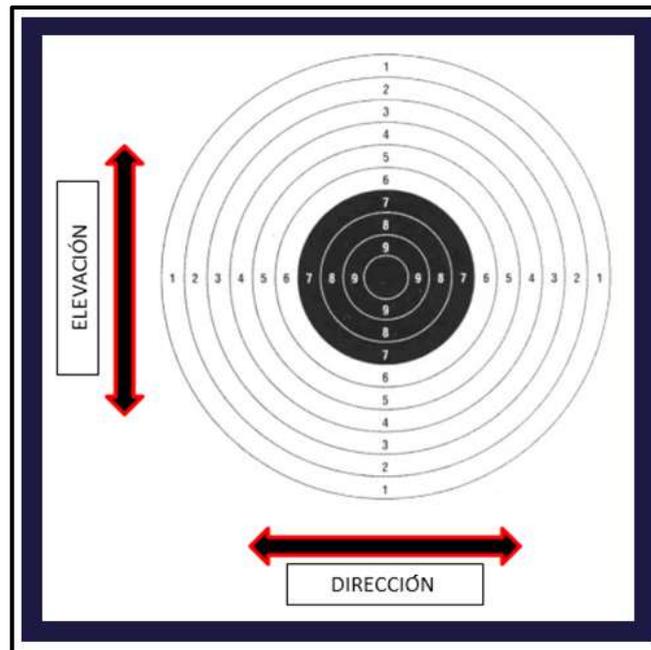


Figura 3.47. Formas de ajuste del arma

Fuente: Autores.

### 3.5.2.2.1 En dirección

Luego de realizar los disparos en la diana, los mecanismos de disparo se deben ajustar en dirección cuando el impacto de la ojiva pega en el lado derecho o izquierdo de la diana. El armero que se encuentra junto al tirador, es el encargado de ajustar o aflojar el tornillo que se encuentra en la parte lateral derecha de los mecanismos de puntería (Figura 3.48).



Figura 3.48. Ajuste del arma en dirección

Fuente: Autores.

### 3.5.2.2.2.2 En elevación

Los mecanismos de disparo se deben ajustar en elevación cuando la ojiva de la munición haya impactado en la mitad inferior o superior de la diana. Para realizar esto, el armero encargado de los mecanismos de puntería, ajusta o afloja el tornillo que se encuentra ubicado en la muesca o aparatos de puntería (Figura 3.49).



Figura 3.49. Ajuste del arma en elevación

Fuente: Autores.

Entonces mientras el tirador va disparando, el armero a su lado va realizando los ajustes correspondientes acorde a los resultados que le entregue el sistema. En la figura 3.50 se presenta el resultado del análisis del impacto y las correcciones que se debe realizar para calibrar el arma; mediante indicadores visuales (flechas) y avisos en las casillas “EJE X” y “EJE Y”, que indican cuanto deben ser calibrados los mecanismos de puntería.

Si existe algún impacto, se notificará en la casilla “I DIANA” la cantidad de impactos. En la pantalla de visualización de la imagen, el impacto de ojiva de la munición se nota en el primer cuadrante de la diana, por lo que el armero debe calibrar los mecanismos de puntería tanto en dirección como en elevación. En dirección, hacia la izquierda de la diana y en elevación, hacia la parte inferior.



Figura 3.50. Panel frontal del dispositivo, calibración del arma

Fuente: Autores.

Luego de cada disparo realizado se va guardando el resultado con la opción “GRAB IMAGE”, si durante el proceso de seriamiento el tirador ha sobrepasado el número de disparos asignado desde la consola, el sistema impedirá continuar con el seriamiento bloqueando las acciones del tirador, a la vez que notifica este evento en la pantalla del dispositivo del participante y en la consola de mando mediante el indicador “AVISERIE”, como se muestra en la figura 3.51.

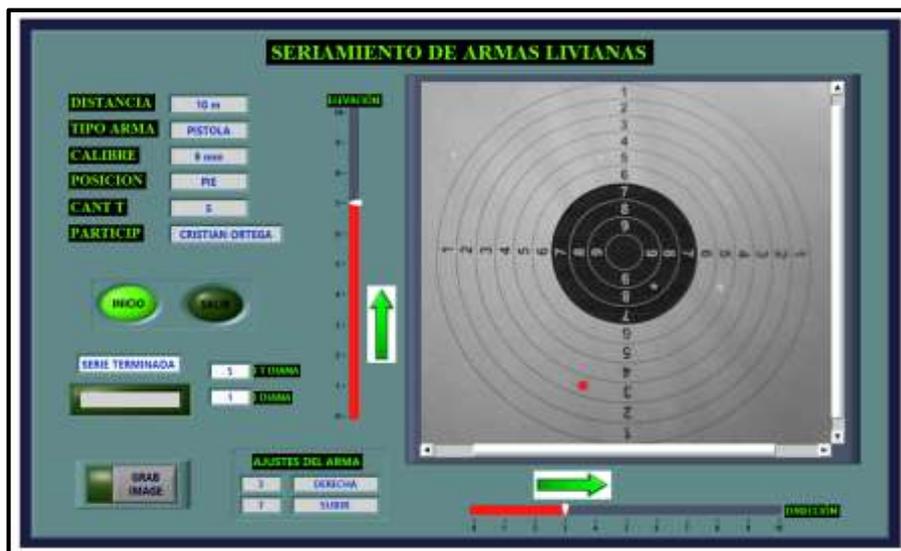


Figura 3.51. Panel frontal del dispositivo, resultado de la serie de tiros

Fuente: Autores.

Caso contrario, si no se termina la serie de tiros y el armero ha logrado calibrar el arma de manera precisa, el tirador podrá realizar una correcta alineación del ojo, el arma y el centro de la diana. Si la ojiva de la munición impactó en el centro de la diana el sistema no indicará ninguna corrección por realizarse en los mecanismos de puntería del arma y presentará solamente un mensaje de “ARMA SERIADA” (Figura 3.52), lo cual quiere decir que el arma está calibrada correctamente.



Figura 3.52. Panel frontal del dispositivo, resultado del arma seriada

Fuente: Autores.

Una vez finalizada la práctica, el sistema reflejará los resultados de todo el proceso en la consola de mando, el supervisor puede seleccionar la opción “SALIR”, para salir de la opción de seriamiento y regresar al menú del dispositivo del participante. Luego de que se han culminado los ejercicios de seriamiento y registro de tiro, se envía desde la consola una instrucción para detener la aplicación del dispositivo del participante. La figura 3.53 muestra el indicador de finalización de la aplicación, “FINALIZAR”.

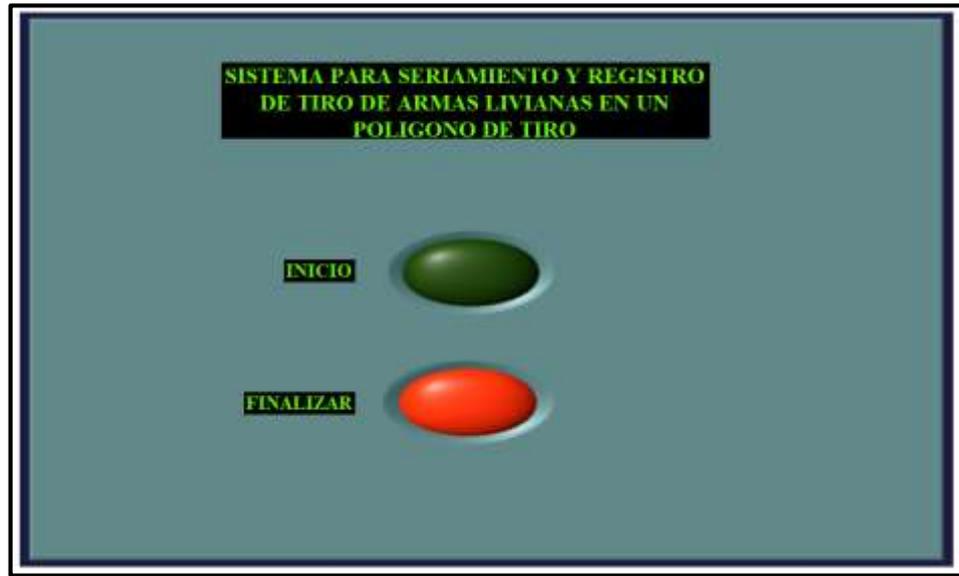


Figura 3.53. Panel frontal del dispositivo, finalización de la aplicación

Fuente: Autores.

