



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
SISTEMAS

Sistema de evaluación visomotor preliminar con el Test de Bender

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Sistemas

AUTORES:

Huertas Aldana, Juan Eduardo (ocid.org/0000-0002-2059-4796)

Llactuahuan Pacheco, Victor Shairut (ocid.org/0000-0002-6703-0496)

ASESORA:

Mg. Amoros Chavez, Gladys Jacqueline (ocid.org/0000-0003-3937-1119)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Información y Comunicaciones

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedicamos a Dios, a nuestros padres y familiares cercanos por estar siempre con nosotros, sobre todo en los momentos que más lo necesitamos y por darnos la inspiración a luchar por nuestros sueños.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros asesores, que nos dedican un tiempo extra siempre que lo requerimos, también a nuestros colaboradores en el desarrollo del proyecto quienes nos facilitan información requerida.



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, AMOROS CHAVEZ GLADYS JACQUELINE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "SISTEMA DE EVALUACIÓN VISOMOTOR PRELIMINAR CON EL TEST DE BENDER", cuyos autores son LLACTAHUAMAN PACHECO VICTOR SHAIRUT, HUERTAS ALDANA JUAN EDUARDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16 %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 18 de Diciembre del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
AMOROS CHAVEZ GLADYS JACQUELINE DNI: 41481800 ORCID: 0000-0003-3937-1119	Firmado electrónicamente por: GAMOROSC el 18- 12-2021 10:46:52

Código documento Trilce: TRI - 0233054



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, LLACTAHUAMAN PACHECO VICTOR SHAIRUT, HUERTAS ALDANA JUAN EDUARDO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "SISTEMA DE EVALUACIÓN VISOMOTOR PRELIMINAR CON EL TEST DE BENDER", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
JUAN EDUARDO HUERTAS ALDANA DNI: 60913990 ORCID: 0000-0002-2059-4796	Firmado electrónicamente por: JHUERTASAL el 18-12-2021 15:59:50
VICTOR SHAIRUT LLACTAHUAMAN PACHECO DNI: 73270243 ORCID: 0000-0002-6703-0496	Firmado electrónicamente por: VLLACTAHUAMANP el 18-12-2021 15:01:15

Código documento Trilce: TRI - 0233055

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	9
III.METODOLOGÍA.....	18
3.2 Variables y operacionalización	20
3.3 Población, muestra y muestreo	21
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.5 Procedimientos	22
3.7 Aspectos éticos	25
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN.....	38
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS	44
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de confusión con los indicadores de sensibilidad, especificidad, precisión y exactitud.	24
Tabla 2. Resultados de las correcciones de las evaluaciones por el segundo psicólogo, calculando la sensibilidad, especificidad y precisión.	28
Tabla 3. Matriz de confusión– diagnóstico del post test hallando la sensibilidad, especificidad y precisión	32
Tabla 4. Comparación de resultados de la sensibilidad, especificidad y precisión del pre y post test.....	33
Tabla 5. Resumen de los resultados de la comprobación de hipótesis	36
Tabla 6. Matriz de consistencia	58
Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables.....	59
Tabla 8. Puntuación de Koppitz del test perceptivo viso-motor de Bender.	62
Tabla 9. Descripción de las tablas del modelo de base de datos relacional.	65
Tabla 10. Descripción Tabla Psicólogo	65
Tabla 11. Descripción Tabla Paciente.....	66
Tabla 12. Descripción Tabla Figura.	66
Tabla 13. Descripción Tabla Item_Figura	67
Tabla 14. Descripción Tabla Test.....	67
Tabla 15. Descripción Detalle_Test_Item_Dibujo.....	68
Tabla 16. Descripción Tabla Reporte	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de confusión del primer modelo en el sistema.....	29
Figura 2. Matriz de confusión del segundo modelo en el sistema.....	30
Figura 3. Matriz de confusión del tercer modelo en el sistema.....	31
Figura 4. Matriz de confusión del cuarto modelo en el sistema.....	31
Figura 5. Interfaz del sistema con el tiempo de procesamiento del test.....	33
Figura 6. Procesamiento de imagen con algoritmo de machine learning (Erroz, 2019, p.14).....	60
Figura 7. Figuras del test de Bender	60
Figura 8. Puntuación de Koppitz del test perceptivo viso-motor de Bender.	61
Figura 9. Diagrama relacional del sistema.	63
Figura 10. Modelo de base de datos relacional.....	64
Figura 11. Prototipo de inicio del sistema.....	69
Figura 12. Prototipo de opciones del sistema.....	70
Figura 13. Prototipo de formulario de Inicio de Sesión del sistema	71
Figura 14. Prototipo de formulario de Registrarse del sistema	72
Figura 15. Prototipo de la opción ayuda del sistema.....	73
Figura 16. Prototipo de Términos y Condiciones del Sistema.	74
Figura 17. Prototipo de Políticas de privacidad	74
Figura 18. Prototipo de Términos del Servicio sin haber aceptado las indicaciones. ...	75
Figura 19. Prototipo de Términos del Servicio una vez aceptado las indicaciones.....	75
Figura 20. Prototipo de Instrucciones del sistema	76
Figura 21. Prototipo de Herramientas del sistema cuando detecta el lápiz digital	77
Figura 22. Prototipo de Herramientas del sistema cuando no detecta el lápiz digital. ..	77
Figura 23. Prototipo del Formulario donde se registraran los datos del paciente.....	78
Figura 24. Prototipo del Formulario una vez registrado los datos del paciente.	78
Figura 25. Prototipo donde se explica el test de Bender antes de iniciar la prueba.....	79
Figura 26. Prototipo donde estará la Tarjeta A del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.	80
Figura 27. Prototipo donde estará la Tarjeta 1 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.	80
Figura 28. Prototipo donde estará la Tarjeta 2 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.	81
Figura 29. Prototipo donde estará la Tarjeta 3 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.	81
Figura 30. Prototipo donde estará la Tarjeta 4 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.	82
Figura 31. Prototipo donde estará la Tarjeta 5 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.	82
Figura 32. Prototipo donde estará la Tarjeta 6 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.	83
Figura 33. Prototipo donde estará la Tarjeta 7 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.	83
Figura 34. Prototipo donde estará la Tarjeta 8 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.	83
Figura 35. Prototipo donde estarán los dibujos del usuario después de realizar el test	84
Figura 36. Prototipo donde se mostrará el resultado del test.....	85
Figura 37. Flujoograma del proceso para el entrenamiento	86

Figura 38. Recolección de datos y ordenamiento para en entrenamiento de los modelos.....	87
Figura 39. Lógica de las posibles deformaciones de un error.	88
Figura 40. Estructura que maneja los algoritmos.	89
Figura 41. Capas Convolucionales para la extracción de las características según los parámetros de puntuación del sistema de Koppitz de las 9 figuras sin error y errores 1a, 4, 7, 10, 13, 15, 18a, 21a, 24.	90
Figura 42. Capas Convolucionales para la extracción de las características según los parámetros de puntuación del sistema de Koppitz de las 9 figuras sin error y errores 1b, 5, 8, 11, 14, 16, 18b, 21b, 25.	91
Figura 43. Capas Convolucionales para la extracción de las características según los parámetros de puntuación del sistema de Koppitz de la figura FiguraA, Figura1, Figura2, Figura3, Figura5, Figura6 y Figura7 sin error y errores 2, 6, 9, 12a, 17a, 19, 22.	92
Figura 44. Capas Convolucionales para la extracción de las características según los parámetros de puntuación del sistema de Koppitz de la FiguraA, Figura3, Figura5, Figura6 y Figura7 sin error y errores 3, 12b, 17b, 20, 23.	93
Figura 45. Código para importar librerías y establecimiento de parámetros.	102
Figura 46. Métodos ImageDataGenerator.....	103
Figura 47. Importación de la arquitectura VGG16 y modificación de las últimas tres capas.	104
Figura 48. Arquitectura del modelo VGG16 y modificación de las últimas capas.	104
Figura 49. Entrenamiento de la red neuronal convolucional utilizando tensorflow y almacenamiento del modelo.....	105
Figura 50. Método para predecir una imagen.....	106
Figura 51. Conteo de figuras con opencv.....	106
Figura 52. Pseudocódigo de la extracción de características de líneas verticales.....	107
Figura 53. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 4 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	108
Figura 54. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 1b – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	109
Figura 55. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 2 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	110
Figura 56. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 3 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	111
Figura 57. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 4 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	111
Figura 58. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 5 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	112
Figura 59. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 6 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	113
Figura 60. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 7 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	113
Figura 61. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 8 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	114
Figura 62. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 9 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	115
Figura 63. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 10 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	115

Figura 64. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 11 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	116
Figura 65. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 12a – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	117
Figura 66. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 12b – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	117
Figura 67. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 13 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	118
Figura 68. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 14 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	119
Figura 69. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 15 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	119
Figura 70. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 16 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	120
Figura 71. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 17a – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	121
Figura 72. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 17b – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	121
Figura 73. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 18a – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	122
Figura 74. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 18b – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	123
Figura 75. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 19 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	124
Figura 76. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 20 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	125
Figura 77. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 21a – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	126
Figura 78. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 21b – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	127
Figura 79. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 22 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	128
Figura 80. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 23 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	128
Figura 81. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 24 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	129
Figura 82. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 25 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.....	130
Figura 83. Gráfica y evaluación del test de Bender del niño de 7 años	139
Figura 84. Gráfica y evaluación del test de Bender a un niño de 6 años.....	140
Figura 85. Realización de la prueba a niña de 6 años.	141

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Colocar aquí las abreviaturas o siglas con su significado y donde aparecen dentro del documento.

Sigla	Significado	Pág.
RNC	Una red Neuronal Convolutiva se asemeja a una red multicapa pero tiene varias capas al comienzo para convolucionarlas (Dúran, 2017, p.23).	15
max pooling	Reduce el tamaño de imagen eligiendo el valor más grande (Erroz, 2019, p.14)	5
Backpropagation	Recorrer la red en sentido contrario (desde las capas más profundas a las primeras capas) (Erroz, 2019, p.13)	16
ImageNet	Conjunto de datos contiene 14197,122 imágenes anotadas de acuerdo con la jerarquía de WordNet. Desde 2010 (paperswithcode, 2021, párr.1)	10
VGG16	Una Red Convolutiva Preentrenada	24
AUC	Área bajo la curva (Hong, et al, 2018, p.1)	12
YOLO	You Only Look Once – Solo miras una vez (Massiris, Delrieux y Fernández, 2018, p.2)	14
SIFT	Transformación de características de escala invariable (OpenCV Visión por computadora de código abierto, 2019, párr.1).	15
SURF	Aceleración de Características Robustas (Valderrama, 2017, p.38)	15

ORB	Oriented FAST and Rotated BRIEF - BREVE Orientado RÁPIDO y Girado (Márquez, 2016, p.55).	15
GIP	puntos de interés Gestalt (Hörhan y Eidenberger, 2020, p.3)	15

RESUMEN

El problema de la investigación fue: ¿Cuál es el efecto del uso del sistema en la evaluación visomotor preliminar del test de Bender? el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del uso del sistema en la evaluación visomotor preliminar del test de Bender en evaluaciones realizadas por psicólogos. El tipo de investigación fue aplicada con enfoque cuantitativo con diseño pre-experimental ya que se analiza la evaluación de forma tradicional y después se comparó con las evaluaciones automatizadas.

La investigación pretendió solucionar el problema de eficacia del uso del test de Bender realizada de manera manual por psicólogos. El objetivo fue proponer un sistema automatizado mediante la aplicación de Inteligencia artificial y el uso de algoritmos de redes neuronales convolucionales, back propagation y perceptron multicapa, además de la utilización del aprendizaje por transferencia VGG16. Para el diseño se empleó técnicas de recolección de las evaluaciones del test en la cual se realizó las calificaciones manualmente, estas luego reevaluadas con un mayor tiempo de observación.

El promedio del porcentaje de los resultados de todas las evaluaciones de los 80 niños fueron las siguientes, en la sensibilidad se obtuvo un promedio de 87.66%, en la especificidad se obtuvo un porcentaje promedio del 95.27%, la exactitud un promedio de 94.13% y el tiempo promedio por evaluación fue de 2.25 segundos, mientras que después de utilizar los algoritmos del sistema y arquitectura VGG16 se obtuvo un 97.71% de sensibilidad, 97.37% de especificidad, 97.73% de precisión y tiempo de 0.16, en la cual se detona una mejora en las predicciones incrementándose la sensibilidad, especificidad, precisión y disminuyendo el tiempo, se realizó la discusión realizando una crítica a los resultados obtenidos, además se hizo la recomendación para futuras investigaciones mediante la experiencia en el desarrollo del software.

Palabras clave: Test de Bender, precisión, Redes Neuronales Convolucionales, Back Propagation, VGG16.

ABSTRACT

The research problem was: What is the effect of the use of the system in the preliminary visual-motor evaluation of the Bender test? The objective of this research was to determine the effect of the use of the system in the preliminary visual-motor evaluation of the Bender test in evaluations carried out by psychologists. The type of research is applied with a quantitative approach with a pre-experimental design and the evaluation is analyzed in a traditional way and then compared with the automated evaluations.

The research aimed to solve the problem of efficacy of the use of the Bender test carried out manually by psychologists. The objective was to propose an automated system through the application of Artificial Intelligence and the use of convolutional neural network algorithms, back propagation and multilayer perceptron, in addition to the use of VGG16 transfer learning. For the design, techniques were used to collect the evaluations of the test in which the qualifications were made manually, these were then re-evaluated with a longer observation time,

The average of the percentage of all the evaluations of 80 children were the following, in the sensitivity an average of 87.66% was obtained, in the specificity, an average percentage of 95.27% was obtained, the accuracy an average of 94.13% and the average time per evaluation was 2.25 seconds, while after using the algorithms of the VGG16 system and architecture, a 97.71% sensitivity, 97.37% specificity, 97.73% precision and time of 0.16 was triggered, in which an improvement in the Predictions increasing the sensitivity, specificity, precision and decreasing the time, the discussion was carried out making a critique of the obtained results, in addition the development experience was recommended for future research.

Keywords: Bender Test, precision, Convolutional Neural Networks, Back Propagation, VGG16.

I. INTRODUCCIÓN

En el este capítulo se presenta la realidad problemática en la que se evidencia la falta de eficacia en la evaluación visomotora preliminar del test de Bender, por factores como la excesiva cantidad de evaluación, evaluación por afinidad a los pacientes y/o falta de precisión, además se mencionan aportes de conocimiento enfocados al procesamiento de imágenes como aprendizaje por transferencia, aplicación de filtros, redes neuronales convolucionales CNN, perceptron multicapa y visión artificial. Por otro lado, esta investigación se justificó de forma teórica, tecnológica y social. Por lo tanto, el problema de la investigación fue el siguiente ¿Cuál es el efecto del uso del sistema en la evaluación visomotor preliminar del test de Bender?, los problemas específicos están alineados a la sensibilidad, especificidad, precisión y tiempo de la evaluación preliminar del test de Bender por medio de imágenes realizadas a menores de 5 a 10 años de edad.

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del uso del sistema en la evaluación visomotor preliminar del test de Bender en evaluaciones realizadas por psicólogos y los objetivos específicos enfocados a la sensibilidad, especificidad, precisión y tiempo de la evaluación preliminar del test de Bender por otro lado la hipótesis planteada con respecto a los indicadores como el incremento de sensibilidad, especificidad, precisión y reducción de tiempo en el diagnóstico a partir de las 9 imágenes de la evaluación del test de Bender mediante el procesamiento de imágenes.

El test Gestáltico es utilizado en la persona con la finalidad de detección de problemas en la madurez para el aprendizaje, diagnosticar lesiones cerebrales y retraso mental, esto se identifica a partir de identificar la edad de maduración visomotor la cual se realiza mediante la detección de errores en la recreación de las nueve imágenes del test de Bender realizadas por el paciente, la percepción visual tiene relación con el grado de maduración del sistema nervioso central además de la estimulación del entorno, psicólogos proponen que el perceptomotor es un pre-requisito para la realización de las habilidades académicas, por ello uno de los problemas que se pretende detectar en menores por un psicólogo infantil es el desempeño general deficiente, dificultades de aprendizaje en una zona particular y problemas de conducta (Heredia, Santaella y Samarriba, 2012, p.5). Es por ello que se le da gran importancia a la percepción

visual en la psicología y con ello la necesidad de diseñar un instrumento de medición para la evaluación mediante tareas de realización motora.

La Dra. Bender demostró que la percepción y la realización de figuras gestálticas cambia en base al nivel de maduración y desarrollo de cada individuo, a partir de los 11 años, tienen la capacidad de copiar las 9 figuras correctamente, por ello se crea una tabla de evolución que ayuda a identificar cambios genéticos capaces de realizar las figuras de estímulo, mediante el sistema de puntuación propuesto por la Dr. Elizabeth Münsterberg Koppitz, permitiendo detectar en niños madurez de aprendizaje, dificultades emocionales, problemas en la comprensión de lectura, lesión cerebral y deficiencia mental, por ello se basó en dos escalas una de maduración y la otra de indicadores emocionales, la valoración se da mediante una escala de distorsión, (ver la figura 3 del anexo 8) (Heredia, Santaella y Samarriba, 2012, p.8), en las organizaciones usualmente emplean un experto para estas evaluaciones la cual en muchas oportunidades la cantidad de exámenes a evaluar son una gran cantidad, además este resultado por lo general solo depende de una persona pudiendo producirse una evaluación no acorde al resultado en muchas ocasiones, por lo cual se plantea la realización de la evaluación de test de forma automatizada, con la finalidad de mejorar la eficacia del resultado.

Los resultados encontrados sobre el tema, muestran un gran potencial en el procesamiento de imágenes clínicas psicológicas, en investigaciones previas se muestran nociones y avances de implementación de proyectos de procesamiento de imágenes con respecto al test de Bender, mostrando también las deficiencias que conlleva la actividad de evaluación tradicional, por lo que se propone una alternativa de mejora, este proceso se da mediante el uso de Inteligencia artificial para el procesamiento de imágenes y visión computacional.

Chang, Yang y Choi (2019), propusieron un método para clasificar las imágenes de la prueba Bender Gestalt utilizando red neuronal convolucional, donde se tuvo como objetivo acortar el tiempo de inspección e deficiencia en la inspección mediante la automatización del proceso de análisis de resultados y calificación, se realizó una prueba a 75 personas sanas la cual tuvo como resultado 97,05% de precisión se concluyó que el método propuesto clasificó las

9 imágenes en clases con una puntuación media de 97,05% que muestra una precisión estable para todos los patrones.

Moeterum et al. (2020), realizó el estudio del análisis computarizado de dibujos como método de detección a discapacidades haciendo uso de redes neuronales convolucionales con la cual modela una arquitectura que tiene como finalidad detectar deformaciones clínicas presentes en muestras de dibujos neuropsicológicos, teniendo como objetivo principal crear un punto de referencia para futuros estudios en este lineamiento, presentando un marco genérico para el análisis computarizado de dibujos neuropsicológicos, concluyendo que la prueba brinda la oportunidad de evaluar el desempeño de las características basadas en CNN tanto para el reconocimiento de forma como para la clasificación de deformaciones.

Según lo redactado en el párrafo anterior el proyecto propuesto se propuso en base a la investigación de recolección de información donde se evidencia un tema muy importante en la actualidad la cual no podía tratarse de la misma manera en años anteriores debido a la falta de capacidad tecnológica, el método de detección a discapacidades mediante análisis de dibujos neuropsicológicos, la investigación hecha por los autores propone una arquitectura por lo que se plantea el desarrollo de la misma mediante Inteligencia Artificial empleando aprendizaje supervisado, aprendizaje por transferencia, aprendizaje no supervisado, utilizando algoritmos de Redes Neuronales Convolucionales.

La actividad que realizan para analizar las figuras en el Test de Bender sigue siendo la misma desde hace muchos años, por lo cual existen muchas deficiencias en la evaluación, sobre esto Cattaneo et al. (2008) indicaron que los expertos que tienen la tarea de evaluar este test disminuyen la calidad de observación por la forma colectiva que se realiza afectando el diagnóstico y llevando a una medida correctiva tardía (p.5), según lo expuesto los expertos pueden reducir la calidad de su evaluación por el exceso de exámenes a evaluar diariamente, además se puede deducir que esto puede ocurrir en todos los ámbitos incluso también los evaluadores podrían alterar resultados por la afinidad a sus pacientes.

La presente investigación se basa en la idea de identificar patrones en imágenes en base a la puntuación de Koppitz clasificando cada imagen de forma global y puntuando errores particulares en los detalles de una figura como la distorsión a la forma, sustitución de puntos por círculos o rayas, perseveración, superposición y separación, falla en la integración, adición u omisión objetos en las figuras y sustitución de curvas por ángulos, realizadas a través del aprendizaje supervisado para mejorar la eficiencia del análisis del resultado, Vásquez (2016) hizo mención al procesamiento de imágenes indicando que al asociarte las características de patrones a cada uno de los objetos, usualmente se define las características en un vector, además de esta manera se define un patrón como las características que tienen en su conjunto de una imagen (p.5), por lo que implementa una serie de métodos como max pooling y backpropagation para mejorar la eficiencia de sus resultados

Por otro lado se busca encontrar una alternativa de solución mejorando la eficacia del proceso de evaluación del test de Bender, Harrington et al. (2019) indicaron que el actual sistema de calificación de puntuación manual es subjetivo e ineficiente, por lo se propone idear una forma de utilizar la inteligencia artificial para mejorarlo este proceso (párr.4), se ha observado que este test es utilizado en las organizaciones para conocer la capacidad de un integrante, sin embargo esta puede tener deficiencias en la correcta evaluación por lo que se propone automatizar este proceso haciendo uso de la tecnología aplicando algoritmos de redes neuronales convolucionales mediante el aprendizaje por transferencia y aprendizaje profundo, proponiendo un entrenamiento de las RNC mediante el aprendizaje supervisado realizando el entrenamiento con el 80% de datos reales de pacientes y 20% para el test de la eficiencia del algoritmo.

Además se pretende solucionar el análisis de los resultados ayudando a las organizaciones en el uso automatizado del test de Bender dándole un resultado confiable para cada uno de los exámenes analizados, también se pretende implementar un aplicativo web que optimice la forma de trabajo disminuyendo residuos de papel, también disminuir en un 95% el trabajo del especialista, para el mejoramiento al momento de efectuar las decisiones en el proceso de selección de nuevos integrantes en organizaciones o identificar

desórdenes cerebrales en pacientes las cuales se identificaran para que el especialista le dé un tratamiento.

La justificación de relevancia social como nos indica Restrepo (1998) menciona que “los especialistas en el procesamiento de imágenes están teniendo especial cuidado para producir imágenes fidedignas, ya que quien está de por medio es el paciente, y más cuando por aspectos éticos, los médicos se pueden ver expuestos a demandas por posibles procedimientos erróneos.” (p.91). Además, Restrepo (1998) señala que “la importancia de tener a disposición imágenes médicas confiables, para poder realizar procesos rápidos de diagnóstico con alto grado de certidumbre, el procesamiento a través del computador ha adquirido gran importancia.” (p. 91).

La justificación económica como nos menciona Riquelme et al. (2019) indica que Cada día los recursos naturales se van agotando, por ello se debe imponer la instauración de políticas para el uso responsable en las organizaciones, mediante el impulso de buenas prácticas como el uso de las tres “R”, (p.79) Ya que en el presente proyecto de investigación pretende evitar el uso del papel como herramienta de trabajo.

La justificación tecnológica como nos menciona Botella, Grau-Alberola y Cortell (2018) indican que las TICs cada vez tienen un mayor impacto en muchos campos uno de ellos es la Psicología Clínica. Además, permite la recolección de información importante de clientes, con lo cual realizan el proceso estudiando el comportamiento en un ámbito determinado, teniendo resultados dinámicos (p.123). Además, Botella, Grau-Alberola y Cortell (2018) mencionan que las TICs están teniendo una gran influencia en el desarrollo de aplicaciones para la evaluación y tratamientos, mejorando el análisis y resolviendo dificultades significativas en las evaluaciones, por lo que se podría reducir el problema de falta de personal por el exceso de evaluaciones (p. 123).

Es por ello que la investigación realizada se está llevando a cabo con la finalidad de buscar una nueva manera de trabajo en la forma de evaluación para el test psicológico con la aplicación del test de Bender mediante la

automatización del proceso, identificando tecnologías que se utilizarán para mejorar el algoritmo en procesamiento de imágenes.

Por tal motivo, el presente trabajo de investigación pretende resolver el siguiente problema general ¿Cuál es el efecto del uso del sistema en la evaluación visomotor preliminar del test de Bender en evaluaciones realizadas por psicólogos?, Además, se planteó los siguientes problemas específicos de la investigación:

- PE1: ¿Cuál es el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en la sensibilidad del diagnóstico preliminar?
- PE2: ¿Cuál es el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en la especificidad del diagnóstico preliminar?
- PE3: ¿Cuál es el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en la precisión del diagnóstico preliminar?
- PE4: ¿Cuál es el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en el tiempo de diagnóstico preliminar?

