



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE APRENDIZAJE DE**  
**AJEDREZ PARA PRINCIPIANTES, EMPLEANDO UNA CNC**  
**PARA EL CONTROL DEL TABLERO MEDIANTE JUGADAS**  
**BÁSICAS PROGRAMADAS Y UNA INTERFAZ GRÁFICA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO**  
**Para optar al grado académico de:**  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**AUTOR:** JONATHAN FABRICIO NÁJERA ARMIJO

**TUTOR:** ING. PABLO EDUARDO LOZADA YÁNEZ

**Riobamba - Ecuador**

**2018**

©2017, Jonathan Fabricio Nájera Armijo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El dispositivo tecnológico: **“IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE APRENDIZAJE DE AJEDREZ PARA PRINCIPIANTES, EMPLEANDO UNA CNC PARA EL CONTROL DEL TABLERO MEDIANTE JUGADAS BÁSICAS PROGRAMADAS Y UNA INTERFAZ GRÁFICA”**, de responsabilidad del señor Jonathan Fabricio Nájera Armijo, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
<b>Dr. Julio Roberto Santillán Castillo.</b> <b>VICEDECANO DE LA FACULTAD DE</b> <b>INFORMATICA Y ELECTRONICA</b>	-----	-----
<b>Ing. Freddy Enrique Chávez Vázquez.</b> <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE</b> <b>INGENIERIA ELECTRONICA EN</b> <b>CONTROL Y REDES INDUSTRIALES</b>	-----	-----
<b>Ing. Pablo Eduardo Lozada Yáñez.</b> <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE</b> <b>TITULACIÓN</b>	-----	-----
<b>Dra. Ximena Alexandra Quintana López.</b> <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE</b> <b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	-----	-----

YO, JONATHAN FABRICIO NÁJERA ARMIJO, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

-----  
Jonathan Fabricio Nájera Armijo

0201830452

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación le dedico a Dios y a todas las personas que han aportado conocimiento a mi vida y han sido una influencia positiva para mi desarrollo y en especial a mi madre y hermana que me han apoyado tanto económicamente como moralmente para concluir de una mejor manera mi formación académica y de esta manera cumplir uno más de los objetivos que me he puesto para ayudar y enorgullecer a toda mi familia.

JONATHAN FABRICIO NÁJERA ARMIJO

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi madre por haber tenido paciencia y apoyarme en los momentos en los que necesitaba apoyo y comprensión, ayudándome cuando lo necesitaba, agradezco a toda mi familia en general por brindarme sus buenos ánimos que fueron muy importantes para mí cuando flaqueaba en este camino que es convertirse en un profesional.

JONATHAN FABRICIO NÁJERA ARMIJO

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xxii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1. Ajedrez</b> .....	<b>5</b>
<i>1.1.1 Tablero y piezas de ajedrez</i> .....	<i>6</i>
<i>1.1.2. Leyes del Ajedrez</i> .....	<i>7</i>
<i>1.1.2.1 Reglas básicas de juego de ajedrez</i> .....	<i>7</i>
<i>1.1.2.2. Reglas de competición</i> .....	<i>9</i>
<i>1.1.3. Tipos de aperturas en una partida de ajedrez</i> .....	<i>9</i>
<i>1.1.4 Principales jugadas para dar jaque mate</i> .....	<i>10</i>
<b>1.2. Ajedrez y la tecnología</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3. Microcomputador Raspberry Pi</b> .....	<b>15</b>
<i>1.3.1. Puertos de la Raspberry Pi 3</i> .....	<i>15</i>
<i>1.3.2. Sistema Operativo de la Raspberry Pi 3</i> .....	<i>17</i>
<b>1.4. Control Numérico por Computadora</b> .....	<b>18</b>
<i>1.4.1 Arquitectura de una máquina herramienta CNC</i> .....	<i>19</i>
<i>1.4.2. Control de movimiento de una CNC</i> .....	<i>21</i>
<i>1.4.3. Programación de CNC</i> .....	<i>22</i>
<i>1.4.3.1. Programación manual</i> .....	<i>22</i>
<i>1.4.3.2. Programación automática</i> .....	<i>23</i>
<i>1.4.4. Tipos de CNC</i> .....	<i>24</i>
<i>1.4.4.1. Máquina CNC Router</i> .....	<i>24</i>
<i>1.4.4.2. Máquina CNC Láser</i> .....	<i>24</i>
<b>1.5. Actuadores de una Máquina CNC</b> .....	<b>25</b>
<i>1.5.1. Motores pasó a paso</i> .....	<i>25</i>

1.6.	Relé .....	26
1.7.	Interruptor magnético Reed Switch .....	27
1.8.	Software empleado para la programación y diseño del prototipo .....	28
1.8.1.	<i>FreeCAD</i> .....	28
1.8.2.	<i>Python</i> .....	30
<b>CAPÍTULO II</b>		
2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	32
2.1.	Instalación y configuración del software.....	32
2.1.1.	<i>Raspbian Jessie</i> .....	33
2.1.2.	<i>Python 3.0</i> .....	34
2.1.3.	<i>FreeCAD</i> .....	34
2.2.	Selección de motores y relé.....	35
2.2.1.	<i>Motor pasó a paso Nema 17</i> .....	35
2.2.2.	<i>Driver DRV 8825</i> .....	36
2.2.3.	<i>Módulo de relé</i> .....	38
2.3.	Selección del interruptor magnético Reed Switch.....	39
2.4.	Selección de la fuente alimentación .....	39
2.5.	Diseño y modelación de la máquina CNC .....	40
2.6.	Configuración de los puertos GPIO .....	48
2.7.	Diseño e implementación de los Sistema Electrónicos y Eléctricos .....	49
2.7.1.	<i>Diagrama de control de la placa Raspberry Pi3 al electroimán</i> .....	50
2.7.2.	<i>Diagrama de conexión de los motores nema 17 a la placa Raspberry PI3</i> .....	51
2.7.2.1.	<i>Configuración de pasos de los motores Nema 17</i> .....	52
2.7.3.	<i>Diagrama de conexión de los interruptores red switch a la Placa Raspberry PI 3</i> ..	53
2.8.	Ensamblaje de las piezas de la máquina CNC.....	54
2.8.1.	<i>Implementación del tablero de ajedrez</i> .....	58
2.9.	Programación de la Placa Raspberry Pi 3 .....	59
2.9.1.	<i>Programación para el control del electroimán</i> .....	59
2.9.2.	<i>Programación para controlar el movimiento de los ejes de la máquina CNC</i> .....	60

2.9.2.1.	<i>Movimientos del eje “X”</i> .....	61
2.9.2.2.	<i>Movimientos del eje “Y”</i> .....	62
2.9.2.3.	<i>Movimientos diagonales de los ejes “X” y “Y”</i> .....	63
2.9.3.	<b><i>Programación para la detección de las piezas en el tablero de ajedrez</i></b> .....	64
2.9.4.	<b><i>Programación de la interfaz gráfica</i></b> .....	66
2.9.5.	<b><i>Programación de las jugadas de ajedrez</i></b> .....	68
2.9.6.	<b><i>Programación para la Interfaz Gráfica GUI</i></b> .....	74
2.9.6.1.	<i>Relación entre la interfaz gráfica y los movimientos de la máquina CNC</i> .....	77
2.10.	<b>Costos Eléctricos y Electrónicos</b> .....	80
2.11.	<b>Costos Mecánicos</b> .....	80
2.12.	<b>Costos de Mano de Obra</b> .....	81
2.13.	<b>Costos Directos Totales</b> .....	81
2.14.	<b>Costos Eléctricos y Electrónicos</b> .....	81
2.14.	<b>Costos Indirectos</b> .....	81
2.15.	<b>Costo Total</b> .....	82
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.	<b>MARCO DE RESULTADOS</b> .....	83
3.1.	<b>Animaciones en el tablero</b> .....	83
3.1.1.	<i>Cuadro de valores de posiciones en la interfaz grafica</i> .....	83
3.2.	<b>Demostración Pastor</b> .....	84
3.3.	<b>Interacción Mate de Legal</b> .....	91
3.4.	<b>Pruebas en Instituciones Públicas y federaciones Deportivas</b> .....	106
3.4.1.	<i>Unidad Educativa Intercultural Bilingüe “Monseñor Leónidas Proaño”</i> .....	106
3.4.2.	<i>FDCH (Federación Deportiva de Chimborazo)</i> .....	110
<b>CONCLUSIONES</b> .....		111
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		112
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Piezas del ajedrez .....	6
<b>Tabla 2-1:</b>	Movimientos y capturas de las piezas .....	8
<b>Tabla 3-1:</b>	Nomenclatura, sentido y significados de código programa CNC.....	22
<b>Tabla 4-1:</b>	Funciones de máquina .....	23
<b>Tabla 1-2:</b>	Características técnicas del motor Nema 17 Modelo 17HS4401.....	35
<b>Tabla 2-2:</b>	Características técnicas del driver DRV8825 .....	36
<b>Tabla 3-2:</b>	Características técnicas del módulo de relé.....	38
<b>Tabla 4-2:</b>	Características técnicas del interruptor magnético Reed Switch .....	39
<b>Tabla 5-2:</b>	Características técnicas de la fuente de alimentación. ....	40
<b>Tabla 6-2:</b>	Configuración de puertos GPIO .....	48
<b>Tabla 7-2:</b>	Configuración de pasos del motor Nema 17.....	53
<b>Tabla 8-2:</b>	Ejemplo de animación del peón con estos movimientos. ....	66
<b>Tabla 9-2:</b>	Pasos del jaque mate del pastor .....	68
<b>Tabla 10-2:</b>	Pasos del jaque mate del loco. ....	69
<b>Tabla 11-2:</b>	Pasos del jaque mate del Legal.....	69
<b>Tabla 12-2:</b>	Pasos para el jaque mate del Pasillo. ....	69
<b>Tabla 13-2:</b>	Pasos para el jaque mate de Lacozte.....	70
<b>Tabla 14-2:</b>	Pasos para el jaque mate de Reti.....	71
<b>Tabla 15-2:</b>	Pasos para el jaque mate de Anastasia.....	71
<b>Tabla 16-2:</b>	Pasos para el jaque mate Gambito Danés. ....	72
<b>Tabla 17-2:</b>	Pasos para la apertura Siciliana.....	72
<b>Tabla 18-2:</b>	Pasos para la apertura de Gambito del Rey. ....	73
<b>Tabla 19-2:</b>	Pasos para la apertura Caro Kam.....	73
<b>Tabla 20-2:</b>	Pasos del Gambito Budapest.....	73
<b>Tabla 21-2:</b>	Se muestran los costos eléctricos y electrónicos del prototipo.....	80
<b>Tabla 22-2:</b>	Se muestran los costos mecánicos del prototipo.....	80

<b>Tabla 23-2:</b>	Se muestran los Costos de Mano de Obra .....	<b>81</b>
<b>Tabla 24-2:</b>	Se muestran los Costos Indirectos de fabricación.....	<b>81</b>
<b>Tabla 25-2:</b>	Se muestran los Costos Indirectos de Fabricación.....	<b>81</b>
<b>Tabla 26-2:</b>	Se muestran los costos totales de fabricación.....	<b>82</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Tablero de ajedrez.....	7
<b>Figura 2-1:</b>	Posición inicial de las piezas.....	7
<b>Figura 3-1:</b>	Posición final del mate pastor .....	10
<b>Figura 4-1:</b>	Posición final del mate del loco .....	11
<b>Figura 5-1:</b>	Posición final del mate de legal .....	11
<b>Figura 6-1:</b>	Posición final del mate del pasillo .....	12
<b>Figura 7-1:</b>	Posición final del mate de la cozta.....	12
<b>Figura 8-1:</b>	Posición final del mate de reti.....	13
<b>Figura 9-1:</b>	Posición final del mate boden .....	13
<b>Figura 10-1:</b>	Posición final del mate de anastasia (a) versión 1 (b) versión 2 .....	14
<b>Figura 11-1:</b>	Tablero de ajedrez electrónico chess master.....	14
<b>Figura 12-1:</b>	Placa Raspberry Pi 3 .....	16
<b>Figura 13-1:</b>	Pines GPIO de la Raspberry Pi 3 .....	17
<b>Figura 14-1:</b>	Sense Hat .....	18
<b>Figura 15-1:</b>	Máquina CNC para moldes en madera. ....	19
<b>Figura 16-1:</b>	Arquitectura de una máquina CNC.....	20
<b>Figura 17-1:</b>	Regla de la mano derecha .....	21
<b>Figura 18-1:</b>	Diagrama de un sistema CAD/CAM .....	23
<b>Figura 19-1:</b>	Sistema de corte de papel por laser.....	25
<b>Figura 20-1:</b>	Motor pasó a paso Nema 17.....	26
<b>Figura 21-1:</b>	Estado del relé (a) no energizado (b) energizado.....	26
<b>Figura 22-1:</b>	Partes del Interruptor Reed Switch .....	27
<b>Figura 23-1:</b>	(a) Accionamiento 1 (b) Accionamiento 2.....	27
<b>Figura 24-1:</b>	Interruptor magnético reed switch .....	28
<b>Figura 25-1:</b>	Entorno de trabajo del software de diseño FreeCAD.....	29
<b>Figura 26-1:</b>	Entorno de trabajo de Python.....	31

<b>Figura 1-2:</b>	Módulo de configuración de la Raspberry Pi.....	33
<b>Figura 2-2:</b>	Driver DRV8825 .....	36
<b>Figura 3-2:</b>	Medición del voltaje en el Driver DRV8825 .....	38
<b>Figura 4-2:</b>	Módulo de relé .....	38
<b>Figura 5-2:</b>	Fuente de alimentación de 12 V .....	40
<b>Figura 6-2:</b>	Soporte de la máquina CNC.....	41
<b>Figura 7-2:</b>	Placa electrónica.....	41
<b>Figura 8-2:</b>	Sistema de Transmisión.....	42
<b>Figura 9-2:</b>	Tensor.....	42
<b>Figura 10-2:</b>	Transmisor 1 .....	42
<b>Figura 11-2:</b>	Transmisor 2 .....	43
<b>Figura 12-2:</b>	Transmisor 3 .....	43
<b>Figura 13-2:</b>	Soporte para motores Nema 17 .....	44
<b>Figura 14-2:</b>	Brida.....	44
<b>Figura 15-2:</b>	Carro laser.....	44
<b>Figura 16-2:</b>	Lateral 1 .....	45
<b>Figura 17-2:</b>	Lateral 2 .....	45
<b>Figura 18-2:</b>	Soporte para el tablero CNC .....	46
<b>Figura 19-2:</b>	Eje Z.....	46
<b>Figura 20-2:</b>	Soporte eje Z.....	47
<b>Figura 21-2:</b>	Diseño completo de la máquina CNC.....	47
<b>Figura 22-2:</b>	Diagrama de distribución de puertos GPIO .....	49
<b>Figura 23-2:</b>	Diagrama de conexión para el control del electroimán.....	50
<b>Figura 24-2:</b>	Diagrama de conexión de los motores Nema 17 a la placa Raspberry Pi 3 .....	52
<b>Figura 25-2:</b>	Pines GPIO para filas y columnas.....	53
<b>Figura 26-2:</b>	Diagrama de conexión de la matriz de red switch a la Placa Raspberry Pi 3.....	54
<b>Figura 27-2:</b>	Barras ensambladas.....	55
<b>Figura 28-2:</b>	Eje de acero inoxidable .....	55
<b>Figura 29-2:</b>	Distribución de riel DNI y canaletas .....	56

<b>Figura 30-2:</b>	Rodamientos lineales .....	56
<b>Figura 31-2:</b>	Disposición de las poleas .....	57
<b>Figura 32-2:</b>	Colocación de los motores Nema 17.....	57
<b>Figura 33-2:</b>	Colocación de la placa Raspberry Pi 3.....	58
<b>Figura 34-2:</b>	Máquina CNC terminada .....	58
<b>Figura 35-2:</b>	Tablero de ajedrez (a) lado principal (b) lado posterior.....	59
<b>Figura 36-2:</b>	Diagrama de flujo para la activación del electroimán.....	60
<b>Figura 37-2:</b>	Diagrama de flujo para el movimiento del eje “X”.....	61
<b>Figura 38-2:</b>	Diagrama de flujo para el movimiento del eje “Y”.....	62
<b>Figura 39-2:</b>	Diagrama de flujo para los movimientos diagonales de los ejes “X” y “Y” .....	64
<b>Figura 40-2:</b>	Diagrama de flujo para la detección de piezas en el tablero de ajedrez.....	66
<b>Figura 41.2:</b>	Diagrama de flujo de animación de peón.....	68
<b>Figura 41-2:</b>	Pantalla de presentación.....	74
<b>Figura 42-2:</b>	Menú Principal.....	75
<b>Figura 43-2:</b>	Menú Jugadas de cada pieza .....	75
<b>Figura 44-2:</b>	Menú de Jaque Mate .....	76
<b>Figura 45-2:</b>	Menú Aperturas más conocidas .....	76
<b>Figura 46-2:</b>	Opciones del Jaque mate del Pastor .....	77
<b>Figura 47-2:</b>	Script interfazmatepastor.....	78
<b>Figura 48-2:</b>	Script Tkeypadpastor.....	78
<b>Figura 49-2:</b>	Función finalpastor1.....	79
<b>Figura 50-2:</b>	Función finalpastor2.....	79
<b>Figura 1-3:</b>	Animación de peón blanco 5.....	83
<b>Figura 2-3:</b>	Cuadro de posiciones para animación.....	84
<b>Figura 3-3:</b>	Animación de peón blanco 5.....	84
<b>Figura 4-3:</b>	Movimiento del peón 5 blanco en la CNC.....	85
<b>Figura 5-3:</b>	Animación de peón 5 negro .....	85
<b>Figura 6-3:</b>	Movimiento de peón 5 negro en la CNC .....	86
<b>Figura 7-3:</b>	Animación de movimiento de la reina blanca.....	86

<b>Figura 8-3:</b>	Movimiento de la reina en la CNC .....	<b>87</b>
<b>Figura 9-3:</b>	Animación del movimiento del caballo 1 negro .....	<b>87</b>
<b>Figura 10-3:</b>	Movimiento del caballo negro en la CNC .....	<b>88</b>
<b>Figura 11-3:</b>	Animación de alfil 2 blanco.....	<b>88</b>
<b>Figura 12-3:</b>	Movimiento del alfil en el tablero por medio de la CNC.....	<b>89</b>
<b>Figura 13-3:</b>	Animación de caballo 2 negro .....	<b>89</b>
<b>Figura 14-3:</b>	Movimiento del caballo 2 negro en la CNC.....	<b>90</b>
<b>Figura 15-3:</b>	Animación de jaque de la reina blanca capturando a un peón. ....	<b>90</b>
<b>Figura 16-3:</b>	Movimiento de la reina para producir jaque en el tablero .....	<b>91</b>
<b>Figura 17-3:</b>	Animación de peón blanco.....	<b>91</b>
<b>Figura 18-3:</b>	Detección del peón en la posición E4 del tablero .....	<b>92</b>
<b>Figura 19-3:</b>	Movimiento manual del peón en el tablero.....	<b>92</b>
<b>Figura 20-3:</b>	Animación del peón 5 negro en la interfaz .....	<b>92</b>
<b>Figura 21-3:</b>	Movimiento del peón 5 negro en la CNC .....	<b>93</b>
<b>Figura 22-3:</b>	Animación del caballo 2 en la interfaz grafica.....	<b>93</b>
<b>Figura 23-3:</b>	Detección del caballo en la posición F3 del tablero.....	<b>94</b>
<b>Figura 24-3:</b>	Movimiento manual del caballo blanco en el tablero .....	<b>94</b>
<b>Figura 25-3:</b>	Animación de peón 4 negro .....	<b>94</b>
<b>Figura 26-3:</b>	Movimiento del peón 4 negro en el tablero por medio de la CNC .....	<b>95</b>
<b>Figura 27-3:</b>	Animación del caballo blanco 2 en la interfaz.....	<b>95</b>
<b>Figura 28-3:</b>	Detección del caballo 2 en la posición C3 del tablero .....	<b>96</b>
<b>Figura 29-3:</b>	Movimiento manual del caballo para su detección .....	<b>96</b>
<b>Figura 30-3:</b>	Animación del peón 7 negro en la interfaz .....	<b>97</b>
<b>Figura 31-3:</b>	Movimiento del peón 7 negro en el tablero .....	<b>97</b>
<b>Figura 32-3:</b>	Animación del alfil blanco en la interfaz .....	<b>98</b>
<b>Figura 33-3:</b>	Detección del alfil en la posición C4 del tablero .....	<b>98</b>
<b>Figura 34-3:</b>	Movimiento manual del alfil para la detección.....	<b>98</b>
<b>Figura 35-3:</b>	Animación de alfil 1 negro en la interfaz.....	<b>99</b>
<b>Figura 36-3:</b>	Movimiento del alfil 1 negro en el tablero por medio de la CNC.....	<b>99</b>

<b>Figura 37-3:</b>	Animación del caballo 2 blanco atrapando al peón 5 negro .....	<b>100</b>
<b>Figura 38-3:</b>	Detección de caballo 2 en la posición E5 del tablero.....	<b>100</b>
<b>Figura 39-3:</b>	Movimiento manual del caballo en la posición E5 .....	<b>101</b>
<b>Figura 40-3:</b>	Animación del alfil negro atrapando a la reina blanca.....	<b>101</b>
<b>Figura 41-3:</b>	Movimiento del alfil atrapando a la reina .....	<b>102</b>
<b>Figura 42-3:</b>	Animación del alfil atrapando a peón 6 negro en la interfaz .....	<b>102</b>
<b>Figura 43-3:</b>	Detección del alfil en la posición F7 del tablero.....	<b>103</b>
<b>Figura 44-3:</b>	Movimiento manual del alfil negro en el tablero .....	<b>103</b>
<b>Figura 45-3:</b>	Animación del rey saliendo del jaque .....	<b>104</b>
<b>Figura 46-3:</b>	Movimiento del rey en la CNC .....	<b>104</b>
<b>Figura 47-3:</b>	Animación del caballo 1 produciendo el jaque final.....	<b>105</b>
<b>Figura 48-3:</b>	Detección del caballo 1 en la posición D5 del tablero .....	<b>105</b>
<b>Figura 49-3:</b>	Movimiento manual del caballo para producir el jaque.....	<b>106</b>
<b>Figura 50-3:</b>	Auditorio de la unidad educativa Leónidas Proaño .....	<b>106</b>
<b>Figura 51-3:</b>	Los niños acercándose a ver el funcionamiento del prototipo .....	<b>107</b>
<b>Figura 52-3:</b>	Los niños interactuando con el prototipo .....	<b>107</b>
<b>Figura 53-3:</b>	Los niños de la federación de ajedrez de Riobamba .....	<b>110</b>
<b>Figura 54-3:</b>	Los niños jugando ajedrez.....	<b>110</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Porcentaje de deportes favoritos .....	107
<b>Gráfico 2-3:</b> Grado de aceptación del prototipo .....	108
<b>Gráfico 3-3:</b> Método de enseñanza preferido por los niños .....	108
<b>Gráfico 4-3:</b> Mates preferidos de los niños en el prototipo .....	109
<b>Gráfico 5-3:</b> Aperturas preferidas por los niños en el prototipo .....	109

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.2:</b>	Límite corriente.....	<b>37</b>
----------------------	-----------------------	-----------

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** GUÍA DE INICIO RÁPIDO DE CANAKIT RASPBERRY PI 3 MODEL B
- ANEXO B.** DISTRUBUCIÓN DE PUERTOS GPIO EN LA RASPBERRY PI 3
- ANEXO C.** ESPECIFICACIONES DEL MOTOR NEMA 17 (17HS4401)
- ANEXO D.** DATASHEET DEL DRIVER DRV8825
- ANEXO E.** DATASHEET DEL SENSOR MAGNÉTICO REED SWITCH
- ANEXO F.** ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO DE RELÉ DE 1 CANAL
- ANEXO G.** ESPECIFICACIONES DE BOBINA DE CONTACTOR DE 24V TIPO MY1 [.....](#)
- ANEXO H.** MANUAL DE USUARIO DEL PROTOTIPO DE APRENDIZAJE DE AJEDREZ

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>A</b>	Amperios
<b>AC</b>	Corriente alterna
<b>CAD</b>	Diseño asistida por computadora
<b>CAM</b>	Fabricación asistido por computadora
<b>CNC</b>	Control Numérico por Computador
<b>DC</b>	Corriente continúa
<b>DIN</b>	Instituto Alemán de Normalización
<b>EIA</b>	Alianza de Industrias Electrónicas
<b>FIDE</b>	Federación internacional de Ajedrez
<b>GTK</b>	Bibliotecas Multiplataforma
<b>GPIO</b>	Entrada/Salida de Propósito General
<b>HDMI</b>	Interfaz multimedia de alta definición
<b>ICC</b>	Internet Chess Club
<b>IP</b>	Protocolo de internet
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización
<b>IDLE</b>	Integrated DeveLopment Environment forPython
<b>LAN</b>	Local area Network
<b>LCD</b>	Liquid Cristal Dsisplay
<b>LDXDE</b>	Entorno de escritorio de código abierto

<b>m</b>	metro
<b>m A</b>	Miliamperios
<b>MH</b>	Máquina Herramienta
<b>mm</b>	milímetro
<b>P</b>	Potencia nominal
<b>PCB</b>	Placa de circuito impreso
<b>SSH</b>	Secure SHell
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>V</b>	Voltios

## RESUMEN

El siguiente trabajo de titulación tuvo como prioridad implementar un prototipo de enseñanza de ajedrez que motive a grandes y pequeños a conocer un juego que fortalece el pensamiento lógico y la toma de decisiones, y combinar sus movimientos y visualización con medios electrónicos. Para crear las animaciones y el menú interactivo se utilizaron las herramientas de Python, Pygame y Tkinter, mientras que el control de los motores nema en la CNC, se lo realizo con los puertos GPIO de la raspberry conectados al driver y este al motor paso a paso. En cuanto a la detección de piezas en el tablero fue necesaria una matriz de sensores magnéticos de 8 entradas X 8 salidas tipo Reed Switch conectados a los puertos GPIO de la raspberry. La CNC se ha diseñado basándose en un CNC tipo laser con transmisión de bandas y con un espacio de trabajo de 44cm debido a pruebas realizadas de colisiones de piezas y un electroimán de 24 v para mover las piezas de ajedrez. El prototipo proporciona al jugador un menú, el cual contiene un submenú con tres opciones principales que son: 1) jugadas de cada pieza en la que encontraremos animaciones de los movimientos que pueden realizar las piezas de ajedrez como peón, caballo, alfil, torre, reina, rey; 2) Mates conocidos en la que encontraremos jugadas de mates como: Pastor, Legal, Reti, Pasillo, La coz, Boden y Anastasia, cada una de estos mates tendrá dos opciones una para realizar movimientos en una interfaz gráfica como en un tablero físico. Y la opción de interacción en la que una persona podrá mover las piezas junto con la CNC; 3) Aperturas conocidas como Gambito Danés, Defensa Siciliana, Gambito del Rey, Defensa Caro Kann, y Gambito Budapest en la que se encuentran las dos opciones tanto de movimientos en el tablero y una interfaz así como la interacción con el tablero de ajedrez.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC)>, <AJEDREZ>, <RASPBERRY PI (PLACA DE DESARROLLO)>, <INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (HMI)>, <INTERRUPTOR MAGNÉTICO>

## ABSTRACT

The following degree work had as priority to implement a prototype of chess teaching that motivates both adults and children to know a game that strengthens logical thinking and decision making, and combine their movements and visualization with electronic means. To create the animations and the interactive menu Python, Pygame and Tkinter tools were used, while the control of the nema motors in the CNC, was done with the GPIO ports of the raspberry connected to the driver and this to the motor step He passed. As for the detection of pieces on the board, a matrix of magnetic sensors of 8 inputs X 8 Reed Switch type outputs connected to the GPIO ports of the raspberry was necessary. The CNC has been designed based on a CNC type laser with transmission of bands and with a workspace of 44cm due to tests made of collisions of parts and a 24v electromagnet to move the chess pieces. The prototype provides the player with a menu, which contains a submenu with three main options that are: 1) plays of each piece in which we will find animations of the movements that can be made by the chess pieces like pawn, horse, bishop, rook, Queen King; 2) Known mates in which we will find matte plays such as: Pastor, Legal, Reti, Hall, La Coz, Boden and Anastasia, each of these mates will have two options one to perform movements in a graphical interface as in a physical board. And the option of interaction in which a person can move the pieces together with the CNC; 3) Openings known as Danish Gambit, Sicilian Defense, Gambit del Rey, Caro Kann Defense, and Budapest Gambit in which are the two options of both moves on the board and an interface as well as the interaction with the chessboard.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE> <COMPUTERIZED NUMERICAL CONTROL MACHINE (CNC)>, <CHESS>, <RASPBERRY PI (DEVELOPMENT PLATE)>, <HMI-MACHINE INTERFACE (HMI)>, <MAGNETIC SWITCH>

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes**

Los estudiantes Iván Paquico y Cristina Palmero muestran su innovador sistema de realidad aumentada para aprender a jugar al ajedrez (Universidad Politécnica de Catalunya). Un nuevo sistema que combina aplicaciones de realidad aumentada e inteligencia artificial permitirá aprender a jugar al ajedrez (TENDENCIAS21, 1995)

Jugar ajedrez con uno o varios oponentes a distancia no es nada nuevo y hay diversas aplicaciones y foros para ello. Lo nuevo es que en esa partida con un oponente remoto exista un tablero donde los movimientos del contrincante se mueven físicamente como si estuviera situado en frente de él. Esa es la creación de un estudiante estadounidense de 23 años de edad cuyo nombre de usuario es FunGowRightNow12, a la cual ha bautizado Wireless Chess Arduino y que construyó como parte de un proyecto universitario (Arduino Wireless Chess – BricoGeek.com, FunGowRightNow12)

Módulos de ajedrez comerciales que interactúan de una manera visual e inclusive podemos encontrar tutoriales de cómo hacerlos, su diseño se basa en una matriz de sensores para detectar las posiciones de las piezas y que estas se visualicen en una interfaz gráfica.

En el Ecuador no existen investigaciones de ajedrez orientados a la electrónica, existen investigaciones en si del potencial que tiene el ajedrez para desarrollar la mente en las personas y sobre todo en los niños cuando inician su formación, debido a esto en muchas escuelas del país se imparten talleres de ajedrez en las escuelas, colegios y hasta universidades.

## **Formulación del problema**

En el proceso de aprendizaje de ajedrez nivel principiante, es necesario conocer las jugadas básicas y los movimientos que realizan cada una de las piezas en el tablero para su posterior análisis y discusión.

Para formular esta meta es necesario formular la siguiente pregunta:

¿Podrá el prototipo de aprendizaje de ajedrez ayudar a mejorar la enseñanza de jugadas básicas y movimientos que se presentan en la forma tradicional?

## **Sistematización del problema**

1. ¿Cuáles son las diferencias del aprendizaje con jugadas tradicionales del ajedrez y con el prototipo?
2. ¿Qué dispositivos electrónicos se utilizaran para el prototipo?
3. ¿Qué tipo de software se utilizara para la interfaz y el control de error de jugadas programadas?
4. ¿Cuáles son las pruebas necesarias para el correcto funcionamiento del prototipo?

## **JUSTIFICACIÓN**

### **Justificación teórica**

El ajedrez no es considerado solo un simple juego, sino un deporte que se practica en las escuelas, colegios y universidades; porque aumenta la concentración debido a que en una partida el objetivo es obtener las mejores piezas del rival y de esta manera vencerlo usando todo el potencial mental y psicológico que posea mediante un jaque mate.

Un prototipo de aprendizaje de ajedrez puede ser una potencial herramienta educativa, que sirva para una formación práctica y sobre todo que motive a las personas de diferentes edades para entrar en el mundo tanto de la electrónica como en el aprendizaje de nuevos métodos que permitan fortalecer el pensamiento lógico y la toma de decisiones sobre todo si se combina sus movimientos y visualización con medios electrónicos.

Los sensores de temperatura, son transductores que transforman los cambios de temperatura en señales eléctricas para obtener datos sobre el funcionamiento de la planta respecto a la variable temperatura.

El sensor de Humedad Relativa, es un dispositivo que permite captar magnitudes físicas por medio de señales eléctricas los cambios que se obtienen en la humedad del ambiente. Su funcionamiento se basa en traducir los diferentes niveles de humedad mediante señales eléctricas que se envían a un dispositivo de procesamiento.

Uno de los principales problemas en el aprendizaje de ajedrez, cuando se inicia es aprender y estudiar los movimientos que pueden realizar cada una de las piezas del tablero y los movimientos de algunas jugadas básicas conocidas. El presente proyecto de investigación se encargará de

resolver este problema y enseñar de una manera más práctica y novedosa a principiantes del ajedrez.

### **Justificación aplicativa**

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo no existen investigaciones que relacionen el ajedrez y la electrónica, a pesar de la existencia de un club de ajedrez, entonces un prototipo de dichas características logrará motivar a las personas para captar más adeptos al ajedrez y a la electrónica, lo importante es que las personas puedan tener un prototipo para poder implementarlo y poner a prueba su funcionamiento.

El prototipo de aprendizaje de ajedrez realizará un control del tablero en el cual se realizarán movimientos programados que puedan realizar cada una de las piezas, además de los movimientos programados de algunas jugadas básicas conocidas, se habla de varias jugadas conocidas debido a que la teoría del ajedrez es muy amplia, pues existen innumerables libros de teoría de juegos, por lo que hablar solo de un número de partidas que puede tener el ajedrez, según el número de Shannon es de elevado a la 120.

Una vez que se realiza la demostración de una jugada básica, el tablero tendrá la opción de realizar la misma jugada pero con la intervención de una persona que tendrá que realizar los mismos movimientos de cualquiera de los dos jugadores que intervienen en la jugada programada, cualquier error que realice esta persona; la interfaz gráfica es la que mostrará el error debido a que cada jugada está programada.

El control del movimiento del tablero se lo realizará mediante una CNC (Control Numérico Computarizado) debido a su exactitud y control de velocidad en comparación con otros modelos de movimiento programado por ejemplo un brazo mecánico. Las piezas magnéticas del tablero se moverán debido al electroimán ubicado en el extremo de la CNC, se utilizará un electroimán en vez de un imán magnético para mover las piezas, los movimientos CNC serán jugadas programadas y visualizadas en la interfaz gráfica y el error simplemente será una jugada que realice una persona correspondiente a la programación secuencial.

Esta investigación se realizará para presentaciones que ayuden a incentivar áreas que fomenten el análisis lógico y matemático en escuelas, colegios y hasta universidades, este es uno de los aportes principales que tendrá esta investigación.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Implementar un prototipo de aprendizaje de ajedrez para principiantes, empleando una CNC para el control del tablero mediante jugadas básicas programadas y una interfaz gráfica.

### **Objetivos específicos**

- Analizar el aprendizaje con jugadas tradicionales de ajedrez y con el prototipo.
- Determinar los principales dispositivos electrónicos que se utilizaran para el prototipo.
- Investigar que software se utilizará para la interfaz y el control de error de jugadas programadas.
- Realizar las pruebas necesarias para el correcto funcionamiento del prototipo.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1. Ajedrez

El ajedrez es un juego de tablero en el que intervienen dos personas, a uno de los jugadores se le asigna un conjunto de piezas blancas y al otro un conjunto de piezas negras. El juego consiste en turnos para cada jugador; con el fin de dar jaque mate al rey del opositor. El ajedrez está basado en un gran número de reglas, debido a la combinación y características de cada una de las piezas (Ajedrez para Dummies, p. 35-36, 2014).

Una partida de ajedrez está dividida en tres partes: la apertura, el medio juego y el final. El objetivo principal de las jugadas de la apertura es activar las fuerzas de manera eficaz. En el medio juego las piezas de ambos jugadores repetidamente chocan; en esta fase se muestran la táctica y combinaciones de cada jugador. En la última fase los ejércitos ya se han quedado sin piezas importantes, pero ninguno de los reyes ha sido objeto de jaque mate.

Hoy en día el ajedrez es considerado como un deporte, ([thezugzwangblog.com](http://thezugzwangblog.com)).

A continuación se describen las razones por las que se acredita así:

- Es competitivo, pues a pesar de que no existe actividad deportiva por parte de los jugadores, si existe una lucha por vencer al oponente. Requiere de mucha concentración, es decir que los jugadores siempre estén alertas a cualquier jugada.
- El ajedrez ha sido reconocido como deporte por el Comité Olímpico Internacional desde el año 2000, en muchas otras competencias de gran renombre también se incorporará el ajedrez como los Juegos Olímpicos de invierno en Rusia.
- En un torneo de ajedrez los concursantes deben tener una condición mental excelente ya que deben concentrarse por muchas horas. Los concursantes de campeonatos mundiales cuentan con nutricionistas y preparadores físicos.
- Como en cualquier otro deporte, en el ajedrez también existen penalizaciones; una de ellas es cuando uno de los jugadores se niega a estrechar la mano del adversario.

Por las razones descritas, en el presente proyecto se realizó un prototipo de tablero digital de ajedrez que ayude y motive a los estudiantes a conocer los principios del ajedrez y sus jugadas más relevantes, aprovechando así cada una de sus habilidades.

### 1.1.1 Tablero y piezas de ajedrez

Par iniciar una partida de ajedrez es necesario un tablero y treinta y dos piezas, a cada jugador le corresponden 16 piezas, ya sean blancas o negras. En la **Tabla 1-1**: se observa las piezas tanto negras como blancas con su respectiva simbología. Cada pieza tiene su respectivo valor dentro de la partida.