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

El desarrollo de la tesis y el programa de aplicación que será empleado en un polígono de tiro, ha permitido que se realicen muchos trabajos de investigación, el diseño del requerimiento, la programación en la plataforma *LabView*, pruebas en los blancos respectivos y la obtención de resultados; lo que de ello ha resultado el progreso y concreción del trabajo final para que pueda ser implementado.

#### 4.1 Pruebas realizadas en tiempo real

Una vez que se han acoplado todos los sistemas para la ejecución de las prácticas, se procedió a realizar las pruebas respectivas del registro de tiro y seriamiento de armas livianas con la finalidad de comprobar su eficacia no solo de la lógica e implementación de los programas, sino también el tiempo en el cual dichas operaciones entregan su resultado.

##### 4.1.1 Comunicación entre equipos

La parte neurálgica de la aplicación se encuentra direccionada desde el panel de control de la consola de mando (Figura 4.1 a)) a través de una red inalámbrica, permitiendo la interacción con el *software* de los dispositivos de los participantes (Figura 4.1 b)). Todas las acciones realizadas en la consola de mando se ven reflejadas en la aplicación del participante. En la figura 4.1, se muestra el momento en que se comanda la inicialización de la aplicación del dispositivo del participante desde la consola de mando.

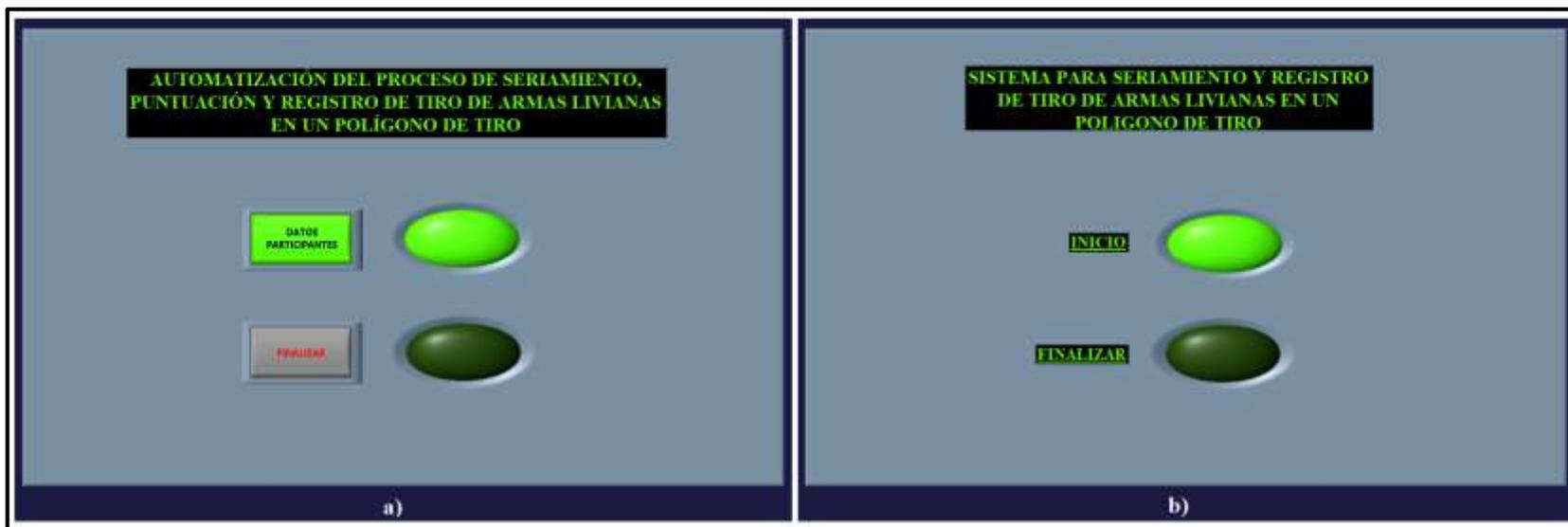


Figura 4.1. a) Comando desde la consola. b) Control del dispositivo del participante

Fuente: Autores.

#### **4.1.2 Envío y recepción de datos**

Desde la pantalla del dispositivo del supervisor “datos para los participantes” (en la consola de mando), se pueden ingresar los datos generales correspondientes a la práctica o ejercicio de tiro, para luego ser enviados a cada uno de los dispositivos de los participantes. Mediante *software* se organizan todos los datos en una sola variable compartida antes de cargarlos en la red, en la figura 4.2 a) se muestra la disposición de estos datos. En la figura 4.2.b) se puede ver la recepción de los datos en la pantalla de los participantes luego de ser enviados desde la consola de mando.

#### **4.1.3 Envío y recepción de resultados de registro de tiro**

El sistema del dispositivo del participante realiza la detección de los impactos de las ojivas (puntas de las municiones) en la diana cada vez que se realiza una serie de tiros, pero el supervisor es el encargado de recopilar todos los resultados que le entrega el sistema en la consola de mando. El envío de los resultados desde el dispositivo del participante se da cada vez que se activa el indicador “REGISTRO GRABADO” (Figura 4.3 a). La consola de mando receipta los resultados que se van generando de cada una de las series de tiro, el estadístico que obtiene de todos los resultados los acumula en forma ordenada y los muestra en pantalla, como en la figura 4.3 b) perteneciente a la consola de mando.

#### **4.1.4 Envío y recepción de resultados de seriamiento de armas**

En el seriamiento de armas, el envío de los resultados de cada sesión de tiro lo realiza el participante, ya que en esta práctica existe un defase en la sincronización de los participantes, debido a que cada uno tiene que realizar el proceso de calibración de los aparatos de puntería de las armas asignadas. Luego de realizar el disparo, el sistema del dispositivo del participante le entrega su resultado en pantalla. El participante envía el resultado hacia la consola de mando en el momento en que graba el impacto presente en la diana (Figura 4.4 a). La consola de mando recibe cada uno de los resultados guardados por el participante, los actualiza, organiza y muestra en la pantalla del dispositivo del supervisor (Figura 4.4 b).



Figura 4.2. a) Datos desde la consola. b) Datos recibidos en el dispositivo del participante

Fuente: Autores.