Se plantearon los objetivos, Fernández y Baptista (2015) los objetivos tienen la funcionalidad de indicar en una investigación a dónde se quiere llegar, además de expresar los resultados cuando la investigación finaliza. El objetivo general refleja el propósito fundamental de la investigación (p.38). El objetivo general fue determinar el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en las evaluaciones. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- OE1: Determinar el efecto del uso del sistema de evaluación con el test de Bender en la sensibilidad del diagnóstico preliminar.
- OE2: Determinar el efecto del uso del sistema de evaluación con el test de Bender en la especificidad del diagnóstico preliminar.
- OE3: Determinar el efecto del uso del sistema de evaluación con el test de Bender en la precisión del diagnóstico preliminar.

- OE4: Determinar el efecto del uso del sistema de evaluación con el test de Bender en el tiempo de diagnóstico preliminar.

La hipótesis general del estudio fue: “El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la sensibilidad, especificidad, precisión y redujo el tiempo de diagnóstico preliminar”. Las hipótesis específicas fueron:

HE1: El uso del sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la sensibilidad del diagnóstico preliminar del test de Bender. Galindo, Perdomo y Figueroa (2019) Indican que la sensibilidad se identifica mediante la relación entre verdadero positivo y la suma de verdadero positivo y falso negativo (p.280).

HE2: El uso del sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la especificidad del diagnóstico preliminar del test de Bender. Galindo, Perdomo y Figueroa (2019) mencionan que la especificidad es la relación entre los resultados Verdaderos Positivos y la suma de este con los falsos positivos (p.280). Esto quiere decir el porcentaje de test negativos que han sido correctamente clasificados.

HE3: El uso del sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la precisión del diagnóstico preliminar del test de Bender. Galindo, Perdomo y Figueroa (2019) menciona que la precisión es la relación entre los resultados verdaderos positivos y la suma de este con los falsos positivos (p.280). Esto quiere decir que es una medida para identificar en que momento son altos los costos de los falsos positivos.

HE4: El uso del sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender disminuyo el tiempo de evaluación. La inteligencia artificial permite realizar procesos que ayudan a disminuir el tiempo de proceso de actividades ejecutadas por mano de obra humana, el entorno digital ha generado mejoras en los procesos en relación en las industrias, además de reducir los costos y mejorar la rentabilidad (Pérez y Rojas, 2019, p.22).

II. MARCO TEÓRICO

Este capítulo muestra las diversas investigaciones realizadas a nivel internacional, donde se observa diferentes arquitecturas propuestas cada investigación para el procesamiento de imágenes y a la vez un uso recurrente en el algoritmo de las Redes Neuronales convolucionales por su gran efectividad, además se definen términos encontrados en las investigaciones que serán tomados en cuenta para el planteamiento del objetivo de la presente proyecto de investigación, como Redes Neuronales, Aprendizaje por transferencia, aprendizaje supervisado, Redes Neuronales Convolucionales y BackPropagation, overfitting.

Los antecedentes encontrados refieren a investigaciones actuales en su priorizando investigaciones no mayores a 5 años de antigüedad respecto a la interpretación de imágenes psicológicas, en la cual se realizó una investigación exhaustiva sobre estudios realizados referentes al tema propuesto, estas se enfocan la automatización de la calificación del test de Bender Gestalt o similares en base a la puntuación de Laks, para ello utilizaron diferentes algoritmos y estructuras además de datos recolectados de diferentes medios, en su mayoría tuvieron como resultado altos niveles de efectividad, estos estudios fueron experimentales, motivo por el cual se tiene un sustento más confiable para el éxito de proyecto.

Moeterum et al. (2020), tuvo como objetivo investigar el potencial de las redes neuronales convolucionales para modelar deformaciones clínicas del Test de Bender en la puntuación de Laks. El estudio fue de tipo experimental, la población de estudio fue la recolección de dibujos de 60 pacientes con ayuda del Instituto de Psicología Profesional de la Universidad de Bahía donde se tomaron como muestra la extracción de 30 usuarios de control y 30 pacientes de la cual cada muestra consta de nueve clases lo que da un resultado de 540 muestras, donde todas las redes empleadas en el experimento se han entrenado previamente en el conjunto de datos de **ImageNet**. Los principales resultados fueron que la precisión de clasificación más alta (es decir, 98,33%) se logra entrenando un LDA con características extraídas de AlexNet, VGG 19, ResNet 50 y ResNet101, de forma independiente, en el caso de 'Colisión', 'Perseveración' y 'Superposición', la sensibilidad del sistema es inferior al 75,0%. Concluyendo que la prueba brinda la oportunidad de evaluar el desempeño de

las características basadas en CNN tanto para el reconocimiento de forma como para la clasificación de deformaciones. De esta investigación, se tomará en cuenta librerías con redes neuronales pre-entrenadas para el desarrollo.

Chang, Yang y Choi (2019) propuso un método para clasificar las imágenes de la prueba Bender Gestalt mediante la puntuación de Laks utilizando red neuronal convolucional, donde se tuvo como objetivo acortar el tiempo de inspección e deficiencia en el inspector por medio de la automatización del proceso de análisis y calificación, la investigación fue de tipo experimental, se realizó una prueba a 75 personas sanas; se utilizó una red neuronal convolucional compuesta por 29 capas, la cual tuvo como resultado 97,05% de precisión se concluyó que el método propuesto clasifica las 9 imágenes en clases con una puntuación media de 97,05% que muestra una precisión estable para todos los patrones. De la presente investigación se tomará en consideración la arquitectura del algoritmo que se utiliza.

Nazar et al. (2017) tuvo como objetivo aplicar métodos de aprendizaje profundo para reconocer las estructuras visuales de interés producidas por los sujetos. Los experimentos con figuras de Bender Gestalt Test (BGT), realizó la detección de trastornos **visuo-espaciales** y visuo-constructivas en base a la puntuación de Laks, producida por 120 sujetos, donde demuestran que la representación profunda de características aporta mejoras significativas sobre los enfoques clásicos, el artículo presenta los hallazgos de la aplicación de redes neuronales convolucionales (CNN) como extractor de características para el reconocimiento de los dibujos de Bender Gestalt. El aprendizaje por transferencia con CNN previamente entrenado se emplea para la extracción de características. Para este estudio, se recolectaron muestras de 120 sujetos de edades entre el intervalo de 16 y 66 años. Todas las muestras se adquirieron bajo la supervisión experta de psicólogos capacitados y luego se calificaron. Aproximadamente el 65% de las muestras son aportadas por sujetos sanos mientras que el 35% por sujetos con algunos posibles trastornos neurológicos. Se tuvo con resultado que Una tasa de clasificación más alta de El 93,52% se realiza utilizando la arquitectura **VGG16** con LDA, se concluyó que Las evaluaciones de muestras aportadas por 120 sujetos informaron altas tasas de clasificación utilizando arquitecturas AlexNet y VGG.

Moetesum et al. (2015) tuvo como objetivo presentar diferentes técnicas de análisis de imágenes para la puntuación automática de un subconjunto de dibujos. El estudio fue de tipo experimental, la población fue de 18 sujetos de edades entre 16 y 66 años, en donde tuvo una muestra de 152 dibujos, Aplicamos un conjunto de técnicas de análisis de imágenes basadas principalmente en el procesamiento de imágenes morfológicas, para puntuar automáticamente diferentes propiedades de esta prueba. Se tuvo como resultado que las puntuaciones producidas por el sistema para diferentes figuras y propiedades consideradas en nuestro estudio se comparan con las puntuaciones asignadas mediante inspección humana.

Lee et al. (2018) tuvo como objetivo evaluar la eficacia de CNN algoritmos de Deep learning para el diagnóstico y detección de caries dental en radiografías periapicales. El estudio fue de tipo experimental, se obtuvieron un conjunto de datos de imágenes radiográficas periapicales anónimas adquiridos del hospital dental Sistema PACS, el conjunto de datos fueron 3000 imágenes radiográficas de la cual 80% fueron para el entrenamiento y 20% para el dato de prueba, se utilizó una red CNN GoogLeNet Inception v3 previamente entrenada para el pre procesamiento y el aprendizaje por transferencia. Las precisiones diagnósticas de los modelos premolar, molar y premolar y molar fueron 89,0% (80,4-93,3), 88,0% (79,2-93,1) y 82,0% (75,5-87,1), respectivamente. El algoritmo CNN profundo logró un AUC de 0,917 (IC del 95%: 0,860-0,975) en el premolar, un **AUC** de 0,890 (IC del 95%: 0,819-0,961) en el molar y un AUC de 0,845 (IC del 95%: 0,790-0,901) en ambos modelos de premolares y molares. El modelo de premolar proporcionó el mejor AUC, que fue significativamente mayor que los de otros modelos ($P < 0,001$). Este estudio concluyó destacando la utilidad potencial de la arquitectura CNN profunda para detectar y diagnosticar caries dental. Un algoritmo de CNN profundo proporcionó un rendimiento considerablemente bueno en la detección de caries dental en radiografías periapicales. SIGNIFICADO CLÍNICO: Se espera que los algoritmos CNN profundos se encuentren entre los métodos más efectivos y eficientes para diagnosticar la caries dental.

Según Muñoz-Neira et al. (2019), tuvo como objetivo de investigación el diseñar e implementar un sistema para el reconocimiento de patrones con

finalidad de identificar en niños de 5 y 6 años el pie plano. Fue un estudio de tipo Experimental, la población fueron niños de 5 a 6 años con una muestra de 60 niños estudiantes primaria del colegio San Carlos de San Gil en Colombia. Los resultados indican que el grupo de patrones en cuanto a textura y temperatura extraídos de las imágenes termográficas, y los grupos de patrones de contorno extraídos de las imágenes, identifican con acierto en al menos un 80 % casos de niños con el pie plano. De este artículo, se obtendrá los conceptos de identificación de patrones en las imágenes.

Según Contreras y Díaz (2016), tuvo como objetivo describir las técnicas de IA utilizadas en la construcción del sistema MonoSisva, un sistema capaz de reconocer figuras geométricas básicas, basándose en la combinación de redes neuronales y sistemas basados en el conocimiento. Fue un estudio de tipo experimental, su población fueron 22 documentos entre tesis y artículos científicos. Los instrumentos utilizados fueron la Visión Artificial, Sistemas Basados en el Conocimiento, Redes Neuronales Autoorganizadas y el Modelo de Kohonen. Los resultados muestran que las pruebas han sido completamente satisfactorias, sólo en la primera prueba se han detectado 8 fallos, pero al continuar con las experiencias se descubrió que en la fase de reconocimiento se corregía el problema. Se concluye en que este es el comienzo para seguir con el desarrollo de este tipo de aplicaciones y hacer notar el potencial que se encuentra en estas técnicas y su aplicación en otras áreas de la informática orientada a la empresa. De este artículo, se obtendrá los conceptos de entrenamiento y prueba de la red neural para la detección de figuras geométricas en las imágenes.

Según Hurtado (2016), tuvo como objetivo de investigación desarrollar una un sistema que reconoce automáticamente patrones de imágenes para facilitar la detección de figuras geométricas. Fue un estudio de tipo experimental, para ellos se utilizaron 37 imágenes que tienen los requisitos para la detección, con elementos de formas circulares y cuadradas, para lo cual se emplearon filtros que detectan bordes de las figuras como el filtro de Canny y para el desarrollo de la aplicación se usaron lenguajes de programación como Python y librerías que se especializan en el uso de procesamiento en imágenes como OpenCV y para el desarrollo front-end de la aplicación se usaron las tecnologías como

HTML5, JavaScript y CSS. Los principales resultados fueron que se obtuvieron valores altos en la detección de figuras como rectángulos y círculos, dichos valores señalan la eficiencia del método empleado. Se concluyó cada vez que el procesamiento de imágenes pase por más filtros, la detección de patrones será más precisa, por lo que descartar ruidos en la imagen dificulta la identificación de algunos patrones, también las condiciones de luz, píxeles, posición, etc. influyen en el análisis de la imagen. De esta tesis se obtendrá los conocimientos y estrategias utilizadas en el lenguaje de programación Python que permitirá la detección de figuras geométricas.

Bresilla et al. (2019) tuvo como objetivo de presentar un modelo de redes neuronales convolucionales para la detección rápida y precisa de frutos. El tipo de estudio fue experimental, donde se recolectaron 5000 imágenes para entrenar, estos modelos fueron tomadas en huertos de la Universidad de Bogotá. Se realizó una red neuronal que consta de varias capas de convolución y agrupación, modificadas y modificadas con respecto al modelo estándar. Esas modificaciones realizadas en el modelo hacen que sea más preciso detectar objetos de la misma clase en las proximidades (p. Ej., Sólo manzanas o solo peras), los resultados fueron cuando se usaban 100 para el entrenamiento se obtuvo 0.79 de error, con 400 se obtuvo 0.89, la estimación del número de frutos basándose únicamente en los frutos detectados del modelo no es muy precisa, a pesar de que el modelo tiene una precisión superior al 90%. Se concluyó que en este artículo se presentó un enfoque para la detección de frutas basado en técnicas de redes neuronales profundas de vanguardia que utilizan detectores de disparo único (**YOLO**) como CNN para detectar frutas de manzanas y peras en el dosel de los árboles. Este estudio demuestra que las modificaciones como la cuadrícula de entrada en el modelo estándar de YOLO producen mejores resultados.

Kim et al. (2021) tuvo como objetivo demostrar que una red neuronal convolucional de última generación, entrenada para clasificar imágenes naturales, exhibe cierre en exhibiciones sintéticas de fragmentos de borde, el estudio fue de tipo experimental, se utilizó para los experimentos una arquitectura convolucional simple con una única salida de entrada. Modelos que se utilizaron en el artículo están entrenados en el 75% de los 768 triples

desordenados completamente alineados distintos; el resto forma un conjunto de validación, que alcanza el 100% de precisión y se utiliza para evaluar el modelo. Según lo evaluado por la similitud de las representaciones internas. Se estima la similitud relativa esperada de fragmentos alineados y desordenados con la imagen completa usando una medida de cierre, se obtuvo como resultado que las redes están capacitadas para realizar una de dos tareas de clasificación binaria: discriminación de cierre (CD), que produce la salida 1 para imágenes completas y alineadas y la salida 0 para imágenes desordenadas, y discriminación de fondo (BD), que produce una salida 1 para fondos negros y 0 para fondos blancos.

Mörhan y Eidenberger (2020) propusieron un enfoque novedoso de descripción local inspirado en la percepción visual como un paso previo al procesamiento para un aprendizaje profundo, esta investigación tuvo como objetivo demostrar la efectividad del método como paso previo al procesamiento de una red neuronal convolucional en diferentes escenarios, la investigación fue de tipo experimental, donde se recolectó imágenes de 15 personas con y sin sobrepeso, se eligieron cinco métodos para la descripción de características SIFT, SURF, MSER, FENÓMENO y ORB, Los resultados experimentales revelaron que supera a una CNN que está entrenada en imágenes que no son pre procesadas por el método en el dominio del reconocimiento facial robusto al maquillaje. El problema del reconocimiento facial robusto del maquillaje es de gran relevancia para la vida práctica, el algoritmo propuesto alcanza una precisión del 46,7%, se concluyó que es posible utilizar la función GIP como una función en sí misma sin una red neuronal Convolucional.

Se tomaron referencias teóricas para el respaldo de la presente investigación, un término es redes neuronales convolucionales, Según Durán (2017) indica que Una red Neuronal Convolucional se asemeja a una red multicapa, pero tiene varias capas al comienzo para convolucionarlas y de pooling (submuestreo) finalizando contiene capas full-connected (p.23).

Por otro lado, Durán (2017) menciona que la capa convolucional concede disminuir el número de elementos que son parte de la red como la detección de algunas características útiles al analizar una imagen. Por ello se considera que

la capa convolucional es muy útil al analizar imágenes la cual permite disminuir la complejidad del sistema, además del tiempo, extrayendo rasgos importantes que faciliten el análisis (p.25), además García (2019) indica que las redes neuronales convolucionales son herramientas actuales de la tecnología, este es un tipo de red neuronal, la cual es una continuación evolutiva del perceptrón multicapa, la diferencia se encuentra en el uso de capas de convolución y de subsampling, estas están especialmente diseñadas para el procesamiento de datos de dos dimensiones, sobretodo reconocimiento de imágenes y señales de voz en espectrogramas (p.17). Por último, Pacheco (2017) como se citó en C. Szegedy et al., 2015 indica que las redes neuronales convolucionales tienen una arquitectura de múltiple capa, en donde cada una se constituye por una cierta cantidad de convoluciones y función de activación no lineal (p. 17).

Otro término es la visión por computadora, según Elizondo y Maestre (2002) nos menciona que la visión por computadora se basa en la obtención, procesamiento, clasterización y reconocimiento en imágenes mediante el análisis de pixeles pasando por un proceso con diversa intensidad de luz (p. 5).

Uno de los términos es la detección de bordes y patrones en las imágenes y las distintas técnicas que existen para realizarlo, según Vázquez et al. (2016) menciona que para la detección de bordes se pueden usar filtros como Sobel, este utiliza dos mascarar que detectan bordes horizontales y verticales, además para obtener bordes totales se utiliza la combinación de las dos imágenes. Por otro lado, esta Prewitt, también para la detección de bordes y tiene 8 matrices, la cual se aplica pixel a pixel en una imagen para después sumar estas y finalmente obtener bordes notoriamente marcados (p.6). Por otra parte, Agustí (2019) indica que OpenCv es muy utilizado para la detección de objetos además de detectar círculos, líneas, rectángulos hasta caras. También cabe resaltar que cuando no se encuentra algún objeto por la falta de cierre se utiliza la detección por puntos el cual marca la forma de aquel objeto. Los puntos de interés tienen una alta probabilidad dentro de una escena pertenecer a un objeto (p. 5).

Otro de los términos a usar en este trabajo de investigación es el backpropagation, según Siregar y Wanto (como se citó en A. Mulyani, 2016) mencionan que "El algoritmo de backpropagation es un método que puede

proporcionar resultados más precisos en la previsión porque este método realiza operaciones repetitivas formación para obtener el mejor modelo y también se puede analizar en matemáticas" (2017, p. 34).

VIEWNEXT (2020) la transferencia de aprendizaje surge como un recurso que economiza el tiempo además de enormes magnitudes de procesamiento. Con datos adquiridos de una tarea similar, sin embargo, más genérica. Esto evita unas costosas aproximaciones a unos puntos de referencias, lo siguiente consiste en agregar capas hasta llegar al resultado deseado minimizando el error, mediante un porcentaje aceptable (párr. 4).

Alvarado (2018) define a Sistema de información como el grupo de elementos recopilados para ser procesados y transformar información por medio de la síntesis, con el fin de aportar la toma de decisiones (p.18).

Ferré 1995 citado por la Revista CTS (2014) Lo define como aporte de la inteligencia y el conocimiento en diversos ámbitos que tiene la finalidad de conseguir resultados prácticos mayormente en producción (p. 131).

VGG16 según Esteve (2021) este es un modelo de Deep Learning la cual fue presentado por Karen Simonyan y Andrew Zisserman, este modelo se basa en redes neuronales convolucionales de 19 o 16 capas, teniendo como entrada una matriz con $224 \times 224 \times 3$ al cual se le ponen capas ocultas para tener una salida de mil salidas posibles, para ello se utiliza el modelo que ya ha sido pre-entrenado sobre Image-Net y se modifican las capas de salida con las predicciones que se quiere realizar, este modelo realizado por Karen y Andrew fue entrenado durante dos semanas, en la actualidad este modelo contiene más de millones de imágenes a la vez más de un millón de imágenes etiquetadas (2019, parr.5)

III. METODOLOGÍA

El presente capítulo muestra la estructura de la realización del proyecto de investigación, donde se menciona datos importantes y procedimientos que se emplean para lograr los objetivos, se presenta el tipo y diseño de la investigación, variables, población, muestra y muestreo, además instrumentos de recolección de datos, procedimientos, métodos de análisis y aspectos de la investigación.

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada con enfoque cuantitativo con diseño pre-experimental, Ñaupas (2013) menciona que este enfoque está alineada a la mejora del funcionamiento de problemas de la realidad en apoyo de adelantos de la ciencia y la tecnología, esta forma de investigación no referencia a la calificación de verdadero o falso sino a las deficiencias o eficacia que puede tener un sistema (p.69).

Este estudio tiene un diseño experimental de subdivisión pre-experimental Marquis et al. (2015), indicó que el diseño pre-experimental es de menor grado de control y su función es la identificación de los resultados de hipótesis y objetivos (p. 879).

Por otro lado Hernández y Mendoza (2018) menciona que los diseños pre-experimentales están compuestos por un único grupo además indica que existe dos formas de trabajo, el primero consiste mediante la realización de una sola medición, esto estimula al grupo para luego aplicar la medición, no cuenta con variable independiente y por otro lado está el diseño de pre-prueba y post-prueba con solo un grupo, esto consiste en medir mediante una prueba antes de aplicar el estímulo para finalmente aplicarse otra prueba después del estímulo (p.163).

La investigación es de tipo cuantitativa, según Hernández, Fernández y Baptista (2014). Mencionaron que la investigación cuantitativa realiza el análisis de información numérica lo que permite realizar mejores predicciones partiendo de la recolección de información de diversas fuentes esta se soporta en la estadística; además, “los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y estructurado (el proceso) y se debe tener presente que las decisiones críticas sobre el método se toman antes de recolectar los datos” (p. 6).

3.2 Variables y operacionalización

La variable de estudio es el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con la aplicación del test de Bender en psicólogos. El sistema permitirá realizar la evaluación de los test de forma automática identificando errores en la gráfica realizada por el paciente que serán puntuados con 1, además en la investigación se aplicará el criterio de sensibilidad, especificidad, precisión y tiempo del diagnóstico preliminar de la edad visomotora (ver tabla 7 del anexo 6).

La prueba de Bender o Gestal constituye dos grupos visomotoras y gestálticas, la primera hace referencia a que el sujeto realiza la actividad de copiar figuras que se le presentan, la segunda se basa en la psicología de la forma, esta se utiliza tanto en niños y adultos (Heredia, Hidalgo y Rocha, 2012. p.8).

El test de Bender consta de la gráfica de 9 imágenes donde se evalúa el nivel de maduración, mediante éste se puede detectar retraso en la maduración, madurez para el aprendizaje, diagnosticar lesión cerebral y retraso mental, mediante puntuaciones como la de Koppitz (Heredia, Hidalgo y Rocha, 2012. p.10).

Las dimensiones de la investigación fueron la confiabilidad del diagnóstico preliminar y el tiempo de medición, los indicadores hacen referencia a la sensibilidad, especificidad, precisión y tiempo de diagnóstico

La sensibilidad es la equivalencia al porcentaje positivos verdaderos, esto quiere decir que es el porcentaje de los casos positivos que son identificados correctamente por la prueba, se calcula de la siguiente manera (XLSTAT, 2021, párr.3), la especificidad es la equivalencia o tasa de verdadero negativo, esto quiere decir que es el porcentaje de los casos negativos que son identificados correctamente por la prueba, se calcula de la siguiente (XLSTAT, 2021, párr.4), la precisión también llamado el valor predictivo positivo, es la probabilidad de puntuar el error si el resultado obtenido es positivo al test, esto puede estimarse de la siguiente manera (FISTERRA, 2021, párr.12) y la reducción del tiempo de diagnóstico influye mucho la decisión que se toma en un determinado lugar de

trabajo, esto permitirá saber cuán rápido es la detección del error en las pruebas clínicas (Pérez y Rojas, 2019, p.22).

3.3 Población, muestra y muestreo

Según Velázquez (2017) menciona que "Una muestra es cualquier conjunto de n unidades tomadas a partir de una población, tiene que ser representativa y sus características deben reflejar las de la población."(párr. 13). Por lo tanto, en la presente investigación la muestra está conformada por 3 psicólogos que han realizado estas evaluaciones a menores de edad y serán los integrantes que den conformidad del buen funcionamiento del sistema.

En esta investigación se tomó como muestra las evaluaciones del test de Bender de 80 niños de 5 a 10 años de edad calificadas por psicólogos, además de imágenes clínicas puntuadas del libro "Test Gestáltico viso-motor de Lauretta Bender" escrita por la licenciada Lisbe Muñoz.

De acuerdo a Hernández et al. (2014) indicó: "la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión, éste deberá ser representativo de dicha población". (p.173).

El muestreo será de forma no probabilístico, esto se realizó por conveniencia Otzen y Manterola (2017) mencionaron que el muestreo no probabilístico permite realizar una selección de casos que ayuden a la aplicabilidad de la investigación. Ello, alineado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos (p. 230).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se usará la técnica registro de hechos ya que según Bracho, Fernández y Díaz (2021) menciona que los registros de hechos están relacionados a cualquier objeto fabricado para desempeñar alguna función específica, como captar una imagen, la voz, los sonidos; y pueden servir de evidencia en una investigación cualitativa. Entre estos se pueden mencionar las cámaras fotográficas, teléfonos móviles, dispositivos tecnológicos, filmadoras, entre otros (p. 120). Esta técnica se va a utilizar ya que se recolectarán grandes cantidades de imágenes del test

de Bender ya realizados por pacientes junto con su puntuación calificados con el sistema de puntuación Koppitz, para el entrenamiento de nuestra CNN.

Para el presente trabajo se usó la ficha de registro antes y después de la implementación del sistema ello se ven en los anexos X, las fichas de registro, como lo indica Hernández y Mendoza (2018) indican que la observación explora y describe ambientes o situaciones en la que analiza su significado y al involucrado, asimismo se puede comprender los procesos y cualquier nexo, además de identificar problemas y generar hipótesis para trabajos futuros.