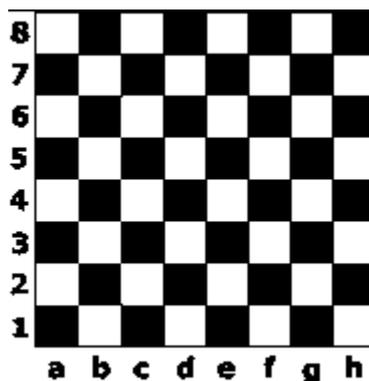
**Tabla 1-1:** Piezas del ajedrez

Piezas y símbolos del ajedrez					
Pieza	No.	Símbolo	Pieza	No.	Símbolo
rey blanco Valor: toda la partida	1		rey negro Valor: toda la partida	1	
dama blanca Valor: 10 pts.	1		dama negra Valor: 10 pts.	1	
torres blancas Valor: 5 pts.	2		torres negras Valor: 5 pts.	2	
alfiles blancos Valor: 3 pts.	2		alfiles negras Valor: 3 pts.	2	
caballos blancos Valor: 3 pts.	2		caballos negras Valor: 3 pts.	2	
peones blancos Valor: 1 pts.	8		peones negras Valor: 1 pts.	8	

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

El tablero de ajedrez es un cuadrado que se encuentra dividido en 64 casillas cuadradas de 8x8, colocadas alternadamente, es decir, una casilla blanca seguida de una negra. Está formado por 8 filas, 8 columnas y diagonales.

En la **Figura 1-1**: se muestra la nomenclatura del tablero para las filas y columnas. Como se observa las filas están denotadas por números del 1-8, mientras que las columnas se denotan por letras a-h.



**Figura 1-1:** Tablero de ajedrez

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 1.1.2. Leyes del Ajedrez

Una partida de ajedrez está basada en las leyes establecidas por la Federación internacional de Ajedrez (FIDE), se dividen en reglas básicas de juego y reglas de competición. Cabe mencionar que dicho reglamento no puede abarcar todas las posibles situaciones que pueden presentarse en un juego, pero ayudan al árbitro en la toma de decisiones con objetividad.

#### 1.1.2.1 Reglas básicas de juego de ajedrez

Una vez conocidas las piezas y distribución de líneas y columnas en el tablero, es necesario colocar las piezas de la manera correcta. Inicialmente, las filas 1 y 2 están ocupadas por las piezas blancas mientras que las piezas negras están ubicadas en las filas 7 y 8.; las damas se ubican en la columna “d” y los reyes en la columna “e”. Los peones siempre se colocarán al frente de cada ejército. En la **Figura 2-1:** se observa la posición inicial de las piezas en el tablero de ajedrez.



**Figura 2-1:** Posición inicial de las piezas

Fuente: Leyes del Ajedrez de la FIDE - enero 2018

En cuanto al movimiento de las piezas que realice un jugador siempre debe respetar las siguientes reglas:

- Ninguna pieza puede salir del tablero, ni haber dos en la misma casilla.
- Un jugador no puede capturar piezas de su propio ejército.
- No se puede hacer un movimiento tal que deje al final del turno el propio Rey en jaque, es decir, que el rival pudiera capturarlo en su turno.

Además existen movimientos propios de cada pieza, en la **Tabla 2-1**: se describe los movimientos y la manera de capturar a cada pieza en una partida de ajedrez, en base a lo descrito en el Reglamento del Ajedrez (p. 2-6, 2015).

**Tabla 2-1:** Movimientos y capturas de las piezas

<b>Pieza</b>	<b>Movimiento</b>	<b>Captura</b>
Torre	Todas las casillas que se deseen por la misma fila o columna de la original, con límite el final del tablero o la primera pieza encontrada en el camino. Si la pieza es enemiga, está dentro del rango.	Si una pieza enemiga es alcanzable, se puede capturar colocando la torre en la casilla ocupada por la pieza enemiga.
Alfil	Todas las casillas que se deseen por una de las cuatro diagonales que parten de la pieza, hasta el final del tablero o la primera pieza encontrada. Si la pieza es enemiga, está dentro del rango.	Se coloca el Alfil en la casilla ocupada por la pieza rival, y ésta se retira.
Dama	funciona como una Torre y un Alfil combinados	Se coloca la Dama en la casilla ocupada por la pieza rival retirando ésta del tablero.
Rey	funciona como la Dama pero sólo una casilla por vez, es decir, sólo puede desplazarse a casillas adyacentes	Cualquier pieza enemiga situada en alguna de las 8 casillas adyacentes puede ser capturada, situando el Rey en ella y retirando la pieza enemiga.
Caballo	Puede moverse a una de las 8 casillas que están ubicadas a una cierta distancia suya, sin importar las piezas que pudiera haber en medio. Cada una de estas casillas destino forman una figura de “L” desde la casilla inicial. Todas ellas son de distinto color de la inicial.	Toda pieza enemiga situada en una casilla destino de un Caballo, sin importar las que haya en medio, puede ser capturada desplazándolo allí y retirando la capturada.
Peón	Hacia delante, en la misma columna, una casilla por vez. Si es la primera vez que ese peón es movido (aún se halla en la segunda fila) puede desplazarse 1 o 2 casillas	Cada Peón ataca las dos casillas que están en diagonal hacia delante, de forma que al capturar cambian de columna.

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Respecto a la finalización de la partida, un jugador gana la partida cuando:

- Ha dado un jaque mate al rey de su oponente, el triunfo es inmediato.
- Cuando uno de los jugadores declara que abandona la partida, el otro es el ganador.
- La partida se denomina tablas cuando el jugador que está en juego no puede mover en su turno y su rey no está en jaque, es decir esta “ahogado”
- La partida es tablas cuando se alcanza una posición en la cual ningún jugador puede dar mate al rey del adversario con alguna serie de movimientos legales. Se dice que la partida termina en una “posición muerta”.
- La partida es tablas por acuerdo entre los dos jugadores durante el desarrollo de la misma, siempre y cuando ambos jugadores hayan efectuado al menos un movimiento.

#### *1.1.2.2. Reglas de competición*

A continuación se describen las principales reglas de competición en una partida de ajedrez:

- En caso de existen irregularidades en el juego el árbitro basado en su criterio reubicará las piezas a un aposición anterior.
- Un jugador que desee ofrecer tablas deberá hacerlo después de haber realizado un movimiento sobre el tablero
- Durante una partida está prohibido que un jugador tenga cualquier dispositivo electrónico no aprobado específicamente por el árbitro en el recinto de juego.
- La puntuación total de cualquier partida nunca puede exceder el máximo total de puntos normalmente asignados a esa partida.
- El árbitro velará por que se cumplan las Leyes del Ajedrez.

#### **1.1.3. Tipos de aperturas en una partida de ajedrez**

La apertura es la fase inicial de una partida de ajedrez; aquí se aplican las jugadas iniciales que darán una idea a cada jugador para mover las piezas. Algunas de las aperturas en el ajedrez están cronometradas. Es muy importante tener las nociones básicas de los más conocidos tipos de apertura. En base a lo descrito por El Dpto. de Matemáticas (Madrid, 2014, p. 3-6) se describen los diversos tipos de apertura.

- **Gambito Danés:** esta jugada permite obtener una clara ventaja de desarrollo y una actividad muy grande gracias a la acción de los alfiles blancos.

- **Defensa Siciliana:** es la respuesta más popular en los altos niveles de ajedrez de las Negras a e4. Esta apertura lleva a una difícil y peligrosa lucha en la que ambos lados pueden jugar para obtener la victoria.
- **Gambito del Rey:** esta apertura se basa en el sacrificio de un peón. Las piezas blancas planean dominar el centro del tablero y abrir la columna f; las piezas negras niegan el sacrificio del peón.
- **Defensa Francesa:** es una apertura sólida; aquí las piezas negras colocan un peón en el centro, con el inconveniente de obstruir al alfil de dama; lo que lleva a posiciones lentas pero que más tardes se verán recompensadas.
- **Defensa Caro-Kam:** Es una apertura muy sólida, pero no lo suficientemente dinámica. En comparación con la apertura francesa las Negras han evitado bloquear el alfil del rey.
- **Defensa española:** es una de las aperturas más populares en todos los niveles. La posición de esta apertura se lo consigue al tercer movimiento. En esta apertura ambos jugadores sitúan su peón al centro y tratan de defender sus argumentos.

#### 1.1.4 Principales jugadas para dar jaque mate

El principal objetivo del ajedrez es dar jaque mate al rey del adversario, para lograrlo existen varios tipos de jaque mate, entre los principales y sobre los que se realizó la programación en el presente proyecto se tiene:

- **Mate del pastor:** es el más conocido por los jugadores principiantes, su objetivo es atacar el peón más débil antes de que el Rey se enroque con el alfil y la dama. En la **Figura 3-1:** se observa la posición final de las piezas al dar un jaque mate pastor.



**Figura 3-1:** Posición final del mate pastor

**Fuente:** Ajedrez de ataque, 2004

(<http://www.ajedrezdeataque.com/02%20Partidas/Especiales/Mates.htm>)

- **Mate del loco:** es producido cuando el bando perdedor debilita la diagonal e1-h4 en caso de las piezas blancas, e8-h5 en el de las negras, dejando el rey indefenso, sin casillas donde mover y sin posibilidad de cubrirse de eventuales jaques, que en estos casos resultan mortales. En la **Figura 4-1:** se observa la posición final de las piezas al dar un jaque mate del loco.



**Figura 4-1:** Posición final del mate del loco

Fuente: <http://www.ajedrezdeataque.com/02%20Partidas/Especiales/Mates.htm>

- **Mate de legal:** es uno de los más rápidos y se basa en la entrega de la dama para dar mate con 3 piezas menores. El blanco utiliza como en el Jaque Mate Pastor la debilidad de la casilla de f7. La idea de este mate se da en la Apertura Italiana, de los 2 Caballos y Philidor entre otras. En la **Figura 5-1:** se observa la posición final de las piezas al dar un jaque mate de legal.



**Figura 5-1:** Posición final del mate de legal

Fuente: Ajedrez de ataque, 2004

(<http://www.ajedrezdeataque.com/02%20Partidas/Especiales/Mates.htm>)

- **Mate del pasillo:** se produce cuando una torre o una dama amenaza al rey adversario en la octava o primera fila. El rey no puede huir de la amenaza porque se encuentra bloqueado por sus propias piezas que usualmente son los peones (El ajedrez en la escuela, 2014). En la **Figura 6-1:** se observa la posición final de las piezas al dar un jaque mate del pasillo.



**Figura 6-1:** Posición final del mate del pasillo

Fuente: <http://www.ajedrezdeataque.com/02%20Partidas/Especiales/Mates.htm>

- **Mate de lacozte:** en este mate el rey se encuentra bloqueado por sus propias piezas y que la pieza ejecutora del mate se trata de un caballo, además suelen hacer algún sacrificio de pieza anterior (Mates Típicos, 2010). En la **Figura 7-1:** se observa la posición final de las piezas al dar un jaque mate de lacozte.



**Figura 7-1:** Posición final del mate de lacozte

Fuente: <http://www.ajedrezdeataque.com/02%20Partidas/Especiales/Mates.htm>

- **Mate de réti:** para conseguir este mate se debe sacrificar a la dama, posteriormente con la ayuda de la torre y el alfil, atacar al rey adversario que estará obstruido por sus propias piezas (Ajedrez en la escuela, 2014). En la **Figura 8-1:** se observa la posición final de las piezas al dar un jaque mate de réti.



**Figura 8-1:** Posición final del mate de réti

Fuente: <http://www.ajedrezdeataque.com/02%20Partidas/Especiales/Mates.htm>

- **Mate boden:** consiste en una combinación donde se sacrifica la dama o una torre para abrir una línea sobre el rey adversario, de tal modo que se da jaque mate con los dos alfiles (Ajedrez de ataque, 2004). En la **Figura 9-1:** se observa la posición final de las piezas al dar un jaque mate boden.

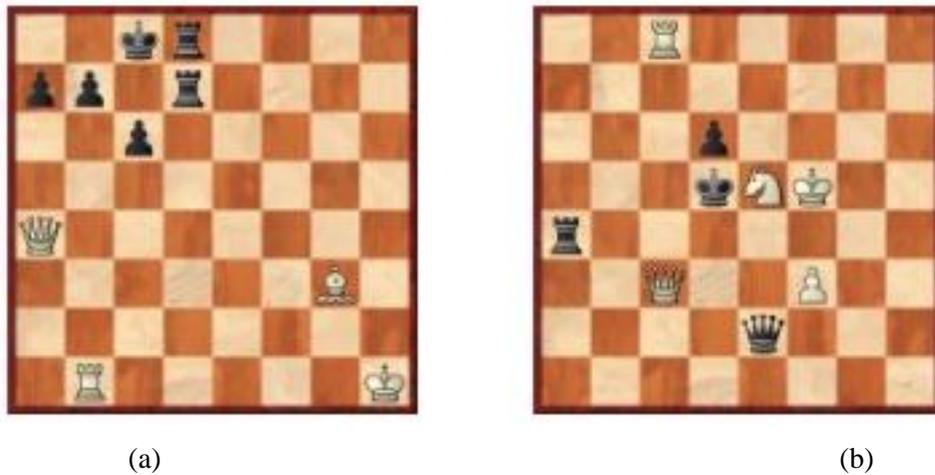


**Figura 9-1:** Posición final del mate boden

Fuente: <http://www.ajedrezdeataque.com/02%20Partidas/Especiales/Mates.htm>

- **Mate de anastasia:** se origina mediante un ataque coordinado de torre o dama y caballo y éste controlará la casilla de escape del rey. En la **Figura 10-1:** se observa la posición final de

las piezas al dar un jaque mate anastasia, se ha encontrado dos versiones diferentes del mate de Anastasia (Ajedrez de ataque, 2004).



**Figura 10-1:** Posición final del mate de anastasia (a) versión 1 (b) versión 2

Fuente: <http://www.ajedrezdeataque.com/02%20Partidas/Especiales/Mates.htm>

## 1.2. Ajedrez y la tecnología

El ajedrez es uno de los juegos de mesa más sobresalientes, por ello hoy en día la con la ayuda de la tecnología se han desarrollado tablero electrónicos. Los tableros electrónicos de ajedrez son dispositivos de entrada de movimientos precisos que recibe la computadora. Estos dispositivos se encargan de guardar y registrar partidas, para entrenamiento y análisis de juegos (www. Inforchess.com, 2014).

En la **Figura 11-1:** se puede visualizar el tablero de ajedrez electrónico chess master



**Figura 11-1:** Tablero de ajedrez electrónico chess master

Fuente: <https://www.inforchess.com/computadoras-ajedrez/Tablero-electronico-ajedrez-DGT.htm>

Las ventajas de contar con un tablero electrónico son variadas; entre las más relevantes se describen las siguientes:

- Jugar contra un ordenador de la misma forma que si estuviera jugando contra un jugador humano.
- Jugar en el ICC (Internet Chess Club) mediante el adaptador disponible haciendo las jugadas directamente en el tablero.
- Cuentan con compatibilidad con los principales interfaces de programas de software del mercado.
- Las partidas jugadas en el tablero son guardadas automáticamente, evitando que sean anotadas. La computadora puede actuar como árbitro.
- Se recomienda su uso para Directores de Torneos, ya que pueden retransmitirse directamente por Internet al ejecutar la jugada.

Un tablero electrónico está compuesto principalmente por dispositivos sensoriales encargados de la detección de las piezas y el microcontrolador es el cerebro del sistema, ya que en él se encuentran albergado el sistema operativo y los programas de ejecución.

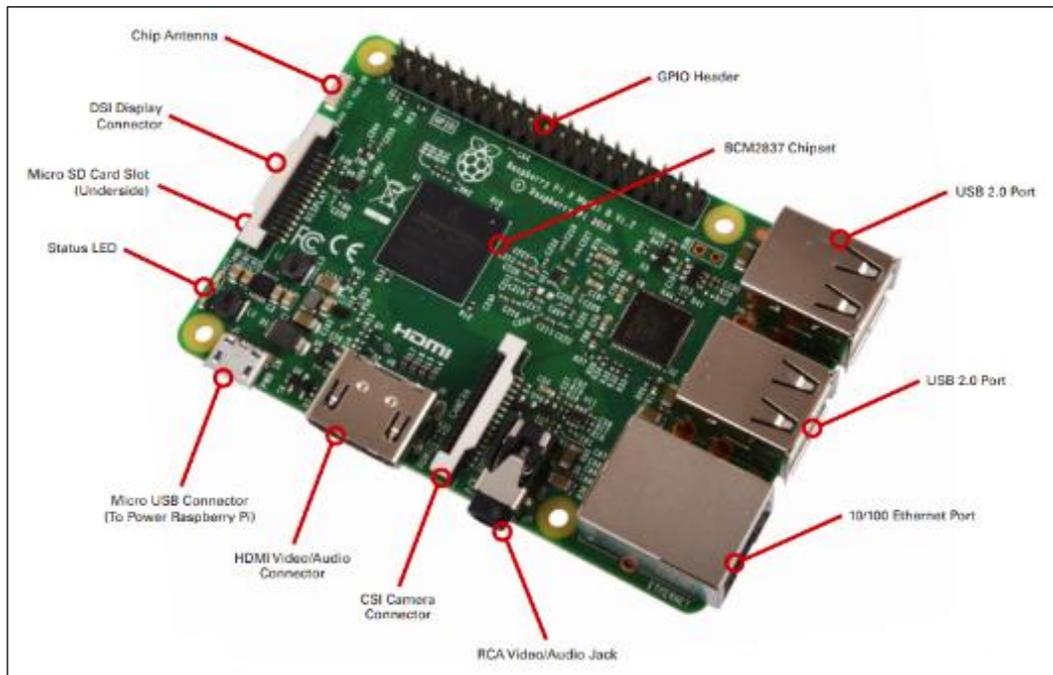
### **1.3. Microcomputador Raspberry Pi**

La Raspberry Pi, es uno de los microcomputadores más potentes y utilizados en proyectos educativos; debido a su mínimo costo, tamaño y las características que presenta. La familia Raspberry Pi cuenta con varias versiones que han sido lanzadas al mercado a partir del año 2012; Raspberry Pi 1 Modelo A, Raspberry Pi 1 Modelo B y B+, Raspberry Pi 2 Modelo B, Raspberry Pi 3 Modelo B. En el presente proyecto se empleó su más reciente versión Raspberry Pi 3.

La Raspberry Pi 3 Modelo B es la tercera generación de Raspberry Pi, contiene un procesador más poderoso, 10 veces más rápido que la primera generación Raspberry Pi. Además, agrega conectividad LAN inalámbrica y Bluetooth por lo que es la solución ideal para diseños potentes.

#### **1.3.1. Puertos de la Raspberry Pi 3**

La Raspberry Pi 3 trae incorporado diversos puertos que facilitan la comunicación con dispositivos externos a la placa. En la **Figura 12-1:** se muestran los puertos disponibles en la Raspberry Pi 3.



**Figura 12-1:** Placa Raspberry Pi 3

Fuente: [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)

A continuación se describen los puertos de la placa Raspberry Pi 3:

- Conector Micro USB: permite energizar a la Raspberry Pi 3 con una señal de 600mA a 1.8 A a 5VDC.
- 4 puertos USB: provee de alimentación eléctrica a periféricos y dispositivos electrónicos.
- Ranura para tarjetas microSD (ahora push-pull en lugar de push-push).
- Puerto Full HDMI: permite la conexión al monitor de un computador u otro dispositivo compatible.
- Puerto Ethernet: Mediante un conector RJ45 permite la conexión física de la placa Raspberry Pi B+ a una red LAN Ethernet
- Conector combo compuesto de audio y vídeo de 3,5 mm.
- Interfaz de la cámara (CSI): permite la conexión del Módulo de Cámara
- Interfaz de pantalla (DSI): permite la conexión de pantallas LCD que soporten DSI.
- Memory Card Slot: se encuentra la Micro SD en la que se encuentra el sistema operativo a usar.
- 40 pines GPIO: son configurados en base a las necesidades del trabajo y operan a 3.3 V DC. En la **Figura 13-1**: se muestra la distribución de los pines GPIO en la Raspberry Pi 3.

Pin#	NAME		NAME	Pin#
01	3.3v DC Power	●	DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I <sup>2</sup> C)	●	DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I <sup>2</sup> C)	●	Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)	●	(TXD0) GPIO14	08
09	Ground	●	(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)	●	(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)	●	Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)	●	(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power	●	(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)	●	Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)	●	(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)	●	(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground	●	(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I <sup>2</sup> C ID EEPROM)	●	(I <sup>2</sup> C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05	●	Ground	30
31	GPIO06	●	GPIO12	32
33	GPIO13	●	Ground	34
35	GPIO19	●	GPIO16	36
37	GPIO26	●	GPIO20	38
39	Ground	●	GPIO21	40

**Figura 13-1:** Pines GPIO de la Raspberry Pi 3

Fuente: [www.terraelectronica.ru](http://www.terraelectronica.ru)

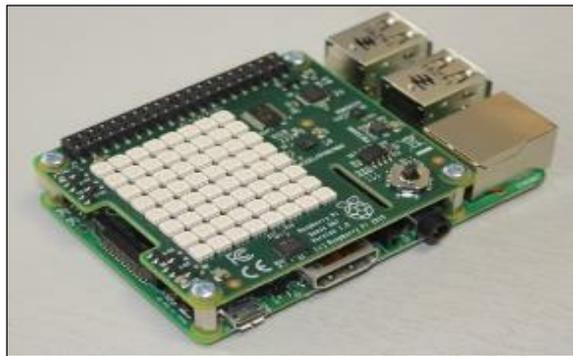
### 1.3.2. Sistema Operativo de la Raspberry Pi 3

De la misma manera que el hardware de la Raspberry Pi, el sistema operativo también ha ido evolucionando. En sus inicios el sistema operativo fue Raspbian Wheezy, pero hoy en día se encuentra actualizado a la nueva versión denominada Raspbian Jessie.

Raspbian Jessie es la plataforma que permite controlar los procesos básicos de la Raspberry Pi 3 y el funcionamiento de otros softwares. Las características principales de dicho sistema operativo se describen a continuación:

- Posee un mejor rendimiento y flexibilidad respecto al control de los procesos del sistema.
- Cuenta con una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) mejorada, en la versión anterior el sistema operativo iniciaba en la línea de comandos de Linux, con Raspbian Jessie el usuario inicia en la GUI del escritorio.
- Está basado en la versión 3 de GTK+, el kit de herramientas de interfaz de usuario usado en un entorno de escritorio LDXDE.
- Añade características propias de una MAC o una PC, como son el conjunto de LibreOffice y Claws Mail.

- LibreOffice es compatible con archivos de Microsoft office, ya que incluye un procesador de texto, hojas de cálculo, gráficos de presentación, dibujo vectorial y programas de base de datos ([www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)).
- Claws Mail es un cliente de correo electrónico que admite todos los protocolos comunes de correo electrónico y brinda la funcionalidad de un cliente de correo independiente como Windows Mail ([www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)).
- Incorpora dos aplicaciones en la categoría de programación, mismas que permiten escribir aplicaciones Java, denominadas BlueJ y Greenfoot. Además cuenta con ejemplos.
- Los usuarios Python ahora pueden acceder a los GPIO como usuarios estándar, ya que anteriormente se debía iniciar python con sudo.
- Cuenta con soporte para nuevos periféricos como el Sense Hat que es compatible con Scratch y Python. El sense Hat es un periférico de múltiples sensores, un joystick y un display led 8x8. En la **Figura 14-1**: se puede observar el Sense Hat colocado sobre la Raspberry Pi 3 ([www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)).



**Figura 14-1:** Sense Hat

Fuente: [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)

#### 1.4. Control Numérico por Computadora

El control numérico por computadora, también conocido como CNC, es un sistema que permite automatizar el movimiento de una máquina herramienta; que pueden ser una fresadora, torno, rectificadora, prensa, entre otros. Las instrucciones que ejecutan los movimientos son directas para los distintos actuadores de las máquinas y se encuentran almacenadas en un programa de control. En la **Figura 15.1** se observa una Máquina CNC para moldes en madera.



**Figura 15-1:** Máquina CNC para moldes en madera.

**Fuente:** [www.solostocks.com.ar](http://www.solostocks.com.ar)

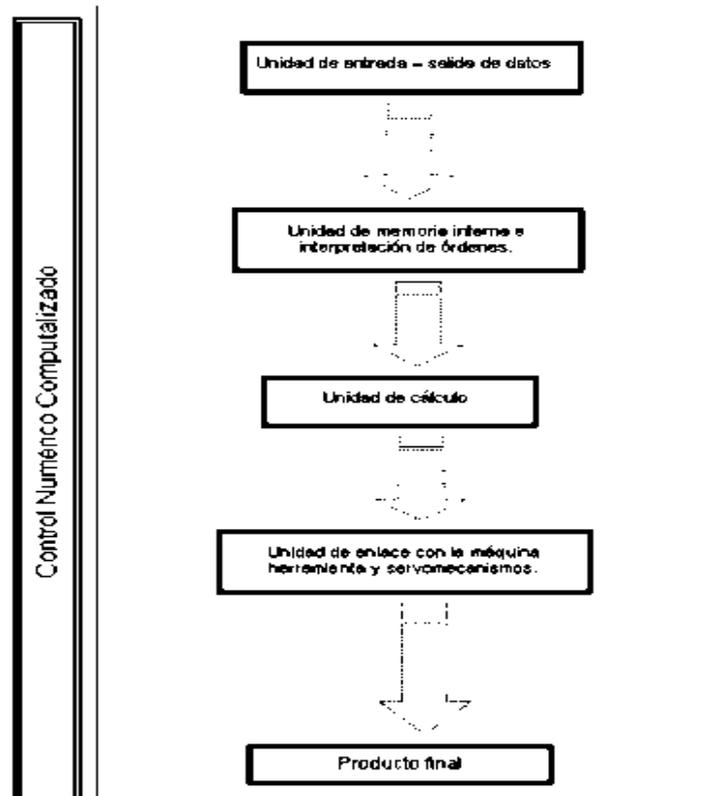
La tecnología CNC al ser una alternativa de automatización trae consigo innumerables ventajas, mismas que se enlistan a continuación:

- Permite realizar diseños simples o complejos, gracias a su gran capacidad.
- Admite varios lenguajes de programación, ya que las versiones que utilizan las diversas máquinas CNC son compatibles.
- Brinda mayor precisión con respecto a las máquinas tradicionales, gracias a la asistencia por computador.
- Cuenta con sistemas de calibración, para así evitar errores.
- Reducción en la pérdida de materia prima.
- Mejor rendimientos a bajos precios.

#### **1.4.1 Arquitectura de una máquina herramienta CNC**

El controlador CNC trabaja en conjunto con una serie de motores que pueden ser servomotores o motores paso a paso y elementos de accionamiento que trasladan los ejes de la máquina de una forma controlada, para posteriormente ejecutar los movimientos previamente programados.

En **Figura 16-1:** se muestra la arquitectura de una máquina herramienta de control numérico.



**Figura 16-1:** Arquitectura de una máquina CNC

Fuente: módulo control numérico computarizado, 2012

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/4883/1/Modulo%20Control%20Numerico%20Computarizado.pdf>

La arquitectura de una máquina CNC está formada por:

- **Unidad de entrada y salida de datos:** cargan los programas de mecanizado en equipo de control numérico. El teclado permite ingresar los datos.
- **Unidad de memoria interna e interpretación de órdenes:** es el lugar donde se encuentra almacenado el programa de control. Aquí se inicia la lectura, seguido de la ejecución que va leyendo bloques secuenciales y la información.
- **Unidad de cálculo:** posterior a la lectura de la información, esta unidad crea un conjunto de órdenes que será usadas para controlar las maquinas, herramientas y asegurar el correcto desempeño. Dichas órdenes se identifican como las trayectorias que se van recorrer según un sistema de coordenadas x,y,z.
- **Unidad de enlace con la máquina, herramienta y servomecanismo:** para controlar este conjunto de elementos se puede usar un control a lazo cerrado o un control a lazo abierto.

- **Producto/ final:** hace referencia al producto terminado después de haber pasado por cada una de las etapas de la máquina CNC, por ejemplo en la máquina CNC para moldes de madera el producto final puede ser el marco de un puerta.

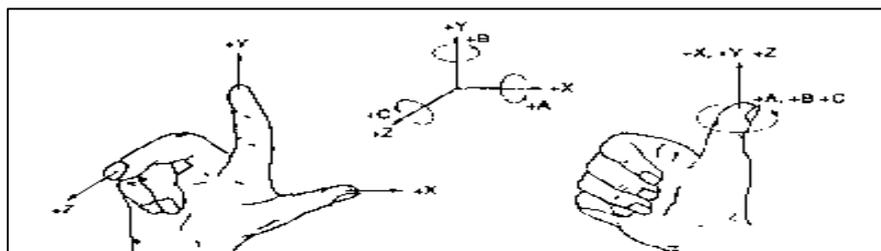
#### 1.4.2. Control de movimiento de una CNC

Las máquinas CNC tienen varias direcciones programables a las que se denomina “ejes”, dichos ejes pueden ser en línea recta o rotatorios. Cada máquina CNC tiene diversos números de ejes dependiendo de su aplicación y vienen establecidos bajo la Norma DIN 66217. Los ejes en línea recta están denotados por X, Y y Z; los ejes paralelos a lineales se denomina auxiliares U, V y W; mientras que los ejes rotatorios se denotan por A, B y C (Introducción a la Tecnología, 2015).

Para controlar los movimientos se emplean dos sistemas; denominados valores o coordenadas absolutas y valores o coordenadas incrementales.

- **Coordenadas absolutas:** las coordenadas del punto de destino hacen referencia al punto de origen de coordenadas. Las variables empleadas son X para la medida del diámetro final y Z para la medida en dirección paralela al eje de giro del tornillo.
- **Coordenadas incrementales:** las coordenadas del punto de destino hacen referencia al punto actual. Se usan las variables U para la distancia radial y W para la medida en dirección paralela al eje de giro del tornillo.

Par recordar con facilidad como se encuentran distribuidos los ejes con respecto al sistema de coordenadas se emplea la regla de la mano derecha que se muestra en la **Figura 17-1:** con respecto a los ejes rotativos, el sentido positivo de giro viene determinado al rodear con los dedos el eje principal sobre el que se sitúa el eje rotativo, cuando el dedo pulgar señala la dirección positiva del eje lineal (<http://maquinaherramienta.blogspot.com>, 2012).



**Figura 17-1:** Regla de la mano derecha

Fuente: Nomenclatura de los ejes en CNC, 2012

<http://maquinaherramienta.blogspot.com/2012/02/nomenclatura-de-los-ejes-en-cnc.html>

### 1.4.3. Programación de CNC

La programación de una máquina CNC está escrito en un lenguaje de bajo nivel denominado G (funciones de movimiento) y M (funciones de m), de acuerdo a la Norma ISO 6983 y la Norma EIA RS274 se basa en las órdenes que contienen información como las coordenadas y medidas que son calculadas en base al resultado que desee obtener. Existen dos tipos de programación: automática y manual.

#### 1.4.3.1. Programación manual

La programación manual es realizada por el operario de la máquina CNC, misma que está formada por un conjunto de instrucciones que ejecutan movimientos secuenciales. Las instrucciones pueden ser de formato fijo o variable. El formato fijo emplea caracteres a-z y números 0-9. Cada instrucción está formada por un carácter que denota la dirección, mientras que la parte numérica denota el desplazamiento, las velocidades de avance y otros parámetros de control.

En la **Tabla 3-1**: se describen los códigos utilizados en un programa CNC De acuerdo al estándar RS-274-D de la EIA.

**Tabla 3-1:** Nomenclatura, sentido y significados de código programa CNC.

COMANDO	DESCRIPCIÓN
A	Ángulo contra los Punteros del Reloj desde el Vector +X
B	Dimensión angular alrededor del eje Y, medida en grados decimales
C	Dimensión angular alrededor del eje Z, medida en grados decimales.
D	Dimensión angular alrededor de un eje especial, o avance terciario, o función de selección de compensación para herramienta
E	Dimensión angular alrededor de un eje especial, o avance secundario
F	Avance
G	Función preparatorio
H	Libre o compensación de la herramienta
I	Parámetro de interpolación o paso paralelo al eje X
J	Parámetro de interpolación o paso paralelo al eje Y
K	Parámetro de interpolación o paso paralelo al eje Z
L	Libre
M	Función miscelánea o auxiliar
N	Número de Secuencia
O	Número de secuencia para segundo encabezado solamente
P	Tercer movimiento paralelo al eje X ó tercer movimiento rápido.
Q	Tercer movimiento paralelo al eje Y o segundo movimiento rápido
R	Radio desde el Centro Especificado
S	Velocidad de Giro
T	Número de Herramienta
U	Segundo movimiento paralelo al eje X
V	Segundo movimiento paralelo al eje Y
W	Segundo movimiento paralelo al eje Z
X	Comando para el Eje X
Y	Comando para el Eje Y

Z	Comando para el Eje Z
---	-----------------------

Fuente: Programación automática de máquinas CNC, 2012

En la **Tabla 4-1:** se muestran los principales códigos empleados en funciones de máquinas.

**Tabla 4-1:** Funciones de máquina

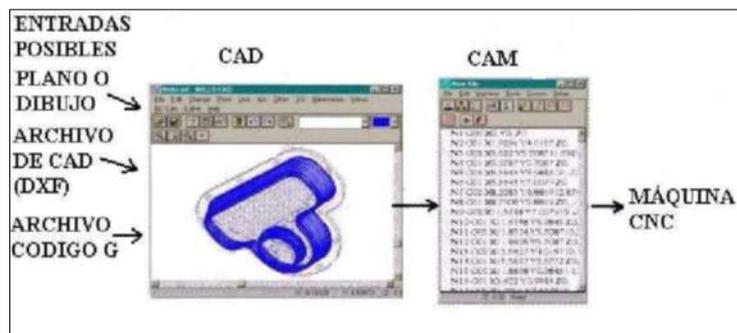
COMANDO	DESCRIPCIÓN
M03	Inicio de la rotación del mandril en la dirección de las agujas del reloj.
M04	Inicio de la rotación del mandril en la dirección contraria a las agujas del reloj.
M05	Detención de la rotación del mandril.
M07	Conexión del aporte de rocío del enfriador.
M30	Detención y rebobinado del programa. Detención de la rotación del mandril, del movimiento de la herramienta y desconexión del flujo del enfriador; el control se prepara a comenzar la lectura del inicio del programa una vez más. Todas las funciones de la máquina vuelven a su estado por defecto
M99	Retorno desde la subrutina al programa principal

Fuente: Programación automática de máquinas CNC, 2012

#### 1.4.3.2. Programación automática

En el caso de la programación automática los cálculos se realizan por medio de un computador, mismo que carga el programa para posteriormente generar el movimiento programado. Se emplea los sistemas CAD/CAM que hacen referencia a diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora respectivamente. El programador CNC detalla las operaciones de mecanizado a realizar y el programa CAM crea automáticamente el programa CNC.

El sistema CAD se encarga de diseñar la pieza con herramientas de dibujo y modelado sólido, consiguiente el sistema CAM recibe la información de diseño y genera la trayectoria que debe seguir a máquina para fabricar una pieza determinada; a partir de esta trayectoria se genera automáticamente el programa (Programación automática de máquinas CNC, 2012). En la **Figura 18-1:** se muestra el diagrama de un sistema CAD/CAM.



**Figura 18-1:** Diagrama de un sistema CAD/CAM

Fuente: [http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/mecanica/mat/mat\\_mec/m4/master\\_cam.pdf](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/master_cam.pdf)

#### **1.4.4. Tipos de CNC**

A lo largo de los años en la industria se han incrementado necesidades de crear piezas industriales en gran cantidad, por tal motivo se crearon las máquinas CNC Router y las CNC Láser, dichas máquinas son empleadas de acuerdo al material de la pieza a fabricar, al volumen de producción, entre otros.

##### *1.4.4.1. Máquina CNC Router*

Las máquinas CNC router cuentan con varios motores en sus ejes, lo que permite que el trabajo manual de la fabricación de piezas industriales de acero o metal se lo realice de manera más rápida y menos compleja. Esta máquina es una de las más utilizadas hoy en día. Sus características principales son:

- Su mecanismo consiste en varios cortes o grabados dentro del material objetivo para crear el diámetro, la altura de la pieza, la rotura, entre otras características importantes (Grumeber S.L.).
- Tiene un ordenador mucho más fácil de manejar y puede trabajar no solo con materiales metálicos o de hierro, sino que también puede trabajar con madera (Grumeber S.L.).
- Las brocas tienen diámetros y distancias diferentes, por lo que se debe tener mucho cuidado al momento de colocar el material dentro de la máquina CNC (Grumeber S.L.).
- Los operarios de estas máquinas deben tener unos conocimientos previos de matemática, álgebra y sentido común a al momento de usar la máquina para trabajos de tornería (Grumeber S.L.).