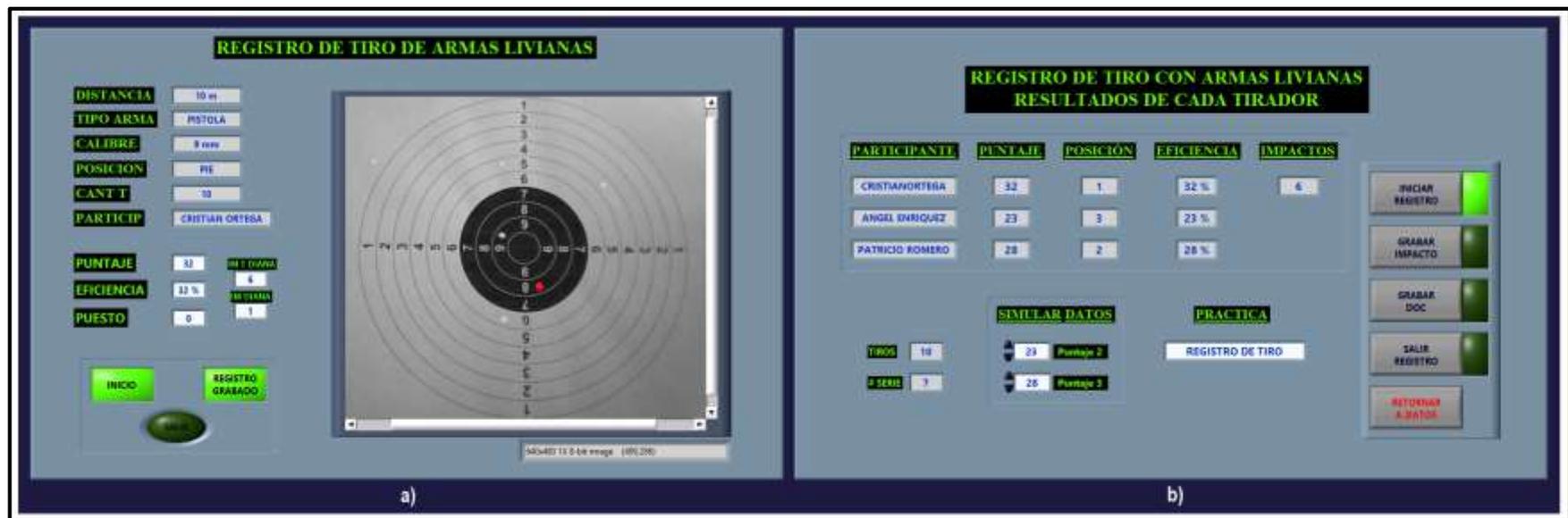


Figura 4.3. a) Envío de resultados de registro de tiro. b) Recepción de resultados de registro de tiro

Fuente: Autores.



Figura 4.4. a) Envío de resultados de seriamiento de armas. b) Recepción de resultados de seriamiento de armas

Fuente: Autores.

## **4.2 Análisis de las pruebas y muestra detallada de los resultados de cada lección de tiro efectuada por los tiradores o participantes**

Los detalles de los resultados descritos a continuación corresponden a pruebas realizadas con los siguientes datos:

Distancia de la línea de fuego respecto a la línea de blanco: 10 metros,

El tipo de arma a ocupar: pistola, fusil,

El calibre de la munición: 9mm, 5.56mm,

La posición al momento de ejecutar el disparo: tendido, de rodilla, pie o de combate,

La cantidad de tiros a ejecutar por ejercicio: 10 tiros,

Identificación de los participantes: CRISTIAN ORTEGA, ÁNGEL ENRÍQUEZ, PATRICIO ROMERO.

- La distancia de disparo, la posición del participante, la cantidad de tiros y la identificación de los participantes, son datos variables, dispuestos por el supervisor que lleva a cabo la práctica o entrenamiento de tiro.
- Para cada ejercicio se utiliza un tipo de arma, para el registro de tiro se utiliza una pistola, en tanto que para el seriamiento de armas se utiliza un fusil.
- El calibre de la munición se escoge de acuerdo al tipo de arma, esto es, para una pistola se utiliza el calibre 9mm y para el fusil el calibre 5.56mm.

### **4.2.1 Registro de tiro en el dispositivo del participante**

El resultado del registro de tiro descrito a continuación corresponde solo a un participante. Los resultados de los otros dos participantes son simulados, esto con la finalidad de poder visualizar las variaciones en los resultados totales de la práctica de tiro. Para el registro de tiro se ingresaron los siguientes datos desde la consola de mando:

- Distancia: 10 metros,
- Tipo de arma: PISTOLA,
- Calibre: 9mm,
- Posición: PIE,
- Cantidad de tiros: 10.

#### 4.2.1.1 Resultado de una serie de tiros

Al iniciar el entrenamiento, por cada disparo que ejecute el participante, aparecerá en su pantalla la información sobre su resultado. En la figura 4.5 se puede ver la información de una serie de tiro ejecutada por el participante 1, con el siguiente resultado:

- Puntaje: 63
- Puesto: 1
- Eficiencia: 63 %



Figura 4.5. Resultado individual de registro de una serie de tiro

Fuente: Autores.

El participante 1 ha obtenido: un puntaje de 63 puntos, ubicándose en el primer puesto de entre tres participantes; una eficiencia del 63 %; el dato de la hora y fecha en que el supervisor ha registrado el impacto de la ojiva (punta de la munición) en la diana. Todos los resultados del participante 1 están previamente ordenados antes de ser enviados a la consola de mando.

#### 4.2.1.2 Resultado de varias series de tiros

Luego de realizar las series de tiros e ir registrando cada una, los resultados se van acumulando uno a continuación de otro de acuerdo a como se vayan presentando los impactos. En la figura 4.6 se muestra la acumulación de los resultados individuales de un solo participante.

Se puede notar la variación del puntaje, puesto y eficiencia, que va adquiriendo después de cada sesión de tiro. Inicialmente tuvo un puntaje de 8 puntos, el primer puesto y una eficiencia de 8 %; mientras que en la cuarta sesión ha obtenido un puntaje de 25 puntos, continuando en el primer puesto y una eficiencia del 25%.

R Resultados Participante1	
0	CRISTIAN ORTEGA 8 1 8% 15:18 mié, 28 de ago de 2013
	CRISTIAN ORTEGA 8 1 8% 15:21 mié, 28 de ago de 2013
	CRISTIAN ORTEGA 18 1 18% 15:23 mié, 28 de ago de 2013
	CRISTIAN ORTEGA 25 1 25% 15:24 mié, 28 de ago de 2013

Figura 4.6. Resultado individual de registro de varias series de tiros

Fuente: Autores.

#### 4.2.2 Seriamiento de armas en el dispositivo del participante

Los resultados del seriamiento de armas que se detallan a continuación corresponden de igual manera solo a un participante, los resultados de los demás participantes son simulados. Para el seriamiento de armas se ingresaron los siguientes datos desde la consola de mando:

- Distancia: 10 metros,
- Tipo de arma: FUSIL,
- Calibre: 5.56mm,
- Posición: ACOSTADO,
- Cantidad de tiros: 10.

##### 4.2.2.1 Resultado de una sesión de tiro

Como se mencionó en el capítulo anterior el resultado del seriamiento de un arma depende mucho de la alineación del ojo del participante, los aparatos de puntería y la diana, por lo que, el participante puede llegar a seriar el arma luego de ejecutar unos pocos disparos como también puede conllevar a realizar varios intentos.

Generalmente un arma queda seriada a los cinco o seis disparos, esto tomado como referencia los resultados de prácticas efectuadas por personal diestro en este deporte. El sistema del dispositivo del participante indicará en su pantalla sobre sus resultados. En la figura 4.7 se muestra la información que entrega el sistema luego de la ejecución de un disparo:

- Participante: CRISTIAN ORTEGA
- Cantidad de tiros realizados: 10
- Aviso de seriamiento: ARMA SERIADA
- Aviso sobre la serie: ninguna



Figura 4.7. Resultado individual del seriamiento de armas en una serie de tiro

Fuente: Autores.

El resultado anterior corresponde al participante1, quien ha seriado el fusil en la sesión de tiro número diez; en este resultado no se incluye el aviso sobre la serie, ya que el arma fue seriada dentro de la cantidad de tiros asignada. Al final del resultado se incluye la hora y fecha en la que se registró ese impacto.

#### 4.2.2.2 Resultado de varias sesiones

Conforme se va desarrollando el seriamiento, se van presentando los datos en forma individual y acumulándose de forma ordenada luego de cada sesión. En la figura 4.8 a) se muestra los resultados individuales del seriamiento de armas del participante 1 en el que consta la cantidad de veces que ha realizado los disparos, de igual manera en la figura 4.8 b) se muestra los resultados del participante 2. Se puede notar que el participante 1 ha realizado diez disparos hasta conseguir seriar el arma, en tanto que el participante 2 realizó solamente cinco disparos hasta conseguir seriar el arma.



Figura 4.8. Resultado individual del seriamiento en varias sesiones, a) participante 1. b) participante 2

Fuente: Autores.

### 4.2.3 Resultados de la práctica de registro de tiro en la consola

Una vez concluida la práctica de registro de tiro, en la consola de mando se crea un informe compuesto por los resultados de todos los participantes. Este informe es el modelo del documento que se guardará en la base de datos. El diseño del informe (Figura 4.9) es personalizado, este consta de un encabezado y cuerpo del documento.