Se usó un 95% de nivel de confianza en las pruebas estadísticas.

3.5 Procedimientos

En la presente investigación se evaluó una problemática en el ámbito de las evaluaciones del test de Bender o Gestal a personas de 5 años a 10 años de edad que realizan los psicólogos, la cual se refiere a la variabilidad del efecto de las evaluaciones, por lo que esta se plantea como variable del proyecto, con ello se realizó a la investigación de casos y problemáticas similares a nivel nacional e internacional, con la finalidad de analizar las soluciones, también se investigó herramientas utilizadas, como tecnología, métodos, algoritmos y estructuras a utilizar empleadas para la solución, en base a la información recolectada se planteó la realización de un sistema automatizado que realice la labor del experto mediante el reconocimiento de imagen utilizando redes neuronales convolucionales mediante el aprendizaje por transferencia y visión artificial.

La elaboración del sistema comienza con la recolección de datos clínicos de las 9 figuras del test realizadas a pacientes clínicos, las imágenes clasificadas fueron obtenidas por medio de las evaluaciones del test de Bender que realizaron los psicólogos a niños de 5 a 10 años de edad, así como también el libro “Test Gestaltico viso-motor de Laurretta Bender” escrita por la licenciada Lisbe Muñoz (<https://fdocuments.ec/reader/full/test-bender-completo>), donde estas tienen un diagnóstico de puntuación de error que fueron validados, por otro lado también se recolectaron imágenes del manual de aplicación “Interpretación del Test Gestáltico Visomotor de Bender Sistema de puntuación Koppitz” de la universidad de Concepción del departamento de psicología, con ello se

clasificaron en grupos de imágenes correctas e imágenes que tienen una puntuación en un error determinado, además de cada grupo se utilizó el 94% de la cantidad de imágenes para el entrenamiento de la red y el 6% para la validación de datos.

Por otro lado, se propone realizar un estudio detallado para la variable, lo que conllevo a la recolección de diversos artículos científicos, libros y tesis, recabando información importante de cada uno de ellos en base a su propuesta de solución, también rescatar las bases teóricas que respalden el presente estudio, ya que de esta se obtienen dimensiones e indicadores. Por lo que al analizar la situación se determinó la población y muestra, además de la técnica para la recolección de datos para los indicadores cuantitativos, para finalmente determinar la medición de la eficacia considerada, para medir los resultados evaluados se consideraron los siguientes indicadores, (VP) verdadero positivo la imagen tiene el error y la evaluación sea positiva, (FN) la imagen no contiene el error pero se evalúa como si lo tuviera, (VN) verdadero negativo la imagen no tiene el error y se puntúa sin error y (FP) falso positivo la imagen tiene el error y se evalúa como si no lo tuviera.

Cada parte de las imágenes fueron recortadas e etiquetadas en base al error que presentan, se utilizaron 4 redes neuronales convolucionales con lo cual se generaron 4 modelos que fueron utilizados a grupos de imágenes dependiendo de los ítems indicados para la evaluación global de cada imagen con la finalidad de disminuir el error de asertividad, el test de Bender está compuesto por 9 imágenes de la cuales se puntúan 30 ítems que representan los error puntuados como se muestra en el anexo 8, el primer modelo generado por la red neuronal convolucional incluye la 9 imágenes sin puntuar y los ítems 1a, 4, 7, 10, 13, 15, 18a, 21a y 24, el segundo modelo incluye 9 imágenes sin puntuar y los ítems 1b, 5, 8, 11, 14, 16, 18b 21b y 25, el tercer modelo incluye 5 imágenes sin puntuar y los ítems 2, 12a, 17a, 19, 22 y el 4to modelo incluye 5 imágenes sin puntuar y los ítems 3, 12b, 17b, 20, 23 para ellos se utilizara de red neuronal convolucional pre-entrenada VGG16 para el procesamiento utilizando los pesos de las neuronas del DataSet Imagenet, y se recalcularon los pesos de las 3 últimas capas densas así como la cantidad de neuronas de salida, estos pasaran por una matriz de confusión donde arrojaran resultados de sensibilidad,

especificidad, precisión y se calculara tiempo de evaluación preliminar del test de Bender mediante métodos en el lenguaje de programación Python.

Además, después de realizar la clasificación de la imagen en su totalidad se realizará la detección de características particulares usando visión computacional, esto se realizará dependiendo de los requerimientos de error de cada ítem como cantidad de elementos, conteo e identificación de objetos característicos utilizando métodos de OpenCV.

Para poder validar el modelo se analizarán las imágenes de validación con la finalidad de clasificar si el resultado es positivo o negativo, para ello se consideran Verdaderos positivos (VP), Falsos Negativos (FN), Verdaderos Negativos (VN) y Falsos positivos (FP), también se colocó “1” para ítems con error y “0” para ítems sin error en la evaluación.

Tabla 1. Matriz de confusión con los indicadores de sensibilidad, especificidad, precisión y exactitud.

Resultado Prueba	Error (1)	Sin Puntuar (0)	Total (%)
Test Positivo (1)	VP(1,1)	FP(0,1)	$VPP = \left(\frac{VP}{VP + FP} \right) \times 100\%$
Test Negativo (0)	FN(1,0)	VN(0,0)	$VPN = \left(\frac{VN}{FN + VN} \right) \times 100\%$
Total (%)	%Sensibilidad $\left(\frac{VP}{VP + FN} \right) \times 100\%$	%Especificidad $\left(\frac{VN}{VN + FP} \right) \times 100\%$	$ACC = \left(\frac{VP + VN}{VP + FP + FN + VN} \right) \times 100\%$

Fuente: (Celentano y Szklo, 2015)

La Matriz de confusión muestra la forma como se determina el porcentaje de la sensibilidad, especificidad y precisión de los casos, para ello se utilizaron las siguientes formulas:

- Incremento de la sensibilidad

$$\text{Incremento de la sensibilidad} = \left(\frac{S1 - S0}{S0} \right) * 100\%$$

- Incremento de la especificidad

$$\text{Incremento de la especificidad} = \left(\frac{E1 - E0}{E0} \right) * 100\%$$

- Incremento de la precisión VPP

$$\text{Incremento de VPP} = \left(\frac{VPP1 - VPP0}{VPP0} \right) * 100\%$$

- Reducción del tiempo de diagnóstico.

$$\text{Reducción de tiempo} = \frac{(\text{Tiempo Final} - \text{Tiempo inicial})}{\text{Tiempo Inicial}} * 100\%$$

Por último, se determinan aspectos que mencionan los recursos utilizados y presupuesto a utilizar, también la realización del cronograma de ejecución mediante el diagrama de Gantt.

3.6 Método de análisis de datos

Para el análisis de datos se insertaron en tablas a la cual se le aplica las mediciones de las variaciones de sensibilidad, especificidad, precisión, exactitud y tiempo de la evaluación en base al algoritmo de transferencia de aprendizaje y visión computacional, estas mediciones se dan mediante la recolección de datos en la encuesta a los psicólogos, se realizará una comparación de estos indicadores antes y después de utilizar el software para puntuar el error en cada ítem.

3.7 Aspectos éticos

La presente investigación se compromete al desarrollo de la solución respaldado por la ética de los investigadores, la cual se sustenta en normativas actuales del estado peruano e internacional, respetando la propiedad intelectual mediante una correcta referencia de ideas de los diferentes autores. Por lo cual se propone un proyecto de buena calidad con información autentica, la misma que será de utilidad para investigaciones futuras.

Por otro lado, la investigación se realiza con fin académico indicando, los resultados se mostrarán a los expertos involucrados en esta investigación, que dieron su consentimiento y aprobación en los avances del software y proceso de los datos.

IV. RESULTADOS

En el presente capítulo se describen los resultados que se han obtenido durante la investigación, los cuales se han obtenido mediante el uso de los indicadores del algoritmo de clasificación de la evaluación visomotor preliminar con el test de Bender que representan el porcentaje de la variación de precisión, sensibilidad, especificidad, precisión y tiempo de evaluación. Se analizaron los resultados de la clasificación de imágenes realizadas de las evaluaciones del test de Bender que se han obtenido de la muestra de cada indicador en el post-test mediante el algoritmo de aprendizaje por transferencia y visión artificial.

Mediante una referencia a la predicción del 100% de aciertos en los ítems del test de Bender se pretende un acercamiento lo más próximo a la realización del modelo reduciendo el error de predicción en este, cada ítem es comparado con la imagen que no tiene puntuación de error y esto conlleva a 4 resultados posibles falsos positivos, falsos negativos, verdaderos positivos y verdaderos negativos, el objetivo es realizar un modelo predictivo que no obtenga ningún falso positivo y falso negativo, ya que Celentano y Szklo (2015) indicaron que un modelo no será 100% preciso en su gran mayoría, ya que al forzar un acierto del 100% en el modelo se puede estar haciendo un exceso de sobre ajuste o overfitting (p.101). La prueba se realizó a 80 niños lo que en total conlleva a la evaluación de 2400 ítems que fue realizado por el psicólogo Jhony Sarango en un tiempo de 2 horas lo cual es aproximadamente con lo cual se calculó un tiempo de 2.25 minutos que tarda el psicólogo en evaluar un examen, la mitad de tiempo que normalmente lo realiza un especialista, después estos resultados fueron corroborados por otra especialista la que genero los resultados del pretest en base a la sensibilidad, especificidad y exactitud.

La siguiente tabla muestra la evaluación de los 2400 ítems de 9 imágenes del test de Bender, en la cual se hizo una reevaluación del primer resultado obteniendo la siguiente matriz de confusión en donde se indica 681 ítems fueron determinados con error en la puntuación VP: 614, FP: 67 y 1719 fueron puntuados sin error FP: 76 VN: 1643. Esta tabla indica los porcentajes de sensibilidad, especificidad y precisión.

Tabla 2 Matriz de confusión – diagnóstico del pre test con 2400 ítems a evaluados del test de Bender por la psicóloga Evelyn Suarez Morales.

Tabla 2. Resultados de las correcciones de las evaluaciones por el segundo psicólogo, calculando la sensibilidad, especificidad y precisión.

Imagen	Item	Verdadero positivo	Falso Positivo	Falso Negativo	Verdadero Negativo	Items	Sensibilidad	Especificidad	Exactitud
Dibujo A	1a. Uno o ambos muy achatado o deformado	22	3	1	54	80	95.65	94.74	95
	1b. Desproporción (uno es el doble)	11	2	2	65	80	84.62	97.01	95
	2. Rotación parcial/ total 45° ó + de tarjeta o dibujo	9	2	1	68	80	90	97.14	96.25
	3. Integración (separar/ solapam)	13	3	2	62	80	86.67	95.38	93.75
Dibujo 1	4. Distorsión forma (5 ó + puntos son círculos)	9	0	1	70	80	90	100.00	98.75
	5. Rotación (45° o más en tarjeta/dibujo)	13	2	3	62	80	81.25	96.88	93.75
	6. Perseveración (> 15 puntos por fila)	9	3	8	60	80	52.94	95.24	86.25
Dibujo 2	7. Rotación	21	5	4	50	80	84	90.91	88.75
	8. Integración: Omisión/adición filas. 4 ó + círculos en mayoría de columnas. Fusión con fig. 1	35	2	0	43	80	100	95.56	97.5
	9. Perseveración (> 14 columnas)	23	3	6	48	80	79.31	94.12	88.75
Dibujo 3	10. Distorsión forma (5 ó + puntos son círculos)	42	8	2	28	80	95.45	77.78	87.5
	11. Rotación del eje 45° ó + en dibujos (o la tarjeta)	31	3	0	46	80	100	93.88	96.25
	12a. Desintegración del diseño	9	1	3	67	80	75	98.53	95
	12b. Línea continua en vez de hileras de puntos	6	3	3	68	80	66.67	95.77	92.5
Dibujo 4	13. Rotación parcial/total 45° ó + de tarjeta o dibujo	14	3	5	58	80	73.68	95.08	90
	14. Integración (separación o superpos)	9	3	1	67	80	90	95.71	95
Dibujo 5	15. Distorsión forma (5 ó + puntos son círculos)	36	2	4	38	80	90	95	92.5
	16. Rotación 45° o más (total o parcial)	36	1	1	42	80	97.30	97.67	97.5
	17a. Desintegración: recta o círculos de puntos (no arco)	12	3	0	65	80	100	95.59	96.25
	17b. Línea continua en vez de puntos	11	0	1	68	80	91.67	100	98.75
Dibujo 6	18a. Tes o más ángulos en vez de curvas	6	0	2	72	80	75	100	97.5
	18b. Líneas rectas	32	1	3	44	80	91.43	97.78	95
	19. Integración (cruzan mal)	15	2	3	60	80	83.33	96.77	93.75
	20. Perseveración (6 ó + sinusoides completos en cualquiera de las dos líneas)	12	5	1	62	80	92.31	92.54	92.5
Dibujo 7	21a. Desproporción tamaño (el doble)	38	1	2	39	80	95	97.5	96.25
	21b. Deformación hexágonos (>n° de ángulos)	29	2	0	49	80	100	96.08	97.5
	22. Rotación parcial/total 45° ó + de tarjeta o dibujo	32	2	0	46	80	100	95.83	97.5
	23. Integración (no se superponen o lo hacen demasiado, un hexágono penetra totalmente)	42	4	3	31	80	93.33	88.57	91.25
Dibujo 8	24. Distorsión forma (deformada, >n° ángulos)	15	1	3	61	80	83.33	98.39	95
	25. Rotación eje en 45° o más	23	4	2	51	80	92	92.73	92.5
	TOTAL	615	74	67	1644	2400	87.66	95.27	94.13

Fuente: elaboración propia

Pre-prueba

La tabla muestra la evaluación que realizó la psicóloga a los 80 pacientes en donde cada ítem evaluado muestra un porcentaje de sensibilidad, especificidad y exactitud, en donde se evidencia la sensibilidad más baja con un 52.94% en el ítem 6 (perseveración > 15 puntos por fila) y la más alta con 100% en los ítems 8, 11, 17a, 21b y 22, la especificidad más baja con 88.57% en el ítem 23 y las más altas con 100% en el ítem 4 y la exactitud más baja con 86.25% en el ítem 6 y la más alta con 98.75% en el ítem 4.

El promedio del porcentaje de todas las evaluaciones fueron las siguientes, en la sensibilidad se obtuvo un promedio de 87.66%, en la especificidad, se obtuvo un porcentaje promedio del 95.27% y la exactitud un promedio de 94.13%

Post-Prueba

Se analizó los resultados de la predicción generados por el algoritmo de las redes neuronales convolucionales utilizando el aprendizaje por transferencia del modelo VGG16 y visión por computadora con OpenCV. Los cálculos fueron recolectados mediante los datos de validación que demuestran la efectividad del algoritmo, al utilizar 4 modelos de redes neuronales convolucionales se generaron 4 matrices de confusión, estos fueron llevados a una tabla para realizar la comparación con los resultados del pre-test.

En 1er modelo se realizó una distinción de los ítems de las 9 imágenes sin puntuar con los errores 1b, 5, 8, 11, 14, 16, 18b, 21b utilizando la librería sklear se realizó la matriz de confusión con 7 imágenes de validación por cada ítem.

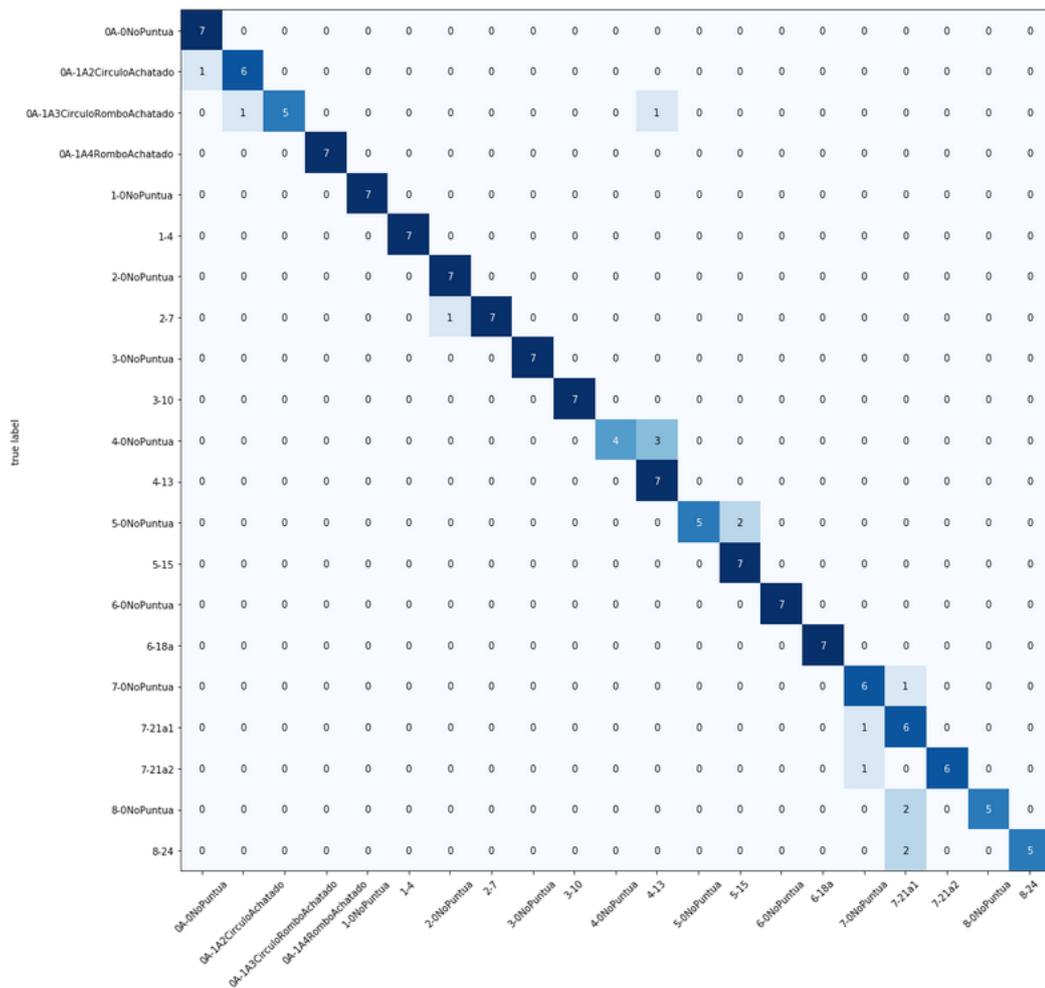


Figura 1. Matriz de confusión del primer modelo en el sistema

La diagonal indica los resultados que han sido clasificados correctamente, las imágenes con mayor asertividad fueron Figura 1, 2, 3 y 6, mientras que los menos acertados fueron la figura 4, 7 y 8.

En el segundo modelo se muestra una mejora en la predicción donde la precisión, exactitud y sensibilidad arrojaron un 100%; en este segundo modelo se clasificó cada con más posibles errores de ese tipo, con la finalidad de diferenciar más los errores posibles.

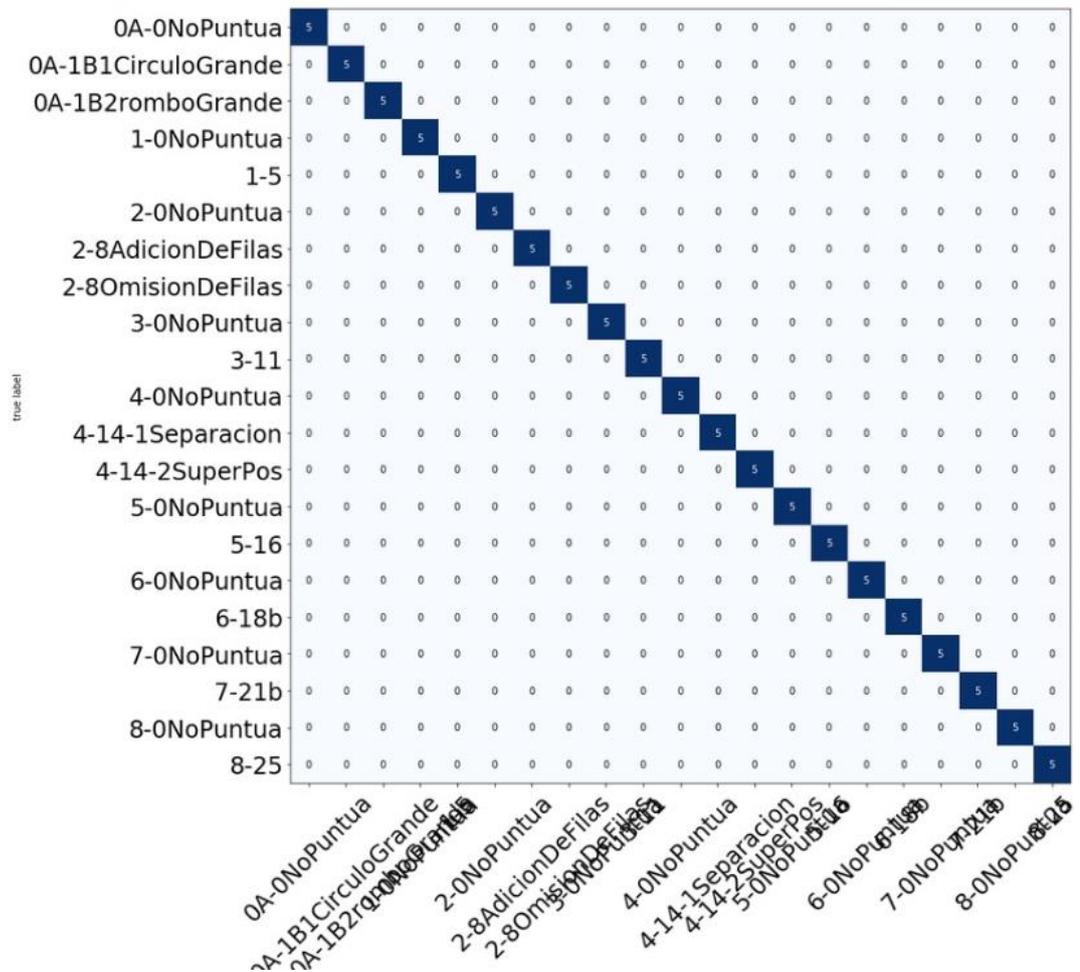


Figura 2. Matriz de confusión del segundo modelo en el sistema

En el tercer modelo se clasificaron las figuras que tienen más de 2 ítems de puntuación, es por ello que ya no se clasificó la figura 4 y 8, en ello se muestra la figura 5 clasificando de forma incorrecta el error, sin embargo, las demás clasificaciones lo realizan de forma correcta.

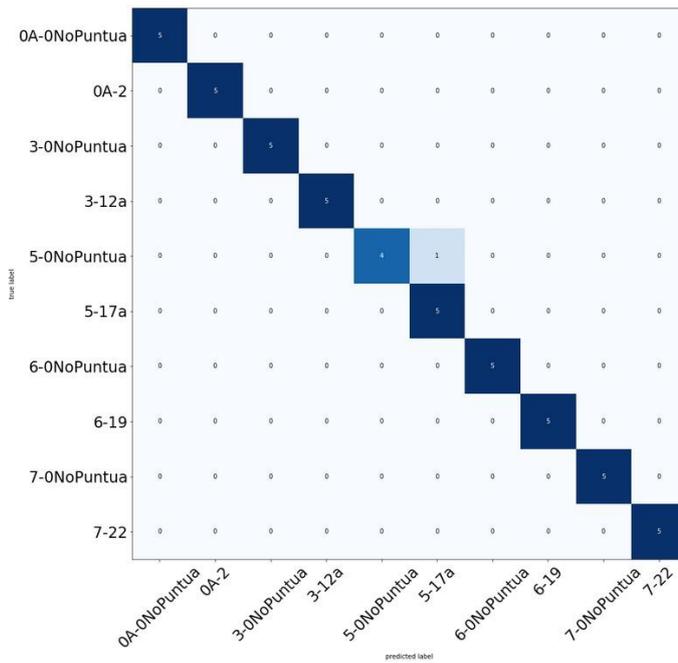


Figura 3. Matriz de confusión del tercer modelo en el sistema

En el cuarto modelo no tuvo percance para clasificar, en ello se evaluaron 50 imágenes con una precisión del 100%

Figura 4. Matriz de confusión del cuarto modelo en el sistema

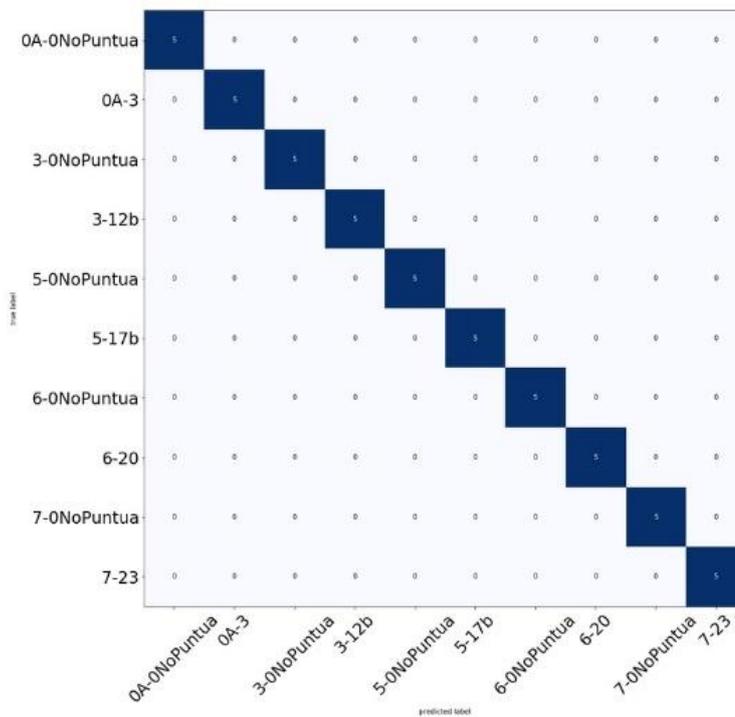


Figura 4. Matriz de confusión del cuarto modelo en el sistema

Estos datos fueron introducidos en la siguiente tabla para mostrar detalladamente los resultados de cada ítem y con ello obtener los valores de sensibilidad, especificidad y exactitud.