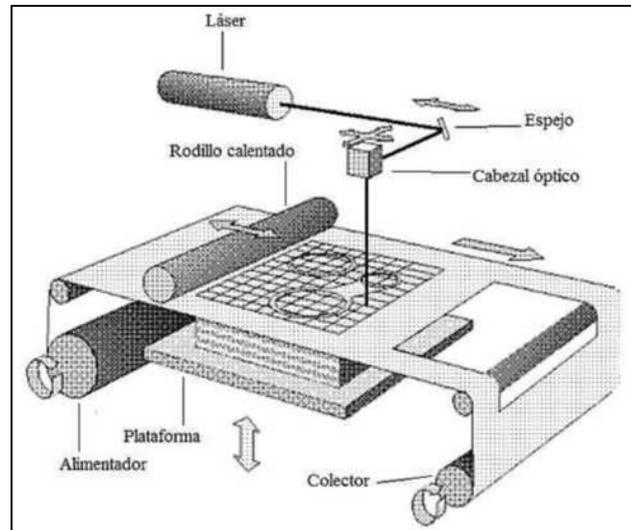
##### *1.4.4.2. Máquina CNC Láser*

Las máquinas CNC Láser son una invención muy reciente, su funcionamiento está basado en velocidades de alta precisión de corte y/o grabado en tiempo real. Reproducen piezas con exactitud milimétrica, obteniendo piezas industriales perfectas. Las máquinas CNC laser pueden trabajar sobre materiales metálicos y no metálicos sin perder su precisión.

En base a lo descrito en el trabajo de grado denominado “*Diseño y construcción de una cortadora láser para papel con interfaz gráfica*”, una máquina CNC laser debe cumplir con las siguientes características:

- Provee de precisión en el movimiento de los ejes, gracias al uso de motores paso a paso, servomotores, entre otros actuadores.

- El láser que se emplea varía de acuerdo al material que se desea cortar.
- Debe contar con un controlador CNC, ya que permite la comunicación entre la interfaz gráfica del computador y los demás dispositivos de la máquina CNC.



**Figura 19-1:** Sistema de corte de papel por laser

Fuente: Padilla Roxana, 2017

## 1.5. Actuadores de una Máquina CNC

Los actuadores son dispositivos que transforman energía, ya sea hidráulica, neumática o eléctrica durante la activación de un proceso y posteriormente generar un efecto. Existen diversos tipos de actuadores como son los motores paso a paso, servomotores, válvulas, émbolo, pistón, piñón, prensa hidráulica, entre otros. En el presente proyecto se hace referencia al motor paso a paso.

### 1.5.1. Motores pasó a paso

Los motores paso a paso son dispositivos electromagnéticos y rotativos, que transforman pulsos digitales en rotación mecánica, la misma que es directamente proporcional al número de pulsos, mientras que la velocidad rotativa es relativa a la frecuencia de pulsos (Jennings S.). Entre sus características principales se describen las siguientes:

- Gracias a su tamaño proporcionan un excelente torque a una baja velocidad.
- No poseen escobillas, por lo que no necesitan de mantenimiento.
- No requieren de elementos para su realimentación, ya que trabajan en lazo abierto.
- Se clasifican en base la reluctancia variable, de magneto permanente e Híbridos.
- El número de pasos depende del número de pares de polos del rotor, el número de fases del motor y el modo de impulsión

En la **Figura 20-1** Se observa el motor paso a paso Nema 17 que se utilizó para el movimiento de la máquina CNC.

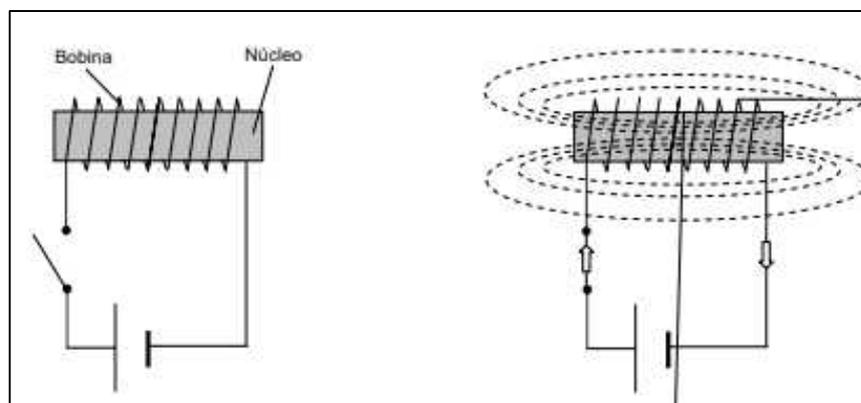


**Figura 20-1:** Motor pasó a paso Nema 17

Realizado por: Nàjera, Jonathan, 2018

## 1.6. Relé

Es un electroimán que está formado por el núcleo, alrededor de él se encuentra la bobina de hilo de cobre. Su funcionamiento está basado en que al atravesar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo produce un campo magnético, convirtiéndose en un imán; esto provoca el cambio en el estado del contacto, es decir, si estaba abierto se cerrará y viceversa. La fuerza o potencia del imán se incrementará a mayor intensidad de corriente y mayor número de vueltas en el bobinado. En la **Figura 21-1:** se muestra el relé sin ser energizado y estado del relé cuando atraviesa una corriente eléctrica por la bobina **ANEXO G**.



(a)

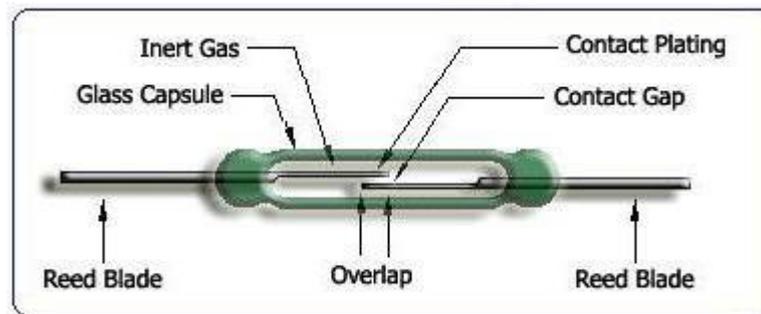
(b)

**Figura 21-1:** Estado del relé (a) no energizado (b) energizado

Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>

## 1.7. Interruptor magnético Reed Switch

Es un dispositivo que está formado por dos laminas ferromagnéticas compuestas de níquel y hierro, selladas herméticamente en una capsula de vidrio; los contactos están compuestas de rodio que aumentan su vida útil. Los contactos se cierran cuando se exponen a un campo electromagnético. En la **Figura 22-1**: se muestra las partes que componen un reed switch.



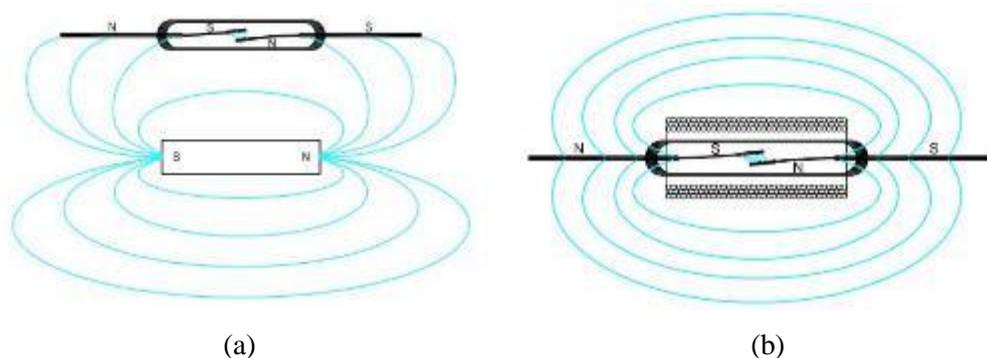
**Figura 22-1:** Partes del Interruptor Reed Switch

Fuente: [www.shoptronica.com](http://www.shoptronica.com)

**Accionamiento 1:** Para cerrar o abrir los contactos de un reed switch se emplea un imán permanente que proporciona un campo magnético externo.

**Accionamiento 2:** Colocar el reed switch en el interior de una bobina de cobre, misma que al energizarse genera un campo magnético que permite abrir o cerrar los contactos.

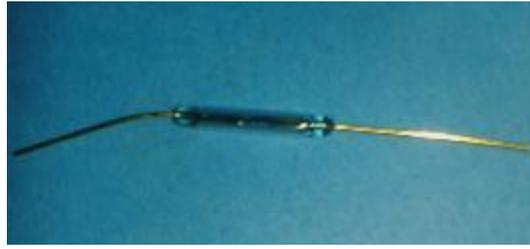
En la **Figura 23-1**: se observa los accionamientos 1 y 2 para un interruptor magnético Reed Switch.



**Figura 23-1:** (a) Accionamiento 1 (b) Accionamiento 2

Fuente: [www.shoptronica.com](http://www.shoptronica.com)

En la **Figura 24-1**. Se observa el interruptor magnético Reed Switch que se utilizó para crear la matriz del tablero de ajedrez del prototipo.



**Figura 24-1:** Interruptor magnético reed switch

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

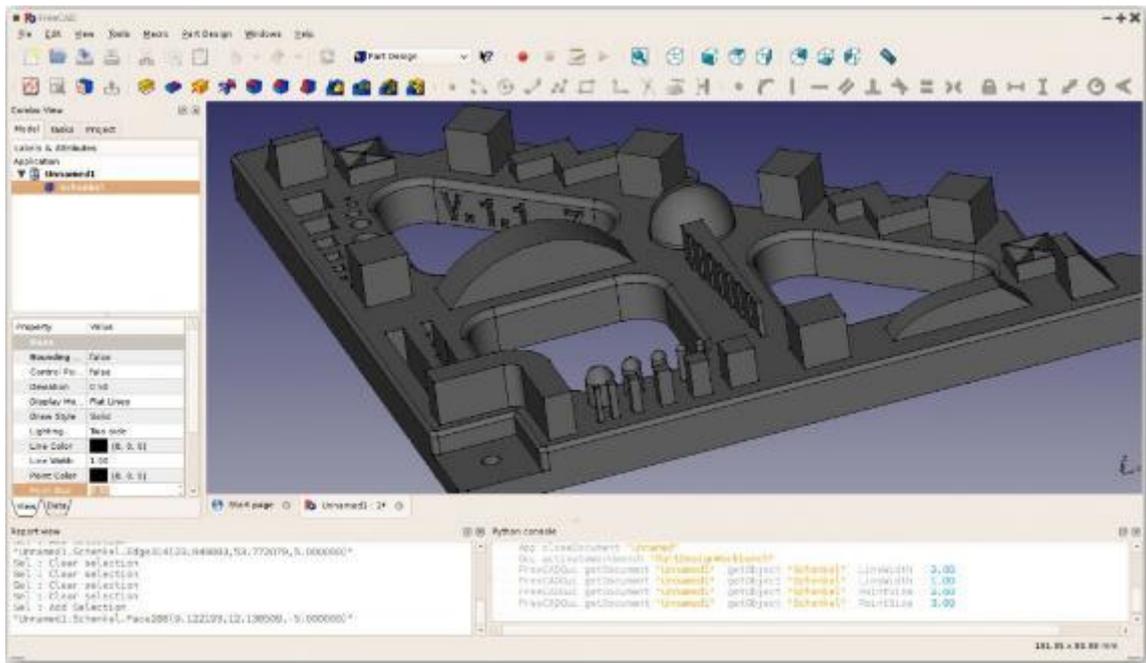
## 1.8. Software empleado para la programación y diseño del prototipo

Para la implementación de la parte mecánica del prototipo se empleó el software FreeCAD, mientras que para la escritura del código de programación que controla los elementos que integran el sistema se utilizó Python. En los siguientes apartados se describe las características de los software mencionados.

### 1.8.1. FreeCAD

Es un software de diseño CAD 3D, está desarrollado en un código abierto con Licencia LGPL. Está orientado al diseño mecánico, diseño de productos, además incorpora herramientas que facilitan el diseño de arquitectura e ingeniería. Tiene una arquitectura modular, es decir que se puede realizar cambios en un diseño sin afectar al núcleo del sistema.

En la **Figura 25-1:** se observa el entorno de trabajo del software de diseño FreeCAD.



**Figura 25-1:** Entorno de trabajo del software de diseño FreeCAD

Fuente: [www.freecadweb.org](http://www.freecadweb.org)

En base a lo descrito por la página oficial del software FreeCAD ([www.freecadweb.org](http://www.freecadweb.org)) se enlistan las principales características de este software se tiene:

- Es multiplataforma, es decir, que se ejecuta normalmente en Windows, Linux/Unix y Mac OSX, la vista y la funcionalidad es la misma
- Cuenta con una completa interfaz gráfica de usuario basada en el famoso entorno Qt, con un visualizador 3D basado en Open Inventor.
- Se ejecuta como una aplicación de línea de comandos, con menos requerimientos de memoria. pero con todas sus herramientas de geometría.
- Puede ser importado como un módulo de Python, dentro de otras aplicaciones que puedan ejecutar archivos guión de python, o en una consola python.
- En la interfaz de FreeCAD, las herramientas se agrupan en entornos de trabajo Workbenches que permite mostrar sólo las herramientas utilizadas al realizar un trabajo, con lo que se logra un entorno ordenado y rapidez en la ejecución del programa
- Todos los objetos en un documento FreeCAD están definidos por parámetros que se pueden cambiar en el transcurso, y los objetos se vuelven a calcular en cualquier momento.
- Operaciones de modificación gráfica como traducción, rotación, escala, espejado, compensado (trivial o después Jung/Shin/Choi) o forma de conversión, en cualquier plano del espacio 3D
- Operaciones Booleanas como unión, diferencia e intersección.

- creación gráfica de elementos simples de geometría plana tales como líneas, curvas, rectángulos, arcos o círculos en cualquier plano del espacio 3D
- Modelado con extrusión o revolución, secciones y redondeos.
- Prueba de conversión en sólido, detección de elementos duplicados, comprobación de auto-intersección, relleno de huecos y orientación uniforme.
- Anotaciones como textos o cotas dimensionales.
- Todas las acciones admiten los procesos deshacer/rehacer, es posible acceder al historial de acciones, de modo que en un solo paso se pueden deshacer múltiples acciones.

### 1.8.2. Python

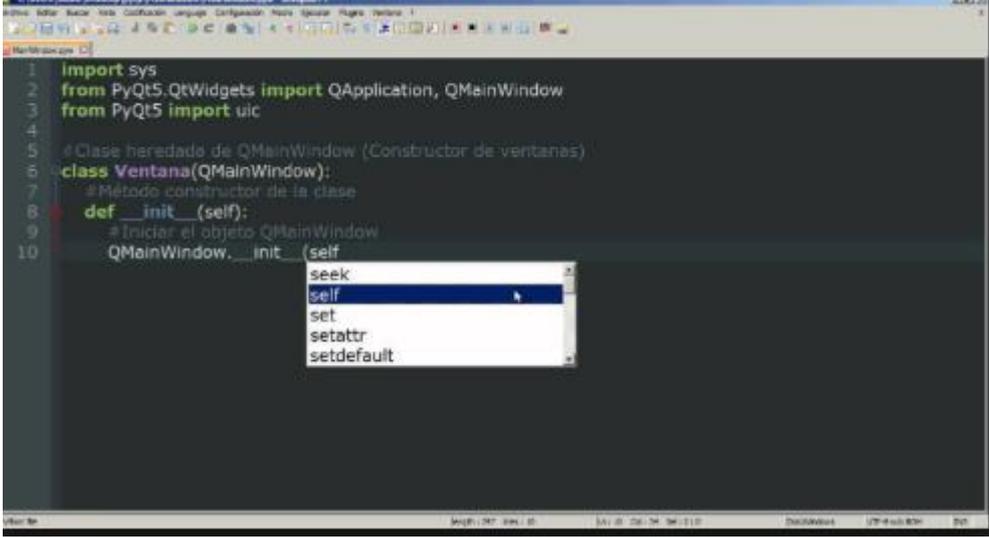
Python es software de alto nivel de programación de fácil uso, pues ofrece más estructura y soporte para un código de programación; no solo se limita a la compilación de un programa. Además puede usarse como una calculadora de escritorio. Entre sus principales características se describe las siguientes:

- Está disponible para sistemas operativos como Windows, Unix y Mac OS.
- Los tipos de datos de alto nivel permiten expresar operaciones complejas en una sola instrucción.
- Permite separar un programa en módulos.
- Es entendibles, es decir, que se puede agregar una función o módulo para realizar operaciones críticas a mayor velocidad y para enlazar programas Python.
- La agrupación de instrucciones se hace por sangría en lugar de llaves de apertura y cierre.
- Cuenta con herramientas de control de flujo como: while, if, elseif, for

El intérprete de Python tiene dos formas de operar, la primera cuando se llama con la entrada estándar conectada a una terminal, lee y ejecuta comandos en forma interactiva; cuando es llamada con un nombre de archivo como argumento o con un archivo como entrada estándar, lee y ejecuta un script del archivo (El tutorial de Python, 2017, p. 7-9).

En la segunda forma se ejecuta las sentencias en comando, similar a la opción -c de la línea de comandos. Ya que las sentencias de Python suelen tener espacios en blanco u otros caracteres que son especiales en la línea de comandos, es normalmente recomendado citar comando entre comillas dobles. Cuando se usa un script, a veces es útil correr primero el script y luego entrar al modo interactivo. Esto se puede hacer pasándole la opción -i antes del nombre del script (El tutorial de Python, 2017, p. 7-9).

En la **Figura 26-1:** se muestra el entorno de trabajo en el software Python, en cual se realizó la programación de las diversas jugadas de ajedrez y la interfaz gráfica del prototipo



```
1 import sys
2 from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QMainWindow
3 from PyQt5 import uic
4
5 #Clase heredada de QMainWindow (Constructor de ventanas)
6 class Ventana(QMainWindow):
7     #Método constructor de la clase
8     def __init__(self):
9         # Iniciar el objeto QMainWindow
10        QMainWindow.__init__(self)
```

The screenshot shows a Python IDE with a dark theme. The code editor displays the above code. A context menu is open over the `self` parameter in line 10, listing methods: `seek`, `self` (highlighted), `set`, `setattr`, and `setdefault`. The status bar at the bottom shows 'Python 3.7.4 Shell' and 'Jul 28, 2018, 16:11:03'.

**Figura 26-1:** Entorno de trabajo de Python

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

Para el diseño e implementación del presente trabajo de titulación denominado: Implementación de un prototipo de aprendizaje de ajedrez para principiantes, empleando una CNC para el control del tablero mediante jugadas básicas programadas y una interfaz gráfica; se emplearon diversos métodos y procedimientos.

Antecedente a la implementación del prototipo se recopiló suficiente información sobre los componentes, las reglas y jugadas más conocidas en el ajedrez, con el fin de que el prototipo de aprendizaje se asemeje a una partida de ajedrez real.

Para realizar el diseño de la estructura mecánica del máquina CNC en FreeCAD, la programación en el software Python y la esquema de la matriz de reed switch; se empleó reglas y conocimientos empíricos para estudiar procedimientos que permitan llegar a óptima operación del prototipo.

Gracias a la aplicación de las técnicas de programación y diseño estudiadas a lo largo de la carrera, se escribió el código de programación que controlan la activación/desactivación de los motores paso a paso y la matriz de reed switch, de acuerdo a la as aperturas y jaque mates deseados.

Para corroborar el correcto funcionamiento de las jugadas programadas se realizaron pruebas mediante el uso de método experimental, es decir, se comprobó los pasos a seguir por cada bando para llegar al jaque mate deseado. Además de ratificó los resultados en la pantalla del computador, en el cual se allá la interfaz gráfica del prototipo.

#### 2.1. Instalación y configuración del software

Previamente analizadas las prestaciones y características de los programas que facilitan la ejecución del proyecto; se procedió a la instalación y configuración de cada uno, con el fin de evitar errores al momento realizar el diseño y programación del prototipo. Los softwares utilizados son: Raspbian Jessie como plataforma o sistema operativo, Python como software de programación y FreeCAD como software de diseño.

### 2.1.1. Raspbian Jessie

Para la instalación de Raspbian Jessie en la placa Raspberry Pi3 se requiere una tarjeta SD previamente formateada (Fat32), una fuente alimentación de 1A -5A, cable de red y el monitor de una computadora. Posteriormente se procedió a la instalación del sistema operativo.

#### ANEXO A

- Escaneo de la red: se determinó la dirección IP de la Raspberry Pi3.
- Proceso de conexión: se procedió a conectarse por SSH.
- Configuración inicial: se actualizó el sistema y se solicita el ingreso de la contraseña que es “raspberry”

*sudo apt-get update*

*sudo apt-get upgrade*

- Consiguiente aparece el Menú de configuración de Raspberry Pi, mismo que se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En esta ventana se deben realizar varios cambios que se describen a continuación.

**1 expand Filesystem:** agrandar la partición para ocupar el espacio total de la tarjeta SD.

**4 Internationalisation Options:** configura el idioma, localización, la zona horaria y teclado.

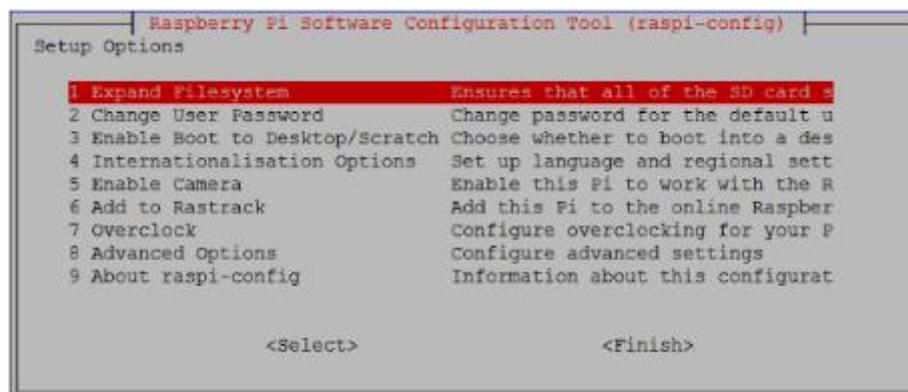
Change Locale: se seleccionó es\_ES.UTF-8 UTF-8 (español de España).

Change Timezone: se seleccionó área geográfica para ajustar la zona horaria.

Change Keyboard Layout: se seleccionó el modelo de teclado en la lista.

#### 8 Advanced Options

A3 Memory Split: para asignar 16.



**Figura 1-2:** Módulo de configuración de la Raspberry Pi

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- Reiniciar la Raspberry Pi3.

Se empleó varios comandos adicionales para conocer el estado de la Raspberry Pi3, a continuación se muestran los códigos:

- El código `watch cat /sys/devices/system/cpu/cpu0/cpufreq/scaling_cur_freq` permitió comprobar velocidad del procesador. Para salir Ctrl+C
- El código `watch /opt/vc/bin/vcgencmd measure_volts` permitió comprobar voltaje del procesador. Para salir Ctrl+C.
- El código `watch /opt/vc/bin/vcgencmd measure_temp` comprobar temperatura del procesador. Para salir Ctrl+C.

### 2.1.2. Python 3.0

En la programación del proyecto se empleó Python en la versión 3.0 previamente descargada de la página oficial [www.python.org](http://www.python.org); para instalarla en la plataforma de la placa Raspberry Pi3 se siguió los siguientes pasos:

- Se verificó si ya se encontraba instalado el software mediante el código “Python”
- En la consola de Raspbian Jessie se digitó el comando `sudo apt install python3`.
- Se descargó el entorno IDLE que permite editar y ejecutar programas de una manera más fácil.

El software se lo puede ejecutar desde la línea de comandos escribiendo `python3`, o desde el escritorio o el menú de aplicaciones.

### 2.1.3. FreeCAD

FreeCAD es el software en cual se realizó el diseño de cada una de las piezas de la parte mecánica del prototipo, previo a ello se realizó la descarga de la página oficial [www.freecadweb.org](http://www.freecadweb.org) y la instalación en el sistema operativo Windows 10.0, posteriormente se seleccionó las características para el instalador:

- **DefaultFeature** - Instala el software adecuado, más las librerías principales
- **Documentation** - Instala la documentación

- **Source code** - Instala el código fuente
- **ADDLOCAL** - Lista de características a ser instaladas en la máquina local
- **REMOVE** - Lista de características a ser eliminadas
- **ADDDEFAULT** - Lista de características añadidas en su configuración por defecto.
- **REINSTALL** - Lista de características a ser reinstaladas/reparadas
- **ADVERTISE** - Lista de características para las cuales realizar un anuncio de instalación.

## 2.2. Selección de motores y relé

En este apartado se explica los parámetros que se tomaron en cuenta para la selección de cada dispositivo empleado en el prototipo; como son los motores paso a paso, el relé, el controlador de los motores. En los siguientes apartados se describen las características técnicas de dichos elementos.

### 2.2.1. Motor pasó a paso Nema 17

Para el movimiento de los ejes de la máquina CNC se emplearon motores Nema 17 que se muestra en la **Figura 20-1:** del capítulo I. Cada bobinado es de 1.7A a 12V, capaz de sostener 4Kg/cm. Este tipo de motores son muy robustos, razón por la cual se emplean comúnmente en impresoras 3D y en máquinas CNC. En la **Tabla 1-2:** se muestra las características técnicas del motor Nema 17, Modelo 17HS4401 en base al datasheet del **ANEXO C.**

**Tabla 1-2:** Características técnicas del motor Nema 17 Modelo 17HS4401

<b>Parámetro</b>	<b>Especificación</b>
Voltaje	12 V
Corriente	1.7A
Resistencia de la fase	1.5 ohms
Inductancia de la bobina	2.8 mH
Torque	4000g/cm.
Angulo de pasos	1.8 grados
Número de pasos	200

Número de cables	4
------------------	---

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

Una vez conocidas las características técnicas del motor paso a paso, se procedió a seleccionar el driver que controla los movimientos de los dos motores Nema 17 empleados en el proyecto.

### 2.2.2. Driver DRV 8825

El Driver DRV8825 es ideal para las placas de control de las máquinas CNC e impresoras 3D, ya que maneja motores paso a paso con microstepping de 1/32, con una corriente máxima de 2.2 Amperios. Otra característica importante es que posee una limitación de corriente ajustable. En la **Figura 2-2:** se muestra el Driver DRV8825



**Figura 2-2:** Driver DRV8825

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 2-2:** se indican las características técnicas del Driver DRV8825, basadas en el datasheet del **ANEXO D.**

**Tabla 2-2:** Características técnicas del driver DRV8825

Parámetro	Especificación
Voltaje lógico	3.3V- 5V DC
Voltaje de potencia	8.2V- 45V DC
Corriente por bobina	1.5 A – 2.2 A
6 resoluciones	full step, half step, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Regulador	si

Protección de sobre temperatura, sobrecorriente y voltaje bajo	si
Protección de corto a tierra, y corto de carga	si

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

**Cálculos:** Previo a realizar la conexión de los motores, se calibró el potenciómetro del driver DRV8825 a la mínima potencia con el fin de evitar daños en los motores. Para ello se giró el potenciómetro en sentido anti-horario hasta el final, para ajustarlo a la capacidad de corriente del motor Nema 17.

En base a las características descritas del motor nema 17 se conoce que la corriente máxima de fase es de 1.7 A; por lo que se calibró dicho valor al driver DRV8825, mismo que cuenta con un disipador debido al alto consumo de corriente.

Se aplicó la **Ecuación 1.2:** que se obtiene del datasheet del driver DRV8825, para encontrar el voltaje de referencia.

Ecuación 1.2: Límite corriente

$$Current\ Limit = VREF \times 2$$

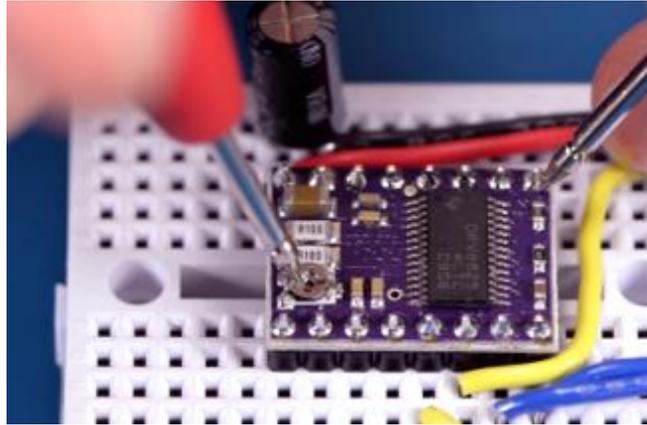
**Despejando se tiene:**

$$VREF = Current\ Limit / 2$$

$$VREF = 1.7 / 2$$

$$VREF = 0.85\ Voltios$$

El voltaje para el que finalmente queda calibrado el Driver DRV8825 es de **0.85 V**. El driver debe estar alimentado con 12V. En la **Figura 3-2:** se muestra la forma que se mide el voltaje en el driver, es decir, directamente desde el potenciómetro con el terminal positivo del multímetro y la otra punta a tierra, se regula el potenciómetro hasta tener el voltaje de referencia deseado



**Figura 3-2:** Medición del voltaje en el Driver DRV8825

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 2.2.3. Módulo de relé

El módulo de relé es el dispositivo que permitió controlar el electroimán para el movimiento de las piezas de ajedrez. Cuenta con un transistor para su activación, posee tres terminales VCC, GND y la entrada de señal del estado lógico. El módulo es accionado mediante la placa Raspberry Pi3. En la **Figura 4-2:** se observa el módulo relé utilizado en el proyecto.



**Figura 4-2:** Módulo de relé

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 3-2.** Se enlistan las características técnicas del módulo de relé, en base a lo descrito en el datasheet **ANEXO F.**

**Tabla 3-2:** Características técnicas del módulo de relé

Parámetro	Especificación
Canal de salida	1

Voltaje de funcionamiento	24 V
Relé de tensión de carga	125VAC / 250VAC 28VDC / 30VDC
Corriente de operación	10 A
Voltaje de la bobina	5 V
Modo de disparo	Bajo nivel de disparo
Diodo de protección	En cada bobina
Diodo LED indicador	Estado para cada canal
Consumo de corriente (bobina)	20mA
Tamaño	4.0cm x 1.5cm x 2.0cm
Peso	14 gramos

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

### 2.3. Selección del interruptor magnético Reed Switch

El interruptor magnético seleccionado es el reed switch que se muestra en la **Figura 24-1: del Capítulo I**, cada uno representa una posición en el tablero de ajedrez. El tablero está formado por 8 filas y 8 columnas, dando un total de 64 reed switch. En la **Figura 24-1** se muestra el origen de la referencia. Se describe las características técnicas del interruptor magnético Reed Switch.

## ANEXO E

**Tabla 4-2:** Características técnicas del interruptor magnético Reed Switch

Parámetro	Especificación
Tipo de circuito	Normalmente abierto
Campo	10-20At
Corriente de corte	0.5 A
Voltaje máximo	180 V
Máxima corriente de trabajo	1 A
Capacidad	0.45 pF
Material de contacto	Rodhium

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

### 2.4. Selección de la fuente alimentación

Para alimentar los dos motores paso a paso nema 17 se empleó una fuente de alimentación de computadora. Es la que se encarga de tomar los 120V de la red eléctrica y reducirla a 3.3 V, 5 V y 12 V; siendo este último valor al que operan los motores Nema 17. En la **Figura 5-2:** se observa la fuente alimentación utilizada en el presente proyecto.



**Figura 5-2:** Fuente de alimentación de 12 V

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 5-2**. Se enlistan las características técnicas de la fuente de alimentación que energiza a los dispositivos del prototipo, en base a lo descrito en el

**Tabla 5-2:** Características técnicas de la fuente de alimentación.

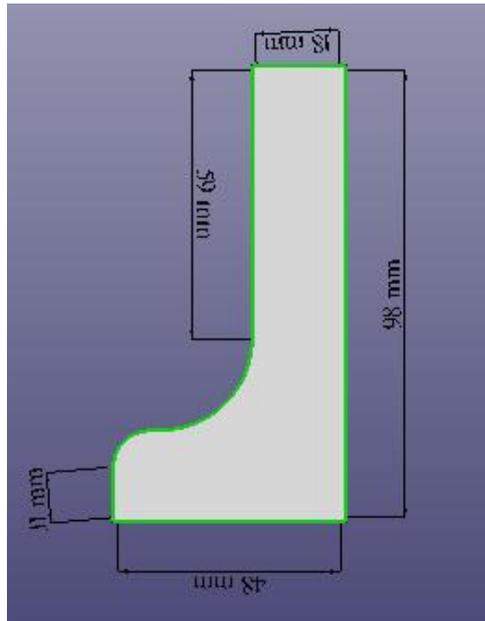
Parámetro	Especificaciones				
Entrada de AC	100 a 240 V --- 50 a 60 Hz, 10A				
Salida CC	+12 V	+5V	+3.3V	-12V	+5VSB
	32 V	18A	18 A	0.3A	2.5 A
Potencia máxima	384 W	15 W		3.6 W	12.5W
Potencia Total	450 W				

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.5. Diseño y modelación de la máquina CNC

El diseño de las piezas del prototipo se realizó en el software FreeCAD, aquí se puede observar las dimensiones de cada parte, en base a las cuales se crearon las piezas de plástico, a continuación se puede observar las dimensiones de las partes diseñadas.

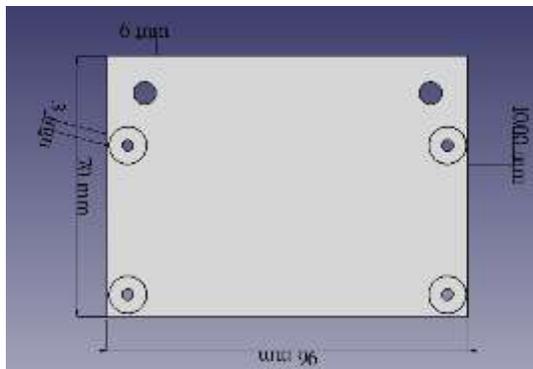
- En la **Figura 6-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del soporte en forma de “L” invertida de la máquina CNC.



**Figura 6-2:** Soporte de la máquina CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

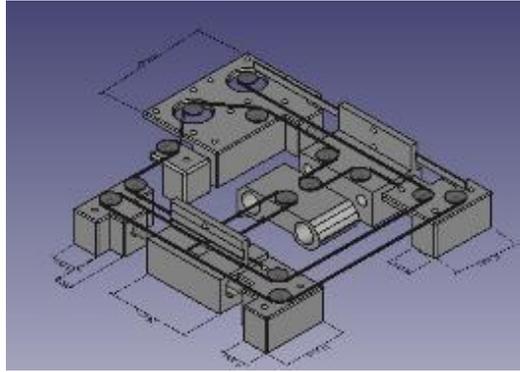
- En la **Figura 7-2:** se muestra el diseño en FreeCAD de la placa electrónica en donde se ubica la Raspberry Pi 3, para así mantener fija las conexiones de los dispositivos a la placa Raspberry Pi3.



**Figura 7-2:** Placa electrónica

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

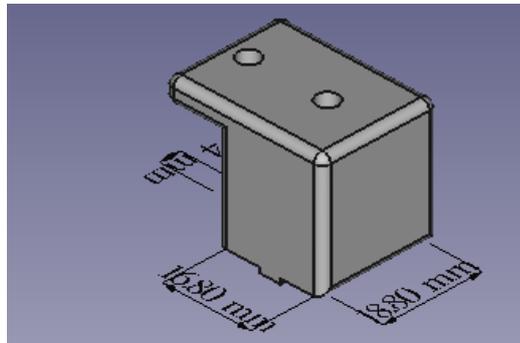
- En la **Figura 8-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del Sistema de transmisión, como se puede observar es la banda que rodea a la máquina CNC.



**Figura 8-2:** Sistema de Transmisión

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

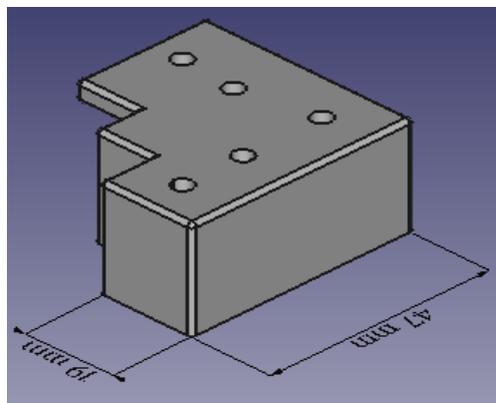
- En la **Figura 9-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del tensor que permite a la máquina CNC mantenerse ajustada a las bandas del sistema de transmisión.



**Figura 9-2:** Tensor

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

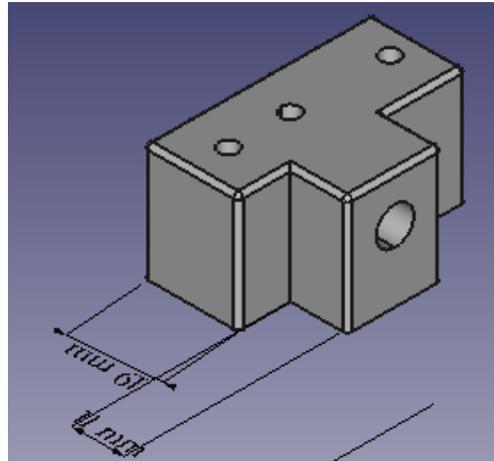
- En la **Figura 10-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del transmisor 1 de la fuerza mecánica de la máquina CNC.