El encabezado está formado por:

- Datos de los Participantes: Son todos los datos que se entregaron inicialmente.
- Fecha: hace referencia a cuando se realizó la práctica.
- Hora: es el registro del instante en el que se guardó el informe en la base de datos.

El cuerpo del documento está conformado por los resultados de los participantes, los mismos que son:

- Tirador: se refiere a la identificación de cada participante.
- Puntaje: consta cada una de las puntuaciones adquiridas.
- Posición: la posición de cada uno de los participantes.
- Eficiencia: es la eficiencia del disparo.
- Fecha y Hora: es el instante en el que se registró cada uno de los impactos.

<b>DISEÑO INFORME REGISTRO</b>			
<b>RESULTADOS DE LA PRACTICA DE TIRO</b>			
<b>DATOS DE LA COMPETENCIA</b>			
DISTANCIA: 10 m			
TIPO DE ARMA: PISTOLA			
CALIBRE: 9 mm			
POSICION: PIE			
CANT TIROS: 10			
Fecha: Wed, Ago 28, 2013			
Hora: 16:03			
<b>TIRADOR</b>	<b>PUNTAJE</b>	<b>POSICION</b>	<b>EFICIENCIA</b>
CRISTIAN ORTEGA	8 1	8%	15:18 mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	0 2	0%	15:18 mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	0 2	0%	15:18 mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	8 1	8%	15:21 mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	0 2	0%	15:21 mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	0 2	0%	15:21 mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	18 1	18%	15:23 mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	5 2	5%	15:23 mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	0 3	0%	15:23 mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	25 1	25%	15:24 mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	11 2	11%	15:24 mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	6 3	6%	15:24 mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	34 1	34%	15:30 mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	20 2	20%	15:30 mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	16 3	16%	15:30 mié, 28 de ago de 2013

Figura 4.9. Diseño del informe del registro de tiro

Fuente: Autores.

#### **4.2.4 Resultados de la práctica de seriamiento de armas en la consola**

Al igual que el registro de tiro, luego de culminar la práctica de seriamiento de armas se genera un informe que indica los resultados en forma colectiva de cada disparo y cuándo se ha impactado en el centro de la diana. La estructura del informe de los resultados del seriamiento de armas de todos los participantes consta de un encabezado y cuerpo del documento (Figura 4.10).

El encabezado está formado por:

- Datos de los Participantes: Todos los datos entregados inicialmente.
- Fecha: hace referencia a cuando se realizó la práctica.
- Hora: es el registro del instante en el que se guardó el informe en la base de datos.

El cuerpo del documento está conformado por todos los resultados de los participantes en los que consta:

- Tirador: es la identificación de cada participante.
- C Serie: es el aviso de las series efectuadas por el participante cantidad de munición empleada.
- Impactos: es la cantidad de impactos detectados en la diana.
- Estado: indica el estado del arma cuando se ha impactado en la zona interior (area central) de la diana.

**DISEÑO INFORME SERIAMIENTO**

**RESULTADOS DE LA PRACTICA DE TIRO**

**DATOS DE LA COMPETENCIA**  
DISTANCIA: 10 m  
TIPO DE ARMA: FUSIL  
CALIBRE: 5.56 mm  
POSICION: ACOSTADO  
CANT TIROS: 10

Fecha: Wed, Ago 28, 2013  
Hora: 17:34

**TIRADOR C SERIE IMPACTOS ESTADO**

CRISTIAN ORTEGA 1 17:17 mié, 28 de ago de 2013  
ANGEL ENRIQUEZ 0 17:17 mié, 28 de ago de 2013  
PATRICIO ROMERO 0 17:17 mié, 28 de ago de 2013

CRISTIAN ORTEGA 2 17:18 mié, 28 de ago de 2013  
ANGEL ENRIQUEZ 1 17:18 mié, 28 de ago de 2013  
PATRICIO ROMERO 0 17:18 mié, 28 de ago de 2013

CRISTIAN ORTEGA 8 17:27 mié, 28 de ago de 2013  
ANGEL ENRIQUEZ 5 ARMA SERIADA 17:27 mié, 28 de ago de 2013  
PATRICIO ROMERO 0 17:27 mié, 28 de ago de 2013

CRISTIAN ORTEGA 9 17:29 mié, 28 de ago de 2013  
ANGEL ENRIQUEZ 5 ARMA SERIADA 17:29 mié, 28 de ago de 2013  
PATRICIO ROMERO 2 17:29 mié, 28 de ago de 2013

CRISTIAN ORTEGA SERIE TERMINADA 10 ARMA SERIADA 17:31 mié, 28 de ago de 2013  
ANGEL ENRIQUEZ 5 ARMA SERIADA 17:31 mié, 28 de ago de 2013  
PATRICIO ROMERO 3 ARMA SERIADA 17:31 mié, 28 de ago de 2013

Figura 4.10. Diseño del informe del seriamiento de armas

Fuente: Autores.

#### 4.2.5 Informe de la práctica de registro de tiro en polígono cerrado

Una de las características relevantes del programa es que, una vez finalizada la competencia o entrenamiento, se puede tener los resultados inmediatamente e incluso pueden ser impresos para constancia física. En el informe de la práctica de registro de tiro se ven reflejados todos los resultados de cada participante desde el momento en que inició hasta cuando el supervisor da por terminada (Figura 4.11). De los resultados se puede destacar: el puntaje adquirido por los participantes en cada sesión de tiro, la posición (1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup> o 3<sup>ra</sup>) al momento que adquiere un cierto puntaje respecto a los demás y la eficiencia en los tiros.

En el primer disparo el participante 1 ha obtenido un puntaje de 8, durante las siguientes sesiones su puntaje se va incrementando hasta la última sesión en la que acumula un puntaje de 63 puntos correspondientes a las 10 sesiones de tiro asignadas. El participante 2 y participante 3, iniciaron con un puntaje de 0, esto quiere decir que no se detectó ningún impacto en la diana o que se haya impactado en una zona fuera de los anillos puntuados. Al continuar con la sesión se puede notar que existen variaciones en los puntajes, alcanzando al final 46 puntos el participante 2 y 41 puntos el participante 3. Lo ideal hubiese sido que los participantes alcanzaran un máximo de 100 puntos al impactar en el centro de la diana, para un total de 10 tiros establecidos a cada tirador.

El participante 1, inicialmente obtuvo la primera posición ya que tenía la máxima puntuación de entre los tres participantes; los participantes 2 y 3, obtuvieron la segunda posición al no tener ningún puntaje. En el avance de las ejecuciones de tiro se puede ver como varía la posición de cada participante acorde a la puntuación adquirida. Las posiciones finales de cada participante son asignadas de acuerdo al puntaje mayor: al participante 1, le corresponde la primera posición; al participante 2, la segunda posición; al participante 3, la tercera posición.

La eficiencia de tiro de los participantes inicialmente fue de: 8%, para el participante 1; 0%, para el participante 2 y 3. En tanto que al culminar la práctica obtuvieron una eficiencia de: 62% el participante 1, 46% el participante 2 y 41% el participante 3.