Tabla 2 Matriz de confusión – diagnóstico del post test hallando la sensibilidad, especificidad y precisión.

Tabla 3. Matriz de confusión– diagnóstico del post test hallando la sensibilidad, especificidad y precisión

Imagen	Item	Verdadero positivo	Falso Positivo	Falso Negativo	Verdadero Negativo	Items	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
Dibujo A	1a. Uno o ambos muy achatado o deformado	19	1	0	7	27	100.00	87.50	95
	1b. Desproporción (uno es el doble)	15	0	0	5	20	100.00	100.00	100
	2. Rotación parcial/ total 45° ó + de tarjeta o dibujo	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
Dibujo 1	3. Integración (separar/ solapam)	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
	4. Distorsión forma(5 ó + puntos son círculos)	7	0	0	7	14	100	100.00	100
	5. Rotación (45° o más en tarjeta/dibujo)	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
Dibujo 2	6. Perseveración (> 15 puntos por fila)	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
	7. Rotación	7	1	0	7	15	100.00	87.50	87.5
	8. Integración: Omisión/adición filas. 4 ó + círculos en mayoría de columnas. Fusión con fig. 1	10	0	0	5	15	100	100.00	100
Dibujo 3	9. Perseveración (> 14 columnas)	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
	10. Distorsión forma (5 ó + puntos son círculos)	7	0	0	7	14	100.00	100.00	100
	11. Rotación del eje 45° ó + en dibujos (o la tarjeta)	5	0	0	5	10	100	100.00	100
Dibujo 4	12a. Desintegración del diseño	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
	12b. Línea continua en vez de hileras de puntos	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
	13. Rotación parcial/total 45° ó + de tarjeta o dibujo	7	0	3	4	14	70.00	100.00	100
Dibujo 5	14. Integración (separación o superpos)	10	0	0	5	15	100.00	100.00	100
	15 Distorsión forma (5 ó + puntos son círculos)	5	2	0	7	14	100.00	77.78	71.43
	16. Rotación 45° o más (total o parcial)	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
Dibujo 6	17a. Desintegración: recta o círculos de puntos (no arco)	5	0	1	4	10	83.33	100.00	100
	17b. Línea continua en vez de puntos	5	0	0	5	10	100.00	100	100
	18a. Tes o más ángulos en vez de curvas	7	0	0	7	14	100	100	100
Dibujo 7	18b. Líneas rectas	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
	19. Integración (cruzan mal)	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
	20. Perseveración (6 ó + sinusoides completos en cualquiera de las dos líneas)	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
Dibujo 8	21a. Desproporción tamaño (el doble)	12	1	1	6	20	92.31	85.71	92.31
	21b. Deformación hexágonos (>n° de ángulos)	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
	22. Rotación parcial/total 45° ó + de tarjeta o dibujo	5	0	0	5	10	100	100.00	100
Dibujo 8	23. Integración (no se superponen o lo hacen demasiado, un hexágono penetra totalmente)	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
	24. Distorsión forma (deformada, >n° ángulos)	5	0	0	5	10	100.00	100.00	100
	25. Rotación eje en 45° o más	6	1	1	5	13	85.71	83.33	85.71
	TOTAL	202	6	6	161	375	97.71	97.39	97.73

Fuente: elaboración propia.

La tabla muestra los porcentajes obtenidos de las 375 figuras evaluadas utilizando el algoritmo del sistema en donde se evidencia una mejora en los resultados en cuanto a la sensibilidad, especificidad y exactitud. En la columna VP (Verdadero positivo) indica que el test contiene el error y el sistema lo puntúa correctamente, la segunda columna FP (Falso positivo) indica que el test es

positivo (contiene el error de puntuación) pero el test lo detecta como si no tuviera el error, la tercera columna es FN (Falso Negativo) lo cual indica que la evaluación del ítem no contiene el error pero el sistema determina que tiene el error y la columna VN (Verdadero Negativo) indica que la imagen no contiene la puntuación de error y el sistema lo clasifica correctamente.

Por otro lado, se puede señalar que algunos indicadores dieron un bajo porcentaje a pesar que solo clasifican mal una imagen, esto se da por el total de imágenes procesadas al no obtener mayor cantidad, es obtuvo un 97.71% en promedio de sensibilidad, 97.39% en promedio de especificidad y 97.73% en promedio de precisión.

Tabla 4. Comparación de resultados de la sensibilidad, especificidad y precisión del pre y post test.

Promedios	Sensibilidad	Especificidad	Precisión
Pre Test	87.66%	95.27%	87.78%
Post Test	97.71%	97.37%	97.73%

Fuente: elaboración propia

La siguiente tabla muestra la comparación de los porcentajes de sensibilidad, especificidad y precisión.

Por otro lado, la figura 5 muestra el tiempo de demora de la evaluación de todos los ítems utilizando el sistema, esto da un resultado de procesamiento de 0.29 segundos.

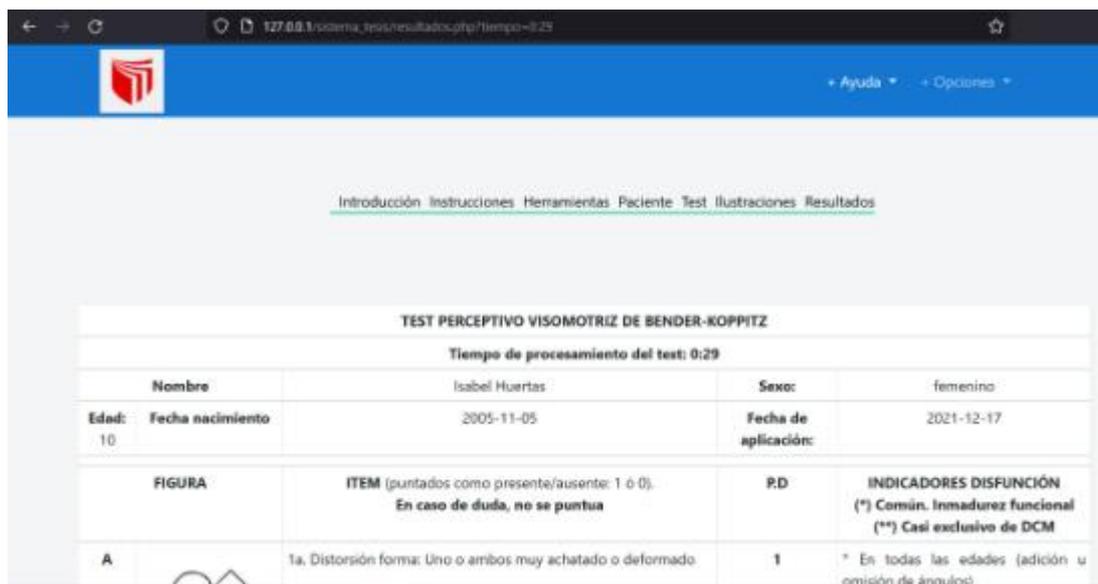


Figura 5. Interfaz del sistema con el tiempo de procesamiento del test.

HE1: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la sensibilidad del diagnóstico preliminar del test de Bender. Galindo, Perdomo y Figueroa (2019) indican que la sensibilidad se identifica mediante la relación entre verdadero positivo y la suma de verdadero positivo y falso negativo (p.280).

La prueba de hipótesis muestra la variación de los resultados de cada una de ellas.

HE1₀: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la sensibilidad del diagnóstico preliminar del test de Bender.

HE1₁: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender no incremento la sensibilidad del diagnóstico preliminar del test de Bender.

Después de la aplicación de la variación del post-test y pre-test se obtuvo el siguiente resultado:

$$\%Variación\ de\ Sensibilidad = \left(\frac{97.71 - 87.66}{87.66} \right) \times 100\% = 11.47\%$$

Se muestra un incremento en la sensibilidad por la obtención del valor resultante de 11.47%, por lo cual la hipótesis alternativa se acepta y la hipótesis nula se rechaza.

HE2₀: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la especificidad del diagnóstico preliminar del test de Bender.

HE2₁: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender no incremento la especificidad del diagnóstico preliminar del test de Bender.

Después de la aplicación de la variación del post-test y pre-test se obtuvo el siguiente resultado:

$$\%Variación\ de\ Especificidad = \left(\frac{97.37 - 95.27}{95.27} \right) \times 100\% = 2.1\%$$

Se muestra un incremento en la especificidad por la obtención del valor resultante de 2.1%, por lo cual la hipótesis alternativa se acepta y la hipótesis nula se rechaza.

HE3₀: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la precisión del diagnóstico preliminar del test de Bender.

HE3₁: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la precisión del diagnóstico preliminar del test de Bender.

Después de la aplicación de la variación del post-test y pre-test se obtuvo el siguiente resultado:

$$\%Variación\ de\ Precisión = \left(\frac{97.28 - 94.13}{94.13} \right) \times 100\% = 3.35\%$$

Se muestra un incremento en la precisión por la obtención del valor resultante de 3.35%, por lo cual la hipótesis alternativa se acepta y la hipótesis nula se rechaza.

HE4₀: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender disminuyo el tiempo de evaluación.

HE4₁: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender disminuyo el tiempo de evaluación.

Después de la aplicación de la variación del post-test y pre-test se obtuvo el siguiente resultado:

$$\%Variación\ del\ tiempo: (2.25 - 0.29) = 1.96$$

Se muestra una disminución en el tiempo por la obtención del valor resultante de 1.96, por lo cual la hipótesis alternativa se acepta y la hipótesis nula se rechaza.

La variación de los indicadores se muestra en la siguiente tabla en la cual los porcentajes positivos.

Hipótesis general

HG₀: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la sensibilidad, especificidad, precisión y redujo el tiempo de diagnóstico preliminar.

HG₁: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender no incremento la sensibilidad, especificidad, precisión y redujo el tiempo de diagnóstico preliminar.

Mediante el diagnostico de las hipótesis específicas en la cual están son aceptadas se concluye que la hipótesis general es aceptada.

Resumen de comprobación de la hipótesis

En la tabla x se muestra el resumen de resultados de las hipótesis de indicadores, se muestra el código de la hipótesis, en la segunda se coloca la descripción, en la tercera el resultado obtenido y en la cuarta columna se muestran los resultados de aceptación.

Tabla 5. *Resumen de los resultados de la comprobación de hipótesis*

Código	Hipótesis	Resultado de la prueba de hipótesis	Resultado final, se acepta o rechaza
H1	El uso del sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la sensibilidad del diagnóstico preliminar del test de Bender.	Se muestra un incremento en la sensibilidad por la obtención del valor resultante de 11.47%, por lo cual la hipótesis alternativa se acepta y la hipótesis nula se rechaza	aceptada
H2	El uso del sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la especificidad del diagnóstico preliminar del test de Bender.	Se muestra un incremento en la especificidad por la obtención del valor resultante de 2.1%	Aceptada
H3	El uso del sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la precisión del diagnóstico preliminar del test de Bender.	Se muestra un incremento en la precisión por la obtención del valor resultante de 3.35%	Aceptada

H4	El uso del sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender disminuyo el tiempo de evaluación	Se muestra una disminución en el tiempo por la obtención del valor resultante de 2.09	Aceptada
----	---	---	----------

Fuente: elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación denotan una mejora en el proceso de la evaluación del test de Bender, por lo que se puede indicar que se logró el objetivo de la investigación, el modelo está realizado para clasificar las 9 imágenes del test en base a los errores y dentro de esta, errores característicos por cada ítem, con la finalidad de disminuir el error de clasificación, las pruebas se realizaron con 80 imágenes en total por cada error que se quería predecir después del post test, se obtuvieron como resultados de los indicadores un 87.66% de sensibilidad en promedio mientras que después de la aplicación de un 97.71% de sensibilidad en promedio, reduciéndose en un 11.46% frente a la sensibilidad en promedio que fue realizada por el evaluador, esta hipótesis nos muestra que en el pre test tuvo una mejora en cuanto a la sensibilidad, el ítem con una sensibilidad más baja que se obtuvo en el pre test fue el ítem 6 con 52.94% mientras que en el post test el ítems con sensibilidad más bajo fue el ítem 13 con 70% de sensibilidad, con lo cual se da una mejora frente al método tradicional.

En la segunda hipótesis se obtuvieron como especificidad promedio en el pre test 95.27%, mientras que en el post test 97.37% de especificidad en promedio aumentando en un 2.2% en comparación a la realizado por el evaluador, en el pre test la especificidad más baja se obtuvo en el ítem 10 con 77.78% mientras que en el post test la especificación más baja se obtuvo en el ítem 15, con ello se puede indicar que no necesariamente la mejora se da de forma porcentual en un ítem determinado, sino que esta depende del algoritmo.

En la tercera hipótesis el promedio de precisión del evaluador fue 87.78% mientras que después de la aplicación del sistema fue 97.73% aumentando la precisión en 11.34%. En el pre test el ítem con precisión más baja fue el ítem 20 con 70.59% de precisión en la evaluación del evaluador, mientras que después del post test el ítem con precisión más baja que se puede apreciar fue el 15 con 71.43%.

En la cuarta hipótesis se determinó que el evaluador se demora 2.25 segundos en calificar cada examen mientras que el software lo realiza en 160 milisegundos por cada evaluación en promedio reduciéndose 1.96 segundos por cada evaluación.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones a los que se llegaron fueron las siguientes:

1. La variación de la sensibilidad que se obtuvo después de utilizar el sistema fue de 11.46%, aumentando en ese porcentaje y mostrando mejora en el resultado.
2. La variación de la especificidad que se obtuvo después de utilizar el sistema fue de 2.2%, aumentando en ese porcentaje y mostrando mejora en el resultado.
3. La variación de la precisión que se obtuvo después de utilizar el sistema fue de 11.34%, aumentando en ese porcentaje de precisión y mostrando mejora en el resultado.
4. La variación del tiempo que se obtuvo después de utilizar el sistema fue de 1.96 segundos disminuyendo el tiempo de evaluación.
5. La aplicación de la backpropagation disminuyó el tiempo de entrenamiento de los modelos CNN, ya que al aplicar este método de aprendizaje supervisado nos dio un gran resultado puesto que cambia los pesos y sesgos de una forma más rápida y eficiente.
6. El uso del filtro Max Pooling para dimensionar las imágenes (que sirvieron de parámetros de entrenamiento de las CNN) nos ayudó a reducir el costo computacional ya que reduce el número de entradas a aprender y no proporciona una matriz más reducida de la imagen original.

VII. RECOMENDACIONES

Se tuvo muy buenas expectativas en el desarrollo de la investigación, se determinó que el mejor factor de mejora fue el tiempo por lo cual se debe poner más énfasis en la efectividad de los resultados, por ello se recomienda para futuras investigaciones los siguientes puntos:

1. Tener un mayor número de datos de evaluaciones, con el cual se pueda entrenar más genéricamente la red neuronal, además utilizar DataGenerator para aumentar los datos en caso este sea limitado.
2. Se debe sacar provecho y utilizar todos los recursos posibles del ordenador, GPU, tarjetas gráficas y TPU ya que la librería de tensorflow hacen uso de estos recursos para optimizar el proceso de entrenamiento y disminuir la carga al procesador.
3. Utilizar librerías como Tensorflow y Keras para un mejor manejo del algoritmo y construir sistemas para evaluar imágenes clínicas.
4. Usar arquitecturas de proyectos con código libre o redes neuronales convolucionales pre entrenadas para evitar calcular los pesos desde cero ya que este tipo de entrenamiento puede durar hasta una semana utilizando los mejores procesadores.
5. Realizar pruebas con un menor número de casos para mejorar los resultados.
6. Adaptar los sistemas de diagnósticos pre-eliminarios de test psicológicos para distintos dispositivos y promover la automatización para disminuir el tiempo de evaluación de las mismas.
7. Tener el asesoramiento de 3 a 5 profesionales expertos en el tema de desarrollo para una mejor elaboración de los indicadores, además de elaborar un producto de calidad.

REFERENCIAS

AGUSTÍ, Manuel. Introducción a la detección de puntos característicos con OpenCV [en línea]. 2019. 10 pp. [Fecha de consulta: 21 de mayo del 2021] Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/123298>

ALVARADO, Liseth. Concepto de Sistemas de información, naturaleza, fundamentos y Principios, tipos de sistemas de información, enfoques de sistemas, perspectivas y aplicaciones [en línea]. 2018, 79 pp. [Fecha de consulta: 29 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/3984/MONOGRAF%C3%8DA%20-%20ALVARADO%20ROSADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BOTELLA, Verónica, GRAU-ALBEROLA, Esther y CORTELL, María. Debate. Reflexiones acerca de la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en Psicología Clínica: eficacia, ventajas, peligros y líneas futuras de investigación [en línea]. Información psicológica, 2018, nº 116, 121-132 pp. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2021] ISSN: 1989-9076

BRESILLA, Kushtrim [et al]. Frontiers in Plant Science. Single-shot convolution neural networks for real-time fruit detection within the tree [en línea]. Italia, mayo 2019 [fecha de consulta: 06 de mayo Del 2021]. Disponible en <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.00611/full>

CELENTANO, David y SZKLO Moyses. Gordis Epidemiología [en línea]. Barcelona, España: Elsevier. Edición española: 2015, ISBN: 978-84-9022-731-2.

CONTRERAS, Pedro, DÍAZ, José. MonoSisva: Un sistema de Reconocimiento de formas Básicas a Través de Redes Neuronales Artificiales [en línea]. 2016. 10 pp. [Fecha de consulta 19 de mayo de 2021] Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Pedro-L/publication/301807371_MonoSisva_Un_sistema_de_Reconocimiento_de_formas_Basicas_a_Traves_de_Red_Neuronales_Artificiales/links/57293b0808aef7c7e2c0d1d2/MonoSisva-Un-sistema-de-Reconocimiento-de-formas-Basicas-a-Traves-de-Redes-Neuronales-Artificiales.pdf

DURÁN, Jaime. Redes neuronales convolucionales en R: Reconocimiento de caracteres escritos a mano. Tesis (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. 2017. 55 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/69564>

ELIZONDO, JJ Esqueda, MAESTRE, LE Palafox. Fundamentos de procesamiento de imágenes [en línea]. Documentación Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Tijuana, 2002. [Fecha de consulta 13 de mayo del 2021] Disponible en

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35915704/FundamentosDeProcesamientoDelimagenes-with-cover-page.pdf?Expires=1620964647&Signature=GmED-3izBzR7L68G0n7DKmzvgs-zhNnRI0-d6RJwdID5T8NbnV4s6VWweTD81dJZZvS1WA~McdTXx6J9c0IIAMJxaeGTyr2qzRT9NPE3rZdLiveXmPJJoqNpMxwJd06~jSZvcpUAscqd5ZKozRQLLZLUHdeAEQRO5C1I4hl6wklF9DWyTHANCqIGqz7JBhlzmjje6dUnbzqczGmf5JVSQaA6bzWgGXn8H~cXeJMUrDUD6KJtstTffmK2Ib19skpyAPQ3jeLdEoj1vgZbw0K8DOLRwRsL~z1xiVyfQzLYp8a93dqEwxUEFk1HZOz0FJyTWylc6-knqHi9RuFG6P-bg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Erroz, David. Visualizando neuronas en redes neuronales convolucionales [en línea]. 2019, 93 pp. [Fecha de consulta: 29 de mayo del 2021]

Disponible en: https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/33694/memoria_TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ESTEVE Marcos. Detección de objetos utilizando redes neuronales profundas [en línea]. 2019. Disponible en: <https://maescas.github.io/Object-Detection/>

FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. México, 6ta Edición, 2014, pp. 600 [Fecha de consulta: 06 mayo del 2021].

Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
ISBN: 978-1-4562-2396-0

FERNÁNDEZ, Pita, DÍAS, Pértegas. Pruebas diagnósticas: Sensibilidad y especificidad [en línea]. España. 2021 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021].

Disponible en: https://www.fisterra.com/mbe/investiga/pruebas_diagnosticas/pruebas_diagnosticas.asp

GALINDO, Eiber, PERDOMO, Jairo y GARCÍA, Figueroa. Estudio comparativo entre máquinas de soporte vectorial multiclase, redes neuronales y sistema de inferencia neurodifuso auto organizado para problemas de clasificación [en línea]. Colombia, 2020 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021].

Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v31n1/0718-0764-infotec-31-01-273.pdf>

GARCIA, Eugenio. Introducción a las redes neuronales de convolución. Aplicación a la visión por ordenador [en línea]. Zaragoza, 2019- 50 pp [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021].

Disponible <https://core.ac.uk/download/pdf/290002463.pdf>

HAVAEI, Mohammad [et al.]. Medical Image Analysis. Brain tumor segmentation with Deep Neural Networks [en línea]. Canada, mayo 2016 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.media.2016.05.004>

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos Y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación [en línea]. Editorial McGraw-Hill. (5ª. Ed). México, 2015. 60 pp [fecha de consulta; 06 de mayo del 2021]. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
ISBN: 978-1-4562-2396-0

HURTADO, Mora. Desarrollo de una aplicación basada en el reconocimiento automático de patrones en imágenes aplicada a la Educación. Tesis (Título de Ingeniero). Ecuador: Universidad Central del Ecuador, 2016. 103 pp. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6617/1/T-UCE-0011-26.pdf>

ImageNet. Una base de datos de imágenes jerárquicas a gran escala [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 29 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://paperswithcode.com/dataset/imagenet>

JEE, Jae-Hong [et al.]. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. Revista de Ontología [en línea]. Julio 2018, Corea [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.07.015>

Keras. Modelo Secuencial [en línea]. 2021 [fecha de consulta: 15 de junio del 2021]. Disponible en: https://keras.io/guides/sequential_model/

KHADIDOS, Adil [et al.]. Frontiers in public Health. Analysis of COVID-19 Infections on a CT Image Using DeepSense Model [en línea]. India, noviembre 2020 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2020.599550/full>

KIM, Been [et al.]. Neural Networks Trained on Natural Scenes Exhibit Gestalt Closure. Revista de Ontología [en línea]. Abril 2021, London [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s42113-021-00100-7>

LI, Hui. Journal of medical imaging. Deep learning in breast cancer risk assessment: evaluation of convolutional neural networks on a clinical dataset of full-field digital mammograms [en línea]. Bellingham, septiembre 2017 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1117/1.JMI.4.4.041304>

LOGICBUS. ¿Qué es la automatización? [En línea]. 2019 [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2021] Disponible en: <https://www.logicbus.com.mx/automatizacion.php>

LORCA, Gustavo, et al. Segmentación de Imágenes Médicas Digitales mediante Técnicas de Clustering [en línea]. Rev. Aporte Santiaguino, 2010, p. 108-116.

[Fecha de consulta: 29 de mayo del 2021]

Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/as/v3n1/a15v3n1.pdf>

MAHBOD, Amirreza [et al.]. Computerized Medical Imaging and Graphics. Fusing fine-tuned deep features skin lesion classification. [En línea]. Austria, Octubre 2018 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2018.10.007>

MÁRQUEZ, Alejandro. Reconocimiento de objetos en Android para aplicaciones de asistencia [en línea]. 2016, 175 pp. [Fecha de consulta: 05 de Junio del 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/289987441.pdf>

MASSIRIS, Manlio, DELRIEUX, Claudio, FERNÁNDEZ, Álvaro. Detección de equipos de protección personal mediante red neuronal convolucional YOLO [en línea]. 2018. 1029 pp. [Fecha de consulta: 05 de Junio del 2021]. Disponible en: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/24891/2018_Massiris_Manlio_Detecci%C3%B3n-equipos-protecci%C3%B3n-personal-red-neuronal-convolucional-YOLO.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Matplotlib. Matplotlib: visualización con Python [en línea]. 2021 [fecha de consulta: 15 de junio del 2021]. Disponible en: <https://matplotlib.org/>

MOETESUM, Monina [et al.]. 13ª Conferencia Internacional sobre Análisis y Reconocimiento de Documentos (ICDAR). Deformation modeling and classification using deep convolutional neural networks for computerized analysis of neuropsychological drawings [en línea]. Pakistan, agosto 2015 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04735-8>
ISBN: 978-1-4799-1805-8

MOETESUM, Monina [et al.]. Deformation modeling and classification using deep convolutional neural networks for computerized analysis of neuropsychological drawings [en línea]. London, enero 2020 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04735-8>

MÖRHAN, Markus y EIDENBERGER Horst. Pattern Analysis and Applications. Gestalt descriptions for deep image understanding [en línea]. Austria, Julio 2020 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021].