**Figura 10-2:** Transmisor 1

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

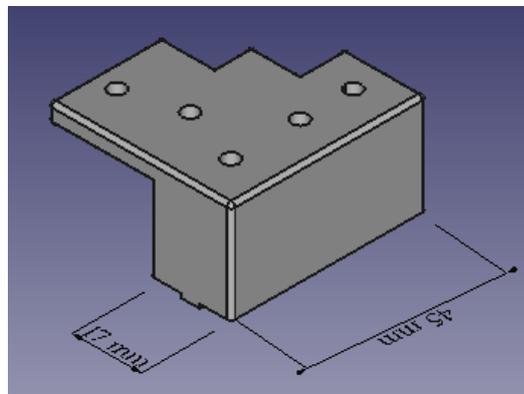
- En la **Figura 11-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del transmisor 2 de la fuerza mecánica de la máquina CNC.



**Figura 11-2:** Transmisor 2

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

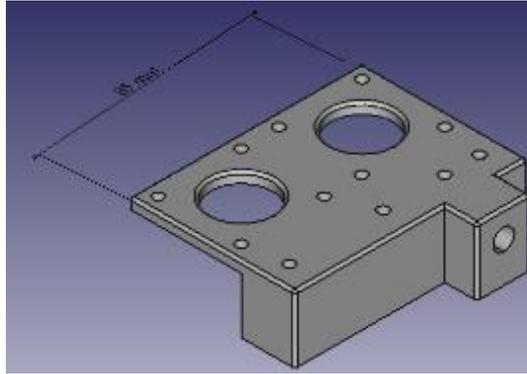
- En la **Figura 12-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del transmisor 3 de la fuerza mecánica de la máquina CNC.



**Figura 12-2:** Transmisor 3

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

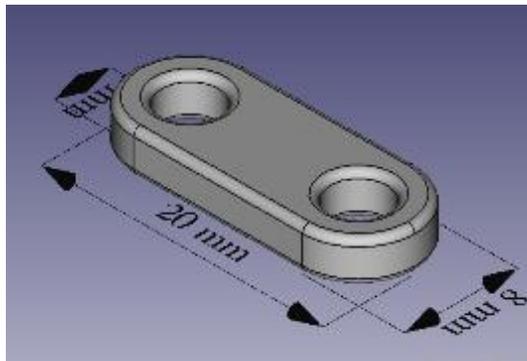
- En la **Figura 13-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del soporte para los motores paso a paso Nema 17.



**Figura 13-2:** Soporte para motores Nema 17

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

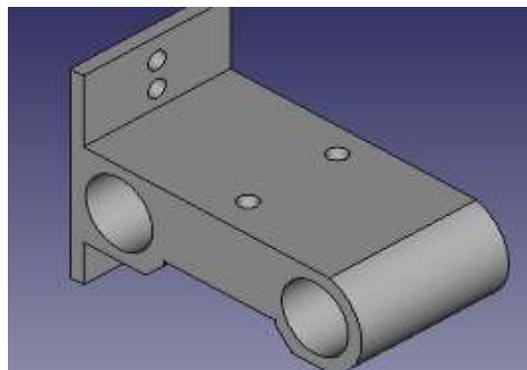
- En la **Figura 14-2:** se muestra el diseño en FreeCAD de la brida que permite unir elementos de la máquina CNC



**Figura 14-2:** Brida

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

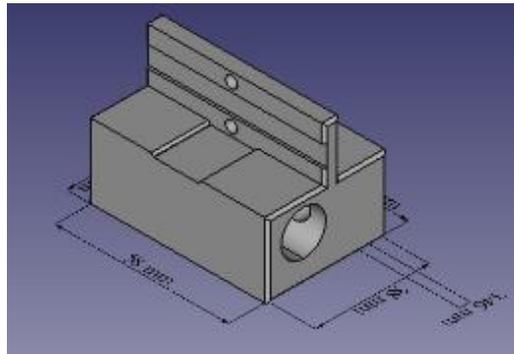
- En la **Figura 15-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del carro laser de la máquina CNC, en él se ubica el electroimán que accionará el módulo relay.



**Figura 15-2:** Carro laser

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

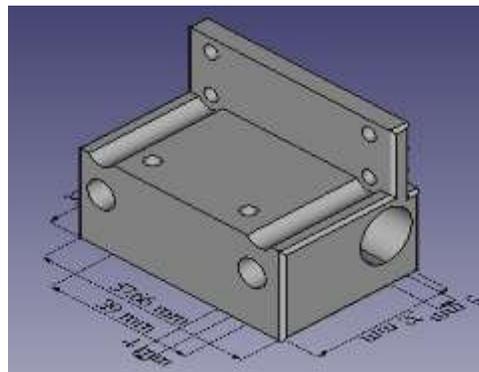
- En la **Figura 16-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del lateral 1 de la máquina CNC.



**Figura 16-2:** Lateral 1

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

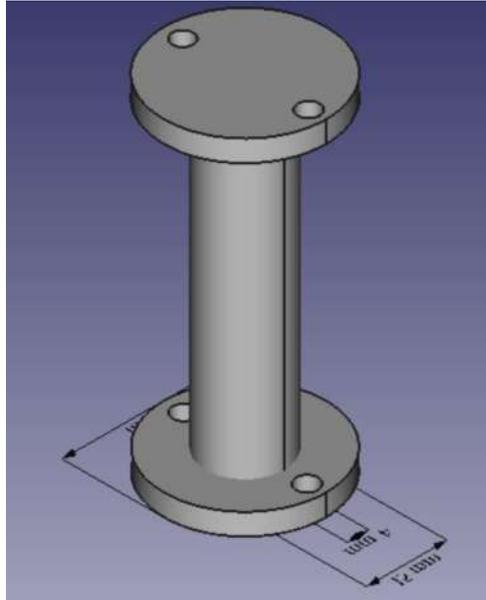
- En la **Figura 17-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del lateral 2 de la máquina CNC



**Figura 17-2:** Lateral 2

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

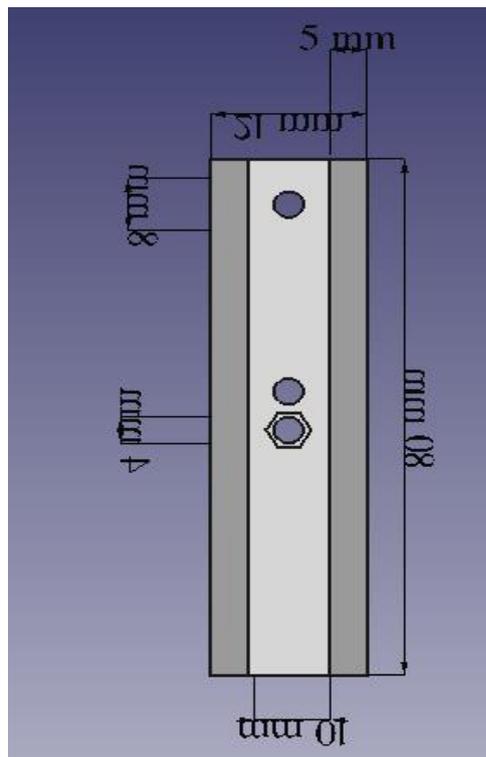
- En la **Figura 18-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del soporte para el tablero de ajedrez que se encuentra sobre la máquina CNC.



**Figura 18-2:** Soporte para el tablero CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

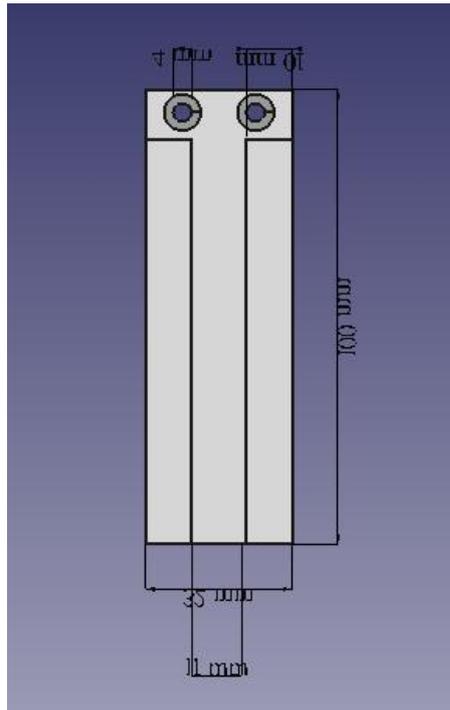
- En la **Figura 19-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del eje Z de la máquina CNC.



**Figura 19-2:** Eje Z

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

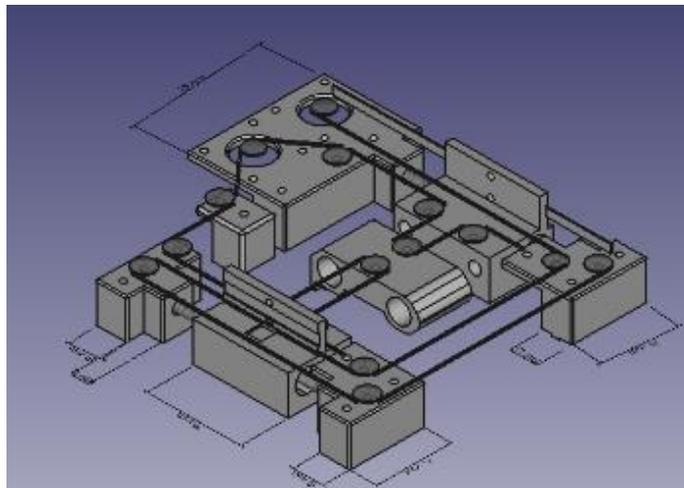
- En la **Figura 20-2:** se muestra el diseño en FreeCAD del soporte del eje Z de la máquina CNC.



**Figura 20-2:** Soporte eje Z

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- En la se observa el diseño completo de la máquina CNC que controla el tablero de ajedrez.



**Figura 21-2:** Diseño compelto de la máquina CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.6. Configuración de los puertos GPIO

A los puertos GPIO se encuentran conectados los diversos elementos que conforman el prototipo, como son: los driver VDR8825 que controlan a los motores paso a paso, la red de sensores. Antes de realizar la programación es necesario importar la biblioteca RPi.GPIO que permite utilizar los puertos GPIO en el código.

En la **Tabla 6-2:** se muestra la distribución de los puertos GPIO que controlarán los elementos del prototipo **ANEXO B.**

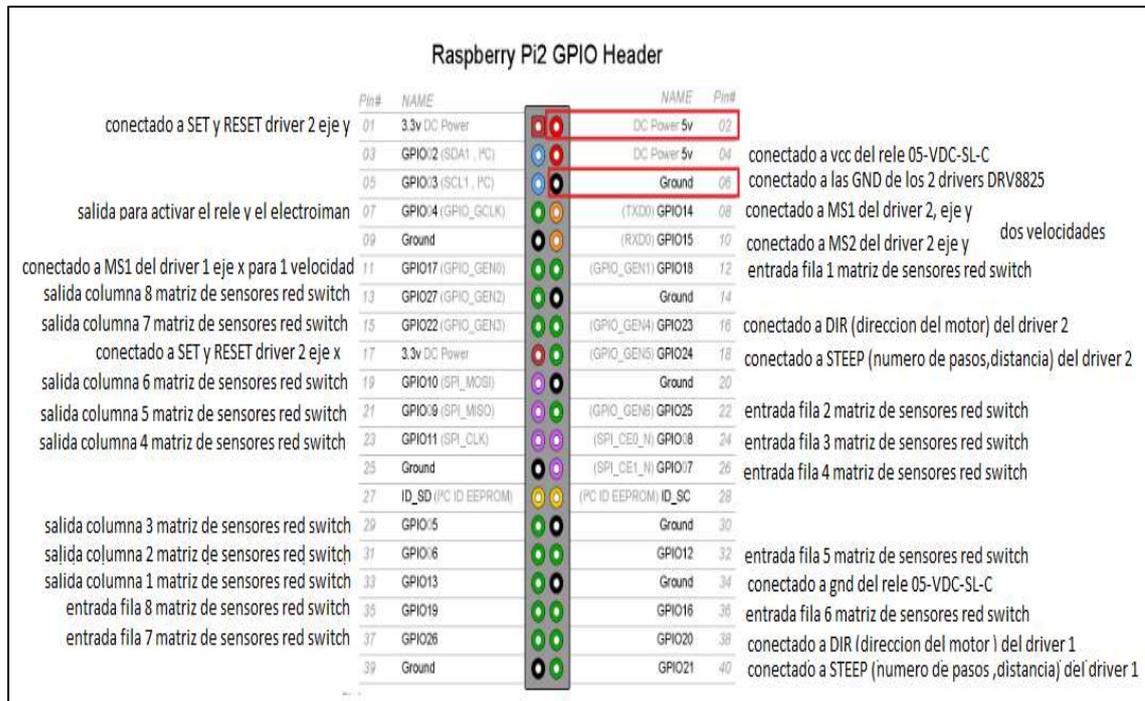
**Tabla 6-2:** Configuración de puertos GPIO

NÚMERO DE PIN	PUERTOS GPIO	SEÑAL INGRESADA AL PUERTO GPIO	ELEMENTO A CONTROLAR
12	<b>GPIO18</b>	Entrada	Fila 1 Matriz de sensores red switch
22	<b>GPIO 25</b>	Entrada	Fila2 Matriz de sensores red switch
24	<b>GPIO 08</b>	Entrada	Fila 3 Matriz de sensores red switch
26	<b>GPIO 07</b>	Entrada	Fila 4 Matriz de sensores red switch
32	<b>GPIO 12</b>	Entrada	Fila 5 Matriz de sensores red switch
36	<b>GPIO 16</b>	Entrada	Fila 6 Matriz de sensores red switch
37	<b>GPIO 26</b>	Entrada	Fila 7 Matriz de sensores red switch
35	<b>GPIO19</b>	Entrada	Fila 8 Matriz de sensores red switch
33	<b>GPIO 13</b>	Salida	Columna 1 Matriz de sensores red switch
31	<b>GPIO 06</b>	Salida	Columna 2 Matriz de sensores red switch
29	<b>GPIO 05</b>	Salida	Columna 3 Matriz de sensores red switch
23	<b>GPIO 11</b>	Salida	Columna 4 Matriz de sensores red switch
21	<b>GPIO 09</b>	Salida	Columna 5 Matriz de sensores red switch
19	<b>GPIO 10</b>	Salida	Columna 6 Matriz de sensores red switch
15	<b>GPIO 22</b>	Salida	Columna 7 Matriz de sensores red switch
13	<b>GPIO 27</b>	Salida	Columna 8 Matriz de sensores red switch
7	<b>GPIO 04</b>	Salida	Activación del relé y el electroimán
11	<b>GPIO 17</b>	MS1	Velocidad 1_Driver 1_ eje x
38	<b>GPIO 20</b>	DIR	Dirección del motor (driver 1)
40	<b>GPIO 21</b>	STEPP	Numero de pasos del motor (driver 1)
8	<b>GPIO 14</b>	MS1	Velocidad 1_Driver 2_ eje y
10	<b>GPIO 15</b>	MS2	Velocidad 2_Driver 2_ eje y
16	<b>GPIO 23</b>	DIR	Dirección del motor (driver 1)
18	<b>GPIO 24</b>	STEPP	Numero de pasos del motor (driver 2)
1	3.3V DC	SET/RESET	Driver 2_ eje y
17	3.3V DC	SET/RESET	Driver 2_ eje x

2, 4	5V DC	VCC	Relé
6, 9, 14, 20, 25, 30, 34, 39		GND	

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Figura 22-2:** se muestra el diagrama de asignación de los puertos GPIO a los elementos a controlar.



**Figura 22-2:** Diagrama de distribución de puertos GPIO

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.7. Diseño e implementación de los Sistema Electrónicos y Eléctricos

En este apartado se detallan los dispositivos eléctricos y electrónicos que se utilizaron; además del diseño de los diagramas de conexión. Previo a las respectivas conexiones se realizó la distribución de los pines de conexión tanto de entrada como de salida de la placa Raspberry Pi3 para cada uno de los dispositivos empleados.

Los diagramas de conexión se realizaron en el software Fritzing que posee herramientas para el diseño PCB y de esquemas. Fritzing cuenta tres entornos de trabajo que son:

**La Placa de prototipos:** aquí se realizó los diagramas esquemáticos para las conexiones de cada elemento del sistema con la placa Raspberry Pi3.

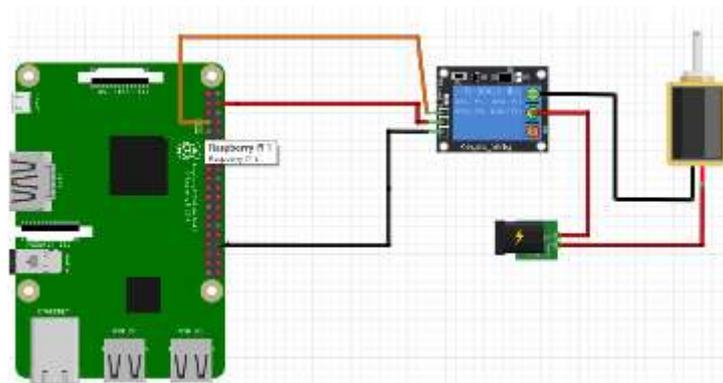
La vista de esquema y El Diseño de PCB son también otros entornos de trabajo de Fritzing, sin embargo no fueron necesarios en la implementación del proyecto.

### 2.7.1. Diagrama de control de la placa Raspberry Pi3 al electroimán

En la **Figura 23-2:** Se muestra el diagrama de conexión mediante el cual se controla el electroimán que facilita el movimiento de las piezas de ajedrez sobre el tablero. A continuación se describen la conexión realizada en el software Fritzing:

- El cable negro muestra la conexión del pin GND de la Placa Raspberry Pi 3 hacia la conexión de tierra del módulo relé SRD-05-05VDC-SL-C.
- El cable rojo muestra la conexión del pin 5V de la Placa Raspberry Pi 3 hacia la conexión de VCC del módulo relé SRD-05-05VDC-SL-C.
- El cable naranja muestra la conexión del pin GPIO 4 de la Placa Raspberry Pi 3 conectado como salida para activar el relé SRD-05-05VDC-SL-C.
- El electroimán se encuentra conectado a las salidas del relé COMÚN y el contacto normalmente abierto (NA).

**Funcionamiento:** En el momento en que se activa la salida GPIO 4 el módulo relé cambia el estado del contacto de normalmente abierto (NA) a normalmente cerrado (NC) y activa el electroimán de acuerdo a la programación.



**Figura 23-2:** Diagrama de conexión para el control del electroimán

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### **2.7.2. Diagrama de conexión de los motores nema 17 a la placa Raspberry PI3**

En la **Figura 24-2:** se observa el diagrama de conexión de los motores Nema 17 con los driver DRV8825 y la placa Raspberry Pi 3 realizado en el software Fritzing. Para esta conexión se incorporó capacitores a cada motor, con el fin de que almacenen energía por medio de un campo electrostático.

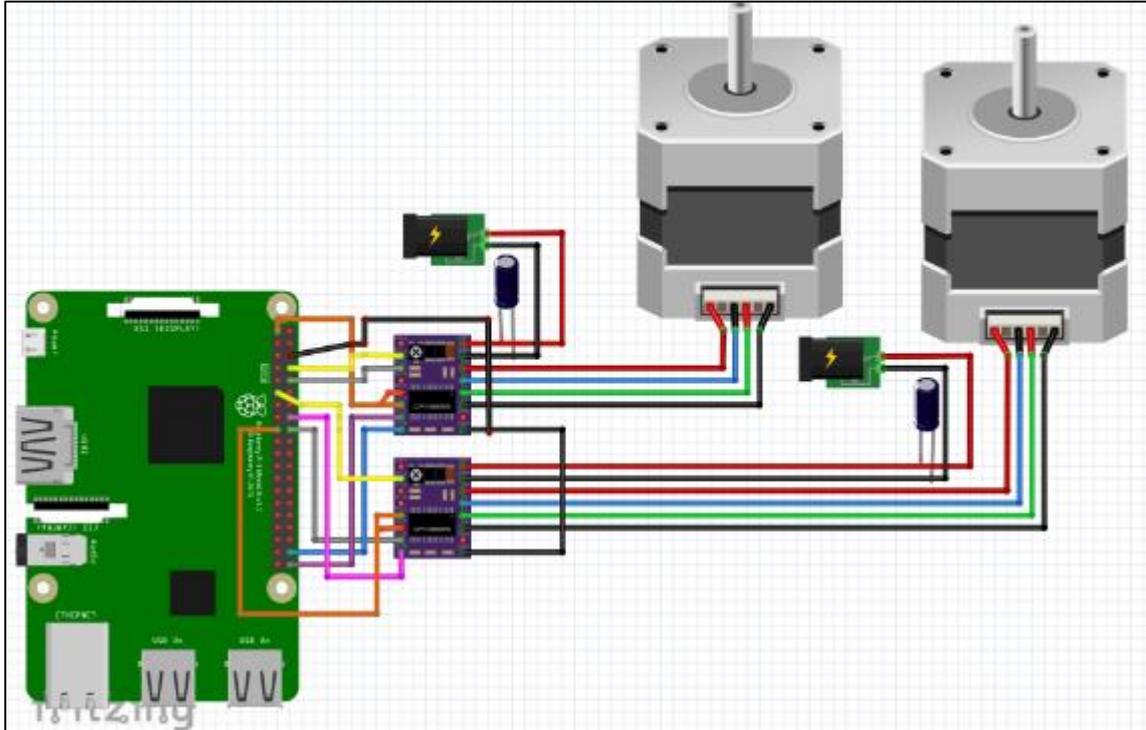
#### **Conexiones de entradas del driver**

- Los pines RESET y SLEEP de los drivers se encuentran conectados a los pines de 3V de la placa Raspberry Pi 3.
- Los pines de tierra de los drivers están conectados al pines de GND de la placa Raspberry Pi 3.
- Al driver 1 se le asignó el eje “X” con una sola velocidad; por ende la salida GPIO 17 activa al MS1.
- En el driver 2 se le asignó el eje “Y” con dos velocidades, ya que es necesario que dicho eje sea el doble de rápido para desplazarse a la misma distancia que el eje “X” y realizar un correcto movimiento del alfil en las diversas jugadas. Las salidas GPIO 14 y GPIO15 corresponden a MS1 y MS2 para las dos velocidades.
- La direcciones izquierda/derecha y el número de pasos que es la distancia que recorre el motor, se controlan con los pines de los drivers DIR y STEEP, por medio de las salidas GPIO 20 y 21 para el driver 1 - motor 1- eje “x”, las salidas GPIO 23 y 24 para el driver 2- motor 2- eje “Y”

#### **Conexiones de las salidas del driver**

- A las salidas de los pines de los Drivers VMT y GND de cada driver se encuentra conectada la alimentación de los motores que es de 12V y su respectiva conexión a GND; en el diagrama se aprecian dos módulos de relés que simulan la fuente de alimentación.
- Adicionalmente a las salidas de cada driver entre VMT y GND se encuentra conectado un capacitor de 10 uF a 25 V como protección.

- Las salidas del driver 1 **OUT 2B**, **OUT 1B** están conectadas las bobinas del motor Nema 17 MA y MC; mientras que a las salidas del driver 2, **OUT 1A**, **OUT 2A** están conectadas las bobinas MB y MD.



**Figura 24-2:** Diagrama de conexión de los motores Nema 17 a la placa Raspberry Pi 3

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

#### 2.7.2.1. Configuración de pasos de los motores Nema 17

En la **Tabla 7-2:** se muestra los 8 modos de configuración que permiten los motores Nema 17. Para efecto del presente proyecto se realizaron las siguientes configuraciones:

- El eje X trabaja a (Half step) o ½ step.
- El eje Y trabaja a (Half step) o ½ step.

Para los movimientos diagonales del alfil y la reina se configuro de la siguiente manera:

- El eje X trabaja a (Half step) o ½ step.
- El eje Y trabaja a (1/4 step)

Como se puede observar el eje “Y” realiza dos tipos de microstepping, lo que significa que tiene dos velocidades para realizar los movimientos.

En base a la configuración realizada para los pasos de los motores nema 17 correspondientes al eje “X” y al eje “Y”, está realizada programación del movimiento de los ejes de la máquina CNC.

**Tabla 7-2:** Configuración de pasos del motor Nema 17

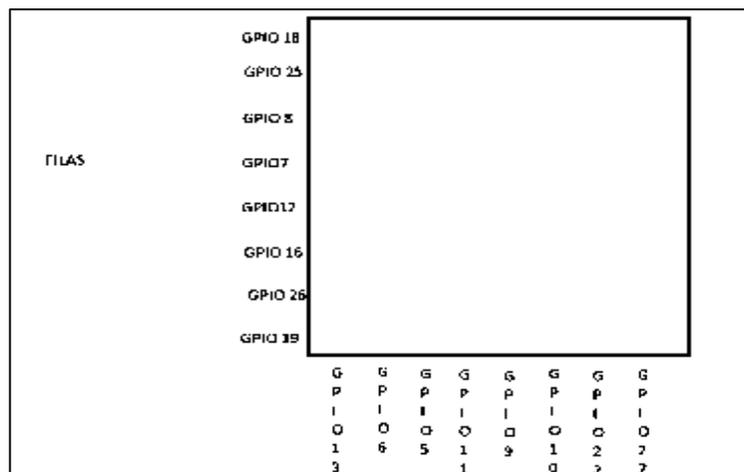
0	0	0	Full step (2-phase excitation) with 71% current
0	0	1	1/2 step (1-2 phase excitation)
0	1	0	1/4 step (W1-2 phase excitation)
0	1	1	8 microsteps/step
1	0	0	16 microsteps/step
1	0	1	32 microsteps/step
1	1	0	32 microsteps/step
1	1	1	32 microsteps/step

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 2.7.3. Diagrama de conexión de los interruptores red switch a la Placa Raspberry PI 3

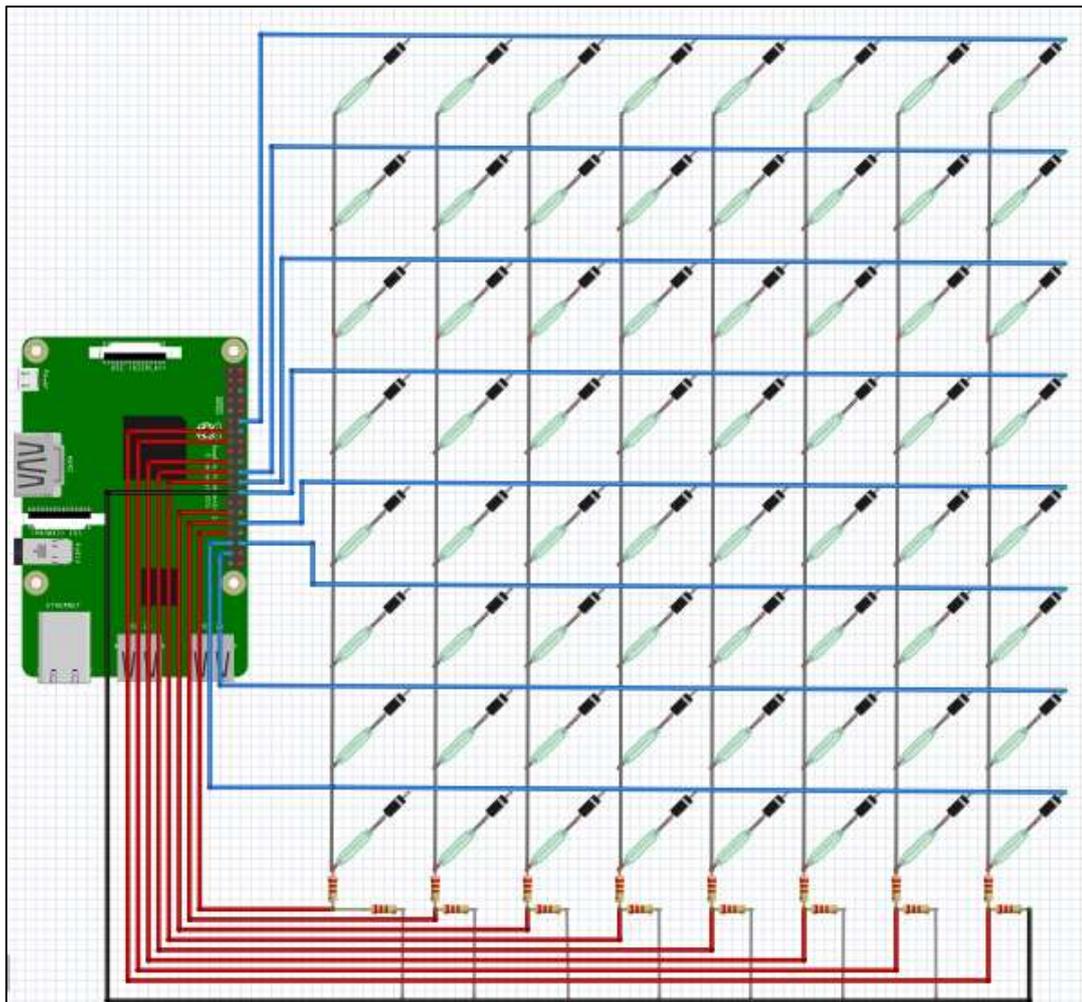
En la **Figura 26-2:** se muestra el diagrama de conexión de la matriz de interruptores magnéticos reed switch a la Placa Raspberry Pi 3. Para la implementación se incorporó resistencias de 220 ohms a cada columna de la matriz. Previamente los puertos GPIO ya fueron distribuidos para cada fila y columna de la matriz.

En la **Figura 25-2:** se observa la distribución de los pines GPIO de acuerdo a filas y columnas, cada interruptor nos muerta un espacio en el tablero de ajedrez.



**Figura 25-2:** Pines GPIO para filas y columnas

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018



**Figura 26-2:** Diagrama de conexión de la matriz de red switch a la Placa Raspberry Pi 3

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.8. Ensamblaje de las piezas de la máquina CNC

Una vez efectuado el diseño de las piezas de la máquina CNC para el control del tablero de ajedrez se procedió al ensamblaje, para ellos se efectuaron los siguientes pasos:

- Se tiene cuatro barras que formaran el marco, con la ayuda de un taladro se realizó los agujeros para colocar los tornillos y ensamblar las cuatro barras, posteriormente se pintó la primera estructura como se muestra en la **Figura 27-2**.



**Figura 27-2:** Barras ensambladas

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

- En la **Figura 28-2:** se observa el corte de los rodamientos lineales de tal forma que se ajusten al tamaño del marco diseñado. A través de los rodamientos se moverán los ejes x- y- z de la máquina CNC.



**Figura 28-2:** Eje de acero inoxidable

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

- En la **Figura 29-2:** se muestra las piezas de plástico que están colocadas sobre la parte superior de la estructura, en dichas piezas se introducen los rodamientos lineales que se observan en la **Figura 30-2:** En la parte inferior de la estructura se colocan los soportes en forma de L invertida. Los ejes de acero inoxidable se usan para ensamblar las piezas de plástico.



**Figura 29-2:** Distribución de riel DNI y canaletas

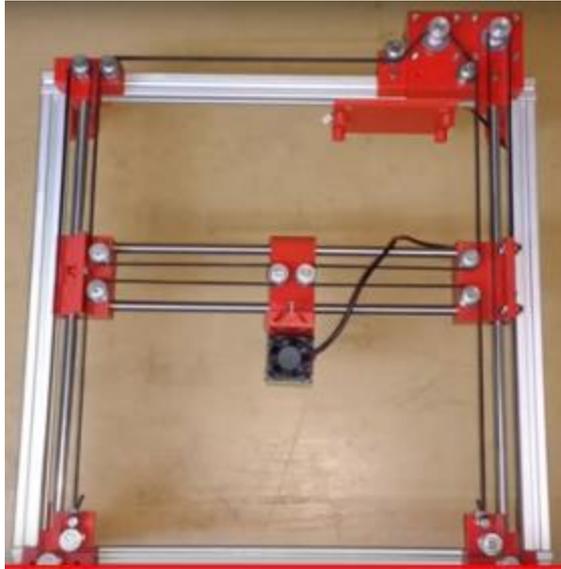
Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018



**Figura 30-2:** Rodamientos lineales

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

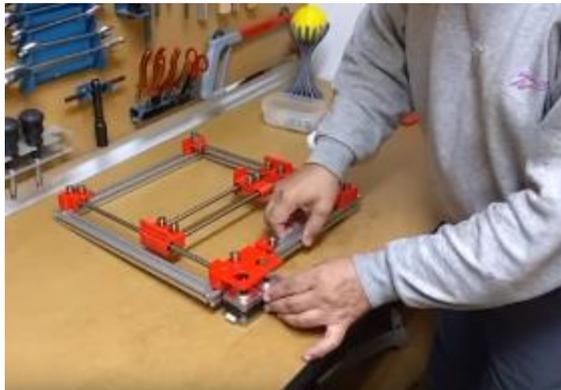
- Para la colocación de las poleas se usa los rodamientos F624Z, en la **Figura 31-2:** se observa la manera en la que queda dispuesta polea en la estructura.



**Figura 31-2:** Disposición de las poleas

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

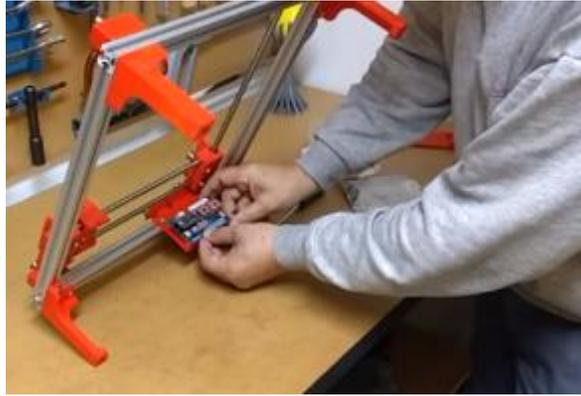
- Luego se colocan los motores nema 17 en el soporte de plástico diseñados tal como se muestra en la **Figura 32-2:**



**Figura 32-2:** Colocación de los motores Nema 17

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

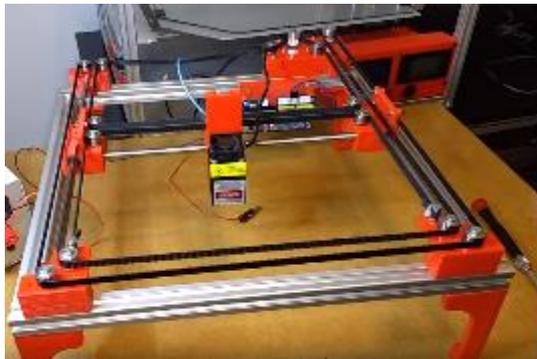
- Posteriormente se colocó la placa Raspberry Pi 3 sobre la base de plástico, tal como se muestra en la **Figura 33-2:**



**Figura 33-2:** Colocación de la placa Raspberry Pi 3

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

- Finalmente en la **Figura 34-2:** se observa la máquina CNC terminada

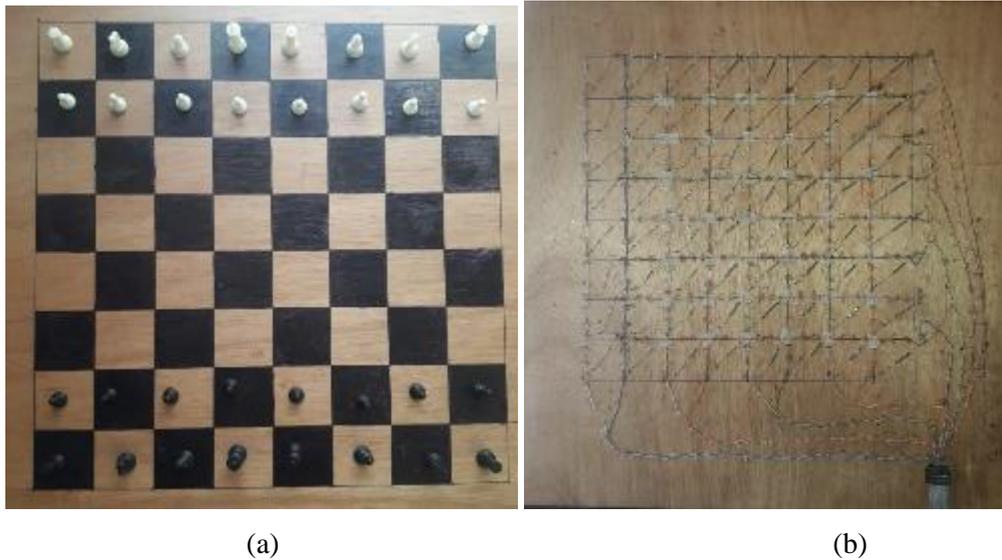


**Figura 34-2:** Máquina CNC terminada

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

### 2.8.1. Implementación del tablero de ajedrez

El tablero de ajedrez se implementó en un pieza de madera con dimensiones de cm de ancho y cm de largo, en el lado principal están pintado las partes tablero, es decir cuadros negros intercalados entre sí, por donde se movilizarán las piezas negras y blancas durante el juego; y en la parte posterior se encuentran los interruptores magnéticos conectados en forma de matriz que permitirán el movimiento de las piezas a través de su activación, en la **Figura 35-2:** se puede observar lo descrito.



**Figura 35-2:** Tablero de ajedrez (a) lado principal (b) lado posterior

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.9. Programación de la Placa Raspberry Pi 3

La programación de la placa Raspberry Pi 3 se realizó en Python 3.0. Cabe mencionar que es necesario incluir unas librerías al código de programación para así evitar errores de compilación. A continuación se describen las librerías utilizadas.