RESULTADOS DE LA PRACTICA DE TIRO					
DATOS DE LA COMPETENCIA					
DISTANCIA:	10 m				
TIPO DE ARMA:	PISTOLA				
CALIBRE:	9 mm				
POSICION:	PIE				
CANT TIROS:	10				
Fecha:	Wed, Aug 28, 2013				
Hora:	16:03				
TIRADOR	PUNTAJE	POSICION	EFICIENCIA		
CRISTIAN ORTEGA	8	1	8%	15:18	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	0	2	0%	15:18	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	0	2	0%	15:18	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	8	1	8%	15:21	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	0	2	0%	15:21	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	0	2	0%	15:21	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	18	1	18%	15:23	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	5	2	5%	15:23	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	0	3	0%	15:23	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	25	1	25%	15:24	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	11	2	11%	15:24	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	6	3	6%	15:24	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	34	1	34%	15:30	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	20	2	20%	15:30	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	16	3	16%	15:30	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	44	1	44%	15:48	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	23	3	23%	15:48	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	26	2	26%	15:48	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	44	1	44%	15:49	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	30	3	30%	15:49	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	31	2	31%	15:49	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	44	1	44%	15:50	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	38	2	38%	15:50	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	37	3	37%	15:50	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	54	1	54%	15:51	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	42	3	42%	15:51	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	43	2	43%	15:51	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	63	1	63%	15:52	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ	46	2	46%	15:52	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO	41	3	41%	15:52	mié, 28 de ago de 2013

Figura 4.11. Informe del registro de tiro de armas

Fuente: Autores.

#### 4.2.6 Informe de la práctica de seriamiento de armas en polígono cerrado

Mediante el informe de la práctica de seriamiento de armas, el supervisor obtiene los resultados generales de los fusiles seriados y la cantidad de munición empleada por cada uno de los participantes. En la figura 4.12 se puede ver el informe de los resultados del seriamiento de armas en el que se destaca: la cantidad de munición utilizada, el total de impactos dentro de la diana y el estado del arma.

Inicialmente en el primer disparo, el participante 1 ha conseguido un impacto en la diana, el participante 2 y participante 3 no han obtenido impacto alguno dentro de la diana. En el segundo y tercer disparo se puede notar que existe una diferencia en la realización del disparo. Esto debido al tiempo que conlleva la calibración del arma, la ejecución del tiro hasta el instante en que se registra el nuevo impacto.

Mientras continúa el seriamiento se puede notar la cantidad de munición ocupada luego de cada tiro, este resultado se encuentra en la columna “C SERIE” del informe. La columna “IMPACTOS D” contiene la cantidad de tiros registrados dentro del area de la diana.

Durante toda la práctica, el participante 1 ha empleado 10 municiones, de las cuales han impactado todas; el participante 2 ha empleado 6 municiones, de las cuales han impactado en la diana 5; el participante 3 ha empleado 5 municiones, de las que han impactado 3. Verificando de esta manera que un participante puede llegar a seriar el arma con el empleo de poca munición.

La columna “ESTADO”, representa un aviso del momento en que el fusil ha sido calibrado correctamente. El participante 1, ha llegado a seriar el arma en el decimo impacto; el participante 2, ha seriado el arma en el quinto impacto; el participante 3, ha seriado el arma en el tercer impacto.

RESULTADOS DE LA PRACTICA DE TIRO					
DATOS DE LA COMPETENCIA					
DISTANCIA:	10 m				
TIPO DE ARMA:	FUSIL				
CALIBRE:	5.56 mm				
POSICION:	ACOSTADO				
CANT TIROS:	10				
Fecha:	Wed, Aug 28, 2013				
Hora:	17:34				
TIRADOR	C SERIE	IMPACTOS D	ESTADO		
CRISTIAN ORTEGA		1		17:17	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ		0		17:17	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO		0		17:17	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA		2		17:18	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ		1		17:18	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO		0		17:18	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA		3		17:20	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ		2		17:20	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO		0		17:20	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA		4		17:21	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ		2		17:21	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO		1		17:21	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA		5		17:22	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ		3		17:22	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO		1		17:22	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA		6		17:23	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ		4		17:23	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO		1		17:23	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA		7		17:26	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ		5	ARMA SERIADA	17:26	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO		2		17:26	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA		8		17:27	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ		5	ARMA SERIADA	17:27	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO		2		17:27	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA		9		17:29	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ		5	ARMA SERIADA	17:29	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO		2		17:29	mié, 28 de ago de 2013
CRISTIAN ORTEGA	SERIE TERMINADA	10	ARMA SERIADA	17:31	mié, 28 de ago de 2013
ANGEL ENRIQUEZ		5	ARMA SERIADA	17:31	mié, 28 de ago de 2013
PATRICIO ROMERO		3	ARMA SERIADA	17:31	mié, 28 de ago de 2013

Figura 4.12. Informe del seriamiento de armas

Fuente: Autores.

### **4.3 Elaboración del instructivo del proyecto**

La elaboración del instructivo del sistema de automatización del proceso de seriamiento, puntuación y registro de tiro de armas livianas en un polígono de tiro, servirá de guía para el manejo y empleo del proyecto. Contiene una serie de pasos a seguir que permite al usuario acoplarse al sistema y lograr llevar a cabo los ejercicios de tiro de una manera más eficiente.

#### **4.3.1 Referencias**

- Esquemas generales del diseño de software del proyecto: “Automatización del proceso de seriamiento, puntuación y registro de tiro de armas livianas en un polígono de tiro”.
- Manual de Normas de Seguridad Terrestre, Aéreo, Fluvial e Industrial (MCP-110-26).

#### **4.3.2 Antecedentes**

- Las FFAA., en la preparación militar tiene entre sus planes de instrucción la materia de tiro, en el cual se capacita al personal militar sobre el conocimiento, entrenamiento y uso de las armas de fuego.
- Las armas que actualmente disponen las FFAA. son: el fusil H&K 5.56mm y los diferentes tipos de pistolas todas ellas de 9 mm.
- El personal militar realiza constantemente entrenamientos de tiro con las armas de fuego.
- Los polígonos de tiro que disponen las FFAA., no cuentan con sistemas de automatización ni control.
- El registro de las lecciones de tiro se lo realiza en forma manual y para ello se pierde valioso tiempo.

### **4.3.3 Objetivos**

- Alcanzar un alto grado de eficiencia en el empleo del sistema de “automatización del proceso de seriamiento, puntuación y registro de tiro de armas livianas en un polígono de tiro”.
- Lograr la utilización óptima del software y sus aplicaciones.
- Alcanzar un empleo efectivo del sistema por parte de los participantes y el personal que controla la consola.

### **4.3.4 Finalidad**

Impartir disposiciones que orienten el empleo del sistema de seriamiento, puntuación y registro de tiro de armas livianas en un polígono de tiro, a fin de lograr cumplir un alto grado de conocimiento sobre el manejo y utilización del sistema, sus aplicaciones en la consola de mando y en los dispositivos empleados.

### **4.3.5 Disposiciones generales**

- El programa consta de dos interfaces que serán empleadas de la siguiente manera:
  - Consola de mando, estará controlado por una persona con el conocimiento para salida e ingreso de datos como son: parámetros sobre los participantes y los resultados generales e individuales de los participantes, respectivamente.
  - Dispositivo móvil, será empleado por cada participante en el seriamiento y registro de tiro, y servirá solo para que conozca sus resultados en tiempo real.
- El sistema podrá ser instalado en cualquier polígono, sin importar si es abierto o cerrado.
- Se requiere que la infraestructura para comunicación sea inalámbrica.
- Los equipos por ser de características industriales deben ser tratados con cuidado.

### **4.3.6 Empleo**

#### **4.3.6.1 En la consola de mando**

El supervisor

- Será el responsable del mantenimiento de los dispositivos.
- Es el responsable del ingreso de los datos según el formato del sistema: nombres y apellidos de los participantes, tipo de arma, calibre de la munición, número de cartuchos y la habilitación de las posiciones de los tiradores.
- Consolidar los resultados finales por participante y por grupo.
- En caso de existir fallas en el sistema, suspenderá el control de tiro por este método.
- Es el responsable del equipo a su mando.

El técnico:

- Revisará que el sistema esté instalado antes de cada lección de tiro.
- Instalará los equipos antes de cada lección de tiro.
- Verificará continuamente la infraestructura instalada.
- Se encargará del mantenimiento del software de las aplicaciones.

#### **4.3.6.2 En la ejecución de los ejercicios de tiro**

##### **4.3.6.2.1 El supervisor**

- Ingresará a la aplicación de la consola de mando.
- Se visualizará la pantalla inicial “sistema para seriamiento y registro de tiro de armas livianas en un polígono de tiro”.
- Se inicializa la aplicación para los tiradores al escoger la opción “DATOS PARA LOS PARTICIPANTES”.
- Para salir del sistema una vez terminada las prácticas, seleccionar la opción “STOP CONSOLA”, ésta también finalizará la aplicación de los dispositivos de los participantes simultaneamente.