Disponible en https://www.researchgate.net/publication/342607601_Gestalt_descriptions_for_deep_image_understanding

MUÑOZ, Lisbe. Test Gestaltico Viso-Motor de Laretta Bender [en línea]. Ecuador., 2019 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://fdocuments.ec/reader/full/test-bender-completo>

MUÑOZ, Milton, et al. Diseño de un sistema de reconocimiento de patrones en imágenes termográficas y de huella plantar para la identificación de pie plano en niños con edades entre cinco y seis años [en línea]. Revista científica, 2019, n.º 36, p. 313-324. [Fecha de consulta 19 de mayo de 2021] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n36/2344-8350-cient-36-313.pdf>

NAZAR, Haris, [et al.]. Classification of Graphomotor Impressions Using Convolutional Neural Networks: An Application to Automated Neuro-Psychological Screening Tests. [En línea]. Noviembre 2017, Japón [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/327079531.pdf>
ISBN: 2379-2140

Numpy. ¿Qué es numpy? [En línea]. 2021 [fecha de consulta: 15 de junio del 2021]. Disponible en: <https://numpy.org/doc/stable/user/whatisnumpy.html#>

ÑAUPAS, Humberto. Metodología de la investigación científica y elaboración de tesis. 3.ªed. Lima:Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2013. 455 pp.

OpenCV. Acerca de OpenCv [en línea]. 2021 [fecha de consulta: 15 de junio del 2021]. Disponible en: <https://opencv.org/about/>

OpenCV. Introducción a SIFT (transformación de características de escala invariable) [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 29 de mayo del 2021]. Disponible en: https://docs.opencv.org/master/da/df5/tutorial_py_sift_intro.html

OpenCV. Visión por computador de código abierto [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 28 de mayo del 2021]. Disponible en: https://docs.opencv.org/3.4/d3/d28/classcv_1_1MSER.html

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. Int. J. Morphol. Chile, 2017 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

OTZEN, Tamara, MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio [en línea]. International journal of morphology, 2017, vol. 35, n.º. 1, p. 227-232. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2021] Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext
ISSN 0717-9502.

PACHECO, M. A. Identificación de sistemas no lineales con redes neuronales convolucionales. Tesis (Maestro en Ciencias de Control Automático). Ciudad de México: CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS, 2017.

Disponible en: <https://www.ctrl.cinvestav.mx/~yuw/pdf/MaTesMLP.pdf>

PÉREZ, Erika, ROJAS, Diana. Impacto de la inteligencia artificial en las empresas con un enfoque global [en línea]. 2019, 46 pp. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2021].

Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628123/P%C3%A9rezL_E.pdf?sequence=3&isAllowed=y

RESTREPO, Alberto. Procesamiento de imágenes médicas [en línea]. Revista Universidad EAFIT, 1998, vol. 34, no 110, p. 86-92. [Fecha de consulta: 14 de mayo del 2021]

Disponible en: <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/16398/document%20-%202020-08-17T102624.901.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

RIQUELME, Silvia, et al. Gestión Documental: buena práctica para reducir el consumo de papel en apoyo al desarrollo sostenible [en línea]. GECONTEC: Revista Internacional de Gestión Del Conocimiento y La Tecnología, 2019, vol. 7, n.º 1, p. 78-92. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2021]

Disponible en: <https://www.upo.es/revistas/index.php/gecontec/article/view/4057/3373>

SHARMA, Harshita [et al.]. Computerized Medical Imaging and Graphics. Deep convolutional neural networks for automatic classification of gastric carcinoma using whole slide images in digital histopathology [en línea]. Alemania, junio 2017 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2017.06.001>

SIREGAR, Sandy, WANTO, Anjar. Analysis of Artificial Neural Network Accuracy Using Backpropagation Algorithm In Predicting Process (Forecasting) [en línea]. IJISTECH (International Journal of Information System & Technology), 2017, vol. 1, nº 1, p. 34-42.

[Fecha de consulta: 23 de mayo del 2021]
Disponible en: <http://ijistech.org/ijistech/index.php/ijistech/article/view/4/pdf>
ISSN: 2580-7250

TABARES, Juliana, CORREA Santiago. Una aproximación a los estudios sociales de la tecnología [en línea]. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad, 2014, p. 129-144. [Fecha de consulta: 29 de mayo del 2021].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/924/92430866007.pdf>
ISSN: 1668-0030

TECNONAUTAS. ¿Cuáles son los recursos del sistema de un ordenador y por qué se agotan? [En línea]. 2020. [Fecha de consulta: 29 de mayo del 2021].

Disponible en: <https://tecnonautas.net/cuales-son-los-recursos-del-sistema-de-un-ordenador-y-por-que-se-agotan/>

Universidad de Alcalá. SCIKIT-LEARN, HERRAMIENTA BÁSICA PARA EL DATA SCIENCE EN PYTHON [en línea]. 2021 [fecha de consulta: 15 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.master-data-scientist.com/scikit-learn-data-science/>

VALDERRAMA, Jhony. Clasificación de objetos usando aprendizaje profundo implementado en un sistema embebido [en línea]. 2017,132 pp. [Fecha de consulta 29 de mayo del 2021] Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10242/T08069.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

VÁSQUEZ, Y. et al. Procesamiento de las Imágenes con Matlab (Venas de los dedos) [en línea]. Universitaria de Investigación y Desarrollo, 2016, vol. 1, p. 1-31.

[Fecha de consulta 13 de mayo de 2021] Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Beltran-7/publication/303966376_Procesamiento_de_Imagenes_con_Matlab_Venas_de_los_Dedos/links/57608b8c08ae227f4a3f2a3b/Procesamiento-de-Imagenes-con-Matlab-Venas-de-los-Dedos.pdf

WANG, Chuang [et al.]. Radiotherapy and Oncology. Segmenting lung tumors on longitudinal imaging studies via a patient-specific adaptive convolutional neural network [en línea]. New York, diciembre 2018 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2018.10.037>

WON-DU, Chan, YOUNG-JUN Yang, SEONG-LIN Choi. 합성곱 신경망을 이용한 Bender Gestalt Test 영상인식. Revista de la sociedad Multimedia de Corea [en línea]. Abril 2019, vol. 22 London, 2020 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04735-8>

XING, Fuyong. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. Deep Learning in Microscopy Image Analysis: A Survey [en línea]. Florida, noviembre 2017 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8118310>
ISBN: 2162-2388

XLSTAT. Análisis detallado de sensibilidad y especificidad [en línea]. Paris. 2021 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.xlstat.com/es/legal/legal-mentions>

XU, Jun [et al.]. Neurocomputing. A Deep Convolutional Neural Network for segmenting and classifying epithelial and stromal regions in histopathological

images [en línea]. China, junio 2016 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.01.034>

ZAMORA, José. Análisis de la confiabilidad de los resultados de la prueba de diagnóstico matemática en la Universidad de Costa Rica utilizando el modelo de Rasch [en línea]. Costa Rica, vol. 29, 2015 [fecha de consulta: 06 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1332/133242591014/html/>

ANEXOS

Anexo 3: Formulario de consentimiento informado de las personas que formaran parte de la muestra

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Luz Evelyn Suárez Morales identificado con el número de DNI 47129680 he sido informado sobre el procedimiento de la investigación titulada "SISTEMA DE EVALUACIÓN VISOMOTOR PRELIMINAR CON EL TEST DE BENDER", desarrollado por Victor Shairut Llactahuaman Pacheco y Juan Eduardo Huertas Aldana y se me ha entregado una copia de este consentimiento informado, fechado y firmado. Mis resultados se juntarán con los obtenidos por los demás participantes y en ningún momento se revelará mi identidad.

Mi consentimiento lo otorgo de manera voluntaria y sé que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento del mismo, por cualquier razón de fuerza mayor, sin que ello implique alguna consecuencia desfavorable para mí. Por lo tanto, en forma consciente y voluntaria doy mi consentimiento para ser parte de este proyecto de investigación.

Lima, 22 de octubre del 2021

Suárez Morales Luz Evelyn

Apellidos y Nombres



Firma del Participante

47129680

DNI



Huella Dactilar

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Jhonny Alexander Sarango Pantoja estudiante de psicología de los últimos ciclos, identificado con el número de DNI 72562376 he sido informado sobre el procedimiento de la investigación titulada "SISTEMA DE EVALUACIÓN VISOMOTOR PRELIMINAR CON EL TEST DE BENDER", desarrollado por Victor Shairut Llactahuaman Pacheco y Juan Eduardo Huertas Aldana y se me ha entregado una copia de este consentimiento informado, fechado y firmado. Mis resultados de la evaluación de los test se juntarán con los obtenidos por los demás integrantes y en ningún momento se revelará mi identidad.

Mi consentimiento lo otorgo de manera voluntaria y sé que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento del mismo, por cualquier razón de fuerza mayor, sin que ello implique alguna consecuencia desfavorable para mí. Por lo tanto, en forma consciente y voluntaria doy mi consentimiento para ser parte de este proyecto de investigación.

Lima, 07 de Octubre del 2021

 Jhonny Alexander Sarango Pantoja

Apellidos y Nombres



Firma del Participante

 72562376

DNI



Huella Dactilar

Anexo 4: Formulario de la conformidad de revisión de las interfaces

REVISION DE INTERFACES

Yo Luz Evelyn Suárez Morales identificado con el número de DNI 47129680 apruebo las interfaces del "SISTEMA DE EVALUACIÓN VISOMOTOR PRELIMINAR CON EL TEST DE BENDER", desarrollado por Victor Shairut Llactahuaman Pacheco y Juan Eduardo Huertas Aldana y se me ha entregado una copia de este consentimiento informado, fechado y firmado.

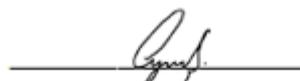
Mis anotaciones y aprobaciones de las interfaces se juntarán con los obtenidos por los demás participantes y en ningún momento se revelará mi identidad.

Mi consentimiento lo otorgo de manera voluntaria y sé que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento del mismo, por cualquier razón de fuerza mayor, sin que ello implique alguna consecuencia desfavorable para mí. Por lo tanto, en forma consciente y voluntaria doy mi consentimiento para ser parte de este proyecto de investigación.

Lima, 07 de Octubre del 2021

____Suárez Morales Luz Evelyn____

Apellidos y Nombres



Firma del Participante

____47129680____

DNI



Huella Dactilar

ANEXO 5: Matriz de consistencia

Tabla 6. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
General	General	General			
¿Cuál es el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en los psicólogos?	Determinar el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en psicólogos	El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender mejora el resultado de la evaluación.			
Específicos	Específicos	Específicos			
PE1: ¿Cuál es el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en la sensibilidad del diagnóstico preliminar?	OE1: Determinar el efecto del uso del sistema de evaluación con el test de Bender en la sensibilidad del diagnóstico preliminar.	HE1: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la sensibilidad del diagnóstico preliminar.	Efecto del uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender	Confiabilidad del diagnóstico preliminar (Zamora, 2015, parr.19)	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la sensibilidad: $VP / VP + FN$ - Incremento: $Sensibilidad Actual - Sensibilidad Anterior / Sensibilidad Total$ (XLSTAT, 2021, párr. 3) - Incremento de la precisión: $VP/(VP+FP)$ (XLSTAT, 2021, párr. 3) - Incremento de exactitud: $(VP+VN) / (VP+VN+FP+FN)$ (FISTERRA, 2021, párr.12)
PE2: ¿Cuál es el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en la especificidad del diagnóstico preliminar?	OE2: Determinar el efecto del uso del sistema de evaluación con el test de Bender en la especificidad del diagnóstico preliminar.	HE2: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la especificidad del diagnóstico preliminar del test de Bender.			
PE3: ¿Cuál es el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en la precisión del diagnóstico preliminar?	OE3: Determinar el efecto del uso del sistema de evaluación con el test de Bender en la precisión del diagnóstico preliminar.	HE3: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender incremento la precisión del diagnóstico preliminar del test de Bender.			
PE4: ¿Cuál es el efecto del uso del sistema de evaluación visomotor preliminar con el test de Bender en el tiempo de diagnóstico preliminar?	OE4: Determinar el efecto del uso del sistema de evaluación con el test de Bender en el tiempo de diagnóstico preliminar.	HE4: El uso de sistema de evaluación visomotor con la aplicación del test de Bender disminuyo el tiempo de evaluación.			
				Tiempo de evaluación (Pérez y Rojas, 2019, p.22).	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del tiempo: $(Tiempo final - tiempo inicial) / tiempo inicial$ (Pérez y Rojas, 2019, p.22).

Fuente: elaboración propia

ANEXO 6: Matriz de operacionalización de variables

Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Efecto del uso de sistema de evaluación visomotor preliminar con la aplicación del test de Bender	La prueba de Bender o Gestal constituye dos grupos visomotoras y giestálticas, la primera hace referencia a que el sujeto realiza la actividad de copiar figuras que se le presentan, la segunda se basa en la psicología de la forma, esta se utiliza tanto en niños y adultos (Heredia, Hidalgo y Rocha, 2012. p.8).	El test de Bender consta de la gráfica de 9 imágenes donde se evalúa el nivel de maduración, mediante éste se puede detectar retraso en la maduración, madurez para el aprendizaje, diagnosticar lesión cerebral y retraso mental, mediante puntuaciones como la de Koppitz (Heredia, Hidalgo y Rocha, 2012. p.10).	Confiabilidad del diagnóstico preliminar (Zamora, 2015, párr.19)	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la sensibilidad (XLSTAT, 2021, párr. 3) - Incremento de la especificación (XLSTAT, 2021, párr.4) - Incremento de la precisión. (FISTERRA, 2021, párr.12). 	Encuesta (Hernández y Mendoza ,2018, p.251)	-Razón
			Tiempo de evaluación (Moeterum et al., 2020, p.1).	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del tiempo de diagnóstico. (Pérez y Rojas, 2019, p.22). 		Cronometro

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7: Esquema genérico de una red neuronal convolucional

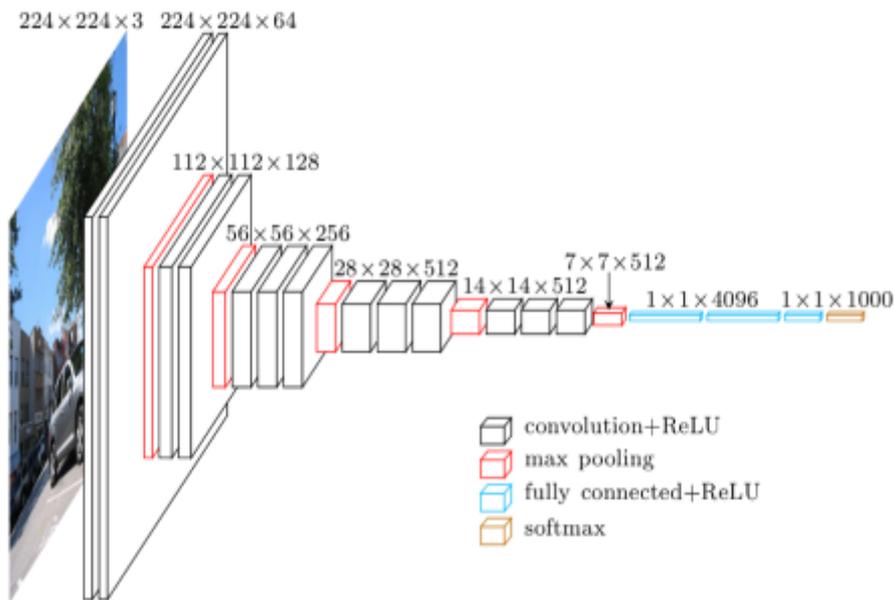


Figura 6. Procesamiento de imagen con algoritmo de machine learning (Erroz, 2019, p.14)

El esquema genérico muestra la estructura de una red neuronal convolucional, la imagen indica el proceso desde la entrada de la imagen de 224x224 por tres canales, esta va realizando una serie de convoluciones, máx pooling y función de activación para que al final tenga una salida de 1000 píxeles que serán procesados por una red neuronal como el perceptrón multicapa.

ANEXO 7: Figuras del test de Bender

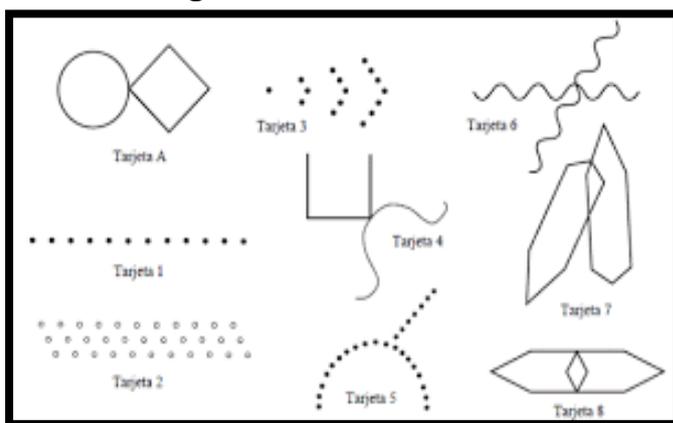


Figura 7. Figuras del test de Bender

La figura 7 contiene todas las imágenes que el paciente debe realizar al momento de efectuar el test de Bender, en ello se observan las 9 figuras dibujadas de forma ideal en una hoja, el paciente deberá dibujar cada imagen

una después de otra, esto se realiza con la presencia de un especialista que lo estará observando y anotando otras características, el especialista mostrará una tarjeta cada vez que el paciente lo solicite, esta imagen representa la forma tradicional de realizar el test.

ANEXO 8: Puntuación de Koppitz del test perceptivo viso-motor de Bender

TEST PERCEPTIVO VISO-MOTRIZ de BENDER

Nombre y apellidos _____ F. Nacimiento _____ Edad: ____ años. ____ meses

Colegio: _____ Nivel escolar: _____ Fecha de aplicación: _____

Tiempo empleado para completar el test. (Es significativo sólo cuando termina fuera de los límites críticos.)		Límite Crítico	
		Edad	Intervalo
Comienza:	Largo: Lento, perfeccionista, esfuerzo para compensar dificultades perceptivo-motoras. Corto: Impulsividad, falta de concentración, bajo rendimiento escolar. (o Alta capacidad)	5 años	3 a 10 min.
Termina:		5 ½	4 a 10 min.
TOTAL	minutos	6 a 8 ½	4 a 9 min.
		9 a 10 años	4 a 8 min.

FIGURA	ITEM (puntuados como presente/ausente: 1 ó 0). En caso de duda, no se computa.	P.D.	INDICADORES DISFUNCIÓN (* Común. Inmadurez funcional (**) Casi exclusivo de DCM		
A 	1. Distorsión forma 1a. Uno o ambos muy achatado o deformado..... 2b. Desproporción (uno es el doble).....		* Adición u omisión ángulos		
	2. Rotación parcial/total 45° ó + de tarjeta o dibujo. 3. Integración (separ/solapam. >3mm en la unión)..		* * (a partir de 6 años)		
	4. Distorsión forma (5 ó + puntos son círculos)..... 5. Rotación (45° o más en tarjeta/dibujo)..... 6. Perseveración. (> 15 puntos por fila).....		* ** ** (>7 años)		
1	7. Rotación..... 8. Integr.: Omisión/adición filas. 4 ó +círculos en mayoría de columnas. Fusión con Fig. 1..... 9. Perseveración (>14 columnas).....		* (> 8 años) ** (> 6 años) ** (>7 años)		
	2 	10. Dist. Forma (5 ó + puntos convert. en círculos).. 11. Rotación del eje 45° ó + en dibujo (o la tarjeta). 12. Integración (forma no conseguida): 12a. Desintegración del diseño..... 12b. Línea continua en vez de hileras de puntos..		* (> 6 años) ** (>7 años) * (>5 años) **	
		3 	13. Rotación (de la figura o parte 45°, o de tarjeta). 14. Integración (separación o superpos. > 3 mm.).....		** *
15. Dist. Forma (5 ó + puntos convert. en círculos).. 16. Rotación 45° o más (total o parcial)..... 17. Integración. 17a Desinteg.: recta o círculo puntos (no arco), la extensión atraviesa el arco.. 17b. Línea continua en vez de puntos.....				* (>8 años) * ** En todas las edades	
4 	18. Distorsión de la forma: 18 a. Tres o más ángulos en vez de curvas..... 18 b. Líneas rectas..... 19. Integración (cruzan mal)..... 20. Perseveración (6 ó + sinusoides completos en cualquiera de las dos líneas).....		* Sustitución de curvas por ángulos ** Sust. curvas X líneas rectas * ** (> 7 años)		
	5 	21. Distorsión forma: 21 a. Desproporción tamaño (El doble)..... 21 b. Deformación hexágonos (> n° < ángulos)... 22. Rotación parcial/total figura o tarjeta (45° ó +).... 23. Integración (no se superponen o lo hacen demasiado, un hexágono penetra totalmente).....		* Adición/omisión ángulos (>8 años) * (>7 años) ** (>6 años) * (>6 años)	
		6 	24. Distorsión forma (deformada, > < n° ángulos)..... 25. Rotación eje en 45° o más.....		* Adición/omisión ángulos (>6 años) **
			P.D. TOTAL (máx 25):		
Edad visomotora		Grado equivalente	Indicadores Disfunción Cerebral		
De..... a.....		Igual que los niños que inician el año	Inmadurez funcional..... Casi exclusivos DCM		

1

Figura 8. Puntuación de Koppitz del test perceptivo viso-motor de Bender.

En la figura 8 se muestra el test de Bender con el sistema de puntuación de Koppitz, en ella van los datos del paciente como nombre, edad, tiempo de ejecución, además presenta 30 items de calificación con errores de puntuación que son llenados por el experto psicólogo en base a la calificación que realiza a las figuras dibujadas y en la parte inferior muestra los resultados que se obtienen.

Tabla 8. Puntuación de Koppitz del test perceptivo viso-motor de Bender.

Puntaje	Edad de maduración	Puntaje	Edad de maduración	Puntaje	Edad de maduración
≥ 21	Menor a 4 años 0 meses	13	5 años 0 meses / 5 años 1 mes	6	7 años 0 meses / 7 años 5 meses
20	4 años 0 meses	12	5 años 2 meses / 5 años 3 meses	5	7 años 6 meses / 7 años 11 meses
19	4 años 1 mes	11	5 años 4 meses / 5 años 5 meses	4	8 años 0 meses / 8 años 5 meses
18	4 años 2 meses / 4 años 3 meses	10	5 años 6 meses / 5 años 8 meses	3	8 años 6 meses / 8 años 11 meses
17	4 años 4 meses / 4 años 5 meses	9	5 años 9 meses / 5 años 11 meses	2	9 años 0 meses / 9 años 11 meses
16	4 años 6 meses / 4 años 7 meses	8	6 años 0 meses / 6 años 5 meses	1	10 años 0 meses / 10 años 11 meses
15	4 años 8 meses / 4 años 9 meses	7	6 años 6 meses / 6 años 11 meses	0	11 años 0 meses / 11 años 11 meses
14	4 años 10 meses / 4 años 11 meses				

En la tabla 8 muestra la edad de maduración visomotora que el paciente obtiene del test según su puntuación, esto se da en base a la puntuación de Koppitz, en donde 0 representa que las gráficas del test ha sido realizado correctamente y no se realizó ningún error, esta edad pertenece a los 11 años, hasta el puntaje mayor a 21 que indica la edad de maduración referente es al de un niño menor a 4 años

ANEXO 9: Diagrama relacional del sistema

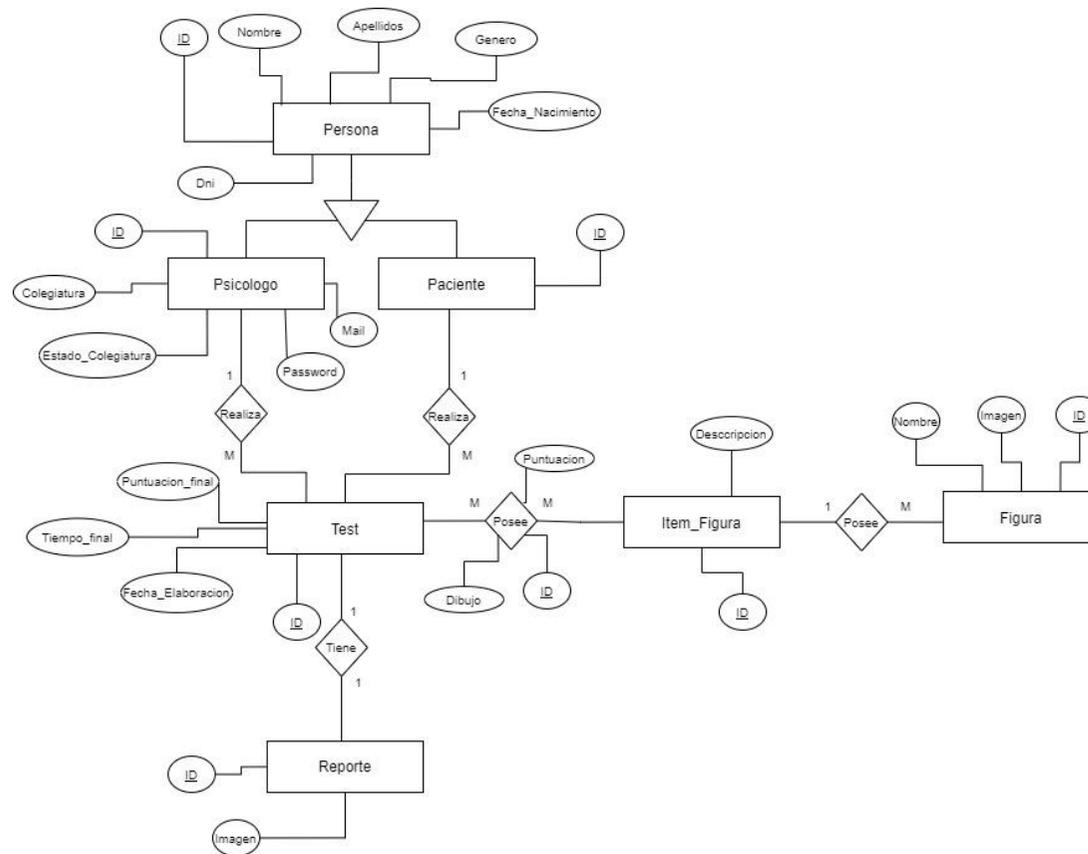


Figura 9. Diagrama relacional del sistema.