**RPI.GPIO.-** Permite activar los pines GPIO de la placa Raspberry Pi 3.

**PYGAME.-** es una librería de código abierto que permite crear aplicaciones multimedia.

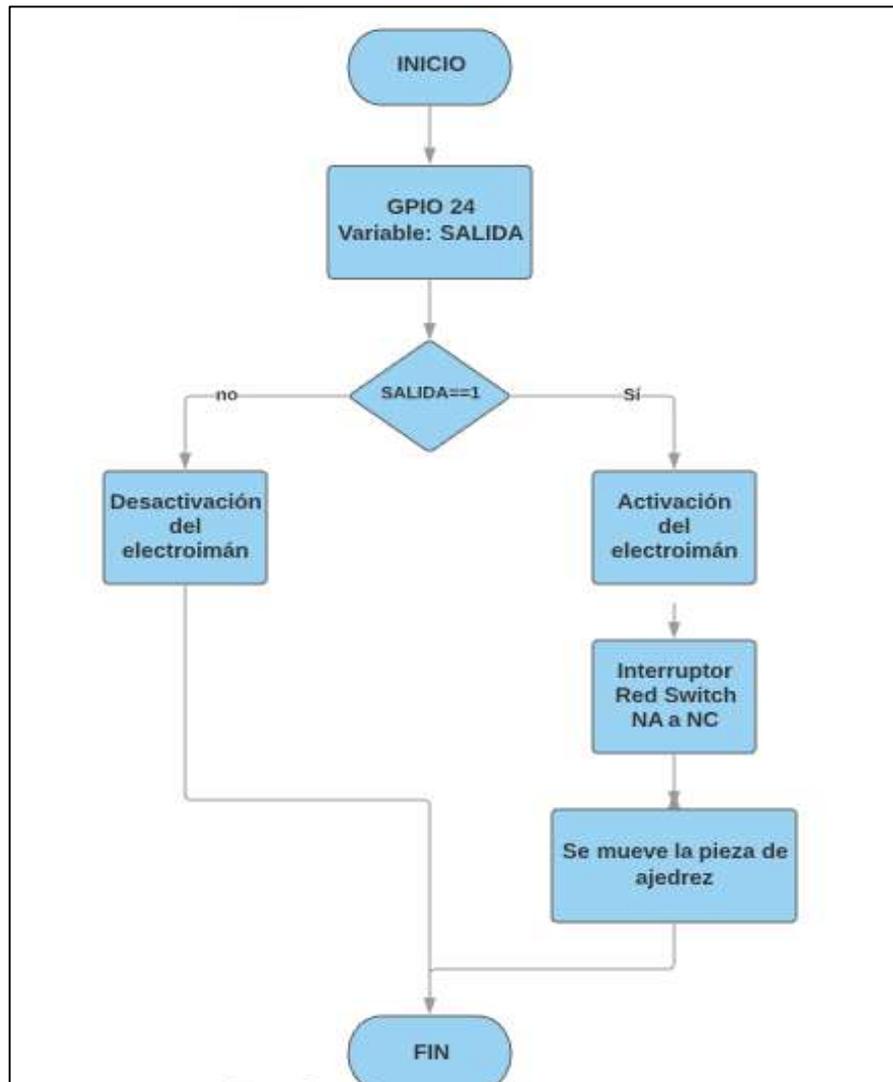
**TKINTER.-** Es un paquete es la interfaz estándar de Python para el kit de herramientas Tk GUI

### 2.9.1. Programación para el control del electroimán

El control del electroimán permite mover las piezas al crear un campo magnético alrededor de los interruptores reed switch. En la **Figura 36-2:** se visualiza el Diagrama de flujo del proceso que sigue la programación para activar el electroimán, esto de acuerdo a la jugada de ajedrez que se haya escogido.

- Se asigna el pin GPIO (24) una variable de salida.
- Si la variable SALIDA es igual a “1” se acciona el electroimán que provoca el cambio de estado del interruptor red switch de NO a NC.

- Si la variable SALIDA es igual a “0” el contacto del relé no cambia de estado.



**Figura 36-2:** Diagrama de flujo para la activación del electroimán

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Figura 36-2** se puede observar el código de programación para el control del electroimán.

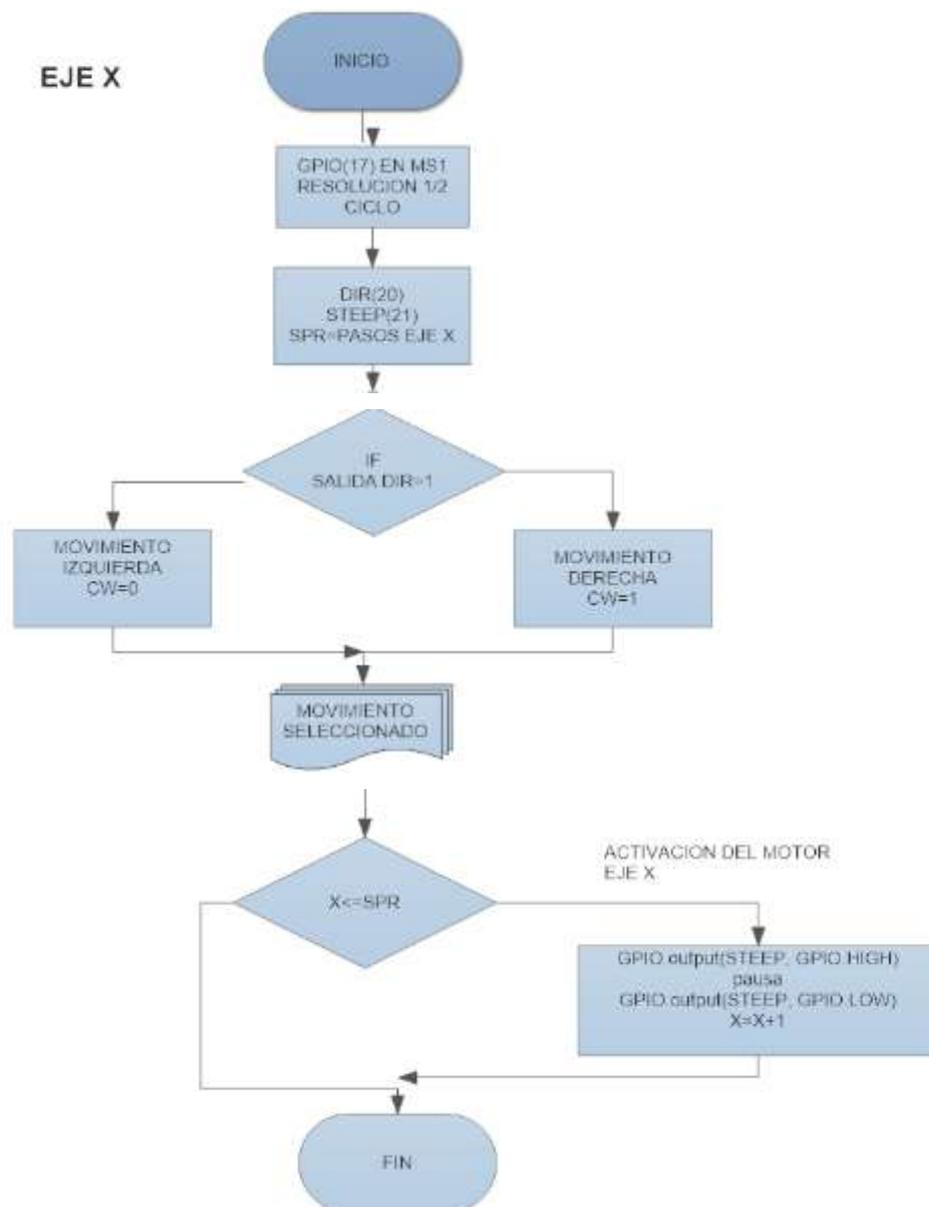
### 2.9.2. Programación para controlar el movimiento de los ejes de la máquina CNC

Previamente asignados los pines GPIO que controlan las filas y columnas del tablero de ajedrez, y los pines GPIO que controlan la dirección “DIR” y pasos “STEEP” de los motores Nema 17 a través de los drivers DRV8825, se procedió a escribir el código de programación en base al cual se desplazarán los ejes de la máquina CNC.

### 2.9.2.1. Movimientos del eje "X"

En la **Figura 37-2**: se muestra el diagrama de flujo en cual está basado el movimiento horizontal del eje "X". Para este tipo de movimiento es necesario conocer el estado de los pines GPIO (20 y 21) correspondientes al driver DRV8825 del eje "X".

- Si la Salida DIR del driver del eje "X" es "1" el movimiento será hacia la derecha.
- Si la Salida DIR del driver del eje "X" es "0" el movimiento será hacia la izquierda.



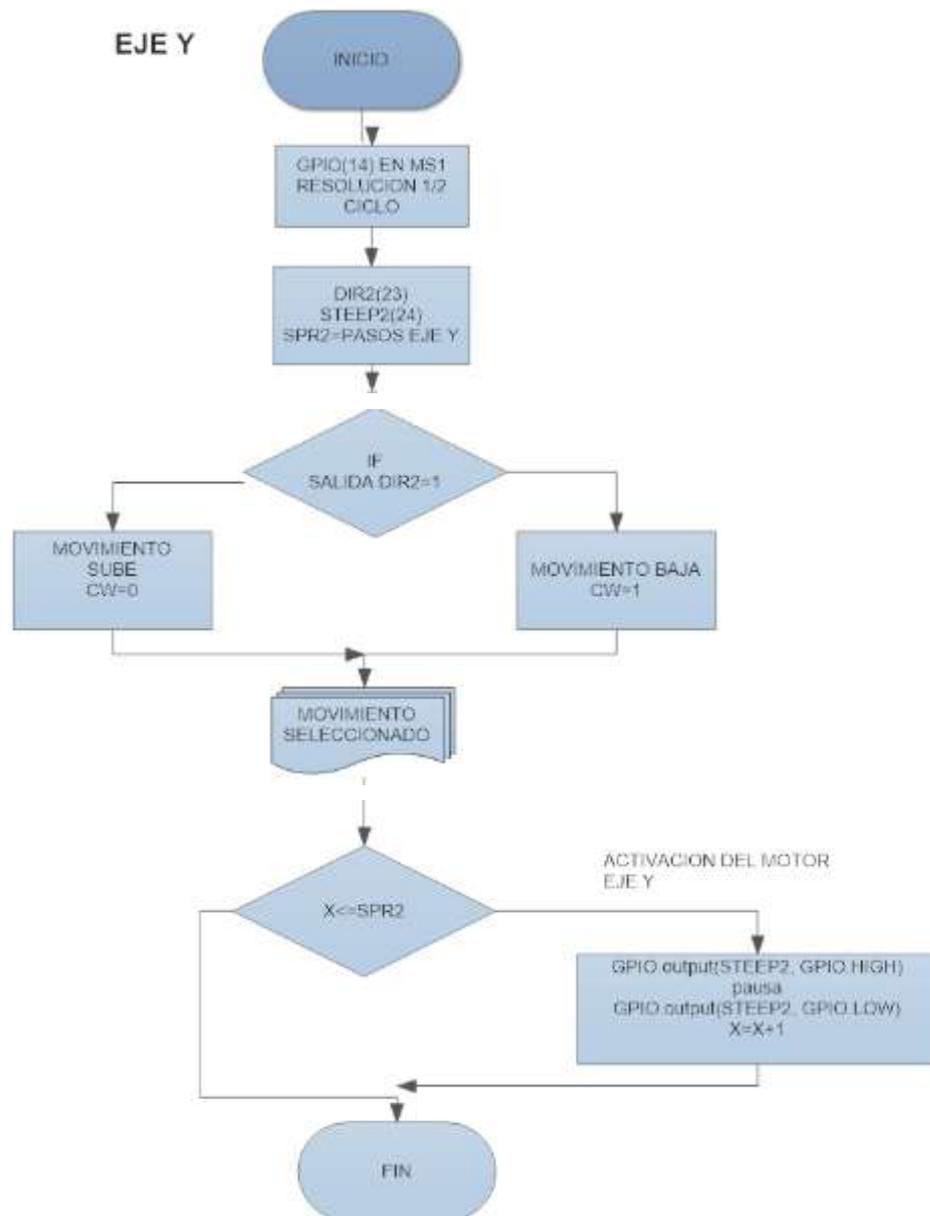
**Figura 37-2:** Diagrama de flujo para el movimiento del eje "X"

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 2.9.2.2. Movimientos del eje “Y”

En la **Figura 38-2:** se muestra el diagrama de flujo en el cual está basado la programación del movimiento vertical del eje “Y” de la máquina CNC. Para este tipo de movimiento es necesario conocer el estado de los pines GPIO (23 y 24) correspondientes al driver DRV8825 del eje “Y”.

- Si la Salida DIR2 del driver del eje “Y” es “1” el movimiento será hacia abajo.
- Si la Salida DIR2 del driver del eje “Y” es “0” el movimiento será hacia arriba.



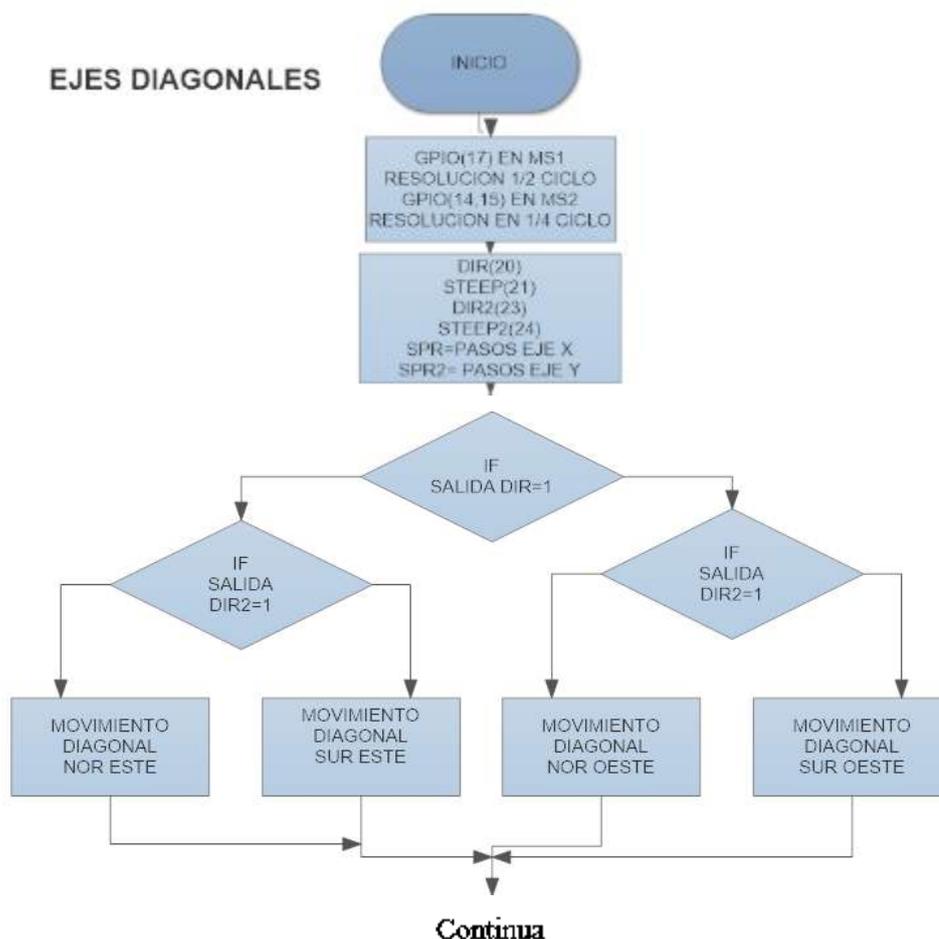
**Figura 38-2: Diagrama de flujo para el movimiento del eje “Y”**

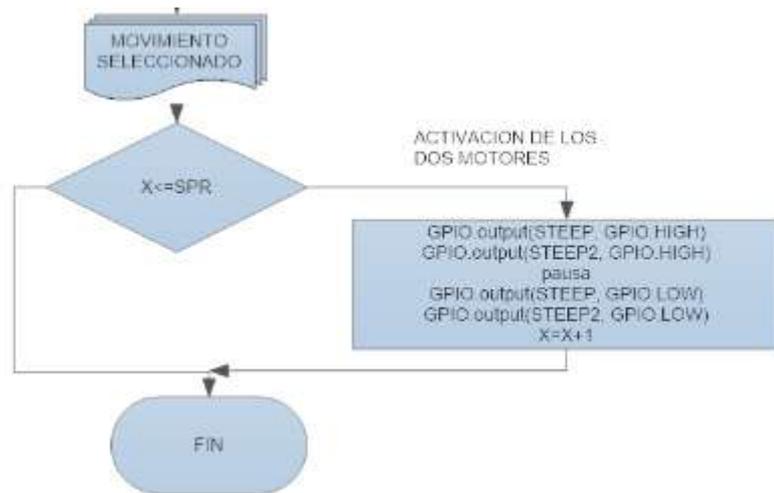
Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 2.9.2.3. Movimientos diagonales de los ejes "X" y "Y"

En la **Figura 39-2:** se observa el diagrama de flujo para los movimientos diagonales de los ejes "X" y "Y". Para este tipo de movimiento es necesario conocer el estado de los pines GPIO (20, 21, 23 y 24) correspondientes a los dos drivers DRV8825.

- Si la Salida DIR del driver del eje "X" es "1" y la salida DIR2 del driver 2 del eje "Y" es "1" el movimiento es diagonal hacia el Suroeste.
- Si la Salida DIR del driver del eje "X" es "1" y la salida DIR2 del driver 2 del eje "Y" es "0" el movimiento es diagonal hacia el Noroeste.
- Si la Salida DIR del driver del eje "X" es "0" y la salida DIR2 del driver 2 del eje "Y" es "1" el movimiento es diagonal hacia el Sureste.
- Si la Salida DIR del driver del eje "X" es "0" y la salida DIR2 del driver 2 del eje "Y" es "0" el movimiento es diagonal hacia el Noreste.





**Figura 39-2:** Diagrama de flujo para los movimientos diagonales de los ejes “X” y “Y”

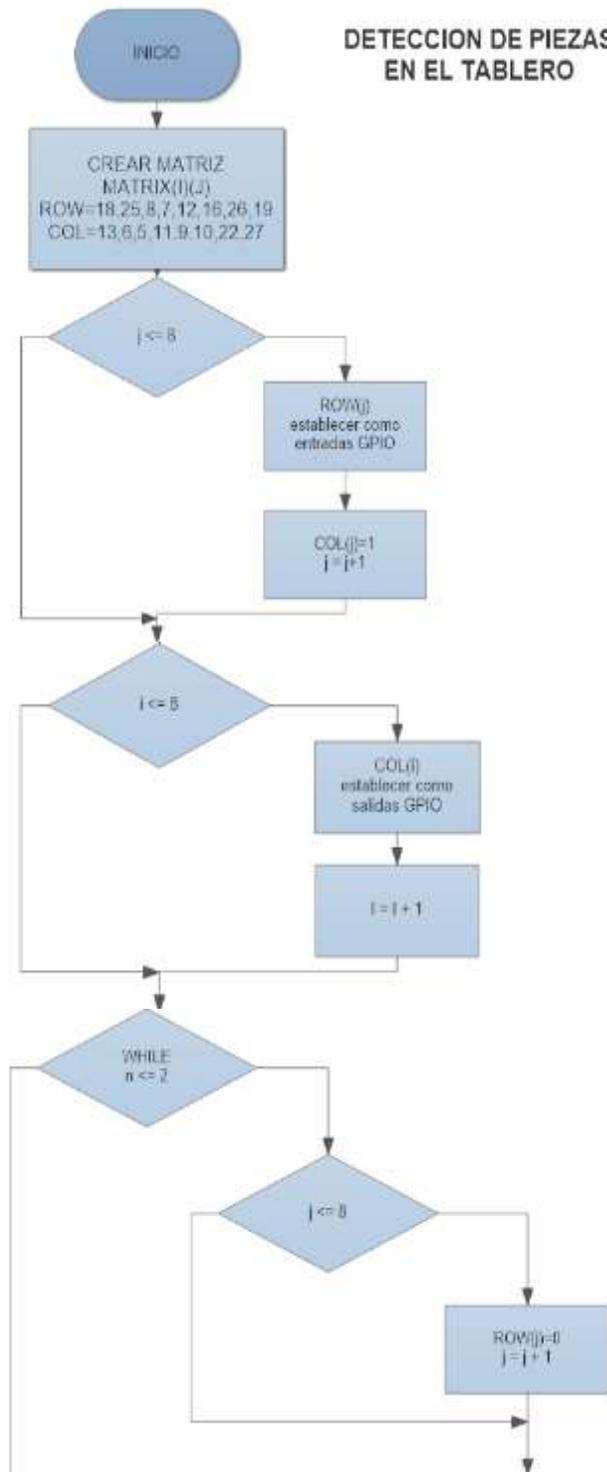
Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 2.9.3. Programación para la detección de las piezas en el tablero de ajedrez

Para la detección de las piezas en el tablero de ajedrez se realizó el diagrama de flujo mostrado en la **Figura 40-2**: el mismo que inicia con la creación de la matriz de 8x8, luego se asigna las filas como entradas a los pines GPIO (18,25,8,7,12,16,26,19) y las columnas como salidas a los pines GPIO (13,6,5,11,9,10,22,27). A cada una de las filas se les asigna el valor de “1” (High) y a una de las filas se le asigna el valor de “0” (Low), se procede a leer el valor de todas las columnas.

En un muestreo completo del tablero (de las 8 filas), se obtiene una matriz de 8x8 bits y una posición específica en la matriz. Al detectar los cambios en la matriz en cada muestreo del tablero, se corrobora que la pieza está en la ubicación deseada; mediante la sentencia “WHILE (MIENTRAS QUE)” que cuenta con un contador que llega hasta “2”.

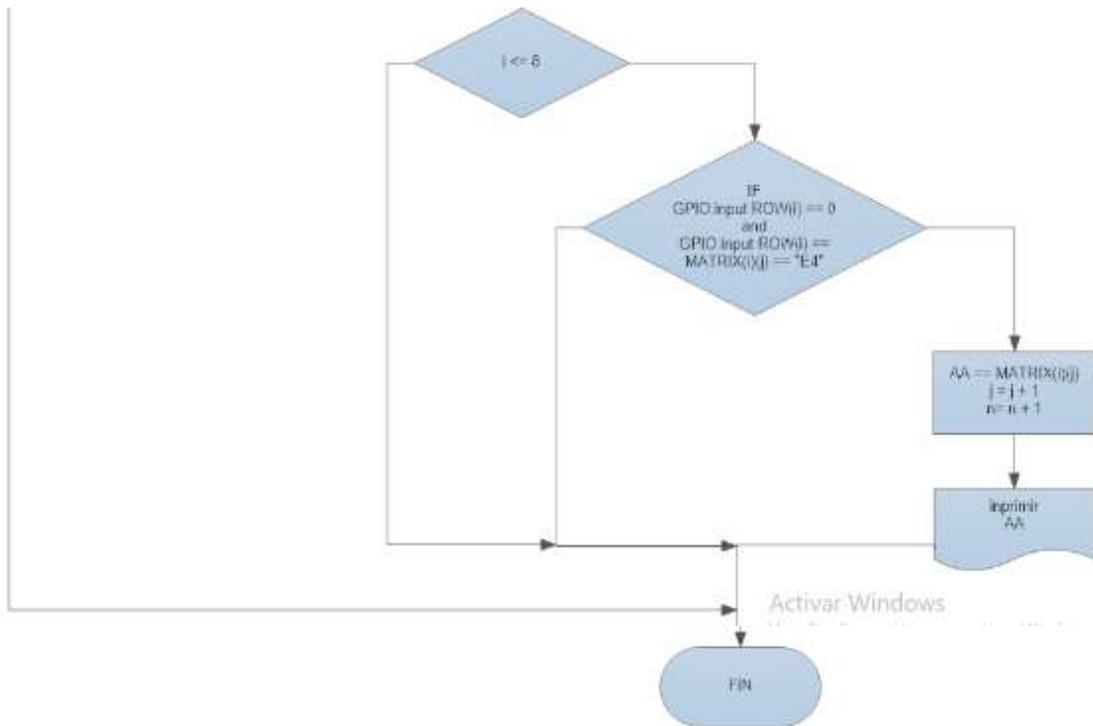
### DETECCION DE PIEZAS EN EL TABLERO



Activar Windows

Continua





**Figura 40-2:** Diagrama de flujo para la detección de piezas en el tablero de ajedrez

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

#### 2.9.4. Programación de la interfaz gráfica

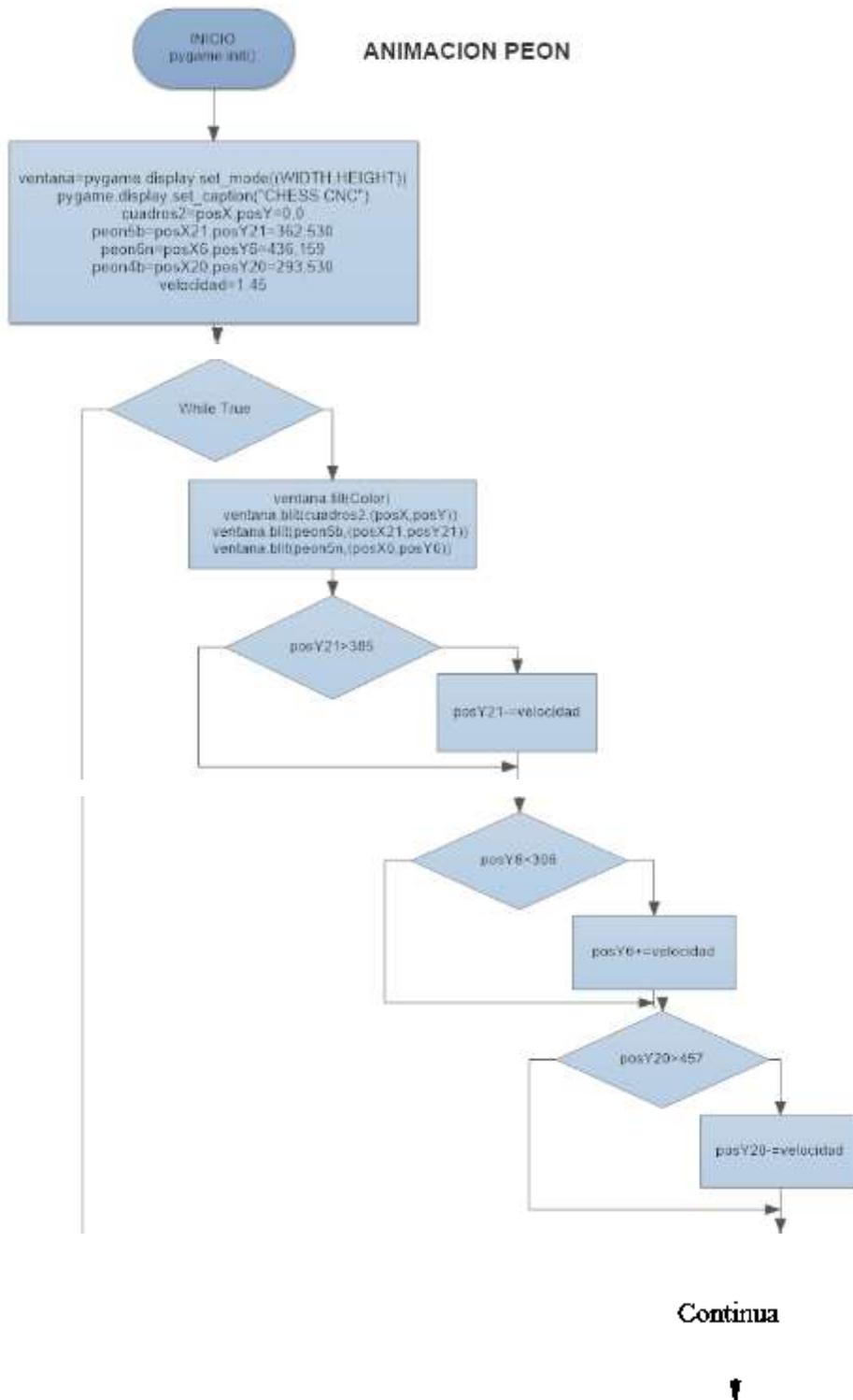
En el ANEXO se muestra el código de programación para la detección de piezas en el tablero de ajedrez durante la animación del peón.

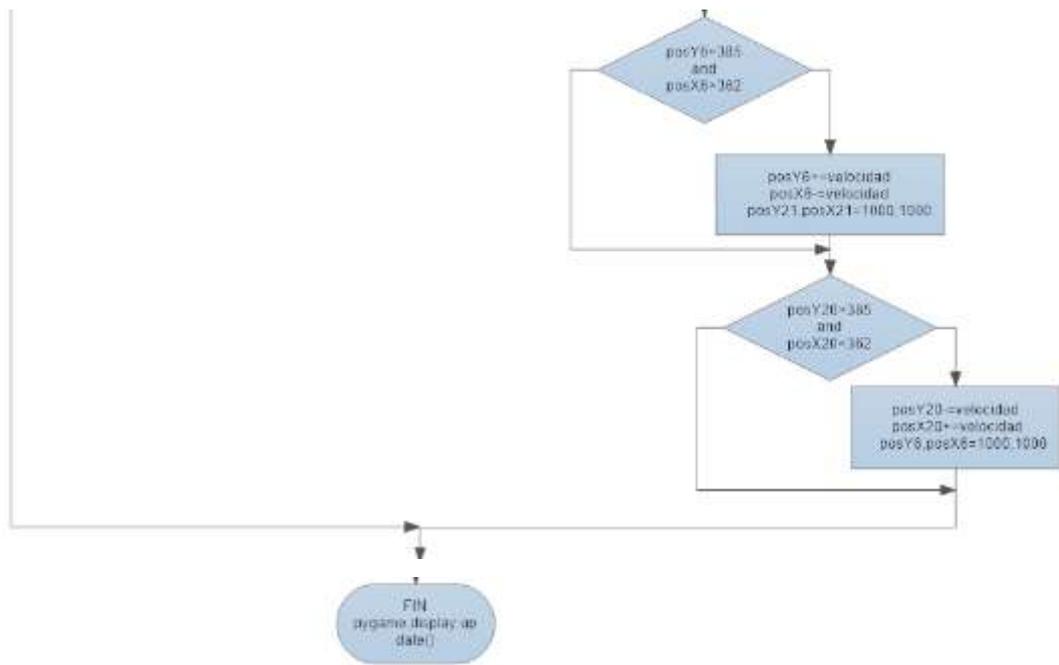
**Tabla 8-2:** Ejemplo de animación del peón con estos movimientos.

PASOS	MOVIMIENTOS	
	NEGRAS	BLANCAS
Paso 1	PEON6 F5	PEON5 E4
Paso 2	PEON6 *PEON5	PEON4 D3
Paso 3		PEON4 *PEON6

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Diagrama de flujo de animación de peon de acuerdo a la tabla 8-2





**Figura 41.2:** Diagrama de flujo de animación de peón

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 2.9.5. Programación de las jugadas de ajedrez

Para la programación de las jugadas apertura y jaque mate se basó en los pasos a seguir para lograr dichos objetivos. A continuación se describen los pasos para cada una de las aperturas y jaque mates descritos en el **Capítulo I:**

En la **Tabla 9-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir el jaque mate del Pastor. Los movimientos en total son 4 para cada jugador.

**Tabla 9-2:** Pasos del jaque mate del pastor

PASOS	MOVIMIENTOS	
	NEGRAS	BLANCAS
Paso 1	E4	E5
Paso 2	AC4	AC5
Paso 3	DF3	D6
Paso 4	D*F7	--

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 10-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir el jaque mate del Loco. Los movimientos en total son 2 para cada jugador

**Tabla 10-2:** Pasos del jaque mate del loco.

PASOS	MOVIMIENTOS	
	NEGRAS	BLANCAS
Paso 1	F4	E6
Paso 2	G4	DH4

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 11-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir el jaque mate del Legal. Los movimientos en total son 9 para cada jugador

**Tabla 11-2:** Pasos del jaque mate del Legal

PASOS	MOVIMIENTOS	
	NEGRAS	BLANCAS
Paso 1	E4	E5
Paso 2	CC3	CC6
Paso 3	F4	D6
Paso 4	CF3	A6
Paso 5	AC4	AG4
Paso 6	F*E5	C*E5
Paso 7	C*E5	A*D1
Paso 8	A*F7	RE7
Paso 9	CD5	----

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 12-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir el jaque mate del Pasillo. Los movimientos en total son 28 para cada jugador

**Tabla 12-2:** Pasos para el jaque mate del Pasillo.

PASOS	MOVIMIENTOS	
	NEGRAS	BLANCAS
Paso 1	E4	E5
Paso 2	CF3	CC6
Paso 3	AB5	A6
Paso 4	AA4	D6
Paso 5	D4	AD7
Paso 6	D*E5	D*E5
Paso 7	0-0	AD6
Paso 8	C3	CGE7

Paso 9	CBD2	B5
Paso 10	AC2	CG6
Paso 11	CB3	0-0
Paso 12	AE3	DE7
Paso 13	DD5	CF4
Paso 14	A*F4	E*F4
Paso 15	TFE1	CE5
Paso 16	C*E5	A*E5
Paso 17	CC5	C6
Paso 18	D*D7	D*C5
Paso 19	AB3	TAD8
Paso 20	A*F7	RH8
Paso 21	DE6	TD2
Paso 22	TF1	T*B2
Paso 23	TAD1	A*C3
Paso 24	TD3	AF6
Paso 25	TH3	D*F2
Paso 26	T*F2	TB1
Paso 27	TF1	AD4
Paso 28	RRH1	T*F1

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 13-2**: se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir el jaque mate de Lacozte. Los movimientos en total son 26 para cada jugador

**Tabla 13-2:** Pasos para el jaque mate de Lacozte

PASOS	MOVIMIENTOS	
	NEGRAS	BLANCAS
Paso 1	E4	E5
Paso 2	F4	EXF4
Paso 3	CF3	D5
Paso 4	EXD5	CF6
Paso 5	AC4	CXD5
Paso 6	0-0	C6
Paso 7	AB3	AE6
Paso 8	C4	CB6
Paso 9	D4	CXC4
Paso 10	AXF4	AE7
Paso 11	DE2	B5
Paso 12	A4	CD7
Paso 13	AXB5	CXB5

Paso 14	CC3	0-0
Paso 15	CXB5	CDB6
Paso 16	CC7	DD7
Paso 17	TFC1	TAC8
Paso 18	TXA7	AD6
Paso 19	AXD6	CXD6
Paso 20	AXE6	FXE6
Paso 21	TC5	RH8
Paso 22	DA6	CE4
Paso 23	DXB6	TXF3
Paso 24	TC1	TB3
Paso 25	DXB3	DXD4+
Paso 26	RH1	CF2+ 0-1

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 14-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir el jaque mate de Reti. Los movimientos en total son 11 para cada jugador

**Tabla 14-2:** Pasos para el jaque mate de Reti.

PASOS	MOVIMIENTOS	
	NEGRAS	BLANCAS
Paso 1	E4	C6
Paso 2	D4	D5
Paso 3	CC3	D*E4
Paso 4	C*E4	CF6
Paso 5	DD3	D5
Paso 6	D*E5	DA5
Paso 7	AD2	D*E5
Paso 8	0-0-0	C*E4
Paso 9	DD8	R*D8
Paso 10	AG5	RC7
Paso 11	AD8	---

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 15-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas como negras para conseguir el jaque mate de Anastasia. Los movimientos en total son 5 para cada jugador

**Tabla 15-2:** Pasos para el jaque mate de Anastasia.

	MOVIMIENTOS

<b>PASOS</b>	<b>NEGRAS</b>	<b>BLANCAS</b>
Paso 1	E4	CE2
Paso 2	RH1	T*H2
Paso 3	R*H2	TTH8
Paso 4	DH6	T*H6
Paso 5	A*H6	D*H6 -----

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 16-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir la apertura Gambito Danés. Los movimientos en total son 5 para cada jugador

**Tabla 16-2:** Pasos para el jaque mate Gambito Danés.

<b>PASOS</b>	<b>MOVIMIENTOS</b>	
	<b>NEGRAS</b>	<b>BLANCAS</b>
Paso 1	E4	E5
Paso 2	D4	E*D4
Paso 3	C3	D*C3
Paso 4	AC4	C*B2
Paso 5	A*B2	DE7 -----

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 17-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir la apertura Siciliana. Los movimientos en total son 9 para cada jugador

**Tabla 17-2:** Pasos para la apertura Siciliana.

<b>PASOS</b>	<b>MOVIMIENTOS</b>	
	<b>NEGRAS</b>	<b>BLANCAS</b>
Paso 1	E4	C5
Paso 2	CF3	D6
Paso 3	D4	C*D4
Paso 4	C*D4	CF6
Paso 5	CC3	CC6
Paso 6	AC4	G6
Paso 7	C*C6	B*C6
Paso 8	E5	D*E5
Paso 9	A*F7	----

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 18-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir la apertura de Gambito del Rey. Los movimientos en total son 4 para cada jugador

**Tabla 18-2:** Pasos para la apertura de Gambito del Rey.

PASOS	MOVIMIENTOS	
	NEGRAS	BLANCAS
Paso 1	E4	E5
Paso 2	F4	E*F4
Paso 3	CF3	G5
Paso 4	ACC4	G4
Paso 5	D4	----

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 19-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir la apertura Caro Kam. Los movimientos en total son 6 para cada jugador

**Tabla 19-2:** Pasos para la apertura Caro Kam.

PASOS	MOVIMIENTOS	
	NEGRAS	BLANCAS
Paso 1	E4	C6
Paso 2	D4	D5
Paso 3	CC3	D*E4
Paso 4	C*E4	CD7
Paso 5	DE2	CGF6
Paso 6	CD6	-----

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

En la **Tabla 20-2:** se muestran los pasos tanto para las piezas blancas como negras para conseguir la apertura del Gambito Budapest. Los movimientos en total son 8 para cada jugador

**Tabla 20-2:** Pasos del Gambito Budapest.

PASOS	MOVIMIENTOS	
	NEGRAS	BLANCAS

Paso 1	D4	Cf6
Paso 2	C4	E5
Paso 3	CE4	CG4
Paso 4	AF4	CC6
Paso 5	CF3	AB4+
Paso 6	CBD2	DE7
Paso 7	A3	CG*E5
Paso 8	A*B4	CD3 ----

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.9.6. Programación para la Interfaz Gráfica GUI

Para la programación de la interfaz gráfica se añadieron las librerías *PYGAME* y *TKINTER*. Se programó cinco pantallas para que el usuario pueda interactuar con el prototipo; en ellas se puede seleccionar las diversas aperturas y jaques mates previamente programados. El código de programación en Python se muestra en el ANEXO.