- En la pantalla “datos para los participantes” se ingresa los siguientes datos:
  - Distancia a la cual se realizará el tiro.
  - Tipo de arma.
  - Calibre del arma.
  - Posición en la cual va a disparar.
  - Identificación de los participantes.

Datos para el registro de tiro:

Distancia: 10, 25, 50, 100, 200 o 300 metros (competencia o entrenamiento).

Tipo de arma: FUSIL, PISTOLA.

Calibre: 9mm.

Posición: tendido, rodilla, pie o de combate.

Cantidad de tiros: asignación de tiros por ejercicio.

Participantes: asignados de forma particular.

Datos para el seriamiento de armas:

Distancia: 10 o 25 metros.

Tipo de arma: FUSIL.

Calibre: 5.56mm.

Posición: tendido, rodilla, pie o de combate.

Cantidad de tiros: asignación de tiros por ejercicio.

Participantes: asignados de forma particular.

- Si requiere modificar los datos, seleccionar la opción “BORAR DATOS”, caso contrario, seleccionar la opción “PASAR DATOS”, para enviar a los dispositivos de los participantes.
- Las opciones “REGISTRO” o “SERIAMIENTO”, permiten escoger la práctica a realizar. Al seleccionar una de ellas también se activarán las opciones en el menú del dispositivo de los participantes.
- La opción “REGRESAR”, permite volver a la pantalla inicial del sistema.

- Al ingresar a la pantalla “registro de tiro de armas” se visualizará los resultados de las sesiones de tiro de todos los participantes como son: puntaje, posición, eficiencia, el total de impactos en la diana y la cantidad de munición empleada.
- La opción “INICIO REGISTRO”, inicializa el proceso de registro de tiro en el dispositivo del participante.
- Para grabar cada sesión de tiro, se selecciona la opción “GRAB IMPACTO”.
- Para guardar un informe de los resultados totales del registro de tiro en la base de datos, se debe especificar el nombre de la práctica en el campo de texto “FILE NAME” y luego seleccionar la opción “GRAB DOC”.
- La opción “SALIR REG”, permite detener el registro de tiro en el dispositivo del participante.
- La opción “RETORNAR A DATOS”, regresa a la pantalla “datos para los participantes”. Si no culmina el registro de tiro, el sistema no permitirá salir de la pantalla “registro de tiro de armas”.
- Al ingresar a la pantalla “seriamiento de armas”, se visualizará los resultados de las sesiones de tiro de los participantes como son: cantidad de tiros a realizar, la cantidad de tiros realizados, un aviso del seriamiento del arma y un aviso de culminación de la serie de tiros.
- La opción “INICIO SER”, inicializa el proceso de seriamiento de armas en el dispositivo de los participantes.
- Para guardar un informe de los resultados totales del seriamiento de armas en la base de datos, se debe especificar el nombre de la práctica en el campo de texto “FILE NAME” y luego seleccionar la opción “GRAB DOC”. La adquisición de los impactos la realiza el participante.
- Para detener el seriamiento de armas en el dispositivo del participante se selecciona la opción “SALIR SER”.
- Si no culmina el seriamiento, el sistema no permitirá salir de la pantalla “seriamiento de armas”.

#### **4.3.6.2.2 El técnico**

- Entregará encendidos los dispositivos móviles.
- Entregará/recibirá los dispositivos móviles en buenas condiciones a cada participante.

#### **4.3.6.2.3 Los participantes**

- En caso de realizar el seriamiento se ubicará el dispositivo a un costado (derecho/izquierdo) del participante, mismo que facilite la observación directa de la diana al momento de realizar los disparos, con la finalidad de evitar el movimiento y los errores en el seriamiento.
- El ejercicio de seriamiento se inicia desde la consola de mando.
- Debe seleccionar la opción “GRAB IMA SER”, para grabar el resultado del impacto en la diana cada vez que se realiza un disparo.
- El sistema bloquea el proceso de seriamiento luego de que se haya terminado una serie de tiros o cuando el arma ha sido seriada.
- En caso de realizar el registro de tiro, la ubicación del dispositivo será la misma que para el caso del seriamiento de armas.
- El inicio de las lecciones de tiro se realiza desde la consola de mando.
- No podrá realizar cambios en los parámetros de los dispositivos móviles, ya que, todo el control lo realiza la consola de mando.
- Los dispositivos móviles son solo para visualizar los resultados obtenidos.

### **4.3.6.3 Las instalaciones donde se encuentran los polígonos de tiro**

#### **4.3.6.3.1 Instalaciones**

- Deben poseer un sistema de seguridad a fin de evitar las pérdidas de los equipos.
- El sector debe contar con un sistema de energía estabilizada con el objeto de evitar daños en los equipos.
- Deben disponer de un sistema de respaldo de energía con la finalidad de evitar pérdida de la información en caso de cortes de energía.
- Deben disponer de un sistema de protección a tierra.

#### **4.3.6.3.2 Los polígonos**

- Deben disponer de un lugar aislado y con visibilidad a todo el polígono para la ubicación de la consola de mando.
- Los dispositivos inalámbricos deben poseer protección y estar provistos de energía eléctrica.
- Las cámaras deben contar con protección en la línea de blancos con el fin de evitar daños o perforaciones con las ojivas perdidas (puntas de las municiones).
- Se debe contar con un sistema de comunicaciones adecuado entre la línea de blancos, la línea de fuego y la consola de mando.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Mediante el proyecto de automatización del proceso de seriamiento, puntuación y registro de tiro de armas livianas, se optimizó los recursos dentro de los ejercicios de tiro en un polígono.
- Con el sistema de registro de tiro y seriamiento de armas, se evita la exposición del personal en la fosa de la línea de blancos al momento de realizar la revisión de los impactos efectuados por cada tirador en la diana, ya que corre el riesgo de que una ojiva (punta de la munición) rebote o cambie de dirección y pueda herir a una de esas personas.
- El participante optimiza la cantidad de tiempo empleado en la ejecución de las sesiones de tiro ya que: no requiere detener el tiro, dirigirse a la línea de blancos, verificar los impactos realizados, tapar los orificios, regresar a la línea de fuego, tomar el arma, realizar el ejercicio de tiro y nuevamente retomar el procedimiento.
- Se implementó el software de cada una de las aplicaciones en el dispositivo de la consola de mando y el dispositivo del participante, comprobando luego su correcto funcionamiento en la comunicación al momento de conectarlos en la red inalámbrica creada.
- La aplicación de cada dispositivo móvil permite visualizar en tiempo real las indicaciones para el seriamiento de armas y para registrar cada uno de los disparos que realice el participante en una práctica de tiro; una vez concluida ésta, también poder observar los resultados finales.

- La habilitación de los blancos de tiro, el control de las diferentes pantallas y opciones de cada participante se realizan desde la consola de mando, agilizando de esta manera la realización de las prácticas desde el inicio hasta el final.
- El sistema permite evitar errores al momento de realizar el conteo de cada uno de los puntos de impacto de las ojivas en la diana.
- El sistema mantiene informado continuamente a cada participante sobre la posición en la que se encuentra frente a los demás participantes luego de ejecutar una serie de tiro.
- Se provee al participante de manera instantánea los correctivos necesarios para la calibración de los mecanismos de puntería, evitando variar las posiciones de tiro y realizar esta actividad en una forma eficiente.
- Una vez finalizada las prácticas o entrenamientos se obtienen automáticamente los resultados parciales por cada participante y los resultados totales de todo el grupo que realizó esta actividad.