En la figura 9 se muestra el diagrama de entidad relación de nuestro sistema, para normalizar nuestra base de datos de una manera correcta.

ANEXO 10: Modelo de base de datos relacional

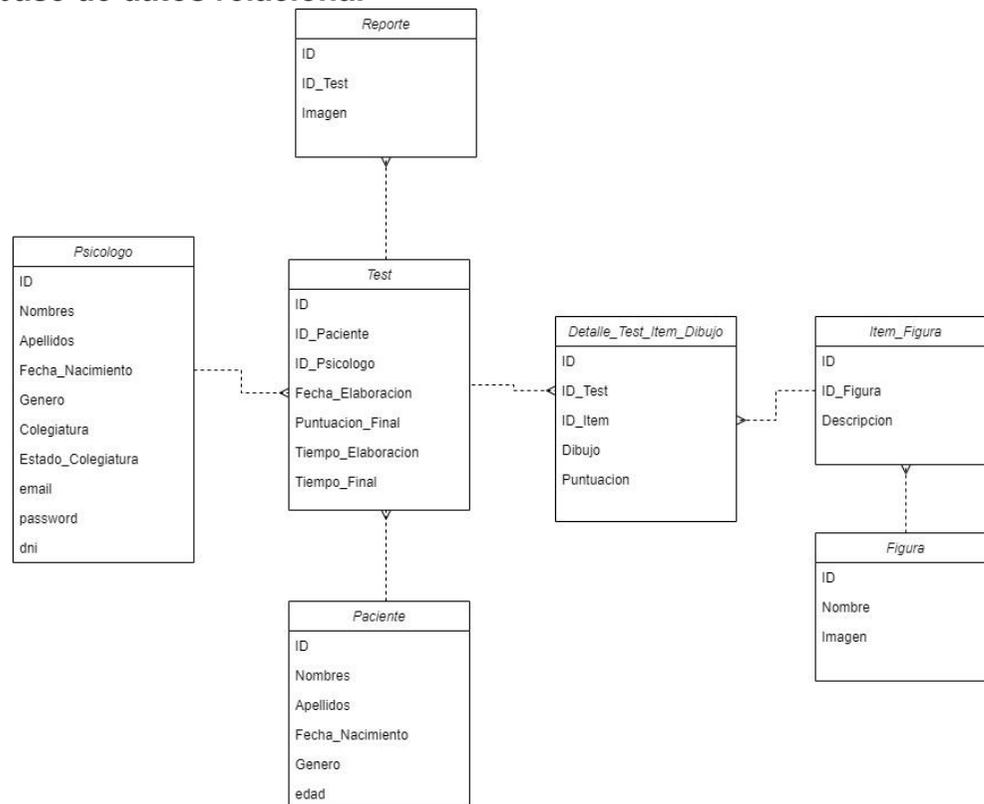


Figura 10. Modelo de base de datos relacional.

En la figura 10 se muestra el modelo de base de datos donde se guardarán los datos del usuario y de la puntuación del test que realizará.

ANEXO 11: Diccionario de datos

Tabla 9. Descripción de las tablas del modelo de base de datos relacional.

Nombre de las Tablas	Descripción
Psicólogo	Tabla donde se registraran los datos del Psicólogo a cargo de la evaluación del test psicológico de Bender.
Paciente	Tabla donde se registraran los datos del Paciente que realizara el test psicológico de Bender.
Figura	Tabla donde se registraran las figuras que contiene el test de Bender.
Item_Figura	Tabla donde se registraran los ítems que posee cada figura según la escala de Koppitz.
Test	Tabla donde se registraran los datos del test realizado por el paciente y evaluado por el psicólogo a cargo.
Detalle_Test_Item_Dibujo	Tabla donde registraran las puntuaciones de cada dibujo realizado por el paciente con relación a sus ítems que poseen.
Reporte	Tabla donde se registraran los reportes generados en formato imagen del resultado del Test realizado por el paciente.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se describe cada tabla de nuestro modelo de base de datos

Tabla 10. Descripción Tabla Psicólogo

Nº	Nombre	Llave primaria	Llave Secundaria	Tipo	Descripción
1	ID	Si		Int	Identificador único del Psicólogo.
2	Nombres			Varchar(50)	Nombres del Psicólogo.
3	Apellidos			Varchar(50)	Apellidos del Psicólogo.
4	Fecha_Nacimiento			Date	Fecha de nacimiento de Psicólogo.
5	Genero			Varchar(20)	Genero del Psicólogo.

6	Colegiatura			Varchar(20)	Colegiatura del Psicólogo.
7	Estado_Colegiatura			Varchar(20)	Estado de la colegiatura de Psicólogo.
8	Email			Varchar(50)	Email de inicio de sesión del psicólogo.
9	Password			Varchar(50)	Password de inicio de sesión del psicólogo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se hace una descripción de todos los datos que poseerá la tabla Psicólogo, mencionando si es llave primaria o secundaria, el tipo y su descripción.

Tabla 11. Descripción Tabla Paciente

Nº	Nombre	Llave primaria	Llave Secundaria	Tipo	Descripción
1	ID	Si		Int	Identificador único del paciente.
2	Nombres			Varchar(50)	Nombres del paciente.
3	Apellidos			Varchar(50)	Apellidos del paciente.
4	Fecha_Nacimiento			Date	Fecha de nacimiento del paciente.
5	Genero			Varchar(20)	Genero del paciente.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se hace una descripción de todos los datos que poseerá la tabla Paciente, mencionando si es llave primaria o secundaria, el tipo y su descripción.

Tabla 12. Descripción Tabla Figura.

Nº	Nombre	Llave primaria	Llave Secundaria	Tipo	Descripción
1	ID	Si		Int	Identificador único de cada Figura del test de Bender.
2	Nombre			Varchar(15)	Nombre de la figura del test de Bender
3	Imagen			Varchar(100)	Imagen (Url) de la figura del test de Bender

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se hace una descripción de todos los datos que poseerá la tabla Figura, mencionando si es llave primaria o secundaria, el tipo y su descripción.

Tabla 13. Descripción Tabla Item_Figura

Nº	Nombre	Llave primaria	Llave Secundaria	Tipo	Descripción
1	ID	Si		Int	Identificador único del Ítem que posee cada Figura.
2	ID_Figura		Si	Int	ID de la figura que le corresponde cada Ítem.
3	Descripcion			Varchar(150)	Descripción del Ítem.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se hace una descripción de todos los datos que poseerá la tabla Item_Figura, mencionando si es llave primaria o secundaria, el tipo y su descripción.

Tabla 14. Descripción Tabla Test

Nº	Nombre	Llave primaria	Llave Secundaria	Tipo	Descripción
1	ID	Si		Int	Identificador único del Test realizado por el Paciente.
2	ID_Paciente		Si	Int	Identificador único del Paciente.
3	ID_Psicologo		Si	Int	Identificador único del Psicólogo.
4	Fecha_Elaboración			Date	Fecha de evaluación del test.
5	Puntuacion_Final			Int	Puntuación final del test.
6	Tiempo_Elaboracion			Varchar(20)	Tiempo de elaboración del test en segundos

7	Tiempo_Final			Varchar(20)	Tiempo de elaboración del test en minutos
---	--------------	--	--	-------------	---

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se hace una descripción de todos los datos que poseerá la tabla Test, mencionando si es llave primaria o secundaria, el tipo y su descripción.

Tabla 15. Descripción Detalle_Test_Item_Dibujo.

Nº	Nombre	Llave primaria	Llave Secundaria	Tipo	Descripción
1	ID	Si		Int	Identificador único del detalle.
2	ID_Test		Si	Int	Identificador único del test.
3	ID_Item		Si	Int	Identificador único de cada Ítem que posee una figura.
4	Dibujo			Varchar(100)	Imagen (Url) que elaboro el paciente.
5	Puntuacion			Int	Puntuación del Ítem.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se hace una descripción de todos los datos que poseerá la tabla Detalle_Test_Item_Dibujo, mencionando si es llave primaria o secundaria, el tipo y su descripción.

Tabla 16. Descripción Tabla Reporte

Nº	Nombre	Llave primaria	Llave Secundaria	Tipo	Descripción
1	ID	Si		Int	Identificador único del reporte.
2	ID_Test		Si	Int	Identificador único del test.
3	Imagen			Varchar(100)	Imagen (Url) del reporte.

En la tabla 16 se hace una descripción de todos los datos que poseerá la tabla Reporte, mencionando si es llave primaria o secundaria, el tipo y su descripción.

ANEXO 12: Prototipos de todas las pantallas del sistema

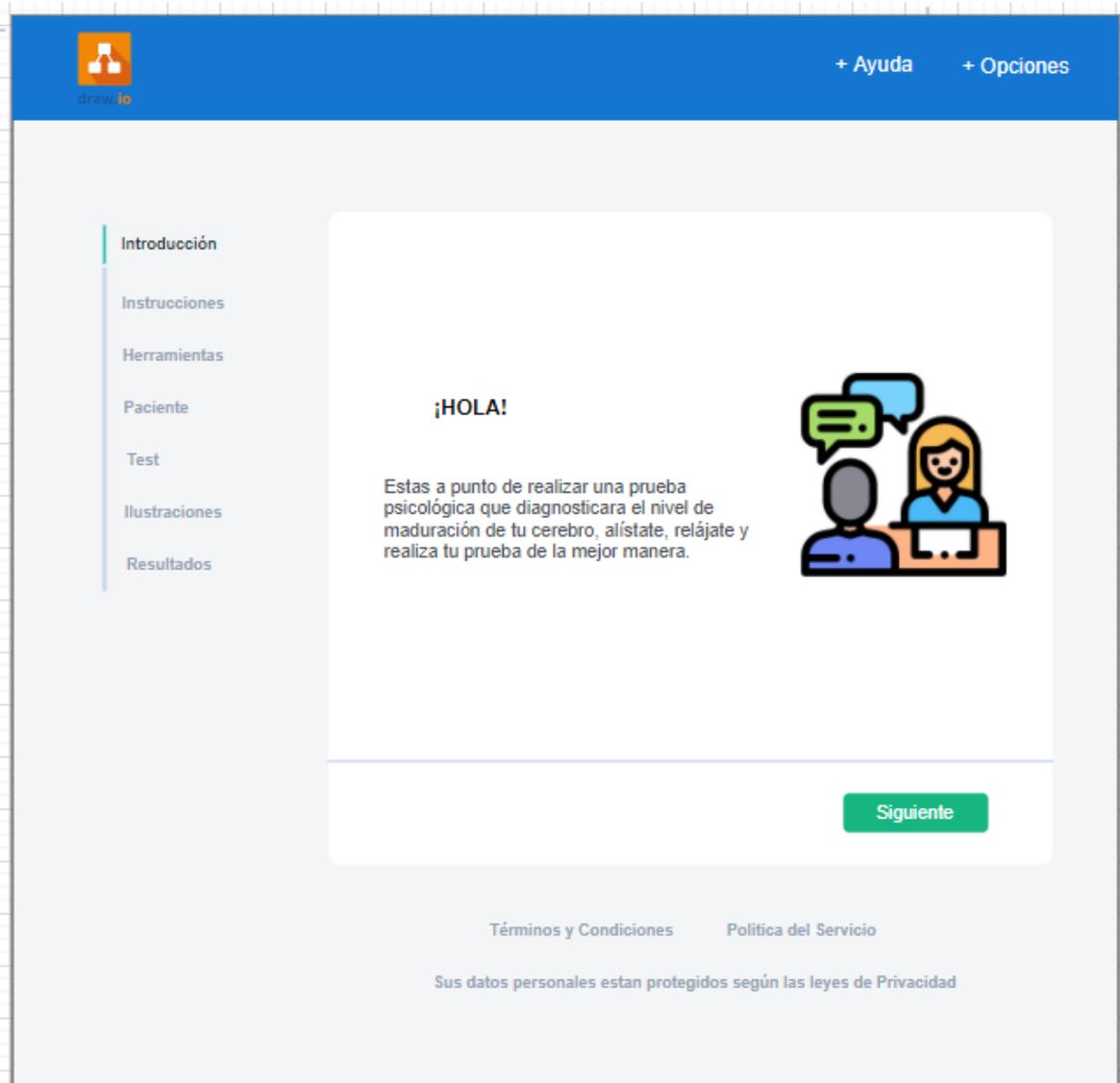


Figura 11. Prototipo de inicio del sistema.

La figura 11 se muestra la parte inicial del sistema donde se muestra un texto introductorio que hace énfasis en el objetivo del test de Bender. Además, la parte del header y el footer se repetirá en todas las interfaces.

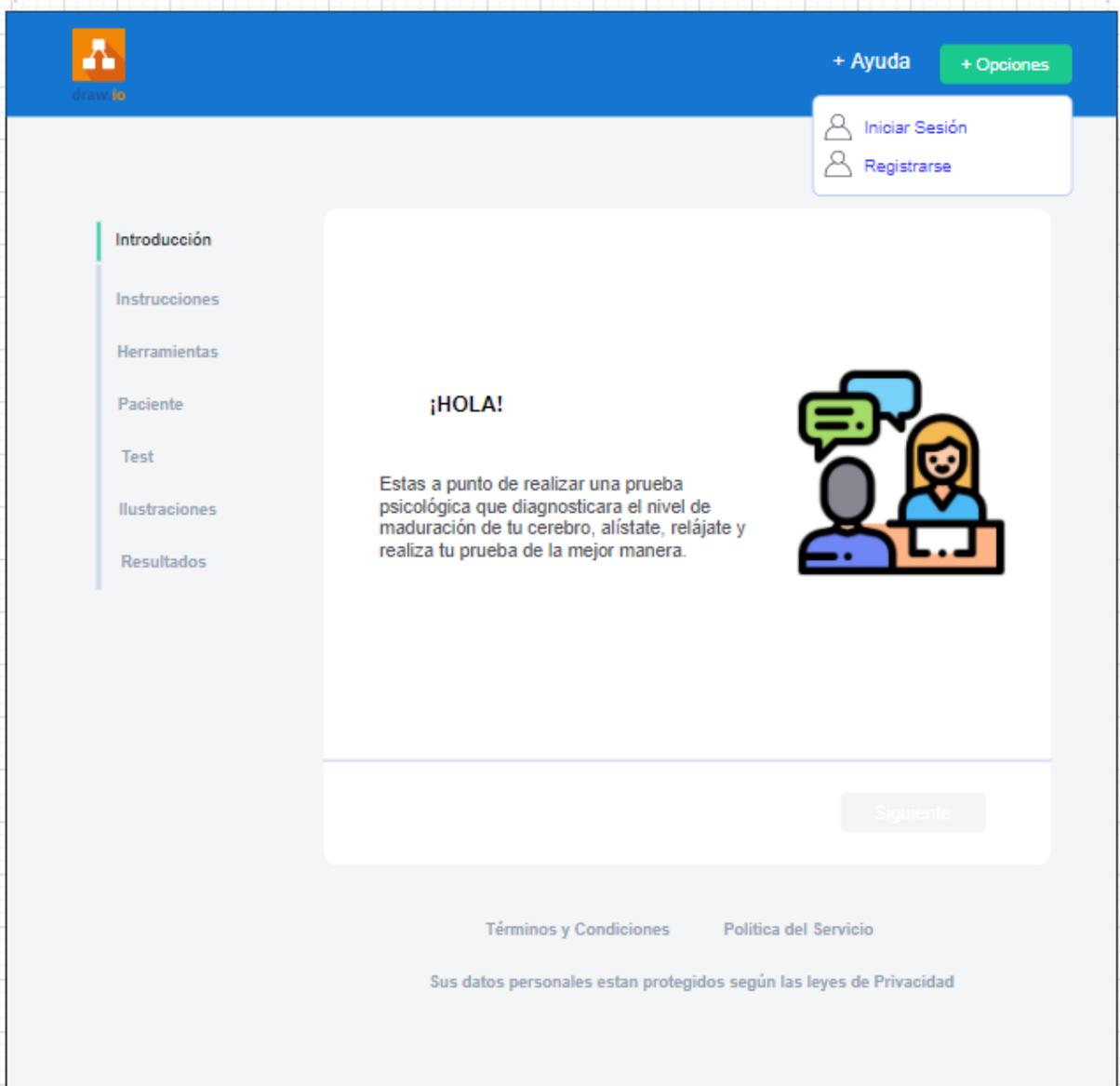


Figura 12. Prototipo de opciones del sistema.

La figura 12 se muestra las opciones que proporciona el botón opciones, al hacer click se despliega las opciones que puede elegir el usuario donde se muestran Iniciar Sesión y Registrarse.

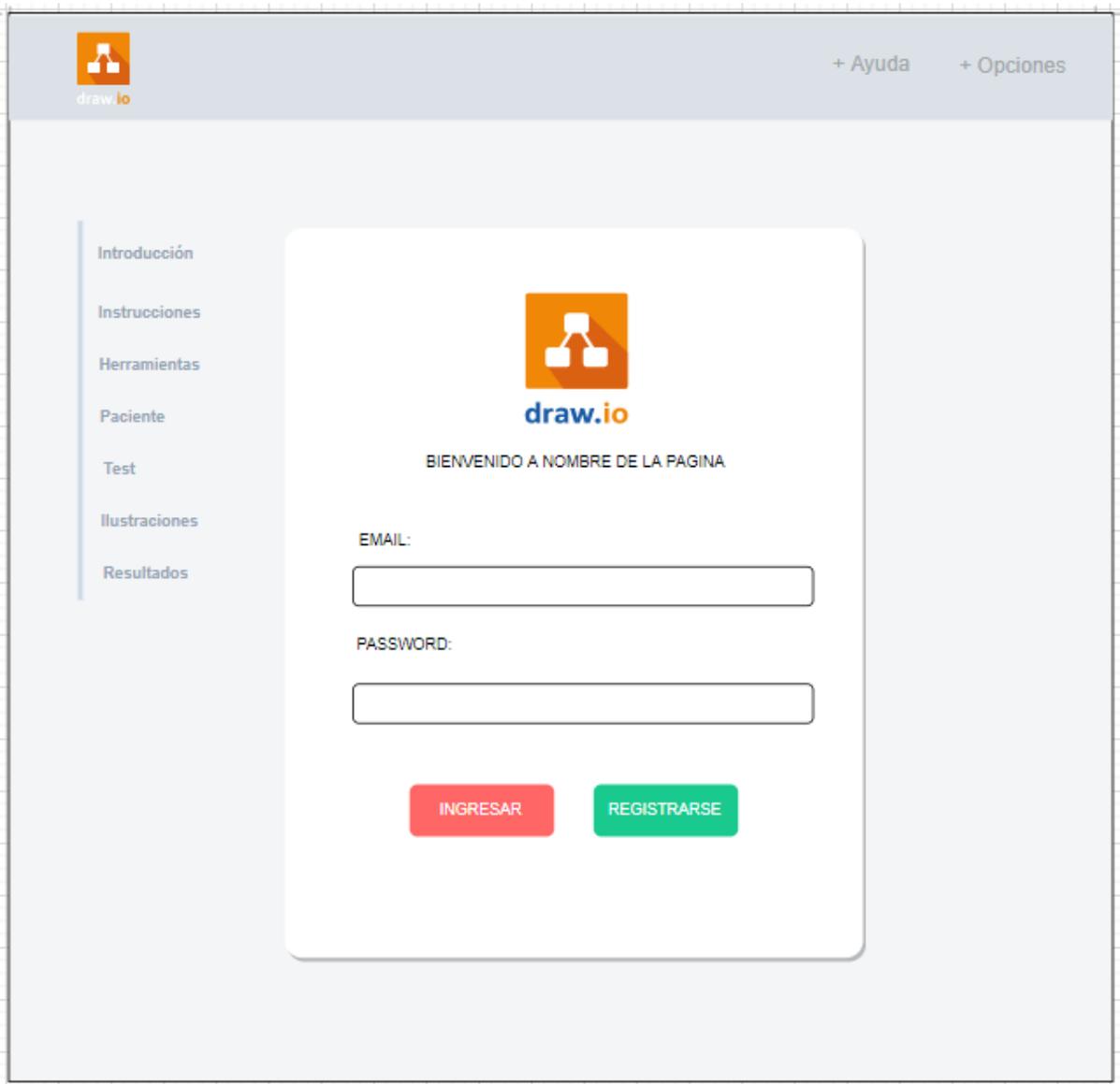


Figura 13. Prototipo de formulario de Inicio de Sesión del sistema

La figura 13 se muestra al hacer click en la opción de Iniciar Sesión se despliega el siguiente formulario para que el usuario pueda iniciar sesión para así poder realizar el test de Bender

draw.io

+ Ayuda + Opciones

Introducción

Instrucciones

Herramientas

Paciente

Test

Ilustraciones

Resultados

draw.io

REGISTRARSE

EMAIL:

PASSWORD:

NOMBRES:

ESPECIALIDAD:

REGISTRARSE

Figura 14. Prototipo de formulario de Registrarse del sistema

La figura 14 se muestra al hacer click en la opción de Registrarse se despliega el siguiente formulario para que el usuario pueda registrarse paso siguiente iniciar sesión para así poder realizar el test de Bender

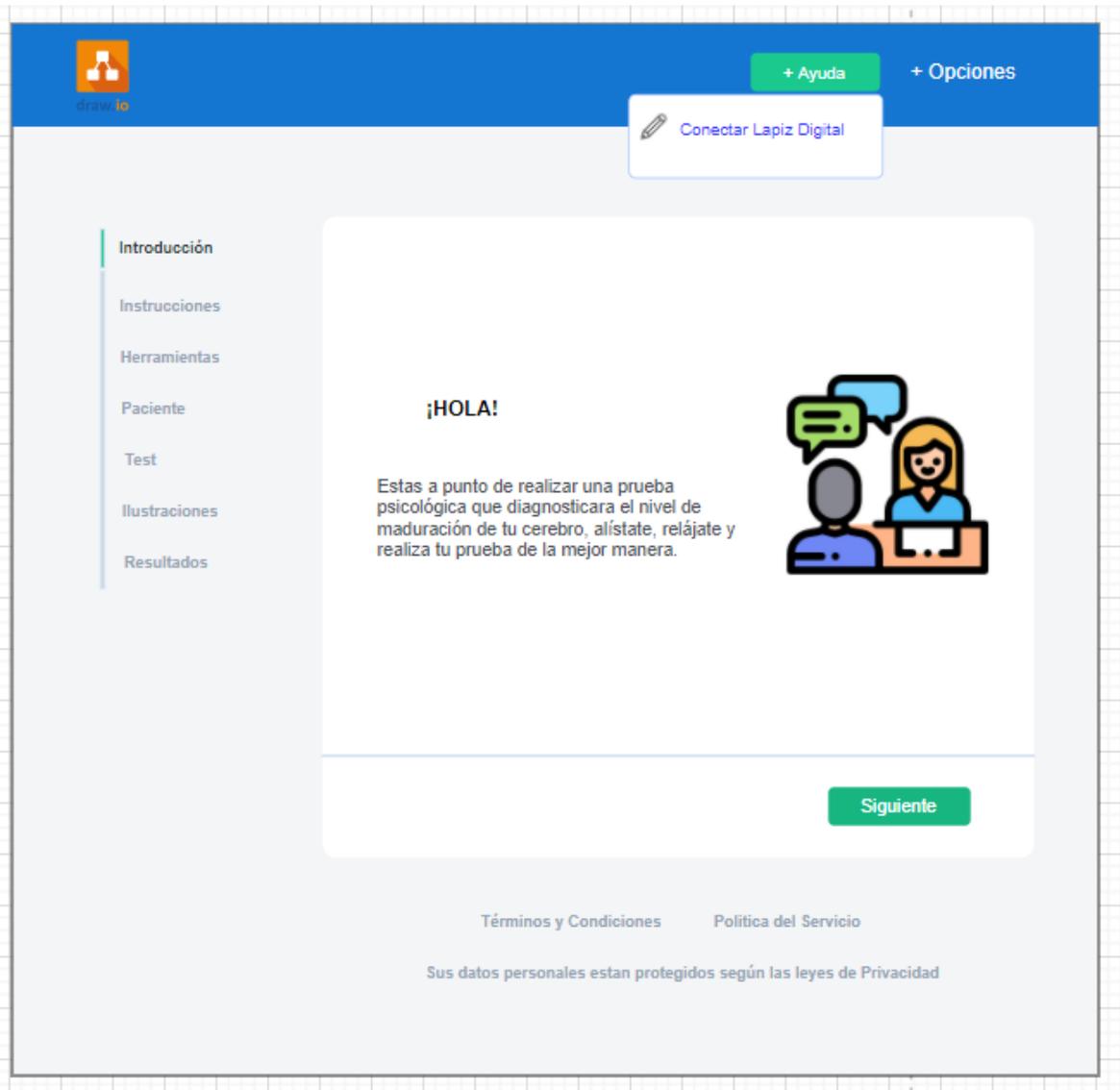


Figura 15. Prototipo de la opción ayuda del sistema

La figura 15 se muestra la acción que se ejecuta al hacer click en el botón de Ayuda, lo cual se despliega una opción donde validara si el lápiz digital está conectado o no.