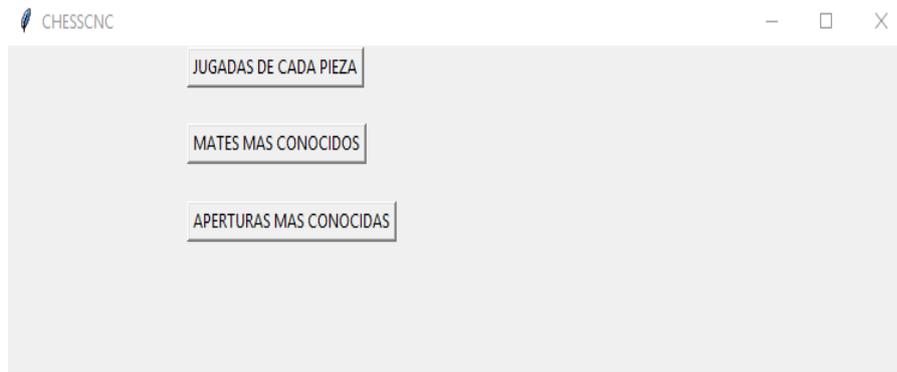
- En la **Figura 41-2:** se observa la pantalla de presentación de la interfaz; se muestra el nombre del autor, el sello de escuela Superior Politécnica de Chimborazo y el botón SALIR.



**Figura 41-2:** Pantalla de presentación

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- En la **Figura 42-2:** se observa el menú principal, en el que se halla los botones para acceder a las jugadas de cada pieza, los mates más conocidos y las aperturas más conocidas.



**Figura 42-2:** Menú Principal

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- Al seleccionar de la pantalla anterior el botón “Jugadas de cada pieza” se despliega el menú de la **Figura 43-2:** con los botones “Jugada peón”, “Jugada alfil”, “Jugada caballo”, “Jugada torre”, “Jugada reina” y “Jugada rey”,



**Figura 43-2:** Menú Jugadas de cada pieza

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- Al seleccionar de la pantalla anterior el botón “Mates más conocidos” se despliega el menú de la **Figura 44-2:** con los botones “Jaque del Loco”, “Jaque del Pastor”, “Jaque del Legal”, “Jaque del Pasillo”, “Jaque de Lacoste”, “Jaque de Anastasia”, “Jaque de Reti”; aquí se mostrarán los movimientos de las piezas de acuerdo a la programación de cada jaque mate.



**Figura 44-2:** Menú de Jaque Mate

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- Al seleccionar de la pantalla anterior el botón “Aperturas más conocidas” se despliega el menú de la **Figura 45-2:** con los botones “Apertura Gambito Danes”, “Defensa Siliciana”, “Apertura gambito Rey”, “Defensa Karo Kam” y “Gambito Budapest” aquí se mostraran los movimientos de las piezas de acuerdo a la programación de cada apertura.



**Figura 45-2:** Menú Aperturas más conocidas

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Al seleccionar unos de los jaques mate o de las aperturas se presentan dos opciones:

- **Demostración:** En la que se visualizara la jugada escogida tanto en el tablero CNC como en una interfaz gráfica hasta su finalización.

- **Interacción:** En la que se podrá interactuar ubicando la pieza del jugador la misma persona, y la otra jugada la CNC. Las jugadas son las mismas solo cambia en que una persona moverá las piezas en un turno la CNC en el otro son jugadas prefijadas

En la **Figura 46-2:** se observa la pantalla al seleccionar el jaque mate del Pastor.



**Figura 46-2:** Opciones del Jaque mate del Pastor

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

#### 2.9.6.1. *Relación entre la interfaz gráfica y los movimientos de la máquina CNC*

Mediante el script que corresponde a la interfaz del jaque mate del Pastor denominada *interfazmatepastor* se crea una clase que contiene cada una de las funciones que representan los movimientos que realiza la máquina CNC de todas las jugadas. El script es importado mediante hilos de programación que son maneras de dividir el procesamiento en partes y ejecuta varios procesos al mismo tiempo.

En Python al ejecutar los dos procesos, es decir, la presentación de la interfaz gráfica y el movimiento de la máquina CNC para realizar las jugadas, el sistema se ralentiza significativamente; por lo que se descartó realizar los dos procesos al mismo tiempo.

Mediante el uso de funciones se llama a los movimientos que se realizan de uno en uno en la interfaz gráfica; es decir, primero se manda a llamar el movimiento gráfico y luego se realizan los movimientos en la máquina CNC.

A continuación se detalla el contenido de los scripts que son importados para el proceso de la interfaz gráfica y el movimiento de la máquina CNC para el jaque mate del Pastor.

- En el script *interfazmatepastor* de la **Figura 47-2**: se encuentran todos los movimientos que realiza la máquina CNC.

```
import pygame, sys
import time
from pygame.locals import *
class jugadapastor():
    def ipeon5b():
    def ipeon5n():
    def ireynalb():
    def icaballo1n():
    def ialfil2b():
    def icaballo2n():
    def ireynajaque():
    pygame.display.update
```

**Figura 47-2:** Script interfazmatepastor

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- En el script *Tkeypadpastor* de la **Figura 48-2**: se realiza la detección del movimiento de cada una de las piezas del teclado del tablero de la máquina CNC.

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
class tpastor():
    def tip5b():
    def tip5n():
    def tiry1b():
    def tic1n():
    def tia2b():
    def tic2n():
    def tiryjb():
    GPIO.cleanup()
```

**Figura 48-2:** Script Tkeypadpastor

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- En la **Figura 49-2:** se muestra el código de programación de la función *finalpastor1* que se encarga de presentar la ventana de **DEMOSTRACIÓN PASTOR**, para que la interfaz gráfica muestre los movimientos de la máquina CNC se importan los script *interfazmatepastor*.

```

from time import sleep
import RPi.GPIO as GPIO
GPIO.setwarnings(False)
import interfazmatepastor

def finalpastor1():
    interfazmatepastor.jugadapastor.ipeo
    interfazmatepastor.jugadapastor.ipeo
    interfazmatepastor.jugadapastor.irey
    interfazmatepastor.jugadapastor.icab
    interfazmatepastor.jugadapastor.ialf
    interfazmatepastor.jugadapastor.icab
    interfazmatepastor.jugadapastor.irey
    GPIO.cleanup()

```

**Figura 49-2:** Función finalpastor1

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- En la **Figura 50-2:** se muestra el código de programación de la función *finalpastor2*, que permite la visualización de la ventana **INTERACCIÓN PASTOR**, para que la interfaz gráfica muestre los movimientos de la máquina CNC se importan los script *interfazmatepastor* y el script *Tkeypadpastor*.

```

from time import sleep
import RPi.GPIO as GPIO
GPIO.setwarnings(False)
import interfazmatepastor
import Tkeypadpastor
def finalpastor2():
    interfazmatepastor.jugadapastor.ipeo
    Tkeypadpastor.tpastor.tip5b
    GPIO.cleanup()

```

**Figura 50-2:** Función finalpastor2

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.10. Costos Eléctricos y Electrónicos

**Tabla 21-2:** Se muestran los costos eléctricos y electrónicos del prototipo

#	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO(USD)	V. TOTAL (USD)
1	1	Raspberry pi 3 model B	70	70
2	1	MicroSD de 8 Gigas	8	8
3	1	Pantalla para Raspberry	50	50
4	1	Fuente de Computadora	30	30
5	2	Drivers DRV8825	6	12
6	2	Motores Nema 17 1.7 A	25	50
7	1	Módulo Relé de 5V	3	3
8	64	Reed Switch(Interruptores magnéticos)	0.75	48
9	64	Diodos 1n4401	0.12	8
10	1	Bus de Datos 16 Hilos	2	2
11	1	Contactador de 24v (bobina)	5	5
12	1	Adaptador VGA/HDMI	5	5
13	1	Fuente de 24V	30	30
14		Dispositivos electrónicos varios	10	10
			<b>TOTAL</b>	<b>331</b>

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.11. Costos Mecánicos

**Tabla 22-2:** Se muestran los costos mecánicos del prototipo

#	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO(USD)	V. TOTAL (USD)
1	1	Perfil de aluminio 6m		30
2	8	Ángulos tipo L	1.25	10
3	30	Rodamientos F624ZZ	0.83	25
4	6	Rodamiento lineales Lm8UU	2.65	16
5	1	Correa dentada para impresora en 3D gt2+poleas de 20 dientes	1	23

6	1	Ejes de acero inoxidable 2m		6
7	1	Tabla triple de 50x50cm	4	4
8	18	Piezas de plástico ABS		200
9		Tornillos, rodela, tuercas		5
10	1	Pegamento Pega Tanque	5	5
			<b>TOTAL</b>	<b>324</b>

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.12. Costos de Mano de Obra

Tabla 23-2: Se muestran los Costos de Mano de Obra

#	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO(USD)	V. TOTAL (USD)
1	1	Implementación de la estructura	40	40
			<b>TOTAL</b>	<b>40</b>

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.13. Costos Directos Totales

Tabla 24-2: Se muestran los Costos Indirectos de fabricación

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL
<b>2.14. Costos Eléctricos y Electrónicos</b>	<i>331</i>
<i>Costos Mecánicos</i>	<i>324</i>
<i>Costos de Mano de Obra</i>	<i>40</i>
<b><i>COSTO DIRECTO TOTAL</i></b>	<b><i>695</i></b>

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.14. Costos Indirectos

Tabla 25-2: Se muestran los Costos Indirectos de Fabricación

#	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO(USD)	V. TOTAL (USD)
1	Ingeniería		50
2	Papelería		50
		<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## 2.15. Costo Total

**Tabla 26-2:** Se muestran los costos totales de fabricación

#	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO(USD)	V. TOTAL (USD)
1	Costos Directos Totales		695
2	Costos Indirectos Totales		100
		<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>795</b>

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

## CAPÍTULO III

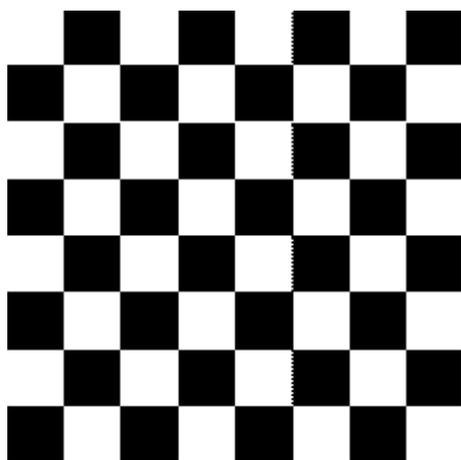
### 3. MARCO DE RESULTADOS

#### 3.1. Animaciones en el tablero

La siguiente figura muestra las posiciones para desplazarse y realizar movimientos en la interfaz grafica según los valores de las siguientes figuras :

La figura cuadro tiene un tamaño en píxeles de 628 X 628 **Figura 1-3 a**

Cada una de las figuras peon , caballo, alfil , reina , rey tienen un tamaño de píxeles de 46 X 61 **figura 1-3 b**



a) Figura de cuadro general de piezas

b) Figura que se moverá a través de los cuadros

**Figura 1-3:** Animación de peón blanco 5

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

#### 3.1.1. Cuadro de valores de posiciones en la interfaz grafica

La siguiente Figura 2.3 nos presenta los valores para mover las piezas de ajedrez por ejemplo la figura del caballo **Figura 1-3(b)** a través de la **Figura 1-3(a)** cuadro de piezas

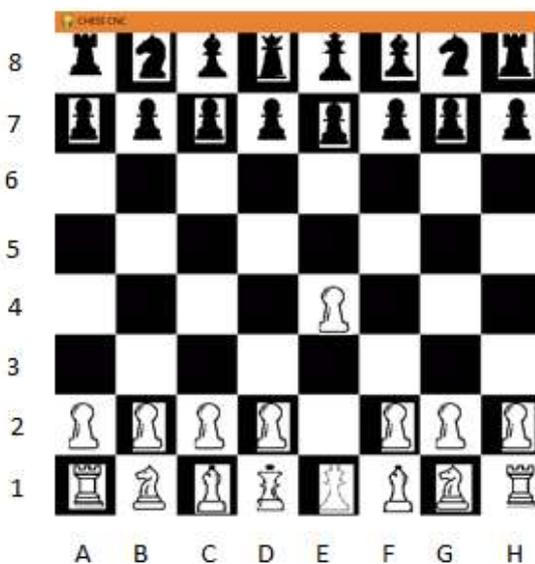
		valores en x								
valores en y		67	144	216	293	362	436	510	586	
86	posX9 posY9 torre1	posX10 posY10 caballo1	posX11 posY11 alfil1	posX12 posY12 reina	posX13 posY13 rey	posX14 posY14 alfil2	posX15 posY15 caballo2	posX16 posY16 torre2	piezas negras	
159	posX1 posY1 peon1	posX2 posY2 peon2	posX3 posY3 peon3	posX4 posY4 peon4	posX5 posY5 peon5	posX6 posY6 peon6	posX7 posY7 peon7	posX8 posY8 peon8		
232										
306										
385										
457										
530	posX17 posY17 peon1	posX18 posY18 peon2	posX19 posY19 peon3	posX20 posY20 peon4	posX21 posY21 peon5	posX22 posY22 peon6	posX23 posY23 peon7	posX24 posY24 peon8		piezas blancas
306	posX25 posY25 torre1	posX26 posY26 caballo1	posX27 posY27 alfil1	posX28 posY28 reina	posX29 posY29 rey	posX30 posY30 alfil2	posX31 posY31 caballo2	posX32 posY32 torre2		

**Figura 2-3:** Cuadro de posiciones para animación.

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 3.2. Demostración Pastor

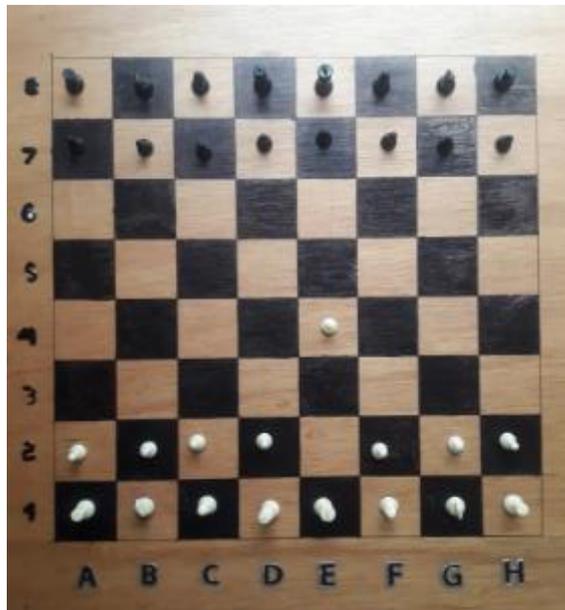
- 1) Primero se ejecuta la función `ipe5b ()` de la clase `interfazmatepastor ()` para este movimiento **Figura 3-3**.



**Figura 3-3:** Animación de peón blanco 5

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

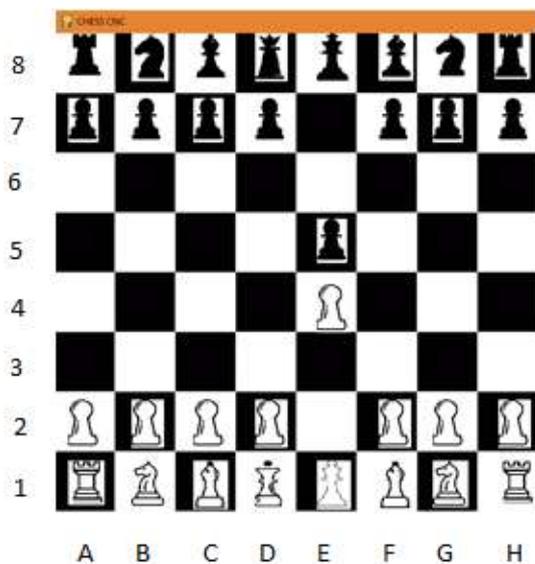
Una vez terminado el movimiento del peón por medio de un contador, lo siguiente será realizar un movimiento peón de e7 a e5 en el tablero físico de ajedrez, esto lo hace debido a una función llamada matepastor () en la que se encuentran el movimiento para que el motor del eje y se mueva 450 pasos hacia arriba, **Figura 4-3.**



**Figura 4-3:** Movimiento del peón 5 blanco en la CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 2) Segundo se ejecuta el movimiento del peón negro llamando a la función `ipe5n ()` de la clase `interfazmatepastor ()`, se puede observar en la **Figura 5-3.**



**Figura 5-3:** Animación de peón 5 negro

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

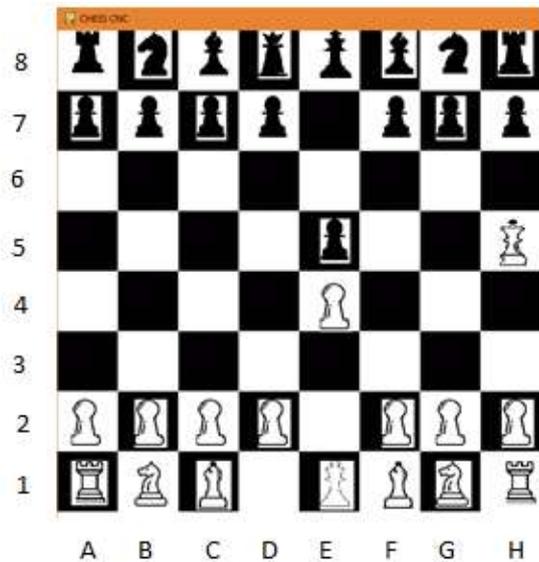
Al terminar este movimiento mediante el contador el peón negro se moverá de e2 a e4 en el tablero físico, esto lo hace debido a una función matepastor () en la que el motor del eje se moverá 450 pasos hacia abajo se puede observar en la **Figura 6-3**.



**Figura 6-3: Movimiento de peón 5 negro en la CNC**

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 3) Tercero se ejecuta el movimiento reina llamando a la función irh5b () de la clase interfazmatepastor (), se puede observar en la **Figura 7-3**.



**Figura 7-3: Animación de movimiento de la reina blanca**

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Cuando se acabe la animación rápidamente se ejecutara el movimiento físico del tablero debido a la función `matepastor()`, en la que se ejecutarán uno en uno los movimientos de la CNC en el tablero.

El movimiento será reina de D1 a H5 mediante una función que moverá a los dos motores tanto del eje x como el eje y 710 pasos en la dirección Noreste, se puede observar en la **Figura 8-3**.



**Figura 8-3:** Movimiento de la reina en la CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 4) Cuarto se moverá el caballo 1 negro llamando a la función `icc6()` de la clase `jugador interfazmatepastor()`, se puede observar en la **Figura 9-3**.



**Figura 9-3:** Animación del movimiento del caballo 1 negro

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

La animación una vez que acabe se ejecutara el movimiento físico del tablero debido a la siguiente función llamada `matepastor ()` en la que se ejecutara el movimiento de la CNC.

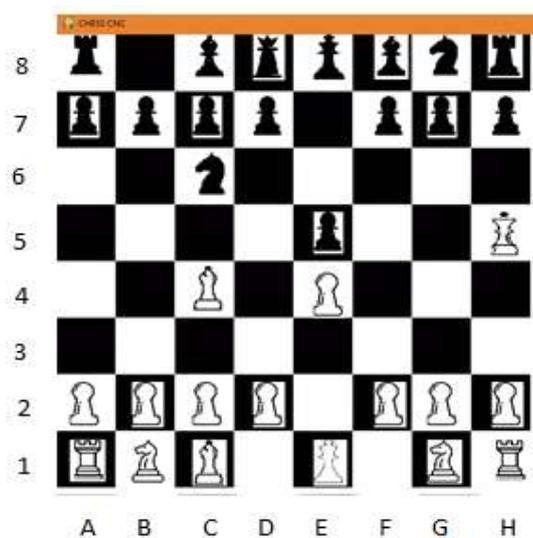
El movimiento será caballo de B8 a C6 en el que por medio de una función moverá al caballo 70 pasos a la derecha luego 450 pasos hacia abajo y finalmente 70 pasos a la derecha para mover el caballo en el tablero, se puede observar en la **Figura 10-3**.



**Figura 10-3:** Movimiento del caballo negro en la CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

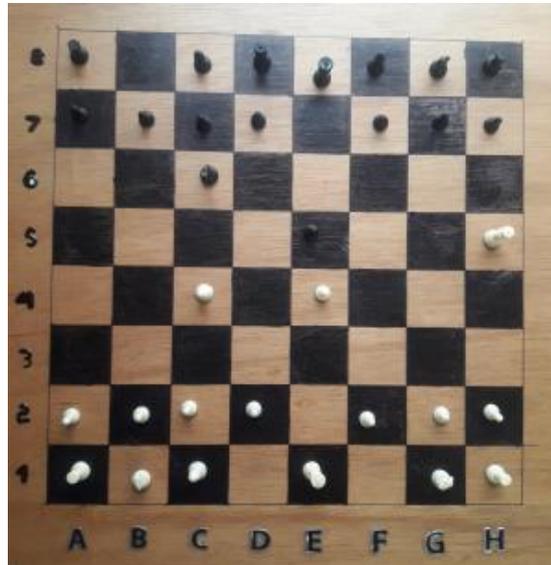
- 5) Mover el alfil a esta posición es una de las claves de este mate y de muchas jugadas para visualizar el movimiento se llamara a la función `iac4 ()` de la clase `interfazmatepastor ()`, se puede observar en la **Figura 11-3**.



**Figura 11-3:** Animación de alfil 2 blanco

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

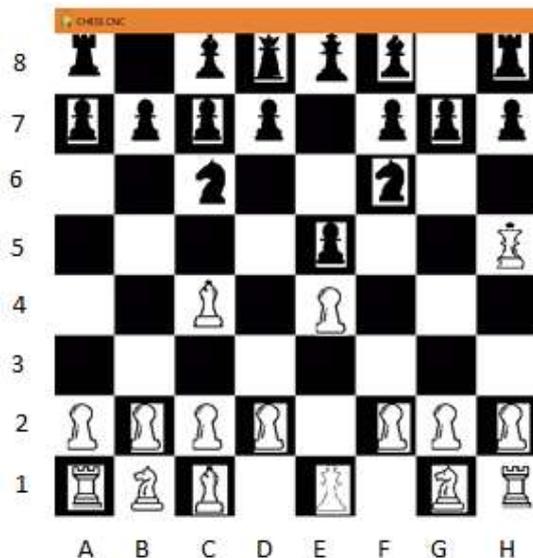
Se procederá a llamar a función de movimientos de la CNC donde debido a que es un movimiento diagonal se activaran los dos motores eje X y eje Y. El alfil se moverá 710 pasos tanto en el eje X como en el Y, se moverá en la dirección Noroeste, se puede observar en la **Figura 12-3**.



**Figura 12-3:** Movimiento del alfil en el tablero por medio de la CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 6) Este movimiento del caballo es en sí un error de principiantes, pero en el prototipo se lo ha puesto como demostración, el movimiento se realizara importando un script y llamando a la función `icf6()` de la clase `interfazmatepastor()`, se puede observar en la **Figura 13-3**.



**Figura 13-3:** Animación de caballo 2 negro

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Cuando se trata de mover el caballo en sus posiciones iniciales esta es la pieza que genera más problemas debido a su espacio reducido y a la cercanía de muchas piezas cuando el electroimán lo traslada.

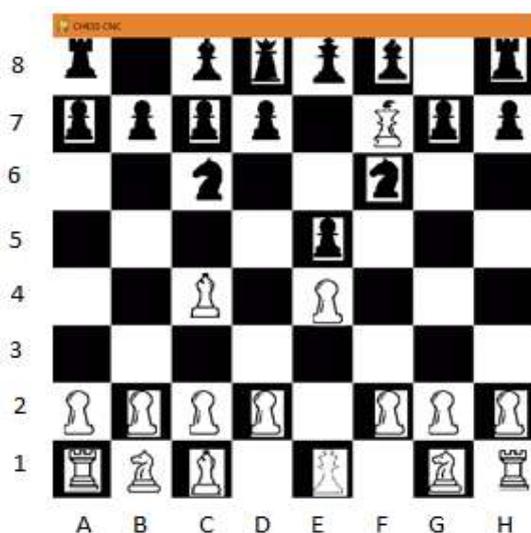
El caballo se moverá 70 pasos a la izquierda luego 450 pasos hacia abajo y finalmente 70 pasos a la izquierda, se puede observar en la **Figura 14-3**.



**Figura 14-3:** Movimiento del caballo 2 negro en la CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

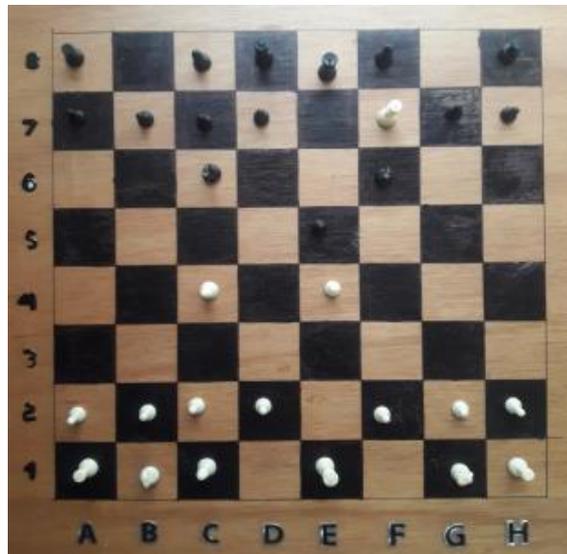
- 7) El jaque mate del blanco se realizara con la dama capturando peón e6 de las negras, la animación se hará con la función `ijrf7 ()` de la clase `interfazmatepastor ()`, se puede observar en la **Figura 15-3**.



**Figura 15-3:** Animación de jaque de la reina blanca capturando a un peón.

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

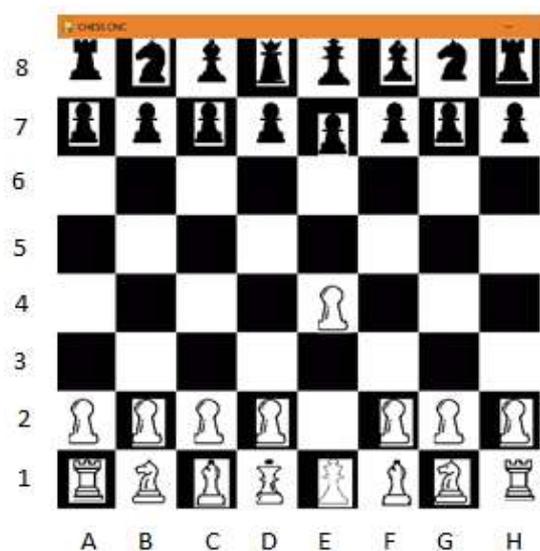
Este es el movimiento final de este jaque tan conocido y aplicado a veces en grandes ligas de competencia para realizar este movimiento primero sacaremos del tablero al peón f7 de las negras por medio de la CNC y luego se realizara el mate respectivo . La reina se moverá en el tablero 510 pasos en los dos ejes, en la dirección Noroeste, se puede observar en la **Figura 16-3**.



**Figura 16-3:** Movimiento de la reina para producir jaque en el tablero  
Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 3.3. Interacción Mate de Legal

- 1) Primero se ejecuta la función `ipe5b ()` de la clase `interfazmatedelegal ()`, se puede observar en la **Figura 17-3**.



**Figura 17-3:** Animación de peón blanco  
Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Una vez que el contador de la interfaz acabe se procederá con la siguiente función keypadlegal () de la clase tmatedelega () de detección de piezas, en la que una vez detectada la pieza peon5 en posición e5 se activara y terminara este proceso, se puede observar en la **Figura18-3 y 19-3**.

```
Python 3.4.2 (default, Oct 19 2014, 13:31:11)
[GCC 4.9.1] on linux
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ----- RESTART -----
>>>
matriz = E4
matriz = E4
```

**Figura 18-3:** Detección del peón en la posición E4 del tablero

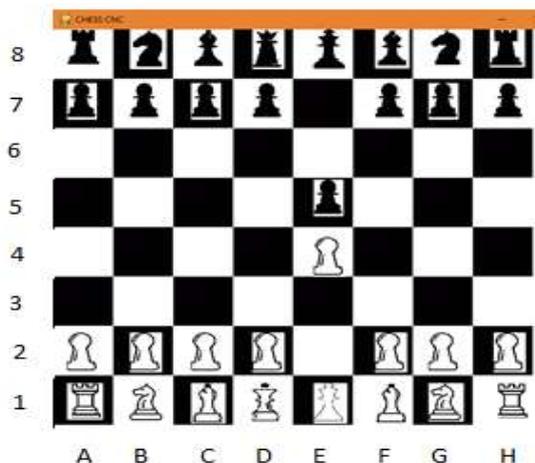
Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018



**Figura 19-3:** Movimiento manual del peón en el tablero

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 2) segundo se ejecutara la función ipe4n () de la clase interfazmatelegal (), se puede observar en la **Figura 20-3**.



**Figura 20-3:** Animación del peón 5 negro en la interfaz

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

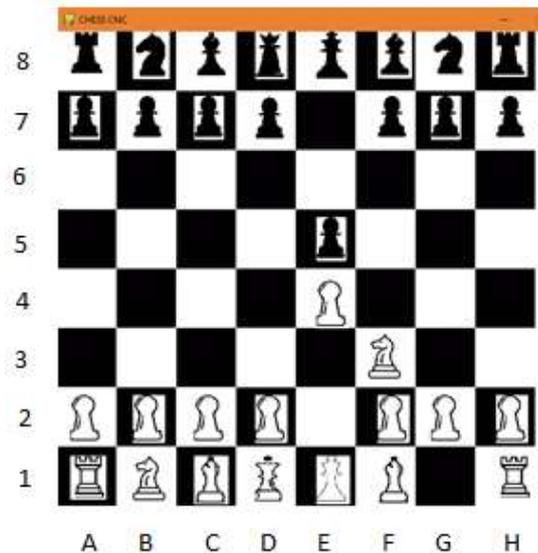
En el momento que el contador acabe empezara la siguiente función `jugadalegal ()` en la que se encuentran las instrucciones para el movimiento respectivo del tablero físico por medio de la CNC moviéndose 450 pasos hacia abajo, se puede observar en la **Figura 21-3**.



**Figura 21-3:** Movimiento del peón 5 negro en la CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 3) tercero se activara la función `icf3 ()` de la clase `interfazmatedelega ()` la cual moverá el caballo en la interfaz de la posición g1 a f3, se puede observar en la **Figura 22-3**.



**Figura 22-3:** Animación del caballo 2 en la interfaz grafica

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

La siguiente función en activarse es la función de detección de la pieza caballo en la posición F3 del tablero, esta función continuara esperando hasta que se mueva esta pieza, una vez que se haya

movido a su respectivo sector la función terminara y continuara la siguiente, se puede observar la detección en la **Figura 23-3** y en la **Figura 24-3**.

```
Python 3.4.2 (default, Oct 19 2014, 13:31:11)
[GCC 4.9.1] on linux
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ===== RESTART =====
>>>
matriz = E4
matriz = E4
matriz = F3
matriz = F3
```

**Figura 23-3:** Detección del caballo en la posición F3 del tablero

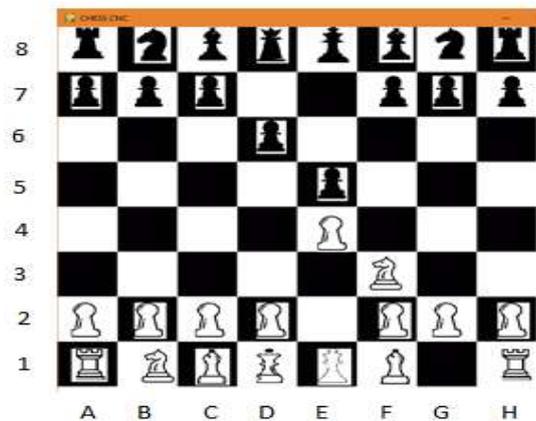
Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018



**Figura 24-3:** Movimiento manual del caballo blanco en el tablero

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 4) Cuarto se activara la función interfaz gráfica `ipe4n ()` de la clase `interfazmatedelegal ()` la cual moverá el peón 4 negro de d7 a d6, se puede observar en la **Figura 25-3**.



**Figura 25-3:** Animación de peón 4 negro

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

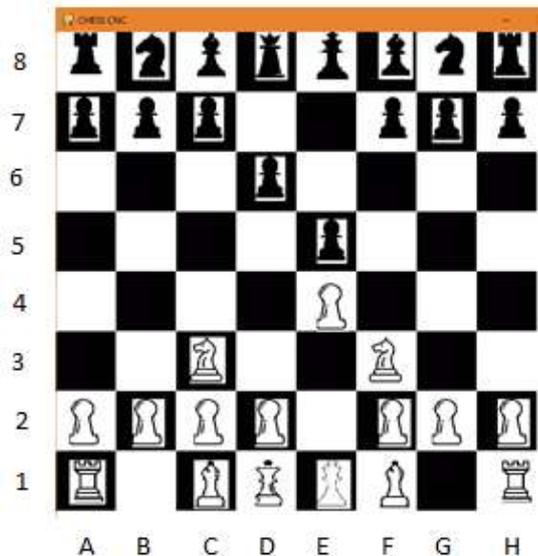
La función de movimientos en el tablero entrara a continuación la cual producirá movimientos en el tablero físico por medio una CNC tipo laser moviéndose 225 pasos hacia abajo ,se puede observar el movimiento en la **Figura 26-3**.



**Figura 26-3:** Movimiento del peón 4 negro en el tablero por medio de la CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 5) la función `icc3 ()` de la clase `interfazmatedelegal ()` moverá en la interfaz al caballo blanco de la posición inicial C1 a C3, se puede observar en la **Figura 27-3**.



**Figura 27-3:** Animación del caballo blanco 2 en la interfaz

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Seguido de la activación de reconocimiento de piezas en el tablero mediante la función `tcc3()` de la clase `jgadadelegal ()` del script importado `keypaddelegal`, la cual terminara una vez colocado

el caballo en la posición C3 del tablero, se puede observar la detección en las **Figuras 28-3 y 29-3**.

```
Python 3.4.2 (default, Oct 19 2014, 13:31:11)
[GCC 4.9.1] on linux
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ===== RESTART =====
>>>
matriz = E4
matriz = E4
matriz = F3
matriz = F3
matriz = C3
matriz = C3
```

**Figura 28-3: Detección del caballo 2 en la posición C3 del tablero**

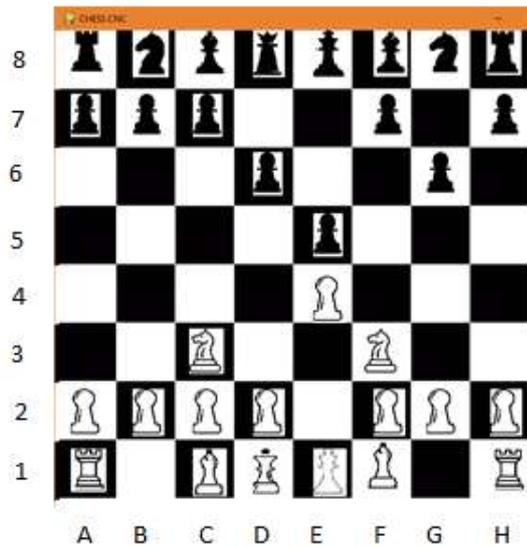
Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018



**Figura 29-3: Movimiento manual del caballo para su detección**

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 6) La función `ipe7n ()` de la clase `interfazmatedelegal ()` moverá al peón 7 negro de la posición g7 a g6, se puede observar en la **Figura 30-3**.



**Figura 30-3:** Animación del peón 7 negro en la interfaz

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

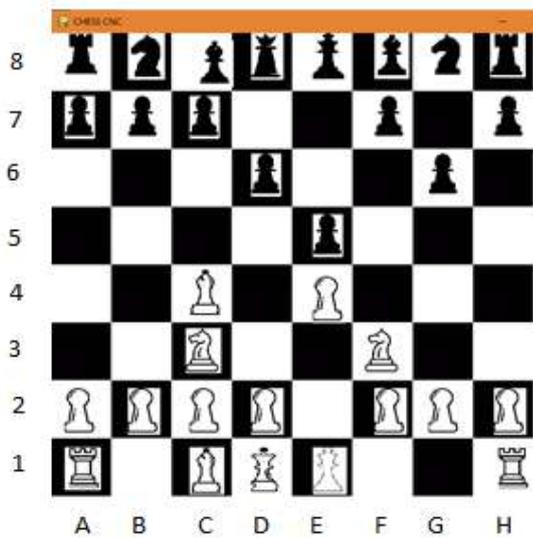
Entonces se activara la función de movimientos matedelegal () la cual moverá el peón en el tablero. El peón se moverá 225 pasos hacia abajo, se puede observar en la **Figura 31-3**.



**Figura 31-3:** Movimiento del peón 7 negro en el tablero

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 7) El alfil se moverá desde la posición F1 en la interfaz gráfica por medio de la función iac4b (), se puede observar el movimiento en la interfaz en la **Figura 32-3**.



**Figura 32-3:** Animación del alfil blanco en la interfaz

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Cuando esta interfaz termine se realizara la detección de la pieza alfil en la posición C4 anunciado por la interfaz, se puede observar la detección en las **Figuras 33-3 y 34-3**.