**Recomendaciones:**

- Se debe disponer de un personal capacitado para el empleo del sistema de “automatización del proceso de seriamiento, puntuación y registro de tiro de armas livianas”.
- La aplicación es flexible, es decir existe la posibilidad de rediseñar y ampliar el software al momento de acoplar un mayor número de participantes al sistema.
- Al instalar ésta infraestructura se debe privilegiar la seguridad de las personas que están como soporte de esta actividad.
- Los dispositivos a instalar en la línea de blancos, deben ser cámaras industriales de alta definición que presenten excelentes características.
- Para obtener mejores resultados en la adquisición de las imágenes los dispositivos deben lograr un enfoque adecuado de la diana, a más de contar con las protecciones necesarias para evitar posibles daños.
- El sistema de comunicación inalámbrico, debe ser capaz de cubrir todo el polígono de tiro para optimizar el rendimiento entre los equipos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ISSF. Reglamento Técnico General para todas las Modalidades de Tiro. España. ISSF (International Shooting Sport Federation). 2005.
- MONJE, Luis. Introducción a la Fotografía Científica. Madrid. Curso de Iniciación a la Fotografía Científica. Universidad de Alcalá. 2008.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Function and VI Reference Manual. USA. LabView™. 1998.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. NI-IMAQdx User Manual. USA. Image Acquisition Software. 2006.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. LabView User Manual. USA. 2003.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. LabView. NI Vision for LabView Help. [20\_\_].
- NAVARRO, Sara. Algoritmos Cross-Layer para la Optimización de las Prestaciones del TCP en Redes Wireless AD-HOC. España. Tesis Universidad de Sevilla. 2006.
- ORELLANA, Santiago. Visión Artificial. Ecuador. Bases, Diseño y Programación en *LabView*. [200\_].
- PLATERO, Carlos. Formación de Imágenes. España. Apuntes de Visión Artificial. Dpto. Electrónica Automática e Informática Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid. 2005.
- PLATERO, Carlos. Introducción a la Visión Artificial. España. Dpto. Electrónica Automática e Informática Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid. 2005.
- RENAR. Manual Entidades de Tiro (M.E.T.). República de Argentina. Ministerio del Interior Registro Nacional de Armas. 2007.
- SOBRADO, Eddie. Sistema de Visión Artificial para el Reconocimiento y Manipulación de Objetos Utilizando un Brazo Robot. Perú. Tesis de maestría Pontificia Universidad Católica del Perú. 2003.

## Referencias Electrónicas:

- ALRAD INSTRUMENTS. Imaging [en línea]. Machine Vision Cameras. [s.a.]. [Consulta: 25 julio de 2012]. Disponible en: <http://www.alrad.com/imaging/FAQ-Machinevisioncameras.html>.
- ANATOMÍA. Globulo Ocular Humano. [en línea]. [s.a.]. Estructura Microscópica de la Retina. [Consulta: 6 de agosto de 2012]. Disponible en: <http://www.sabelotodo.org/anatomia/globoocular.html>.
- ARMAS DE FUEGO. Armas de Fuego, balística y legislación. [en línea]. 2011. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://nitro-armasdefuego.blogspot.com/2009/03/los-cartuchos-titulo-de-curiosidad-y.html>.
- BALAJI. MICROTECHNOLOGIES. [en línea]. [s.a.]. CCD/CMOS Image Sensor's. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: [http://www.balaji-microtechnologies.com/ccd\\_image\\_sensors.html](http://www.balaji-microtechnologies.com/ccd_image_sensors.html).
- BUSTOS, Alfonso. Taller de Fotografía Digital. [en línea]. 2010. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: <http://espanol.free-ebooks.net/ebook/Curso-de-fotografia-digital-2/html/46#read>.
- BEEMAN, Robert. Fundamentos de Puntería. [en línea]. [s.a.]. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://acooper.comoj.com/punteria.html>.
- ROGERS, Jolly. Modelismo Estático a escala y artículos históricos relacionados. [en línea]. 2011. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://modelismo-historia.blogspot.com/2011/05/el-f-86a-sabre-y-la-guerra-de-corea.html>.
- CODEVISION. Visión Artificial. [en línea]. Tecnologías. 2010. [Consulta: 25 julio de 2012]. Disponible en: [http://codevision.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=48&Itemid=55](http://codevision.es/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=55).
- DIRECT INDUSTRY. Cámaras digitales. [en línea]. [s.a.]. [Consulta: 25 julio de 2012]. Disponible en: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/camara-digital-74784.html>.
- DURÁN, Miguel. Rifles y Pistolas de aire comprimido, Balines, Tiro, etc. [en línea]. Armas de aire comprimido. [s.a.]. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://acooper.comoj.com/index-2.html>.

- ECURED, Red Inalámbrica Wi-Fi. [en línea]. 2012. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: [http://www.ecured.cu/index.php?title=Red\\_inal%C3%A1mbricaWi-Fi&oldid=1348774](http://www.ecured.cu/index.php?title=Red_inal%C3%A1mbricaWi-Fi&oldid=1348774).
- EDMUND OPTICS. Featured Optics Products. [en línea]. Optics. 1992. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.edmundoptics.com/optics/>.
- EDMUND OPTICS. Optomechanics. [en línea]. Modular Mounting Components. [s.a.]. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.edmundoptics.com/optomechanics/>.
- ELAI-UPM. Introducción a la Visión Artificial. [en línea]. [s.a.]. [Consulta: 25 de junio de 2012]. Disponible en: <http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/Robotica/ApuntesVA/cap1IntroVA.pdf>.
- ELAI-UPM. Angulo Visual. [en línea]. [Consulta: 25 de junio de 2012]. Disponible en: <http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/Robotica/ApuntesVA/cap2VAFormImagv1.pdf>.
- FAE. Fuerza Aérea Ecuatoriana. [en línea]. 2015. Entrenamiento de Tiro. [Consulta: 25 de julio de 2015]. Disponible en: [http://www.fuerzaaereaecuadoriana.mil.ec/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1638:goefa-realizo-practica-de-tiro-y-poligono-en-salinas&catid=19&Itemid=260](http://www.fuerzaaereaecuadoriana.mil.ec/site/index.php?option=com_content&view=article&id=1638:goefa-realizo-practica-de-tiro-y-poligono-en-salinas&catid=19&Itemid=260).
- GAMMA INTERNET. Tecnología. [en línea]. Modos de Funcionamiento. 2003. [Consulta: 19 de junio de 2012]. Disponible en: <http://wireless.gammainternet.com/modos.html>.
- HIGH-TECH. WiFi [en línea]. Redes Inalámbricas y Seguridad. [Consulta: 19 de junio de 2012]. Disponible en: <http://es.kioskea.net/faq/1160-wifi-redes-inalambricas-y-seguridad>.
- INFAIMON. Cámaras de visión artificial. [en línea]. [s.a.]. [Consulta: 25 julio de 2012]. Disponible en: <http://www.infaimon.com/catalogo-industria/camaras-vision-artificial-55.html>.
- INFAIMON. Ópticas / Lentes / Filtros. [en línea]. s.a.]. [Consulta: 25 julio de 2012]. Disponible en: <http://www.infaimon.com/catalogo-industria/opticas-lentes-filtros-59.html>.