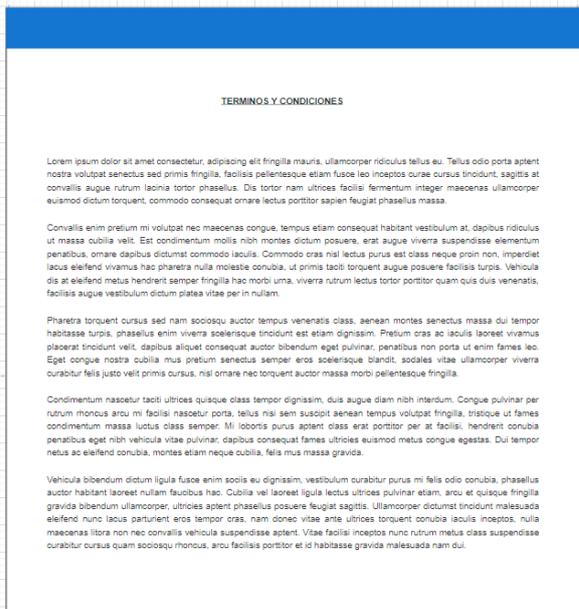


Figura 16. Prototipo de Términos y Condiciones del Sistema.

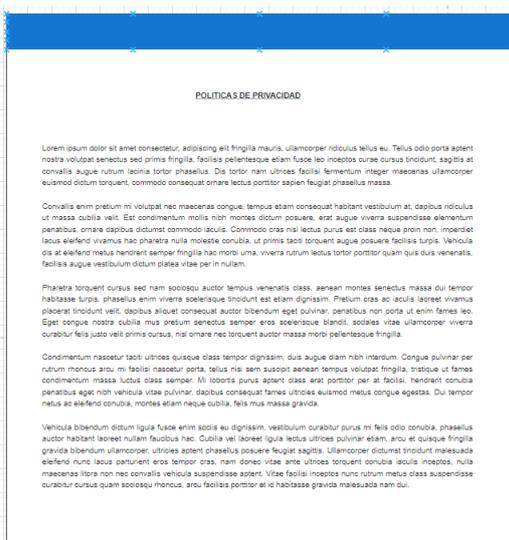


Figura 17. Prototipo de Políticas de privacidad

La figura 16 y 17 se muestra al hacer click en los textos de “Términos y Condiciones” y “Política del Servicio” nos muestra las siguientes interfaces donde describirán las políticas de privacidad, del servicio, los términos y las condiciones.

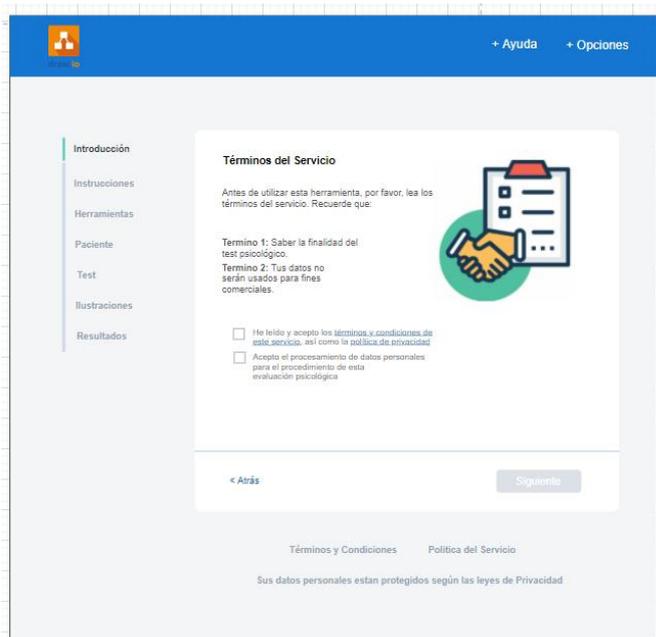


Figura 18. Prototipo de Términos del Servicio sin haber aceptado las indicaciones.

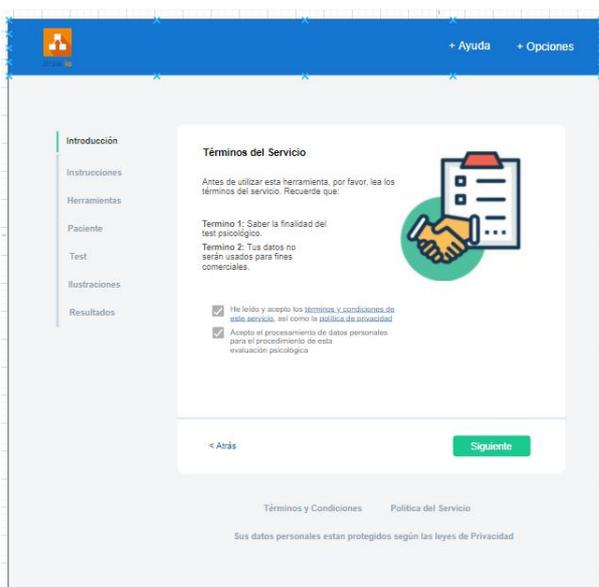


Figura 19. Prototipo de Términos del Servicio una vez aceptado las indicaciones.

La figura 18 y 19 se muestra al hacer click en el botón siguiente del primer prototipo se muestra el prototipo donde hace hincapié en mostrar los términos del servicio. Para poder acceder a la siguiente interfaz debe aceptar ambas opciones.

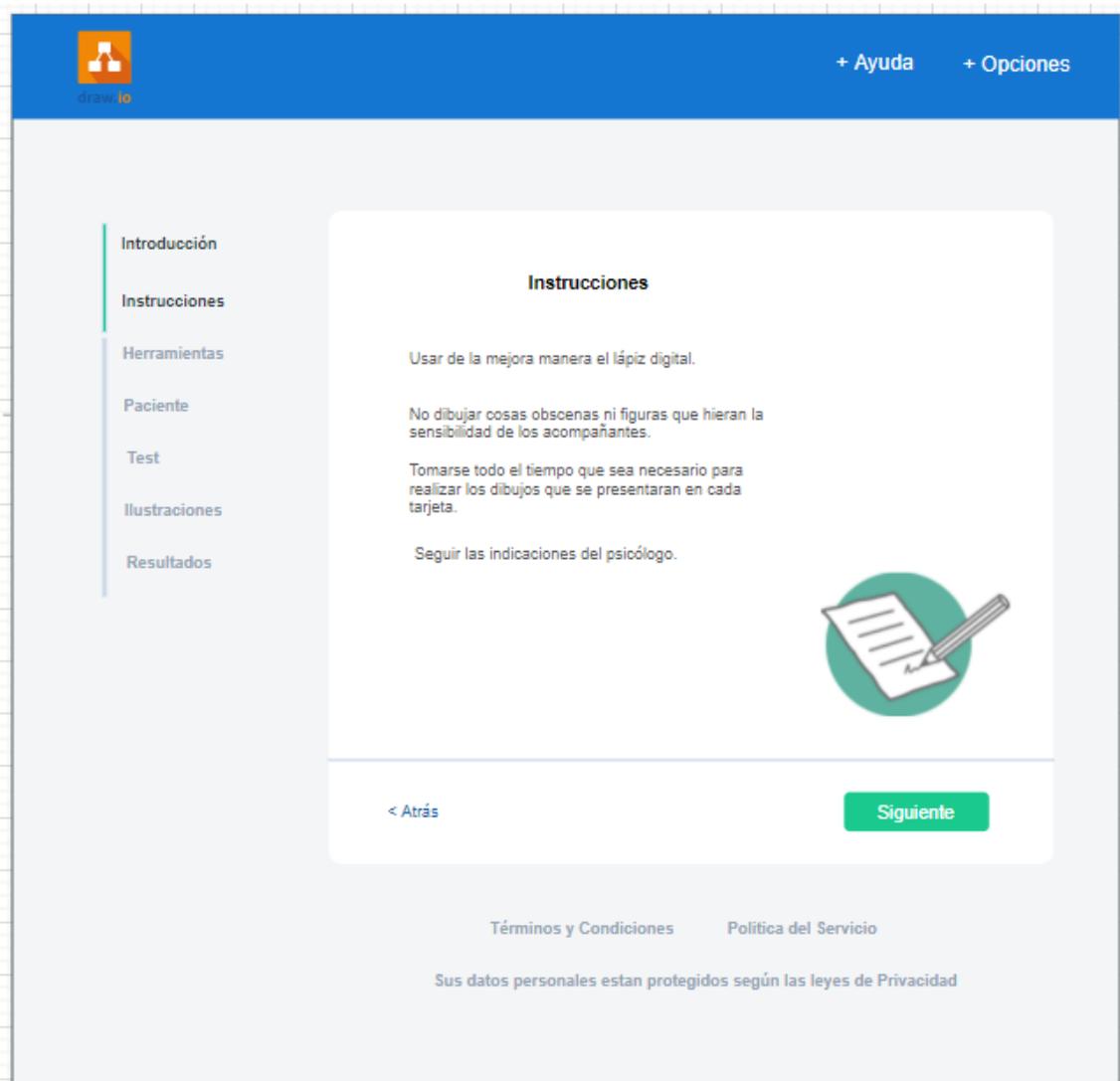


Figura 20. Prototipo de Instrucciones del sistema

La figura 20 muestra una vez el usuario haya aceptado los términos del servicio. En esta interfaz se muestra las instrucciones para que el usuario que realizara el test de Bender tome en cuenta para realizar de una mejor manera la prueba.

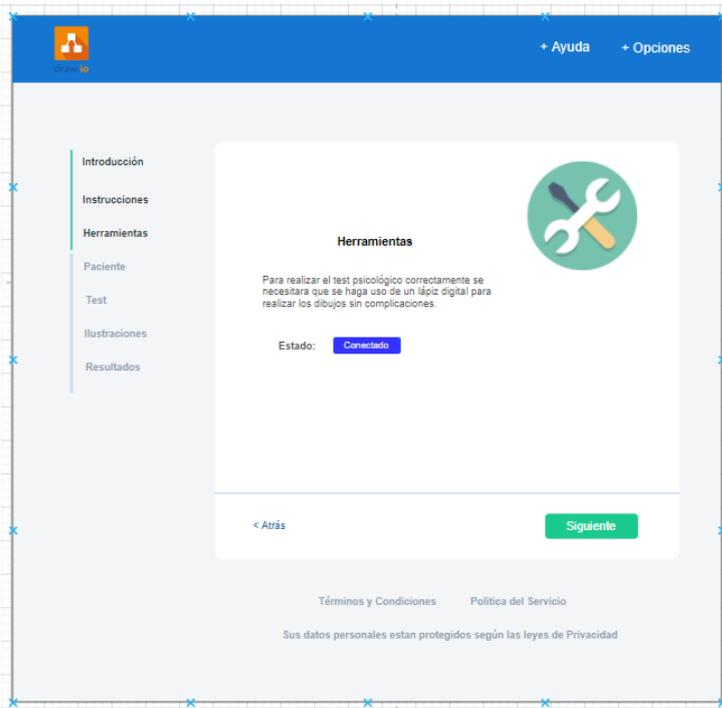


Figura 21. Prototipo de Herramientas del sistema cuando detecta el lápiz digital

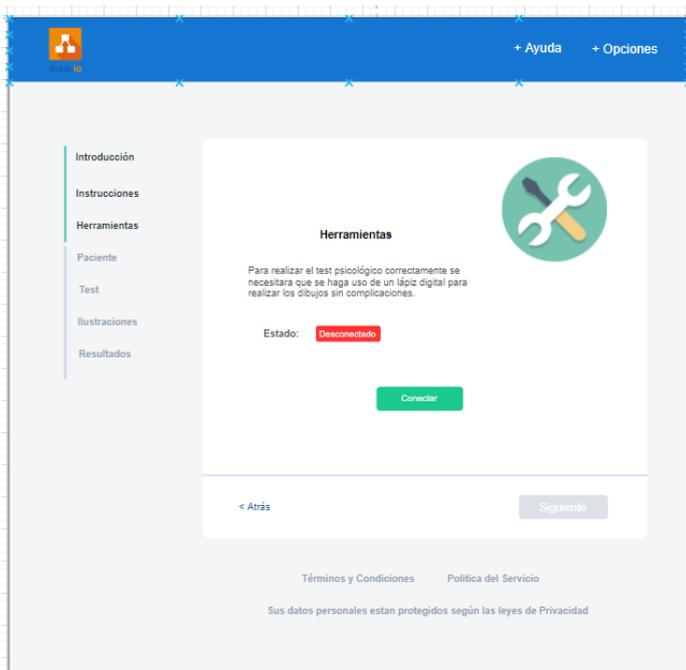


Figura 22. Prototipo de Herramientas del sistema cuando no detecta el lápiz digital.

La figura 21 y 22 se muestra una vez que el usuario haya leído las instrucciones y le haya dado click en el botón siguiente. En esta interfaz se muestra si está conectada correctamente el lápiz digital para que se realice la prueba de la mejor manera.

Figura 23. Prototipo del Formulario donde se registraran los datos del paciente.

Figura 24. Prototipo del Formulario una vez registrado los datos del paciente.

La figura 23 y 24 se muestra una vez que se valida que esté conectado correctamente el lápiz digital. En esta interfaz se muestra un formulario donde el usuario a realizar el test de Bender debe rellenar con sus datos personales para poder acceder a la siguiente interfaz

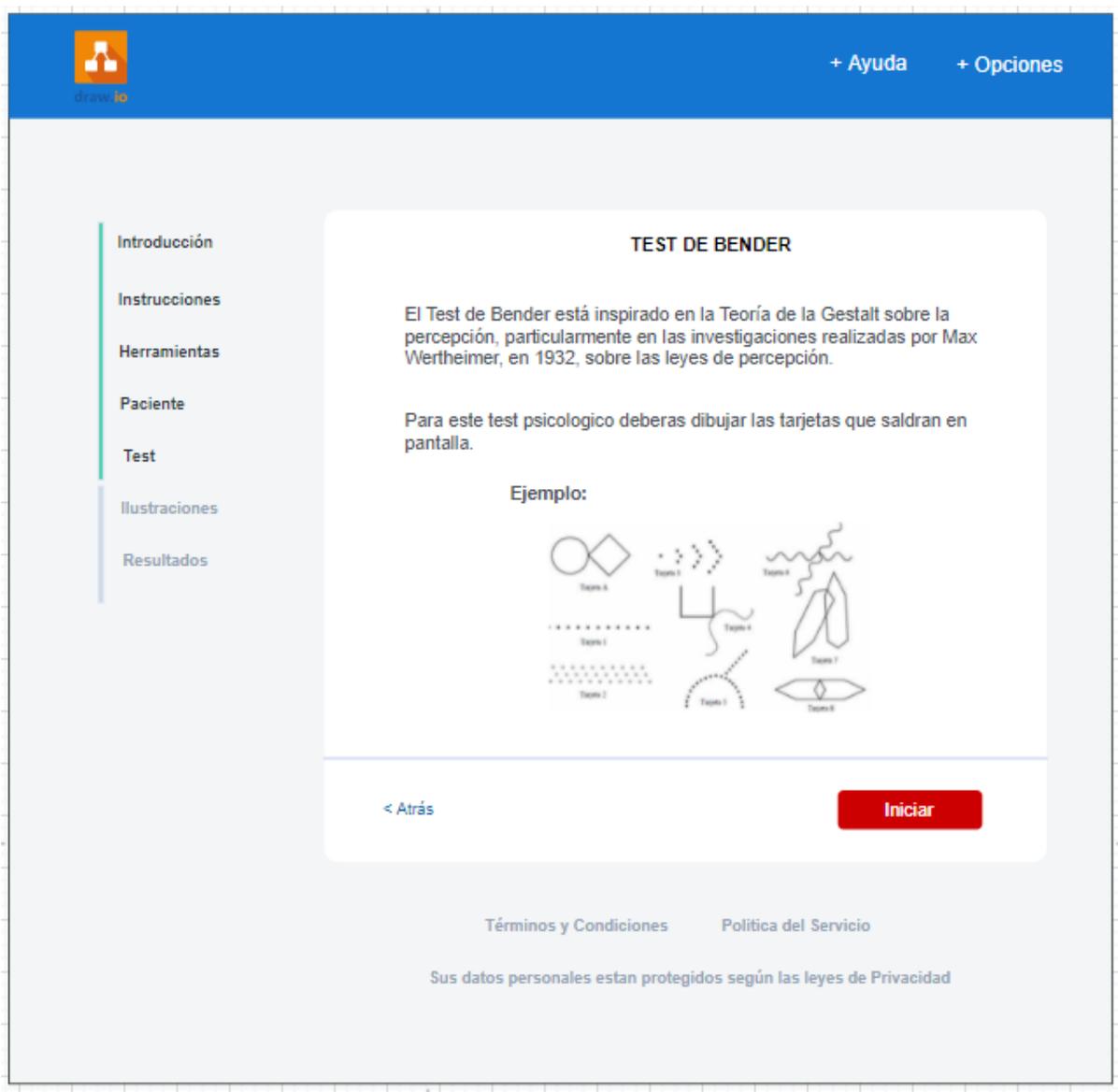


Figura 25. Prototipo donde se explica el test de Bender antes de iniciar la prueba.

La figura 25 se muestra una vez que el usuario relleno sus datos personales. En esta interfaz se muestra un pequeño resumen del test de Bender para que el usuario tenga conocimiento de la prueba.

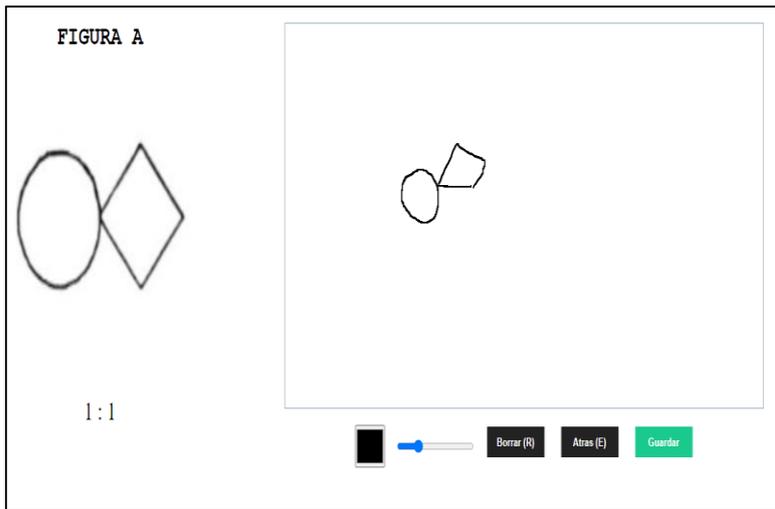


Figura 26. Prototipo donde estará la Tarjeta A del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.

La figura 26 muestra la tarjeta A del test de Bender para que el usuario pueda guiarse y dibujarlo.

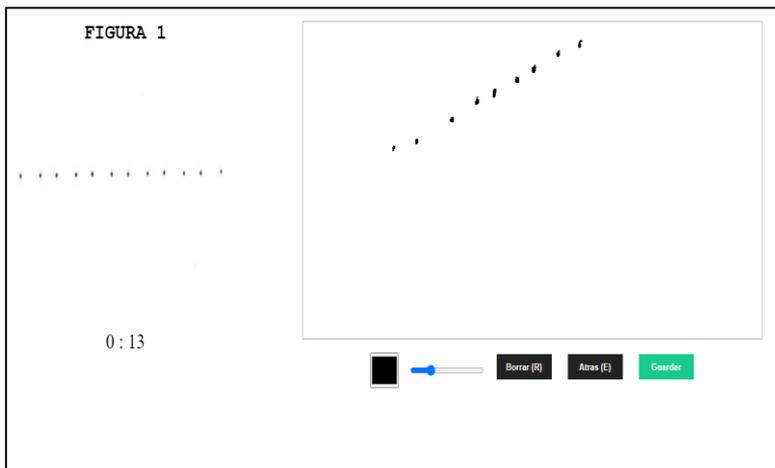


Figura 27. Prototipo donde estará la Tarjeta 1 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.

La figura 27 muestra la tarjeta 1 del test de Bender para que el usuario pueda guiarse y dibujarlo.

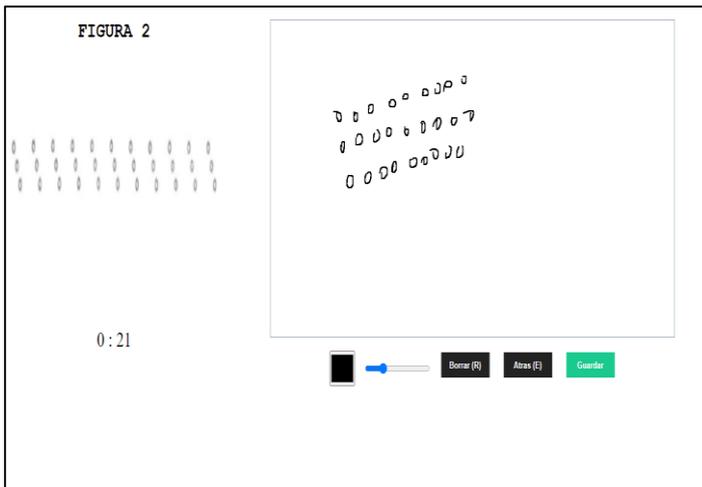


Figura 28. Prototipo donde estará la Tarjeta 2 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.

La figura 28 muestra la tarjeta 2 del test de Bender para que el usuario pueda guiarse y dibujarlo.

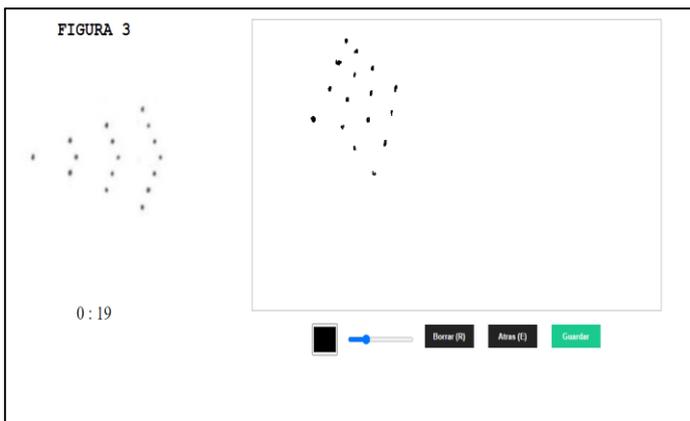


Figura 29. Prototipo donde estará la Tarjeta 3 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.

La figura 29 muestra la tarjeta 3 del test de Bender para que el usuario pueda guiarse y dibujarlo.

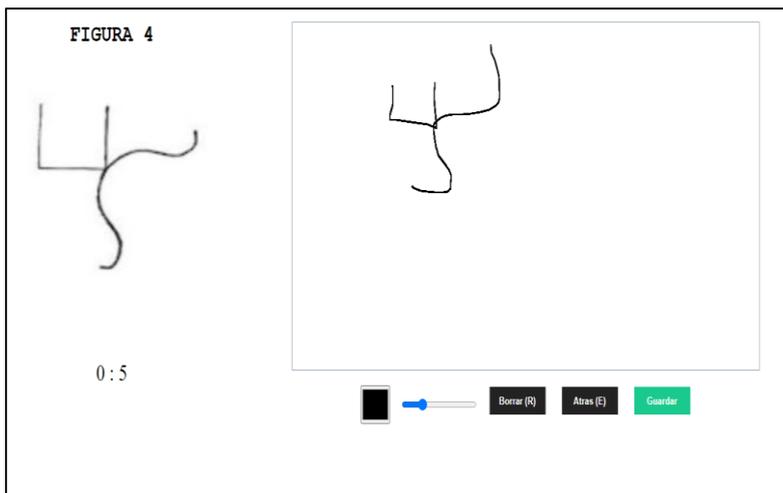


Figura 30. Prototipo donde estará la Tarjeta 4 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.

La figura 30 muestra la tarjeta 4 del test de Bender para que el usuario pueda guiarse y dibujarlo.