```

Python 3.4.2 (default, Oct 19 2014, 13:31:11)
[GCC 4.9.1] on linux
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ----- RESTART -----
>>>
matriz = E4
matriz = E4
matriz = F3
matriz = F3
matriz = C3
matriz = C3
matriz = C4
matriz = C4

```

**Figura 33-3:** Detección del alfil en la posición C4 del tablero

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018



**Figura 34-3:** Movimiento manual del alfil para la detección

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 8) La función `iag4` de la clase `interfazmatedelegal` () moverá el alfil dentro desde la posición inicial D8 a la posición final G4, se puede observar en la **Figura 35-3**.



**Figura 35-3:** Animación de alfil 1 negro en la interfaz

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

La activación de la función de movimiento de la CNC será el siguiente paso mediante la función `jugadadelegal` () del script importado `matedelegal`, el alfil se moverá 710 pasos en los dos ejes, el movimiento en el tablero se lo puede observar en la **Figura36-3**.



**Figura 36-3:** Movimiento del alfil 1 negro en el tablero por medio de la CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 9) noveno se activara la función ice5b de la clase interfazmatedelega () el cual realizara el movimiento de mover el caballo blanco desde la posición F3 a la posición E5 de la interfaz gráfica, se puede observar el movimiento en la **Figura 37-3**.



**Figura 37-3:** Animación del caballo 2 blanco atrapando al peón 5 negro

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Se activara la función de detección de piezas en el tablero el cual detectara cuando se coloque el caballo en la posición E5 del tablero, la detección se puede observar en la Figuras 38-3 y 39-3.

```
Python 3.4.2 (default, Oct 19 2014, 13:31:11)
[GCC 4.9.1] on linux
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ===== RESTART =====
>>>
matriz = E4
matriz = E4
matriz = F3
matriz = F3
matriz = C3
matriz = C3
matriz = C4
matriz = C4
matriz = E5
matriz = E5
```

**Figura 38-3:** Detección de caballo 2 en la posición E5 del tablero

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

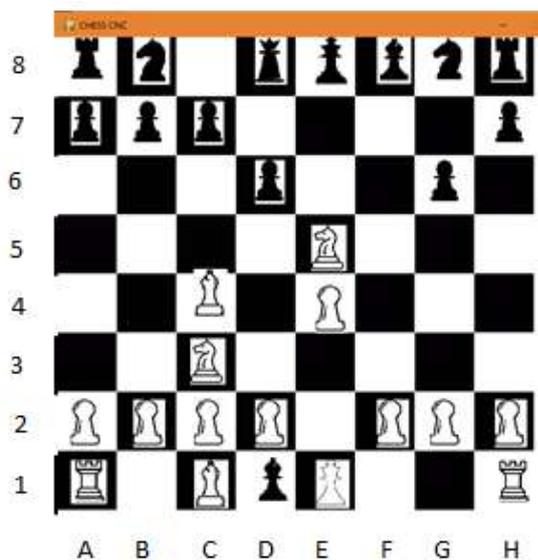
Posición final del caballo colocado por el jugador para su detección sacando al peón que atacara el caballo de manera manual.



**Figura 39-3:** Movimiento manual del caballo en la posición E5

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 10) El alfil capturara a la reina en la interfaz moviéndose desde la posición F4 a D1 por medio de la función `iad1n()` de la clase `interfazmatedelega()`, se puede observar en la **Figura 40-3**.



**Figura 40-3:** Animación del alfil negro atrapando a la reina blanca

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

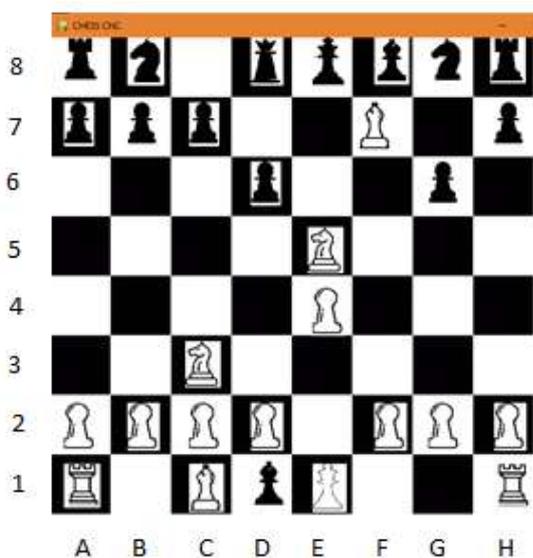
Antes de realizar el movimiento de captura en el tablero de la CNC primero se deberá realizar movimientos para sacar a la pieza capturada fuera del tablero para evitar colisiones entre piezas en la captura. El alfil negro se moverá 510 pasos hacia abajo en la dirección Noroeste, se puede observar en la **Figura 41-3**



**Figura 41-3:** Movimiento del alfil atrapando a la reina

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 11) El alfil blanco capturara al peón para dejar en jaque al rey en la interfaz gráfica por medio de la función `iaf7()` de la clase `interfazmatedelegal()`, se puede observar en la **Figura 42-3**.



**Figura 42-3:** Animación del alfil atrapando a peón 6 negro en la interfaz

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

La detección se realizara una vez que termine la animación de la interfaz y también cuando se saque fuera del tablero al peón y el jugador coloque el alfil, se puede observar en las Figuras 43-3 y 44-3.

```
Python 3.4.2 (default, Oct 19 2014, 13:31:11)
[GCC 4.9.1] on linux
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ===== RESTART =====
>>>
matriz = E4
matriz = E4
matriz = F3
matriz = F3
matriz = C3
matriz = C3
matriz = C4
matriz = C4
matriz = E5
matriz = E5
matriz = F7
matriz = F7
```

**Figura 43-3:** Detección del alfil en la posición F7 del tablero

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

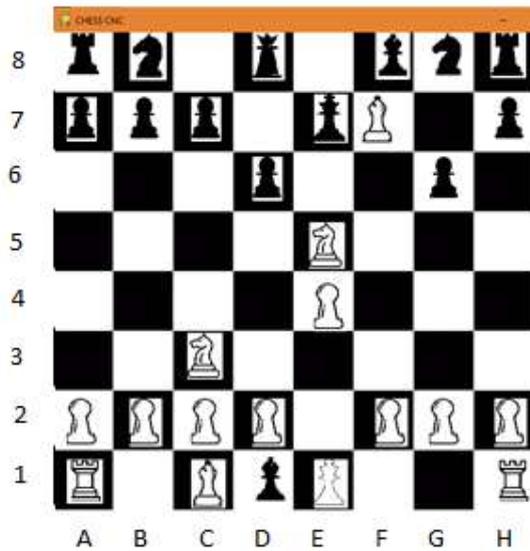
Para mover el alfil blanco en el tablero mediante la CNC se deberá primero realizar movimientos para sacar al peón 6 negro del tablero. El alfil se moverá 710 pasos en los dos ejes X y Y en la dirección Sureste.



**Figura 44-3:** Movimiento manual del alfil negro en el tablero

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 12) El rey está en jaque por lo que está obligado a moverse a otra posición la función `irye7n ()` de la clase `interfazmatedelegal ()`. Se realizara el movimiento en la interfaz para mover al rey desde la posición E8 a E7, se puede observar en la **Figura 45-3**.



**Figura 45-3:** Animación del rey saliendo del jaque

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

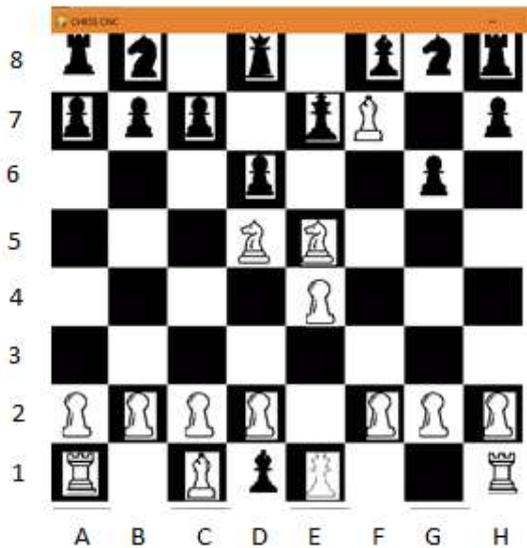
La función de movimiento entrara a continuación moviendo el rey en el tablero mediante la función `jugadadelegal ()` del script importado `matedelegal`, se puede observar en la **Figura 46-3**.



**Figura 46-3:** Movimiento del rey en la CNC

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

- 13) El jaque final se realizara moviendo el caballo desde la posición inicial C3 a D5 mediante la función `icd5b ()` de la clase `interfazmatedelegal ()`, se puede observar el movimiento de la animación en la **Figura 47-3**.



**Figura 47-3:** Animación del caballo 1 produciendo el jaque final

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Una vez terminada la ejecución de la interfaz continuara con la función de detección de piezas en el tablero mediante la función `tcd5b` de la clase `jugadadelegal` () del script `keypaddelegal` la cual terminara el proceso cuando se coloque el caballo blanco en la posición D5 en el tablero moviéndose 450 pasos hacia arriba y 70 pasos a la derecha, se puede observar la detección en las Figuras 48-3 y 49-3.

```

Python 3.4.2 (default, Oct 19 2014, 13:31:11)
[GCC 4.9.1] on linux
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ----- RESTART -----
>>>
matriz = E4
matriz = E4
matriz = F3
matriz = F3
matriz = C3
matriz = C3
matriz = C4
matriz = C4
matriz = E5
matriz = E5
matriz = F7
matriz = F7
matriz = D5
matriz = D5

```

**Figura 48-3:** Detección del caballo 1 en la posición D5 del tablero

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Movimiento del caballo en el tablero para realizar el jaque final.



**Figura 49-3:** Movimiento manual del caballo para producir el jaque  
 Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 3.4. Pruebas en Instituciones Públicas y federaciones Deportivas.

#### 3.4.1. Unidad Educativa Intercultural Bilingüe “Monseñor Leónidas Proaño”

Para medir el desempeño en el prototipo se realizaron pruebas con los niños del paralelo 9no “B” en la clase de Educación Física de la Unidad Educativa ubicada en las calle José de Peralta, la cual se encuentra a uno de los extremos de la ESPOCH.

**Figura 50-3.** La presentación del prototipo se realizó en el auditorio del establecimiento



**Figura 50-3:** Auditorio de la unidad educativa Leónidas Proaño  
 Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

**Figura 51-3.** Los niños de la unidad educativa en la hora de educación física se acercaron a ver el funcionamiento del prototipo con mucho interés y comentaron del mismo.



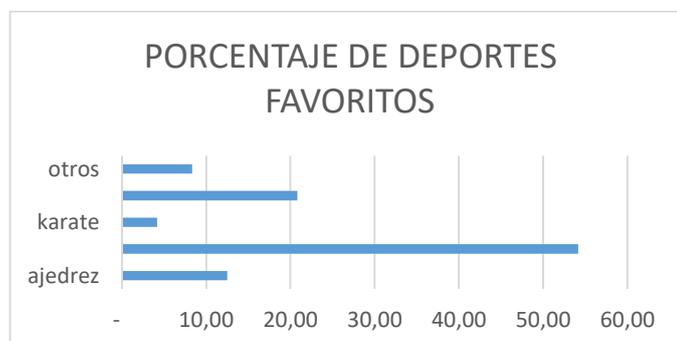
**Figura 51-3:** Los niños acercándose a ver el funcionamiento del prototipo  
**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

**Figura 52-3.** Los niños interactuaron con el prototipo y después de culminada la presentación se pusieron a jugar en el tablero y establecieron partidas de ajedrez entre sus compañeros. Los niños que sabían jugar ajedrez fueron los primeros en jugar, después se acercaron los niños que no entendían muy bien y establecieron partidas ayudados por los niños que ya conocían este juego.



**Figura 52-3:** Los niños interactuando con el prototipo  
**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

Al realizar una encuesta a los niños hemos encontrado que el ajedrez ocupa un 12% de aceptación como deporte favorito en la Unidad Educativa “Monseñor Leónidas Proaño” en comparación con otros deportes que tienen una popularidad alta en el país, se puede observar en el **Gráfico 1-3**.



**Gráfico 1-3:** Porcentaje de deportes favoritos

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

El 91,67% de los niños les gusta el prototipo de ajedrez electrónico debido a que en este se puede interactuar con un tablero, de modo que una persona puede mover las piezas en el tablero y al mismo tiempo se puede observar movimientos automáticos sin la intervención de una persona **Grafico2-3.**



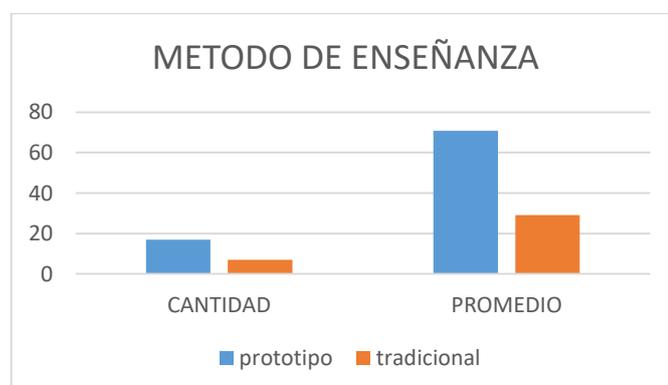
**Gráfico 2-3:** Grado de aceptación del prototipo

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

A los niños les gustaría que en el prototipo se pudiera jugar ajedrez contra la máquina, pero las demostraciones de jugadas para llegar a un mate o una demostración para comenzar una apertura les encanto a los niños que no sabían jugar ajedrez. A los niños que sabían jugar también les gusto pero ya se anticipaban a los movimientos que haría la CNC en el tablero.

Sin embargo los niños de la Unidad Educativa han evaluado que el método de enseñanza tradicional solo con piezas y un tablero, realizando movimientos manuales en comparación con la enseñanza con un prototipo electrónico que realice movimientos tanto en una interfaz gráfica como movimientos realizados por una CNC, los resultados se pueden observar en el siguiente

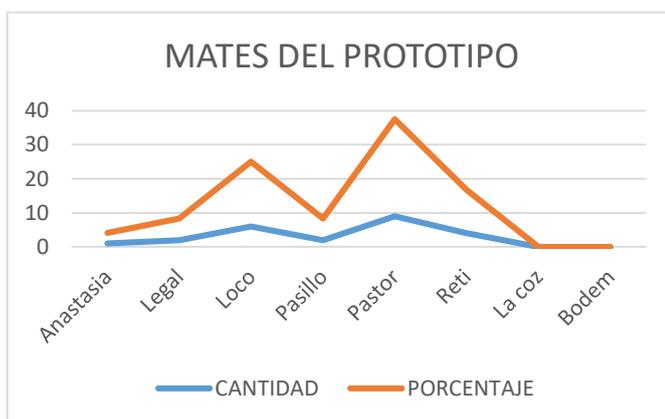
**Grafico 3-3.**



**Gráfico 3-3:** Método de enseñanza preferido por los niños

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Entre los mates programados que se encuentran en el prototipo. El mate que más les gusto fue el mate del Pastor con un 37,5% el mate del Loco con un 25%, el mate de Reti con un 16% , el mate de Legal y del Pasillo con un 8,33% ,el mate de anastasia con un 4,17% y los otros mates con un 0% de aceptación . Los mates tuvieron una baja aceptación, fue debido al menor número de movimientos en la CNC en comparación con los otros mates, los mates preferidos se pueden observar el **Grafico 4-3**.

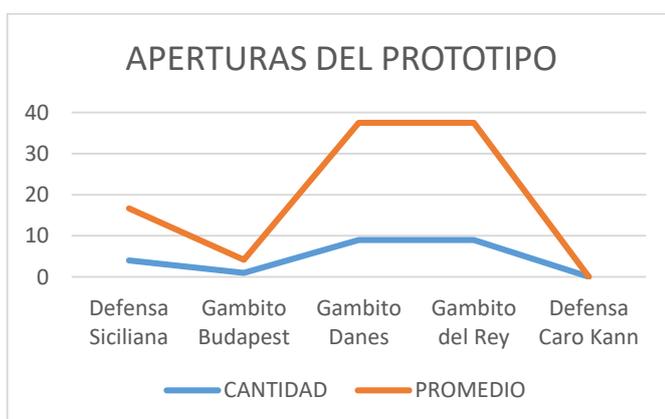


**Gráfico 4-3:** Mates preferidos de los niños en el prototipo

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

Entre las aperturas programadas que se encuentran en el prototipo. La apertura que más les gusto fue tanto el Gambito del rey como el Gambito Danés con un 37,5%, la defensa Siciliana con un 16,67%, el gambito Budapest con un 4,17% y por último los otros mates con un 0%.

Las aperturas que tuvieron una baja aceptación, fueron debido al menor número de movimientos en la CNC en comparación con las otras aperturas, las aperturas preferidas se pueden observar en el **Grafico 5-3**.



**Gráfico 5-3:**Aperturas preferidas por los niños en el prototipo

Realizado por: Nájera, Jonathan, 2018

### 3.4.2. FDCH (Federación Deportiva de Chimborazo)

Ubicada en la Av. Unidad Nacional y Av. Carlos Zambrano, junto al Estadio Olímpico, Riobamba, Ecuador.

Los niños y adultos de la federación les gustó el prototipo debido a que se movía solo, pero las jugadas y movimientos del prototipo ya las conocían, se anticipaban a las mismas y proponían otros movimientos, inclusive comentaban cada jugada como un error o un acierto. En la **Figura 53-3** se puede observar a los niños de la federación.



**Figura 53-3:** Los niños de la federación de ajedrez de Riobamba

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

Los Tableros de la federación tenían casi el mismo tamaño del prototipo a excepción de las piezas de ajedrez que eran más grandes las de la federación **Figura 54-3**



**Figura 54-3:** Los niños jugando ajedrez

**Realizado por:** Nájera, Jonathan, 2018

## CONCLUSIONES

- El tamaño de los cuadros del tablero de ajedrez para evitar cualquier colisión de las piezas sobre todo en el movimiento del caballo cuando se encuentra este rodeado y los espacios de movimiento son reducidos, por lo que según pruebas de movimiento cada cuadro tendrá un tamaño de 4,5 cm por lo que el tablero de ajedrez tendrá un tamaño de 36 cm, más un espacio adicional para producir los enroques y sacar las piezas capturadas fuera del tablero de 8 cm por lo que la CNC tendrá un tamaño total de 50 cm debido al perfil de aluminio de 3cm x 3cm con un espacio de trabajo de 43 cm para mover las piezas.
- Mientras más grande sea la matriz de sensores y mientras más este alejado esta matriz de la raspberry existirán perdidas en la detección que provocaran un mal funcionamiento, por lo que se tuvo que acoplar un bus de datos de 16 hilos para las 8 entradas y 8 salidas que necesita la matriz desde la raspberry a la matriz de sensores para un correcto funcionamiento.
- Debido a la fuerza del electroimán una vez que se activa provocara pequeñas interferencias en la pantalla del monitor de computadora o de cualquier pantalla de la raspberry, pero estas interferencias son mínimas produciendo una pequeña lluvia momentánea en la pantalla.
- Para realizar un buen proceso de detección por parte de la matriz de sensores y del proceso de mover una pieza por medio de un electroimán conectado en el extrusor de una CNC es necesario realizar un proceso a la vez es decir primero se activará el uno y después el otro, pues si los dos funcionan al mismo tiempo habría errores y los dos sistemas se afectarían entre sí.
- Python es un sistema multiplataforma el cual tiene diversas herramientas que se pueden unir para formar prototipos electrónicos complejos, en este modelo electrónico se ha utilizado las librerías GPIO para control de entradas y salidas por medio de programación, la librería Pygame responsable de las animaciones la cual es una librería para crear juegos en Python y la librería Tkinter responsable del menú interactivo del prototipo.
- Para evitar falsos positivos en la detección de piezas en el tablero se tuvo que colocar diodos en cada uno de los sensores tipo red switch de manera que la corriente no se regresara y provocara detecciones erróneas en el tablero.

## RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento preventivo y correctivo de todos elementos electrónicos como el electroimán, motores pasó a paso, así como los elementos mecánicos de la CNC como bandas transmisión etc.
- Todas las jugadas en la CNC tienen un punto de partida para el cual han sido programadas para su correcta finalización, por lo que empezar desde otro punto provocaría fallas en movimientos, choques del extrusor final que contiene al electroimán con la estructura de la CNC, lo que podría ocasionar que la banda de transmisión se dañe o se rompa.
- Permitir la manipulación solo a personas con conocimiento del prototipo o que han sido entrenadas anteriormente.
- Verificación de que exista contacto de los pines GPIO de la raspberry con los diferentes dispositivos electrónicos del prototipo, debido a que todos los pines de la raspberry han sido ocupados, por lo que este involucra posibles desconexiones que pueden producirse.
- Verificar que el extrusor final donde se encuentra el electroimán este a una distancia de por lo menos medio centímetro del tablero, debido a que si se lo aleja más del tablero no tendrá la suficiente fuerza para mover las piezas y si lo acerca demasiado existirán posibles colisiones entre el electroimán y la matriz de sensores o con el mismo tablero de ajedrez.
- Las piezas de ajedrez deben ser magnéticas, algunas con imanes de neodimio en su interior y otras con imanes normales debido a que las piezas cercanas al caballo en las posiciones de inicio no deben ser muy fuertes debido a que en este transcurso de inicio los espacios son bien reducidos y los imanes de neodimio tienen una buena fuerza de atracción.
- Revisar que el nivel del tablero con respecto a la CNC y con respecto al electroimán sea el mismo en todos los lados de la CNC para tener un correcto funcionamiento, si existe algún desnivel el prototipo se puede ajustar al nivel adecuado agregando algún aditamento al soporte del tablero.

## **BIBLIOGRAFIA**

**AJEDREZ DE ATAQUE.** *Los mates más famosos del ajedrez.* [En línea]. 2004.

[Consulta: 24 Febrero 2018]. Disponible en:

<http://www.ajedrezdeataque.com/02%20Partidas/Especiales/Mates.htm>

**Bricolabs Wiki.** *Raspberry PI – Instalación y Configuración de red.* [En línea].

[Consulta: 6 Abril 2018]. Disponible en: [https://bricolabs.cc/wiki/guias/raspberry\\_pi\\_-\\_instalacion\\_del\\_sistema\\_operativo\\_y\\_configuracion\\_de\\_red](https://bricolabs.cc/wiki/guias/raspberry_pi_-_instalacion_del_sistema_operativo_y_configuracion_de_red)

**BricoGeek.** *Arduino Wireless Chess.* [En línea]. USA: 11/04/2012

[Consulta: 5 Febrero 2018]. Disponible en:

<https://blog.bricogeek.com/noticias/arduino/arduino-wireless-chess/>

**DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. INTRODUCCION A LA TECNOLOGIA CNC.**

[En línea]. [Consulta: 28 Febrero 2018]. Disponible en:

<http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>

**Díaz del Castillo Rodríguez, Felipe.** *PROGRAMACION AUTOMATICA DE MAQUINAS CNC [En Línea].* FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN.LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE MATERIALES: Agosto 2018.

pp. 36-65. [Consulta: 3 Abril 2018]. Disponible en:

[http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/mecanica/mat/mat\\_mec/m4/master\\_cam.pdf](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/master_cam.pdf)

**Dpto. de Matemáticas – colegio NUESTRA SEÑORA DEL PILAR.** *Ajedrez la apertura.*

[En línea]. [Consulta: 3 Marzo 2018]. Madrid: pp. 1-2. Disponible en:

[http://ntspilarmad.com/sites/ntspilarmad.com/files/pagina/2014/10/ajedrez-aperturasydefensas\\_0.pdf](http://ntspilarmad.com/sites/ntspilarmad.com/files/pagina/2014/10/ajedrez-aperturasydefensas_0.pdf)

**EADE JAMES &YAGO GALLARCH.** *Ajedrez para Dummies.2<sup>a</sup> ed.* USA: Parramón Ediciones S.A, 2014, p. 35-36.

**EL RELE.** [En línea]. [Consulta: 4 Abril 2018]. Disponible en:

<http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>

**Freecadweb.** *Instalación en Windows.* [En línea]. [Consulta: 6 Abril 2018]. Disponible en:  
[https://www.freecadweb.org/wiki/Install\\_on\\_Windows/es](https://www.freecadweb.org/wiki/Install_on_Windows/es)

**GARCIA DEL ROSARIO, APOLONIO DOMINGO.** *EL AJEDREZ EN LA ESCUELA. MATES CELEBRES.* [En línea]. Canarias: 2014. [Consulta: 24 Febrero 2018]. Disponible en:  
<http://www.elajedrezenlaescuela.com/index.php/mates-celebres>

**GRUMEBER SL.** *CNC Router vs CNC Laser: ventajas y diferencias.* [En línea].  
[Consulta: 1 Marzo 2018]. Disponible en:  
<http://www.grumeber.com/cnc-router-vs-cnc-laser/>

**IA SABRINA DE SAN VICENTE.** *Leyes de Ajedrez de la FIDE.* [En línea]. Federación  
Uruguaya de Ajedrez: Enero 2018, pp. 1-22 [Consulta: 24 Febrero 2018]. Disponible en:  
[http://fuajedrez.com/Portals/0/Archivos/Leyes\\_2018.pdf](http://fuajedrez.com/Portals/0/Archivos/Leyes_2018.pdf)

**INFORCHESS.** Tableros electrónicos de Ajedrez. [En línea]. [Consulta: 25 Febrero 2018].  
Disponible en: <https://www.inforchess.com/computadoras-ajedrez/Tablero-electronico-ajedrez-DGT.htm>

**Jennings, Steve.** *MOTORES PASO A PASO* [En línea]. INFORMADOR TECNICO 65. SENA  
CDT – ASTIN, 2002. [Consulta: 7 Abril 2018]. Disponible en:  
<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/899-2842-1-SM.pdf>

**Máquina Herramienta.** *Nomenclatura de los ejes en CNC.* [Blog]. Martes febrero 07 2017.  
[Consulta: 1 marzo 2018].  
Disponible en: <http://materias.fi.uba.ar/7565/U4-control-numerico-por-computadora.pdf>

**MARIN BOLIVAR, FABIAN.** *MODULO CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO.*  
[En línea]. UNAD (UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA) CCAV  
NEIVA: 2012. [Consulta: 28 Febrero 2018]. Disponible en:  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/4883/1/Modulo%20Control%20Numerico%20Computarizado.pdf>

**MUÑOS, DANIEL.** *TODO LO QUE NECESITAS SABER SOBRE AJEDREZ* [blog]. [Consulta:  
23 Agosto 2017]. Disponible en: <https://thezugzwangblog.com/ajedrez-deporte/>

**PAQUICO, IVAN & PALMERO, CRISTINA.** Aplican la realidad aumentada y la IA para la enseñanza del ajedrez [En Línea]. Universidad Politécnica de Cataluña: 21 Febrero 2011.

[Consulta: 2 Agosto del 2017]. Disponible en:

[https://www.tendencias21.net/Aplican-la-realidad-aumentada-y-la-IA-para-la-ensenanza-del-ajedrez\\_a5790.html](https://www.tendencias21.net/Aplican-la-realidad-aumentada-y-la-IA-para-la-ensenanza-del-ajedrez_a5790.html)

Raspberry Pi. JESSIE IS HERE. [En línea]. [Consulta: 26 Febrero 2018].

Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/blog/raspbian-jessie-is-here/>

**Ramírez, Carlos.** *Control Numérico por Computadora.* [En línea].

[Consulta: 1 Marzo 2018]. Disponible en:

<http://materias.fi.uba.ar/7565/U4-control-numericopor-computadora.pdf>

*RASPBERRY PI 3 MODEL B.* Technical Specification. [En línea]. [Consulta: 26 Febrero 2018].

Disponible en:

<https://www.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf%20file=%252Fds%252Fpdf%252FT%252FTechicRP3.pdf>

REGLAMENTO DE AJEDREZ. [En línea]. 2015. pp 1-6. [Consulta: 23 Agosto 2017]. Disponible en: <http://www.dgescorrientes.net/ajedrez/ReglasAjedrez.pdf>

**SoloStocks.** *Maquina cnc profesional para moldes en madera y espuma—cc-bs1325bh* [En línea]. [Consulta: 27 Abril 2018]. Disponible en:

<https://www.solostocks.com.ar/venta-productos/otra-maquinaria/maquina-cnc-profesional-para-moldes-en-madera-y-espuma-cc-bs1325bh-1140210>

**SHOPTRONICA.** *Que son los Interruptores magnéticos Reed-Swith.* [Blog].

[Consulta: 5 Abril 2018]. Disponible en:

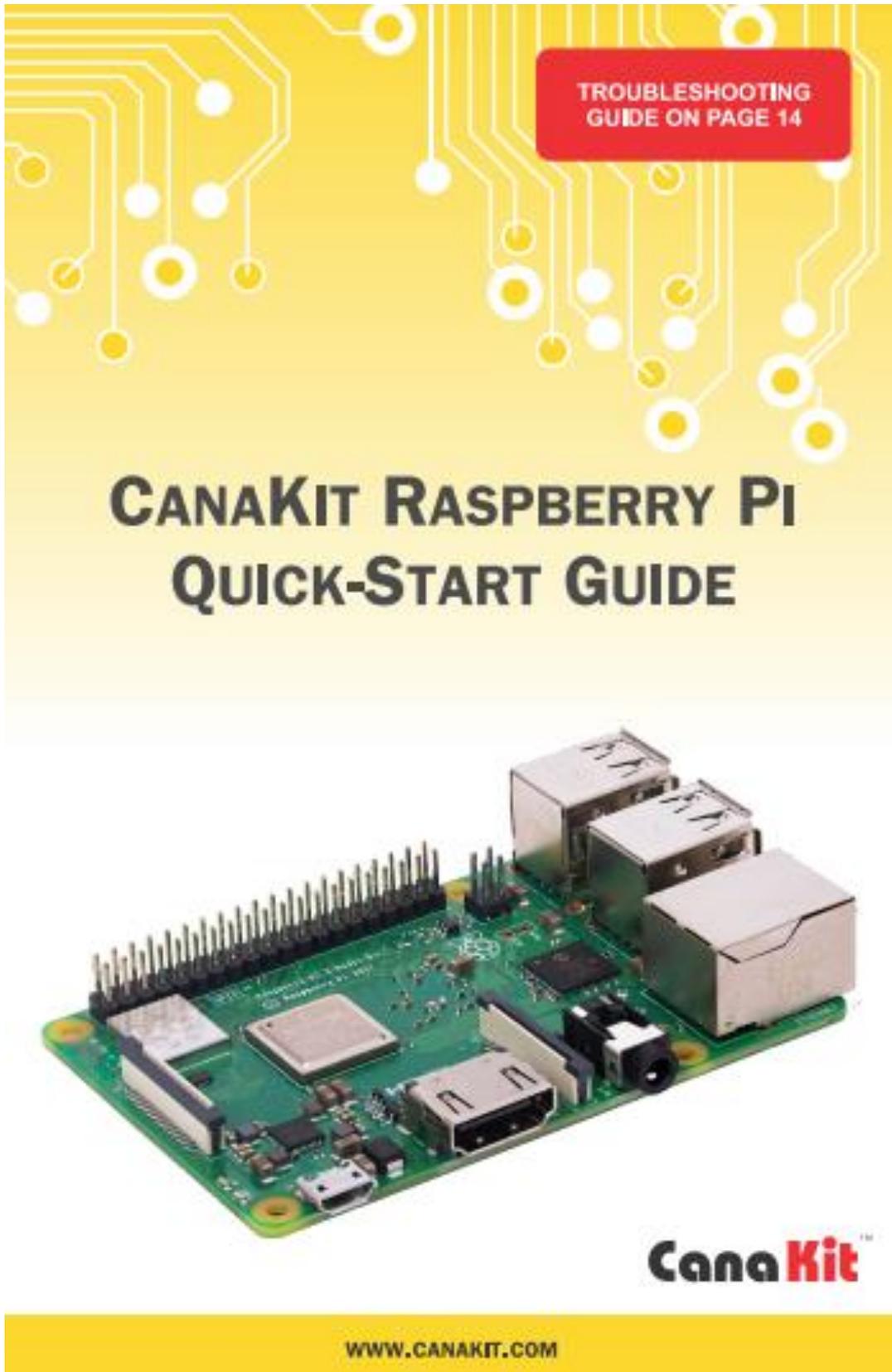
<https://www.shoptronica.com/curiosidades-tutoriales-y-gadgets/3981-que-son-los-interruptor-magnetico-reed-switch-0689593949974.html>

**123 ajedrez.** *Mates típicos.* [En línea]. [Consulta: 24 Febrero 2018]. Disponible en:

<http://www.123ajedrez.com/mates-chulos>

## ANEXOS

### ANEXO A. Guía de Inicio rápido de CANAKIT Raspberry pi 3 modelo B



## WELCOME!

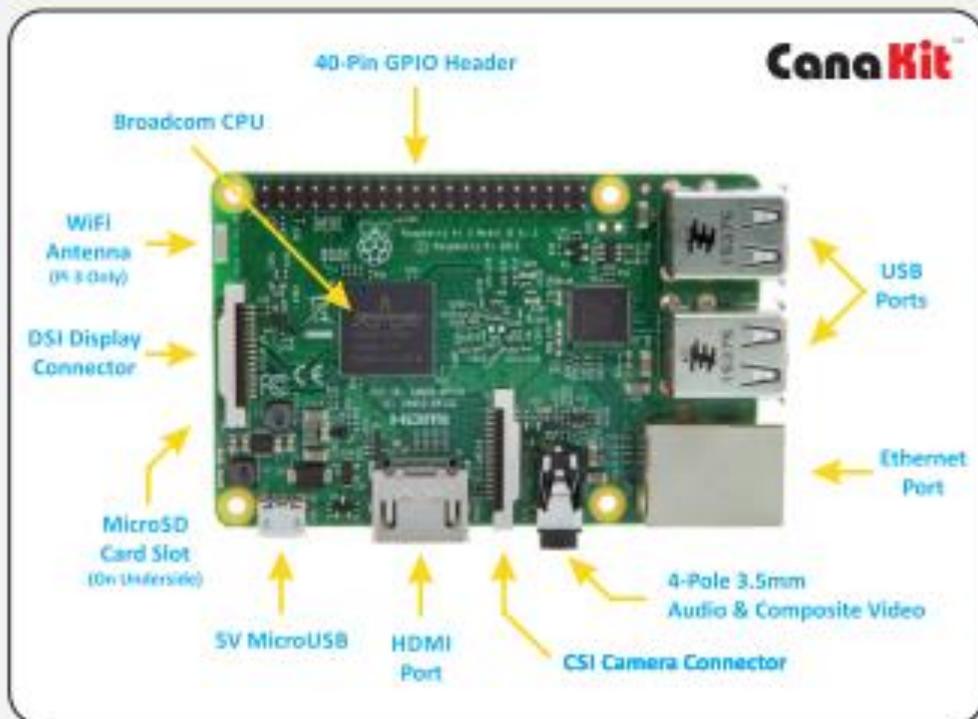
Congratulations on your purchase from CanaKit and welcome to the exciting world of the Raspberry Pi! To setup your Raspberry Pi, you will typically need the following items:

- MicroSD Card (pre-loaded with NOOBS\* recommended)
- HDMI monitor
- HDMI cable
- USB Keyboard and Mouse
- MicroUSB Power Adapter
- [Optional] Ethernet cable for connection to a wired network
- [Optional] A case to hold and protect your Raspberry Pi

If you purchased one of CanaKit's Raspberry Pi Starter Kits, it will include many of the above items depending on the specific kit.

*\* NOOBS is designed to make it easy to select and install operating systems for the Raspberry Pi without having to worry about manually imaging your MicroSD card.*

## GETTING STARTED



1. If you have a case, start by installing the Raspberry Pi inside the case. You can find video instructions for CanaKit Raspberry Pi cases at:

[www.canakit.com/pi-case](http://www.canakit.com/pi-case)

2. Insert a MicroSD card pre-loaded with NOOBS into the MicroSD card slot on the bottom side of the Raspberry Pi. If you don't have a pre-loaded MicroSD card you can find instructions on how to make one at:

[www.raspberrypi.org/help/noobs-setup](http://www.raspberrypi.org/help/noobs-setup)

3. Connect a USB keyboard and mouse to the USB ports.

4. Connect a HDMI monitor or TV to the Raspberry Pi using a HDMI cable. Ensure your monitor or TV is turned on and that you have selected the correct input.

5. If you intend to use an Operating System other than Raspbian, connect the Raspberry Pi to your network using an ethernet cable. If a wired Internet connection is detected, you will be presented with additional choices of Operating Systems. **Please ensure the Operating System that is selected is compatible with the version of the Raspberry Pi you are using.**

6. Once all connections have been made, it is now time to connect the power adapter to the board. When the power is connected, the Raspberry Pi will start to boot and you should be presented with the following menu.



*Note: Once an Operating System has been installed, the NOOBS menu will no longer appear. If you need to get back to the NOOBS menu, press and hold the SHIFT key on your keyboard when turning on the Raspberry Pi.*

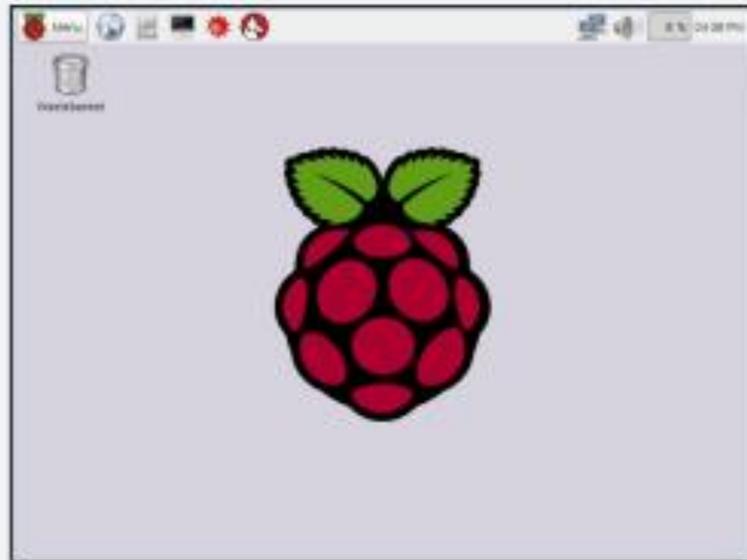
7. Select "Raspbian" or your choice of Operating System(s) from the menu. Click "Install" to begin the installation process.



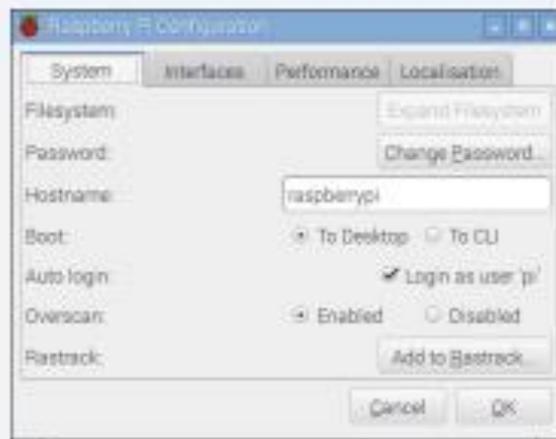
8. NOOBS will now start the installation of the selected Operating System(s). This process will take a few minutes. Once completed, you will see a message indicating the installation has completed. Press OK and the Raspberry Pi will reboot.

## RASPBIAN JESSIE

Starting with Version 4.1 of Raspbian (code-named Raspberry Jessie), the Raspberry Pi will automatically boot straight to the graphical desktop interface and not to the Linux command line.



The first time you start your Raspberry Pi, it is recommended to launch the Raspberry Pi Configuration application in order to set system configuration parameters, such as default Password, Hostname, Locale, Timezone and Keyboard Layout. This tool can be found under the Preferences entry under the Main Menu.



## SHUTTING DOWN THE RASPBERRY PI

Like any computer, it is very important that the Raspberry Pi be shutdown properly so that the MicroSD card File System is not corrupted. If you are in the graphical desktop interface, you can simply click "Menu" and then select "Shutdown". On the other hand, if you are in the command line interface, you can type the following command:

```
sudo shutdown -h now
```

ANEXO B. Distribución de puertos GPIO en la placa Raspberry pi 3



ANEXO C. Especificaciones de motor Nema 17 (17HS4401).

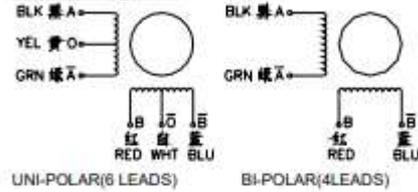


MotionKing (China) Motor Industry Co., Ltd.

**2 Phase Hybrid Stepper Motor  
17HS series-Size 42mm(1.8 degree)**



**Wiring Diagram:**

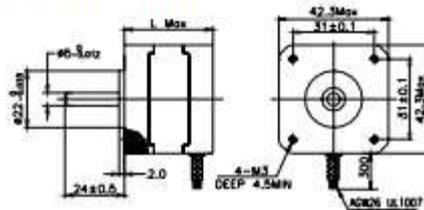


**Electrical Specifications:**

Series Model	Step Angle (deg)	Motor Length (mm)	Rated Current (A)	Phase Resistance (ohm)	Phase Inductance (mH)	Holding Torque (N.cm Min)	Detent Torque (N.cm Max)	Rotor Inertia (g.cm <sup>2</sup> )	Lead Wire (No.)	Motor Weight (g)
17HS2408	1.8	28	0.6	8	10	12	1.6	34	4	150
17HS3401	1.8	34	1.3	2.4	2.8	28	1.6	34	4	220
17HS3410	1.8	34	1.7	1.2	1.8	28	1.6	34	4	220
17HS3430	1.8	34	0.4	30	35	28	1.6	34	4	220
17HS3630	1.8	34	0.4	30	18	21	1.6	34	6	220
17HS3616	1.8	34	0.16	75	40	14	1.6	34	6	220
17HS4401	1.8	40	1.7	1.5	2.8	40	2.2	54	4	280
17HS4402	1.8	40	1.3	2.5	5.0	40	2.2	54	4	280
17HS4602	1.8	40	1.2	3.2	2.8	28	2.2	54	6	280
17HS4630	1.8	40	0.4	30	28	28	2.2	54	6	280
17HS8401	1.8	48	1.7	1.8	3.2	52	2.6	68	4	350
17HS8402	1.8	48	1.3	3.2	5.5	52	2.6	68	4	350
17HS8403	1.8	48	2.3	1.2	1.6	48	2.6	68	4	350
17HS8630	1.8	48	0.4	30	38	34	2.6	68	6	350

\*Note: We can manufacture products according to customer's requirements.

**Dimensions: unit=mm**



**Motor Length:**

Model	Length
17HS2XXX	28 mm
17HS3XXX	34 mm
16HS4XXX	40 mm
16HS8XXX	48 mm

## DRV8825 Stepper Motor Controller IC

### 1 Features

- PWM Microstepping Stepper Motor Driver
  - Built-In Microstepping Indexer
  - Up to 1/32 Microstepping
- Multiple Decay Modes
  - Mixed Decay
  - Slow Decay
  - Fast Decay
- 8.2-V to 45-V Operating Supply Voltage Range
- 2.5-A Maximum Drive Current at 24 V and  $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Simple STEP/DIR Interface
- Low Current Sleep Mode
- Built-In 3.3-V Reference Output
- Small Package and Footprint
- Protection Features
  - Overcurrent Protection (OCP)
  - Thermal Shutdown (TSD)
  - VM Undervoltage Lockout (UVLO)
  - Fault Condition Indication Pin (nFAULT)

### 2 Applications

- Automatic Teller Machines
- Money Handling Machines
- Video Security Cameras
- Printers
- Scanners
- Office Automation Machines
- Gaming Machines
- Factory Automation
- Robotics

### 4 Simplified Schematic



### 3 Description

The DRV8825 provides an integrated motor driver solution for printers, scanners, and other automated equipment applications. The device has two H-bridge drivers and a microstepping indexer, and is intended to drive a bipolar stepper motor. The output driver block consists of N-channel power MOSFET's configured as full H-bridges to drive the motor windings. The DRV8825 is capable of driving up to 2.5 A of current from each output (with proper heat sinking, at 24 V and 25°C).

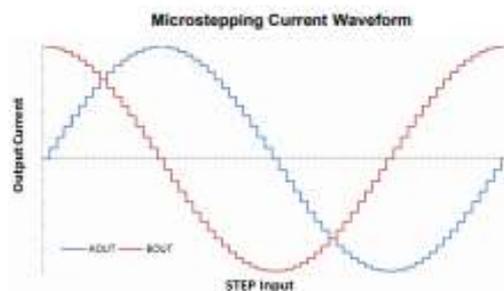
A simple STEP/DIR interface allows easy interfacing to controller circuits. Mode pins allow for configuration of the motor in full-step up to 1/32-step modes. Decay mode is configurable so that slow decay, fast decay, or mixed decay can be used. A low-power sleep mode is provided which shuts down internal circuitry to achieve very low quiescent current draw. This sleep mode can be set using a dedicated nSLEEP pin.

Internal shutdown functions are provided for overcurrent, short circuit, under voltage lockout and over temperature. Fault conditions are indicated via the nFAULT pin.

#### Device Information<sup>(1)</sup>

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
DRV8825	HTSSOP (28)	9.70 mm × 6.40 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.



7.7 Typical Characteristics

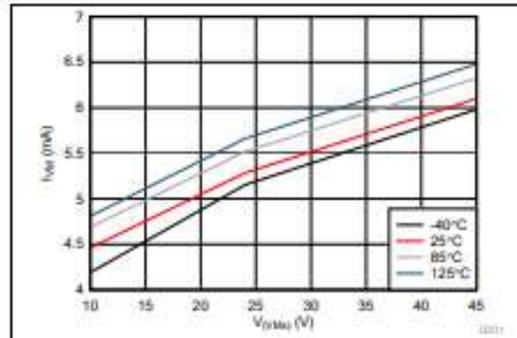


Figure 2. I<sub>VIN</sub> vs V<sub>VIN</sub>

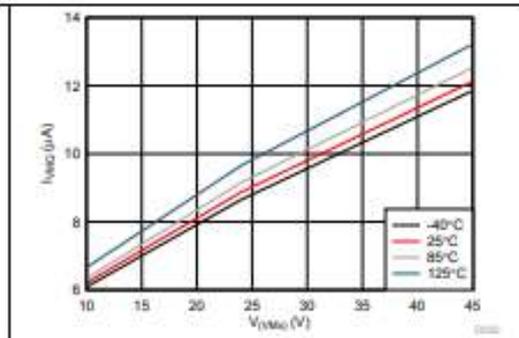


Figure 3. I<sub>VREG</sub> vs V<sub>VIN</sub>

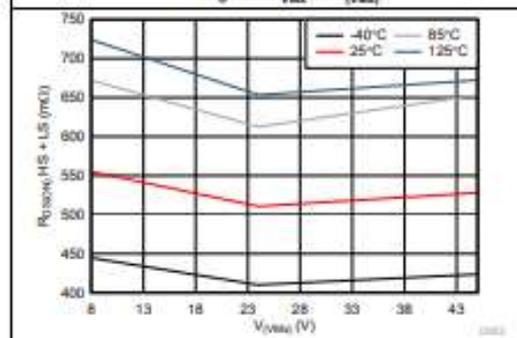


Figure 4. R<sub>DS(on)</sub> vs V<sub>VIN</sub>

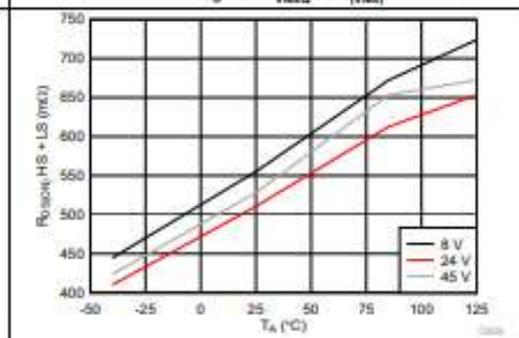


Figure 5. R<sub>DS(on)</sub> vs Temperature

# ANEXO E. Datasheet del sensor magnético Reed Switch



RS Stock Nos: 394-428



## Reed Switch - Changeover Switches

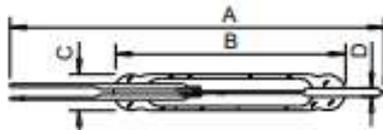
A family of form 'C' reed switches offers moderate to medium voltage breakdown.

		Compact Change Over			Tiny Change Over	
		Standard	High Power		394-428	
RS Stock Nos:		CRC200H	CRC500H	CTS500H	TRC200B	TRC200S
Parameters	Type	C	C	C	C	C
Contact form		Rh	Rh	T	Rh	Rh
Contact material						
Switching capacity	max. W/VA	25	25	100 <sup>+</sup>	5	5
Switching voltage	max. V AC/DC	150	250	500	175	175
Switching current	max. A	1.0	1.0	3.0	0.25	0.25
Carrying current	max. A	-	-	-	0.5	0.5
Dielectric strength	min. VDC	250	1000	1000	200	200
Initial contact resistance	max. mohms	100	100	500	100	100
Insulation resistance	min. ohms	10 <sup>10</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>
Operate sensitivity	range AT	40 ... 80	50 ... 90	60 ... 100	15 ... 30	15 ... 30
Release sensitivity	min. AT	10	30	32	-	-
Operate time						
without bounce	max. ms	3.0	3.0	3.5	0.7	0.7
Bounce time	max. ms	1.0	1.0	1.5	-	-
Release time	max. ms	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Resonant frequency	typ. Hz	-	-	-	11000	11000
Operating frequency	max. Hz	-	-	-	-	-
Vibration	35 g Hz	-	-	-	30g(250-2k Hz)	30g(250-2k Hz)
Shock	11 ms g	-	-	-	50	50
Capacitance	typ. pF	2.0	2.0	-	-	-
Operating temperature range	°C	-40/+125			-40/+125	
<b>Dimensions</b>						
Overall length	A max. mm	87	87	87	53	53
Glass length	B max. mm	35	35	35	14.8	14.8
Glass diameter	C max. mm	5.4	5.4	5.4	2.7	2.7
Wire diameter	D max. mm	1.0	1.0	1.0	0.51	0.51

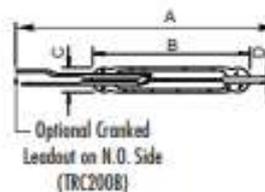


- Changeover or normally closed application.
- Inert gas atmosphere.

Compact Change Over



Tiny Change Over



Cynergy3 Components Ltd  
 7 Cobham Road  
 Ferndown Industrial Estate  
 Wimborne  
 Dorset BH21 7PE  
 Tel: +44 (0) 1202 897969  
 sales@cynergy3.com  
 www.cynergy3.com

Specifications subject to change without prior notice.



RS Stock Nos: 118-7108, 229-3715



## Permanent Magnets for Reed Switch Operation

A range of magnets is available for operating our range of reed switches. The selection of the correct combination of magnets and reed switches, for a particular application, will normally be made on an empirical basis as intricate calculations are not necessary.

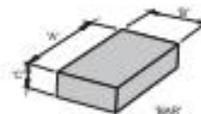
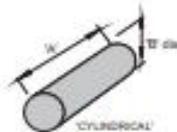
The following table of magnet types and accompanying graphs act as a guide to the relationship between switch sensitivity and magnet type. These figures can only be taken as a rough indication, due to the fact that magnets are manufactured to commercial tolerances.

Details of Reed Switches are listed on separate sheets, available on request.

### Magnet Types

Part No	RS Code	length 'A'		width 'B'		depth 'C'		Total Flux µWb
		mm	inches	mm	inches	mm	inches	
RSR01	118-7108	12.7	0.5	3.2	0.125	1.6	0.063	4.0
RSR02		31.7	1.25	6.4	0.25	6.4	0.25	28
RSR02		27.9	1.10	4.8	0.187	4.8	0.187	22
RSR03	229-3715	19.1	0.75	3.2	0.125	3.2	0.125	9
RSR04		25.4	1.00	6.4	0.25	6.4	0.25	30
RSR73		12.7	0.5		0.125	-	-	5.5
RSR74		52.9	2.08		0.40	-	-	71

All of these magnets are polarised along their length.



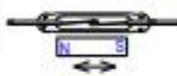
#### Actuation of Reed Switches with a Permanent Magnet

##### Direct Actuation:

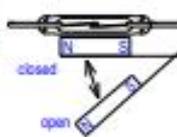
A magnet moved perpendicularly towards and away from a Reed Switch turns it on and off once.



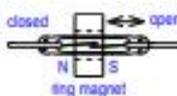
A magnet moved parallel to a Reed Switch operates it from one to three times.



A magnet swung towards and away from a Reed Switch operates it once.

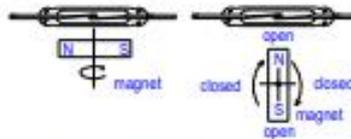


A ring magnet moved parallel to the Reed Switch axis operates it from one to three times.



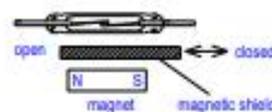
##### Rotation:

Examples of switching through rotational movement:



##### Indirect Actuation: Shielding

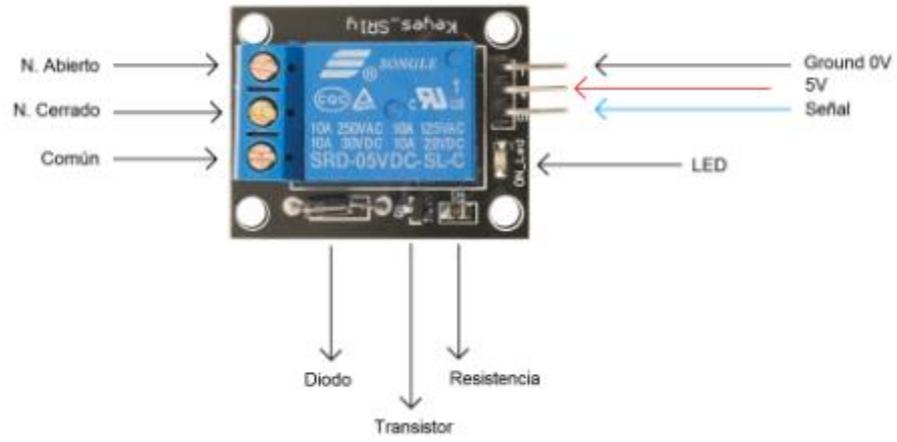
With the stationary arrangement of a Reed Switch and magnet, the reed contacts are closed. Should the magnetic field be diverted away from the Reed Switch by a shield of ferro-magnetic material placed between the switch and the magnet, the contacts will open. When the shield is removed, the reed contacts become magnetically actuated and close.



Specifications subject to change without prior notice.

Cynergy3 Components Ltd  
7 Cobham Road  
Ferndown Industrial Estate  
Wimbome  
Dorset BH21 7PE  
Tel: +44 (0) 1202 897969  
sales@cynergy3.com  
www.cynergy3.com

**ANEXO F.** Especificaciones del módulo relé de 1 canal



## ANEXO G. Especificaciones de bobina de contactor de 24 V (MY1)

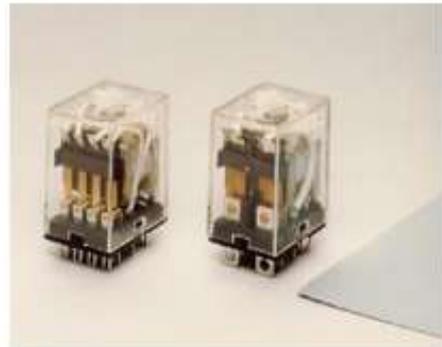
# OMRON

## General-purpose Relay

## MY

### An Improved Miniature Power Relay with Many Models for Sequence Control and Power Applications

- A wide range of relay variations including ones with operation indicators, high-capacity capability, built-in diodes, etc.
- Arc barrier standard on 3- and 4-pole relays.
- Withstand voltage: 2,000 VAC.



### Ordering Information

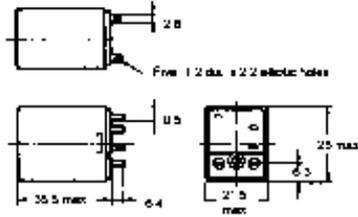
Type	Contact form	Plug-in socket/solder terminals		PCB terminals	Upper-mounting/ solder terminals
			With indicator		
Standard	SPDT	*MY1	—	*MY1-02	MY1F
	DPDT	MY2	MY2N	MY2-02	MY2F
	DPDT (bifurcated)	MY2Z	MY2ZN	MY2Z-02	MY2ZF
	3PDT	MY3	MY3N	MY3-02	MY3F
	4PDT	MY4	MY4N	MY4-02	MY4F
With built-in diode (DC only)	4PDT (bifurcated)	MY4Z	MY4ZN	MY4Z-02	MY4ZF
	DPDT	MY2-D	MY2N-D2	—**	—
	DPDT (bifurcated)	MY2Z-D	MY2ZN-D2	—	—
	3PDT	MY3-D	MY3N-D2	—	—
	4PDT	MY4-D	MY4N-D2	—	—
With built-in CR (AC only)	4PDT (bifurcated)	MY4Z-D	MY4ZN-D2	—	—
	DPDT	MY2-CR	MY2N-CR	—	Not available.
	DPDT (bifurcated)	MY2Z-CR	—	—	
	3PDT	MY3-CR	—	—	
	4PDT	MY4-CR	MY4N-CR	—	
4PDT (bifurcated)	MY4Z-CR	—	—		
With test button	DPDT	MY2I4	MY2I4N	—	—
	4PDT	MY4I4	MY4I4N	—	—

## Dimensions

Note: All units are in millimeters unless otherwise indicated.

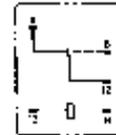
### ■ Relays with Solder Terminals

#### MY1

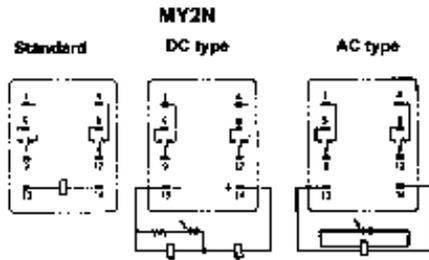
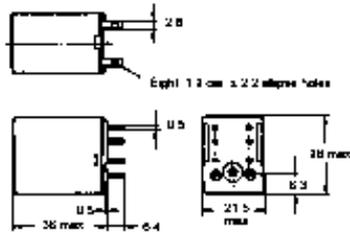


#### Terminal arrangement/internal connections (bottom view)

##### MY1

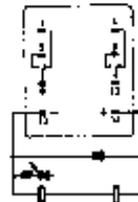


#### MY2, MY2-TU, MY2N, MY2N-D2



- Note:
1. AC type is equipped with a coil disconnection self-diagnostic function.
  2. Pay due attention as DC type has polarity.

##### MY2N-D2



**ANEXO H. Manual de usuario del prototipo de aprendizaje de ajedrez**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**MANUAL DE USUARIO**

Trabajo de Titulación para optar al grado académico de:  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**AUTOR:** JONATHAN FABRICIO NAJERA ARMIJO

**TUTOR:** ING. PABLO EDUARDO LOZADA YANEZ

**Riobamba - Ecuador**

**2018**

## 1. INTRODUCCION

Este prototipo se ha creado como apoyo en la enseñanza básica del ajedrez, así como para motivar a grandes y pequeños a conocer el mundo del chess, que es un juego que permite un desarrollo mental y psicológico sobre todo en niños.

Además este prototipo nos permitirá adentrarnos en el mundo de Python que es un software multiplataforma y se trabajara con las librerías tkinter pygame y manejo de entradas y salidas GPIO de la raspberry pi 3.

Este proyecto también nos adentrara en el mundo de las CNC tipo laser, por lo tanto en el manejo de motores paso a paso en DC con Python

## 2. GENERALIDADES DEL SISTEMA

### Requisitos de Hardware

- Raspberry pi 3
- Memoria micro SD a partir de 8 Gigas
- Pantalla LCD para raspberry o monitor de computadora con adaptador de HDI a VGA
- Fuente de poder de 12V a 5 Amperios , una fuente de computadora tiene estas características
- Piezas magnéticas de ajedrez con imanes de neodimio o imanes normales en su **interior**

### Requisitos de Software

- Tener Debían, versión de Raspbian actualizada, por ejemplo raspbian Jessie.
- Tener Python actualizado o las versiones superiores o iguales a 3.2
- Actualizar Python en la raspberry pi con los comandos **sudo apt-get update**  
Y **sudo apt-get upgrade**, así como instalar Pygame con el comando **apt-get install Python-pygame** para las animaciones de movimientos.

## 3. MANUAL DE LA INTERFZA GRAFICA

### 3.1 componentes del menú creado con Tkinter

La plataforma de Python ofrece al usuario un menú de múltiples opciones de aprendizaje de ajedrez.

El menú de introducción por medio del botón SIGUIENTE nos permitirá entrar en la lista de opciones principales y el botón SALIR producirá un escape de la ventana, esta opción la encontramos en todas las ventanas.



**Figura 1.3:** menú principal

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

El menú secundario tiene tres opciones:

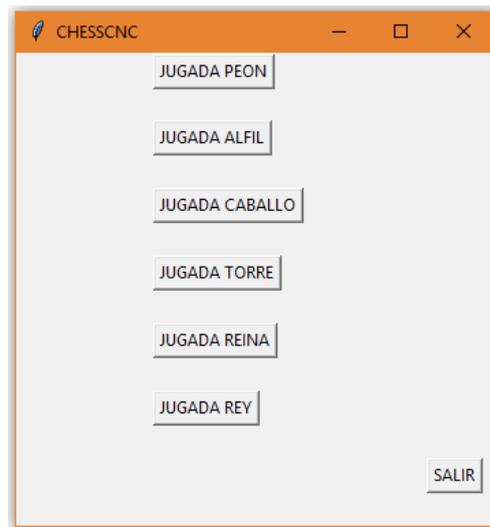
- Jugadas de cada pieza: en esta opción encontraremos los movimientos que pueden realizar cada una de las piezas de ajedrez en el tablero.
- Mates conocido: nos llevara a una lista de 8 mates que se representaran en este prototipo.
- Aperturas más conocidas: aquí encontraremos una lista de 5 aperturas tanto para blancas como en negras.



**Figura 2.3:** submenú de opciones principales

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

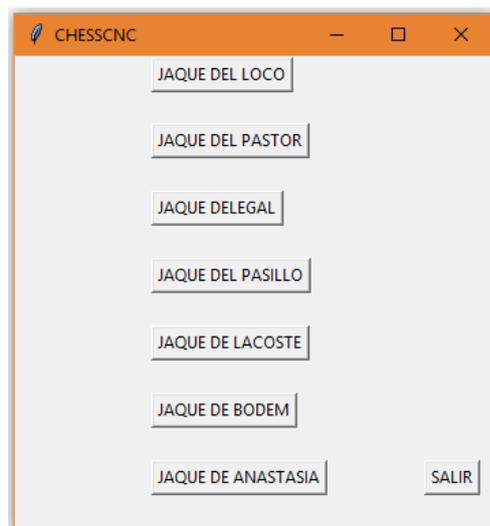
Cada una de estas opciones llamara a una función en Pygame en la que se visualizara en una interfaz gráfica los movimientos tanto de desplazamiento como de captura de piezas en el ajedrez.



**Figura 3.3:** menú de opciones jugadas de cada pieza

**Realizado por:** NAJERA, Jonathan, 2018

En estas 8 opciones de mates o jaques cada una llamara a una función que contenga una demostración y una interacción.



**Figura 4.3:** menú de opciones de mates más conocidos

**Realizado por:** NAJERA, Jonathan, 2018

Esta lista de 5 aperturas se llamara a una función que contenga una demostración y una interacción.



**Figura 5.3:** menú de opciones de aperturas más conocidas

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

- Demostración: llamara a una función en la cual se realizaran movimientos físicos en el tablero por medio de una CNC y también movimientos que se visualizaran en una interfaz gráfica.
- Interacción: al igual que la demostración llamara a una función en la cual además de realizar movimientos físicos en el tablero como de movimientos en una interfaz gráfica se podrá interactuar en el tablero por medio de una matriz de sensores que detectara la correcta ubicación de una pieza en el tablero correspondiente a la jugada programada.



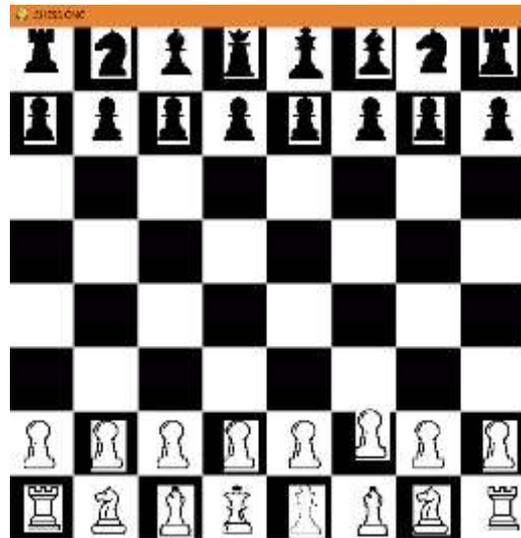
**Figura 6.3:** menú de opciones de mate pastor

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

## 3.2 Posiciones iniciales y finales de las jugadas

### 3.2.1 Jugadas con blancas

Algunas jugadas tanto mates como aperturas empiezan con blancas, por lo que al seleccionar alguna de estas jugadas se tiene que agrupar las piezas de la siguiente forma antes de ejecutarlas



**Figura 7.3:** animación de inicio blancas

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

Entre ellas tenemos:

- Jaque del Loco
- Mate del Pastor
- Mate de Legal
- Mate de Reti
- Gambito Danes
- Defensa Siciliana
- Gambito del Rey

### 3.2.2 Jugadas con negras

Las jugadas con negras que presenta el prototipo se deberán ubicar las piezas en un principio de esta forma para una correcta visualización.



**Figura 8.3:** animación de inicio para negras

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

Las jugadas con negras son las siguientes:

- Apertura defensa Karo Kam
- Defensa Gambito Budapest

### 3.2.3 Jugadas con blancas superiores

La siguiente lista de jugadas son con blancas pero debido a su extenso número de jugadas para llegar a la versión demostrativa, para evitar esto se ha a partido las siguientes jugadas desde un punto clave de la demostración ósea estas jugadas no partirán desde el inicio sino desde un punto conveniente para realizar estas demostraciones.

- Mate del pasillo



a) Inicio pasillo



b) final pasillo

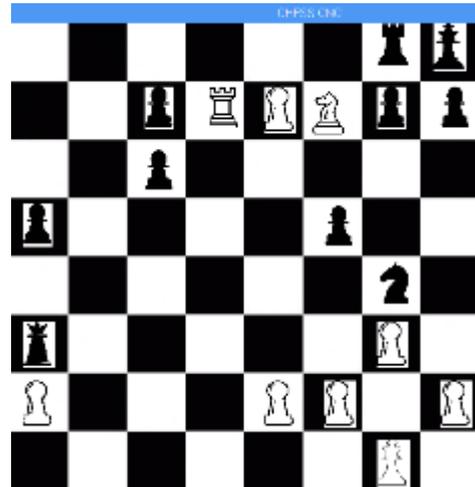
**Figura 9.3:** muestra el inicio y final jugada

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

- Mate de Lacoste



a) Inicio de Lacoste



b) Final de Lacoste

**Figura 10.3:** muestra el inicio y final jugada

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

- Mate de Bodem



a) Inicio de Bodem



b) final de la jugada Bodem

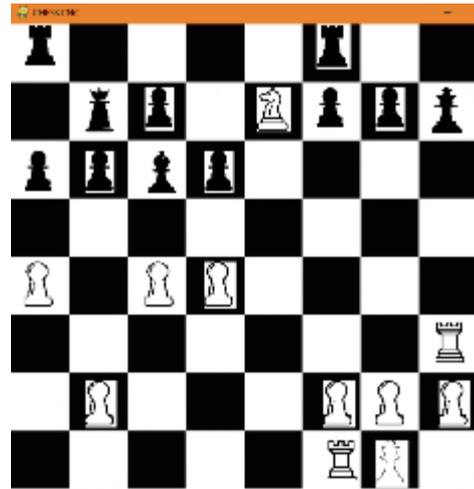
**Figura 11.3:** muestra el inicio y final jugada

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

- Mate de Anastasia



a) Inicio mate de anastasia



b) final mate de anastasia

**Figura 12.3:** muestra el inicio y final jugada

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

#### 4. PARTES DEL PROTOTIPO

### CNC PARTES 1

- 1) Motores Nema 17
- 2) Piezas de plástico de la CNC(color naranja)
- 3) Tablero de Ajedrez
- 4) Piezas de Ajedrez
- 5) Monitor de computadora de escritorio



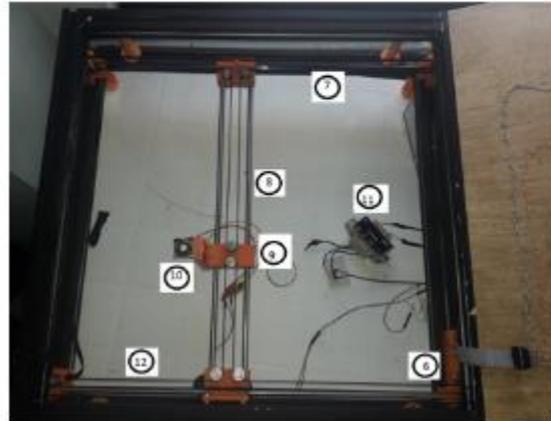
**Figura 1.4:** muestra el inicio y final jugada

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

## CNC PARTE 2

---

- 6) Transmisión de la CNC (piezas naranja)
- 7) Eje de acero para riel (eje X)
- 8) Eje de Acero para riel (eje Y)
- 9) Carro Laser (soporte de Electroimán)
- 10) Electroimán
- 11) Fuente de 24VDC para electroimán
- 12) Banda de Transmisión



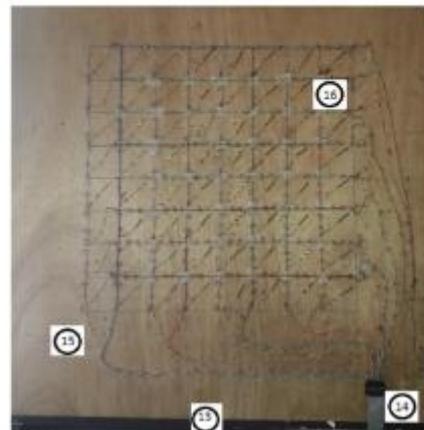
**Figura 2.4:** muestra el inicio y final jugada

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

## CNA PARTE 3

---

- 13) Soporte de Tablero
- 14) Bus de Datos
- 15) Cables de Conexión
- 16) Reed Switchs y Diodos 1n4401



**Figura 3.4:** muestra el inicio y final jugada

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

## 5. POSIBLES FALLAS Y SOLUCIONES

### 5.1 Calibración del tablero cada vez que exista un fallo

Cada jugada una vez finalizada retornara a su posición inicial la que se presenta a continuación ubicada en la mitad del tablero donde todas las jugadas con la CNC empezaran y terminara aquí.



**Figura1.5:** posición inicial donde comienzan y terminan todas las jugadas en la CNC

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

Si por alguna razón se des calibra el tablero para evitar errores se tendrá que mover manualmente los dos ejes de la CNC.

Para una mejor calibración se recomienda mover los ejes de la CNC claro con los dos motores apagados y ejecutar el siguiente script que activara y desactivara el electroimán para llegar al punto exacto de calibración.

```
relay05vdc.py - /home/pi/Documents/relay05vdc.py (2.7.9)
File Edit Format Run Options Windows Help

import RPi.GPIO as GPIO
import time

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(4, GPIO.OUT)
##while True:
##    print("ON")
##    GPIO.output(17, GPIO.HIGH)
##    time.sleep(2)
##    print("OFF")
##    GPIO.output(17, GPIO.LOW)
##    time.sleep(8)
print("ON")
GPIO.output(4, GPIO.LOW)
time.sleep(16)
print("OFF")
GPIO.output(4, GPIO.HIGH)
time.sleep(4)
print("ON")
GPIO.output(4, GPIO.LOW)
time.sleep(16)
print("OFF")
GPIO.output(4, GPIO.HIGH)
time.sleep(4)

GPIO.cleanup()
```

**Figura 2.5:** script para activar y desactivar electroimán

Realizado por: NAJERA, Jonathan, 2018

## 6 RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento preventivo tanto en los circuitos electrónicos como mecánicos del prototipo.
- Siempre que se produzca algún error es necesario apagar los motores y mover manualmente los ejes de la CNC hasta ubicar la posición de inicio de las jugadas que se encuentra en la mitad del tablero y correr de nuevo el programa.
- Crear una caja de protección para los circuitos tanto de activación del electroimán, control de motores con drivers, circuito de detección de piezas en el tablero así como las conexiones de la raspberry. para que todos estos no se puedan manipular y permanezcan seguros y sin problemas.
- Los sensores red Switch tanto los originales como los genéricos funcionan muy bien por lo que recomendaría comprar solo genéricos para reducir el costo ya que cada sensor tiene un elevado precio sobre todo si es original.
- Los imanes de neodimio se los debe colocar a ciertas piezas en las que necesitamos un movimiento que tenga más desplazamiento en el tablero, mientras que en piezas cercanas al caballo se debe colocar imanes normales pues al inicio de los movimientos para sacar el caballo las piezas cercanas a este están muy unidas y existen espacios reducidos para moverlo.
- Los rodamientos del sistema de transmisión deben estar un poco flojos debido a que si se los ajusta más de lo debido la transmisión no funciona correctamente.