- INSTITUTO NACIONAL DE CHILE. Guía Óptica. [en línea]. [Consulta: 22 de agosto de 2012].  
[http://www.institutonacionaldechile.cl/guias/FIS\\_Primerero\\_optica.pdf](http://www.institutonacionaldechile.cl/guias/FIS_Primerero_optica.pdf).
- JASVISIO. La Visión Artificial Aplicada al Sector Industrial. [en línea]. Visión Artificial. [s.a.]. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.jasvisio.com/aplicaciones-vision-artificial-industria.html>.
- JIMENEZ, Cristian. Redes. [en línea]. Modos de Funcionamiento WiFi (802.11 o Wi-Fi). [s.a.]. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos90/modos-funcionamiento-redes-wifi/modos-funcionamiento-redes-wifi.shtml>.
- LUX CAPERE. La Imagen Digital. [en línea]. [Consulta: 20 de febrero de 2013]. Disponible en: <http://www.luxcapere.com/biblioteca/tecnica/TEMA05.pdf>.
- MARIOR. Formación, Teoría Básica [en línea]. Fundamentos del Color Parte 4. 2011. [Consulta: 22 de agosto de 2012]. Disponible en: <http://inquisalva.com/blog/fundamentos-del-color-parte-4/>.
- MEDICINENET. Medical Anatomy and Illustrations. [en línea]. 2004. [Consulta: 19 de junio de 2012]. Disponible en: [http://www.medicinenet.com/image-collection/eye\\_anatomy\\_detail\\_picture/picture.htm](http://www.medicinenet.com/image-collection/eye_anatomy_detail_picture/picture.htm).
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Anatomy of a Video Signal. [en línea]. 2006. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: <http://www.ni.com/white-paper/3020/en>.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Buffered Network-Published Shared Variables: Components and Architecture. [en línea]. 2013. [Consulta: 22 de noviembre de 2013]. Disponible en: <http://www.ni.com/white-paper/12176/en/>.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Calculating Camera Sensor Resolution and Lens: Focal Length. [en línea]. 2012. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/29D716D6F4F1FBC386256AE700727AF6>.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Documentos de Soporte. [en línea]. Cámaras Analógicas y Digitales: Ventajas y Desventajas. 2008. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/284EA5CBDC9B5AF686256CA900794A2B>.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Choosing a Camera. [en línea]. 2006. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: <http://www.ni.com/white-paper/3087/en/>.

- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. LabView 2013 Help. [en línea]. Configuring Shared Variables. 2013. [Consulta: 22 de agosto de 2013]. Disponible en: [http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361K-01/lvconcepts/sv\\_configuring/](http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361K-01/lvconcepts/sv_configuring/).
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Image Acquisition. [en línea]. 2012. [Consulta: 6 de agosto de 2012]. Disponible en: <http://www.ni.com/white-paper/2808/en/>.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Image Acquisition System Setup. [en línea]. 2011. [Consulta: 6 de agosto de 2012]. Disponible en: <http://www.ni.com/white-paper/4229/en/>.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. LabView 2010 Help. [en línea]. NI-PSP Networking Technology. 2010. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: [http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361G-01/lvconcepts/ni\\_psp/](http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361G-01/lvconcepts/ni_psp/).
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. NI Vision 2011 Concepts Help. [en línea]. Setting Up Your Imaging System. 2011. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: [http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372916L-01/nivisionconcepts/setting\\_up\\_your\\_imaging\\_system/](http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372916L-01/nivisionconcepts/setting_up_your_imaging_system/).
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. LabView 2013 Help. [en línea]. Understanding Shared Variable Technology. 2013. [Consulta: 22 de agosto de 2013]. Disponible en: [http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361K-01/lvconcepts/ni\\_psp/](http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361K-01/lvconcepts/ni_psp/).
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Using the LabView Shared Variable. [en línea]. 2012. [Consulta 12 de abril de 2013]. Disponible en: <http://www.ni.com/white-paper/4679/en/>.
- NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. Using the Right Networking Protocol. [en línea]. 2013. [Consulta: 22 de agosto de 2013]. Disponible en: <http://www.ni.com/white-paper/12079/en/>.
- NEO-TEO. CCD vs. CMOS. [en línea]. 2006. [Consulta: 19 de junio de 2012]. Disponible en: <http://www.neoteo.com/ccd-vs-cmos/>.
- NRA. Museums. [en línea]. [s.a.]. Smith & Wesson Revolvers. [Consulta: 19 de junio de 2012]. Disponible en: <http://www.nramuseum.com/>.

- OLIVA, Paí. Poner en Orden el Espectro Electromagnético de Radio y Tv. [en línea]. 2011. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: [http://3.bp.blogspot.com/\\_gpWKpHEeP-o/TTQfneOPYLI/AAAAAAAAAy0/uB4LA2CQa4s/s1600/espectroElectromagnetic.o.png](http://3.bp.blogspot.com/_gpWKpHEeP-o/TTQfneOPYLI/AAAAAAAAAy0/uB4LA2CQa4s/s1600/espectroElectromagnetic.o.png).
- OJODIGITAL. Respuesta al Espectro del Ojo Humano. [en línea]. 2009. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.ojodigital.com/foro/tutoriales/263269-blanco-y-negro-decente-en-unos-sencillos-pasos.html>.
- PÉREZ, Eduardo. Armas de Fuego. [en línea]. Medicina Legal. 2003. [Consulta: 5 de agosto de 2012]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos13/trarmas/trarmas.shtml>.
- RAFAEL, Juan. Seguridad Digital. [en línea]. Redes Inalámbricas. Principales protocolos. 2011. [Consulta: 25 de julio de 2012]. Disponible en: <http://deredes.net/redes-inalambricas-principales-protocolos/>.
- REGISTRO NACIONAL DE ARMAS. Manual Entidades de Tiro RENAR. [en línea]. 2012. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.aicacyp.com.ar/disposiciones-legales/manual-entidades-de-tiro-renar.htm>.
- RNDS. Selección y Aplicación de Lentes en las Cámaras de CCTV – 2<sup>da</sup> Parte. [en línea]. 2012. [Consulta: 19 junio de 2012]. Disponible en: [http://www.rnds.com.ar/articulos/063/172\\_W.pdf](http://www.rnds.com.ar/articulos/063/172_W.pdf).
- S.A.B.I.A. Gráficos en Computación. [en línea]. Visión Artificial e Interacción sin Mandos. 2010. [Consulta: 19 de junio de 2012]. Disponible en: <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>.
- SCRIBD, Curso básico de labview. [en línea]. [Consulta: 20 de junio de 2012]. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/50913527/Curso-de-Labview-Sesion-1#>.
- SONY CORPORATION. Montura C / Montura CS. [en línea]. 2006. [Consulta: 22 de agosto de 2012]. Disponible en: [http://assets.sonybiz.net/flash/CCTV\\_surveillance/es/data/output/01\\_optical\\_04.html](http://assets.sonybiz.net/flash/CCTV_surveillance/es/data/output/01_optical_04.html).
- SONY CORPORATION. Optical Systems. [en línea]. 2006. [Consulta: 22 de agosto de 2012]. Disponible en: [http://assets.sonybiz.net/flash/CCTV\\_surveillance/es/data/output/toc1.html](http://assets.sonybiz.net/flash/CCTV_surveillance/es/data/output/toc1.html).

- TEORIA DEL COLOR. Profundidad de Campo, Teoría del Color y Distancia Focal. [en línea]. 2013. [Consulta: 22 de agosto de 2013]. Disponible en: <http://capitanfrito.wordpress.com/2013/06/29/profundidad-de-campo-teoria-del-color-y-distancia-focal/>.
- TOMATE, Adrián. Puntería con Armas: Errores Habituales en el Tiro con Miras Abiertas. [en línea]. 2008. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.tiromadrid.com/documentos/47-aprender-con-adrian-tomatec-de-rosa/65-punteria-con-armas-errores-habituales-en-el-tiro-con-miras-abiertas.html>.
- TIRO FEDERAL ARGENTINO. Tiro Práctico. [en línea]. 2010. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.tirosantafe.com.ar/instalaciones/tiropRACTICO.html>.
- SMITT, Cliff. Digital Photography Tutorial. [en línea]. 2007. Focal Length. [Consulta 22 de agosto de 2012]. Disponible en: <http://www.trustedreviews.com/opinions/digital-photography-tutorial-focal-length>.
- USAMÁGICA. Seguridad. [en línea]. 2008. Prácticas de Tiro en Estados Unidos. [Consulta: 25 de mayo de 2012]. Disponible en: <http://www.esciudad.com/usamagica/practicas-de-tiro-en-estados-unidos/52>.
- 1STVISION. Industrial Cameras. [en línea]. Industrial Cameras for machine Vision Applications. [s.a.]. [Consulta: 25 de Julio de 2012]. Disponible en: [http://1stvision.com/cameras/camera\\_matrix.htm](http://1stvision.com/cameras/camera_matrix.htm).