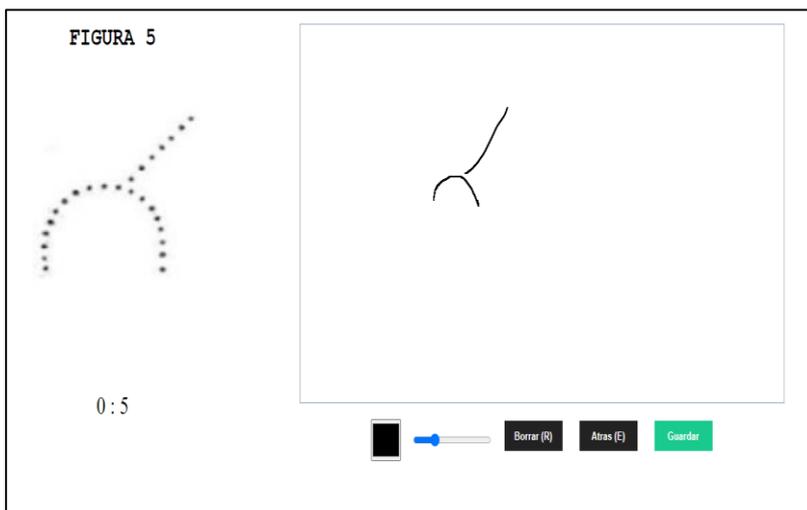


Figura 31. Prototipo donde estará la Tarjeta 5 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.

La figura 31 muestra la tarjeta 5 del test de Bender para que el usuario pueda guiarse y dibujarlo.

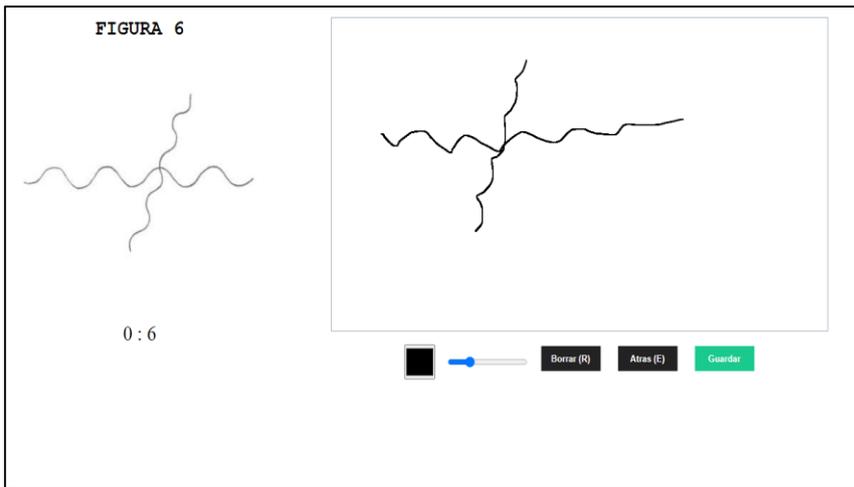


Figura 32. Prototipo donde estará la Tarjeta 6 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.

La figura 32 muestra la tarjeta 6 del test de Bender para que el usuario pueda guiarse y dibujarlo.

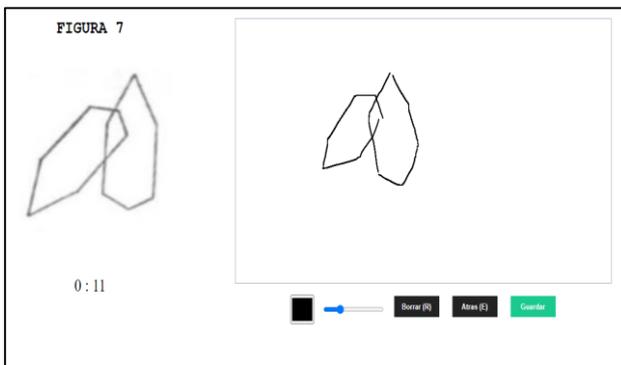


Figura 33. Prototipo donde estará la Tarjeta 7 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.

La figura 33 muestra la tarjeta 7 del test de Bender para que el usuario pueda guiarse y dibujarlo.

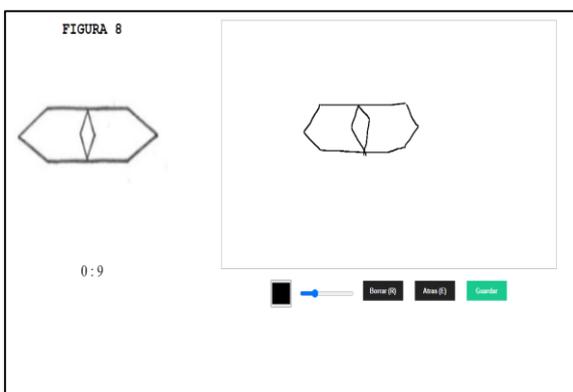


Figura 34. Prototipo donde estará la Tarjeta 8 del test de Bender para que el usuario pueda dibujarlo.

La figura 34 muestra la tarjeta 8 del test de Bender para que el usuario pueda guiarse y dibujarlo.

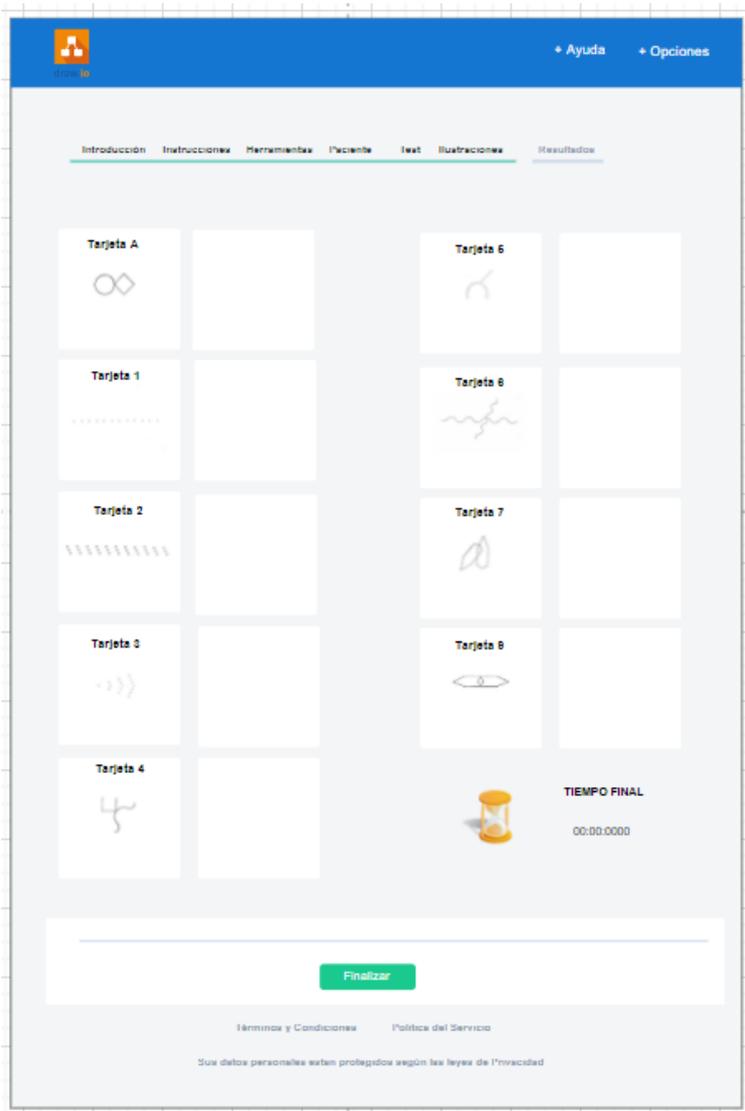


Figura 35. Prototipo donde estarán los dibujos del usuario después de realizar el test

En la figura 35 se muestra los dibujos de todas las tarjetas que el usuario a dibujado, además se muestra el tiempo que demora en hacer el test, y al darle click en el botón Finalizar, se realizará el procesamiento de las imágenes para obtener el resultado.

+ Ayuda + Opciones

Introducción
Instrucciones
Herramientas
Paciente
Test
Ilustraciones
Resultados

TEST PERCEPTIVO VISO-MOTRIZ de BENDER

Nombre y apellidos _____ F. Nacimiento _____ Edad _____ años _____ meses

Colegio _____ Nivel escolar _____ Fecha de aplicación _____

Tiempo empleado para completar el test		Límite Crítico	
(En segundos más cuando tomamos fuera de las líneas rojas)		Edad	Intervista
Conocimiento	Leve: Lento, perturbaciones, refuerzo para completar	> 5 min	2 a 10 min
Tareas	Dificultades perceptivo-motoras.	5 a 8 min	4 a 10 min
TOTAL	Escalas: (ver lista adjunta)	8 a 10 min	4 a 8 min

FIGURA	ITEM (grafías como paréntesis 1 a 8)	P.D.	INDICADORES Y DEFICIENCIA (*) Cerebra, Indicadores Funcional (**) Casi exclusiva de DCM
A	1. Diferencia forma		* Adiccia o ausencia según
	1a. Tipo o ancho muy estrecho o deficiente		*
	1b. Desproporción (am vs el del)		*
2	2. Rotación parafidial 45° o + de tarjeta o dibujo		* (a partir de 5 años)
	3. Integración (espontánea) > base en la tarjeta		*
	7. Diferencia forma (5 a 8) puntos sin control		*
3	8. Rotación (45° o más en tarjeta/dibujo)		** (> 7 años)
	9. Percepción (o 23 puntos por fila)		** (> 8 años)
	12. Rotación		** (> 5 años)
4	13. Integ. Círculos/rectángulos fila 4 a + control en copia de refuerzo. Forma con Fig. 1		** (> 5 años)
	14. Percepción (2 a 4 columnas)		** (> 5 años)
	17. Difer. Forma (5 a 8) puntos control en control		** (> 5 años)
5	18. Rotación del eje 45° o + en dibujo (o la tarjeta)		** (> 5 años)
	19. Integración (forma no controlada)		** (> 5 años)
	17a. Desproporción del dibujo		**
6	17b. Línea continua en vez de líneas de puntos		**
	23. Rotación (de la figura o parte 45°, o de tarjeta)		**
	24. Integración (completa o incompleta > 3 min)		** (> 8 años)
7	26. Difer. Forma (5 a 8) puntos control en control		** (> 8 años)
	27. Rotación 45° o más (total o parcial)		*
	28. Integración (17a) Disting. recta o círculo		**
8	17c. Línea continua en vez de puntos		** En todos los niveles
	32. Diferencia de la forma		* Sustitución de curvas por ángulos
	33. a. Tipo o más angulo en vez de curvas		** Difer. curvas X líneas rectas
9	33. b. Líneas rectas		*
	34. Integración (total o más)		** (> 7 años)
	38. Percepción (5 a 8) + unidades completas en copia de refuerzo		**
10	39. Diferencia forma		* Adiccia/ausencia según (> 5 años)
	21. a. Desproporción (am vs el) (del)		* (> 7 años)
	21. b. Deficiente ancho (o agudo) (> 90° o agudo)		** (> 6 años)
11	40. Rotación parafidial figura o tarjeta (45° o +)		** (> 6 años)
	40. Integración (no se superpone a la base no desordenada, un los signos parafidial total)		* (> 6 años)
	24. Diferencia forma (diferencia, > 45° según)		* Adiccia/ausencia según (> 6 años)
12	25. Rotación eje en 45° o más		**
			**
P.D. TOTAL (máx 26)			
Edad visomotora		Indicadores Deficiencia Cerebral	
De _____ a _____	Igual que los meses que indican el grado	Inteligencia Funcional _____ Casi exclusiva de DCM _____	

Imprimir y Cerrar

Términos y Condiciones Política del Servicio

Sus datos personales están protegidos según las leyes de Privacidad

Figura 36. Prototipo donde se mostrará el resultado del test.

En la figura 36 se mostrarán los resultados de la prueba mediante el sistema de puntuación de Koppitz.

ANEXO 13. Flujograma del algoritmo propuesto

El diagrama propuesto representa el flujo del algoritmo propuesto, esto inicia con la introducción de la data la cual está compuesta por imágenes a analizar, el 70% de las imágenes de cada categoría serán procesadas para el entrenamiento de la red neuronal Maquina Vector de Soporte, estas pasarán por la extracción de características mediante convoluciones y con ellos al perceptron multicapa, para finalmente ser considerado a un grupo de clasificación.

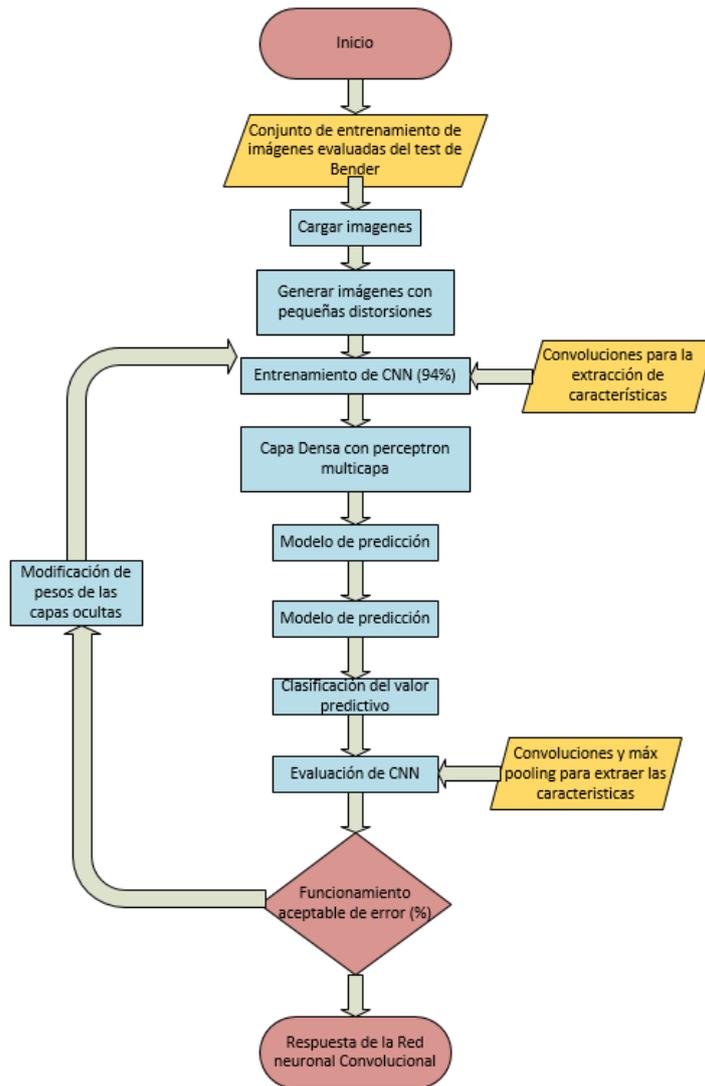


Figura 37. Flujograma del proceso para el entrenamiento

La figura 37 muestra el proceso de la forma como se entrena la red neuronal, desde la recolección de imágenes hasta la realización del modelo predictivo.

ANEXO 14. Recolección y ordenamiento del dataset

Para la creación del modelo se separaron estos en cuatro grupos, por lo que se realizó cuatro modelos, cada uno se colocó en una carpeta de forma ordenada según el tipo de clasificación que se tiene, al ser 30 ítems a evaluar se separó conveniente mente un ítem de cada imagen en un modelo, esto porque una imagen tiene un máximo de cuatro ítem por clasificar, además se utilizó la librería de Python ImageDataGenerator para aumentar el dataset de entrenamiento, esta técnica es muy utilizada cuando se tiene una escases en el la cantidad de imágenes.

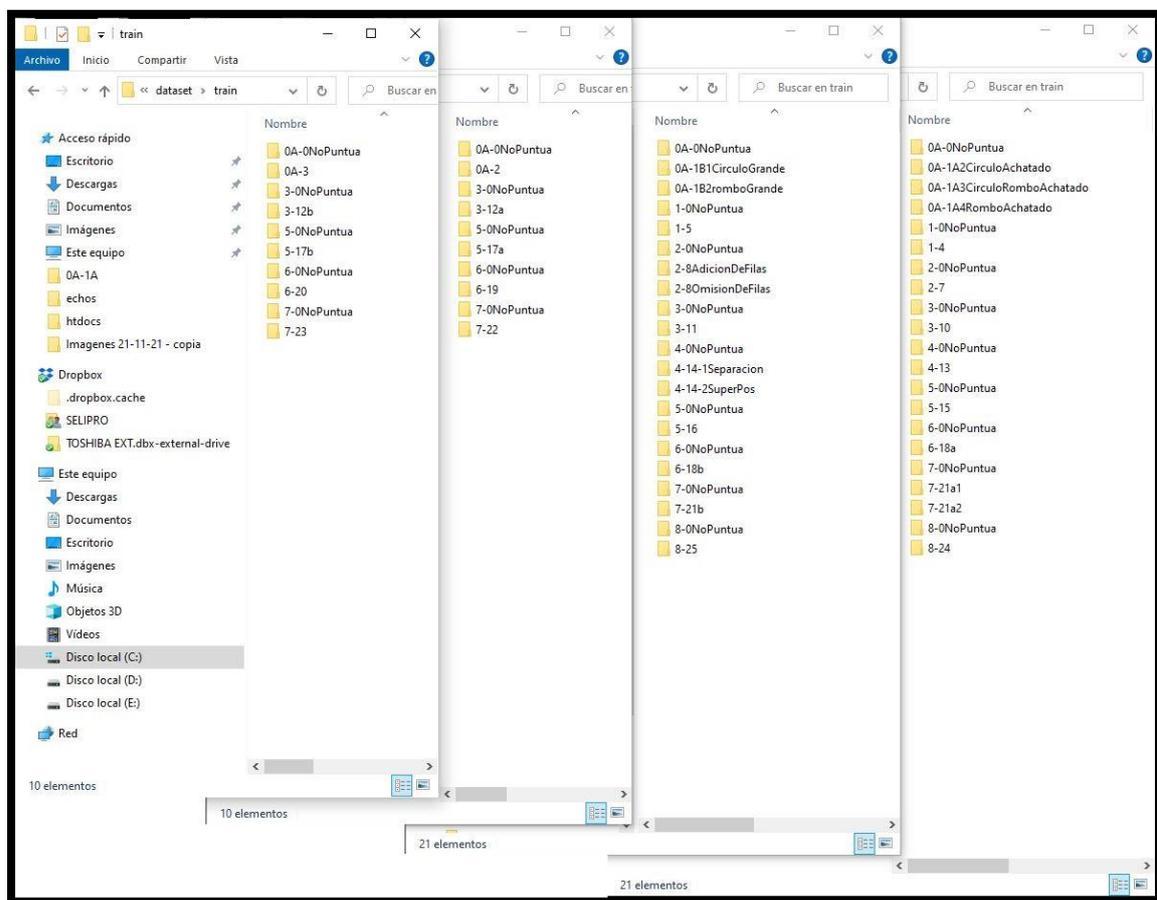


Figura 38. Recolección de datos y ordenamiento para en entrenamiento de los modelos.

ANEXO 15. Clasificación de las deformaciones

La figura 39 muestra la forma en la cual se ordenó las clases para el entrenamiento de modelo, se clasifico las imágenes según el tipo de puntuación, además dentro de ese tipo posibles errores comunes, en la figura x se muestra la lógica de la clasificación para el entrenamiento, en la cual se muestra una figura realizada de forma correcta y en la parte inferior las posibles deformaciones del error.

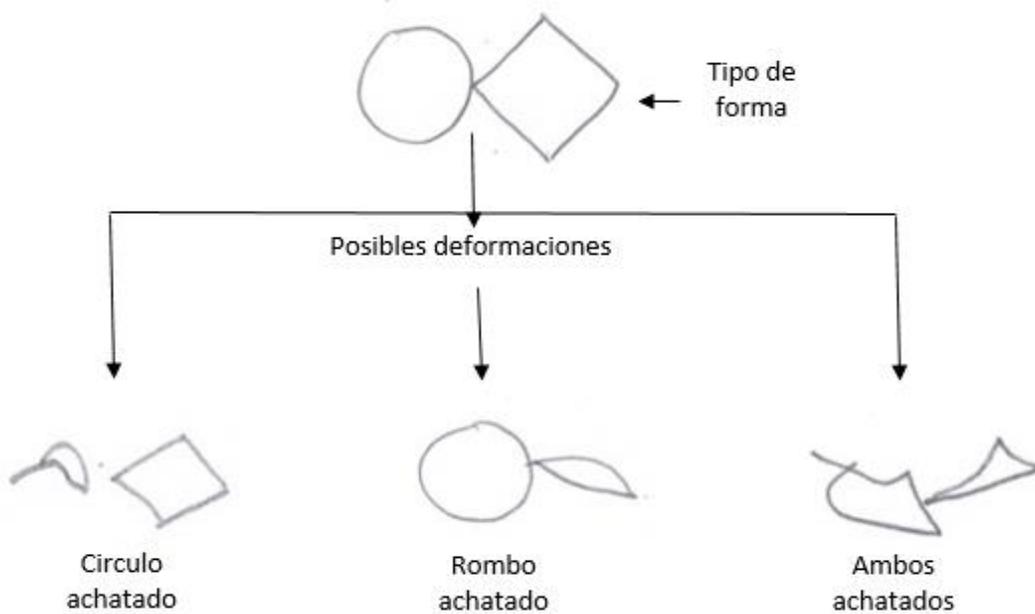


Figura 39. Lógica de las posibles deformaciones de un error.

ANEXO 16. Estructura del algoritmo

En la figura 40 se muestra la lógica del procesamiento de la predicción de la red neuronal convolucional, estos tienen de 21 a 10 clases dependiendo del modelo.

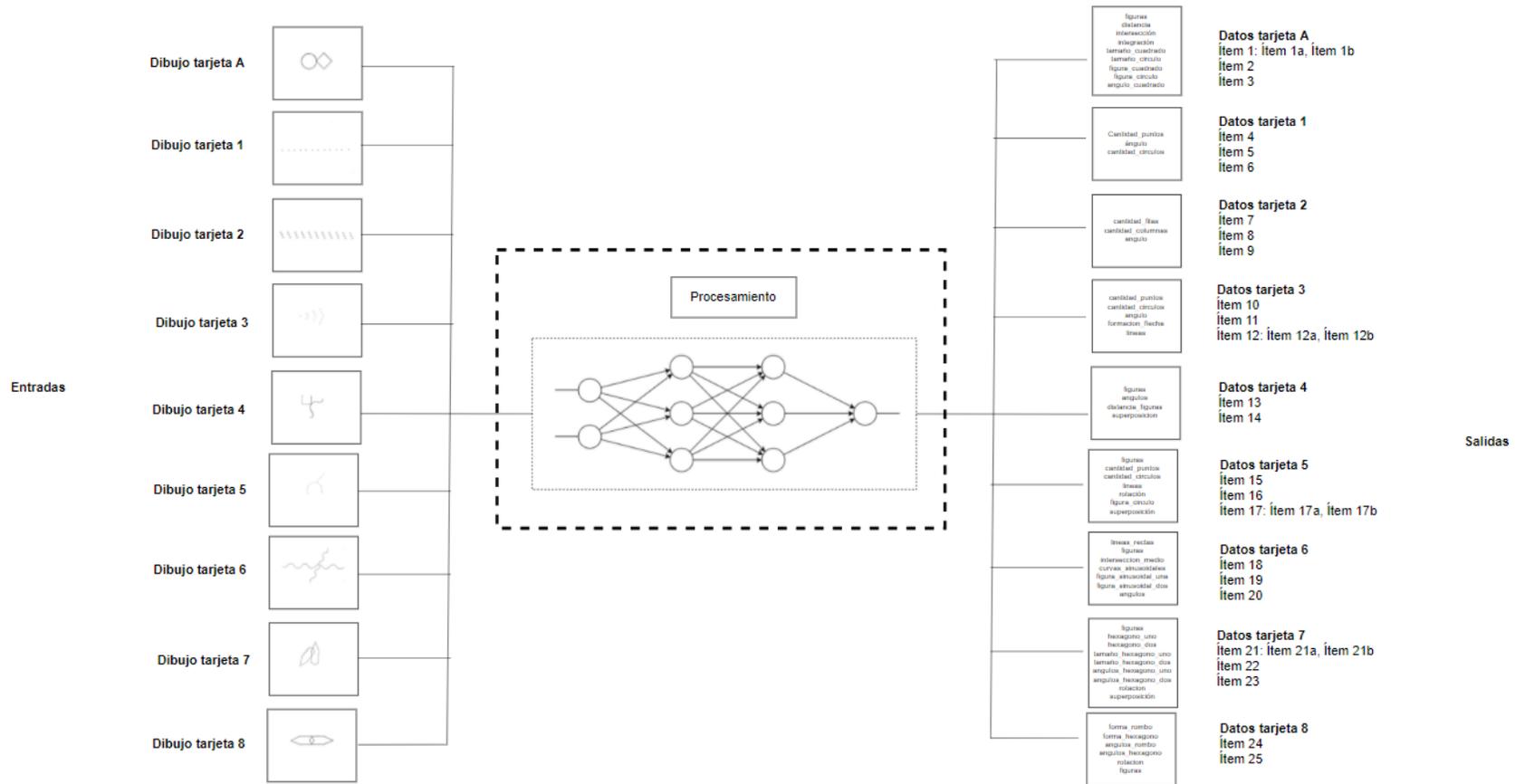


Figura 40. Estructura que maneja los algoritmos.

ANEXO 17: Flujograma de los algoritmos para la extracción de características con capas convolucionales

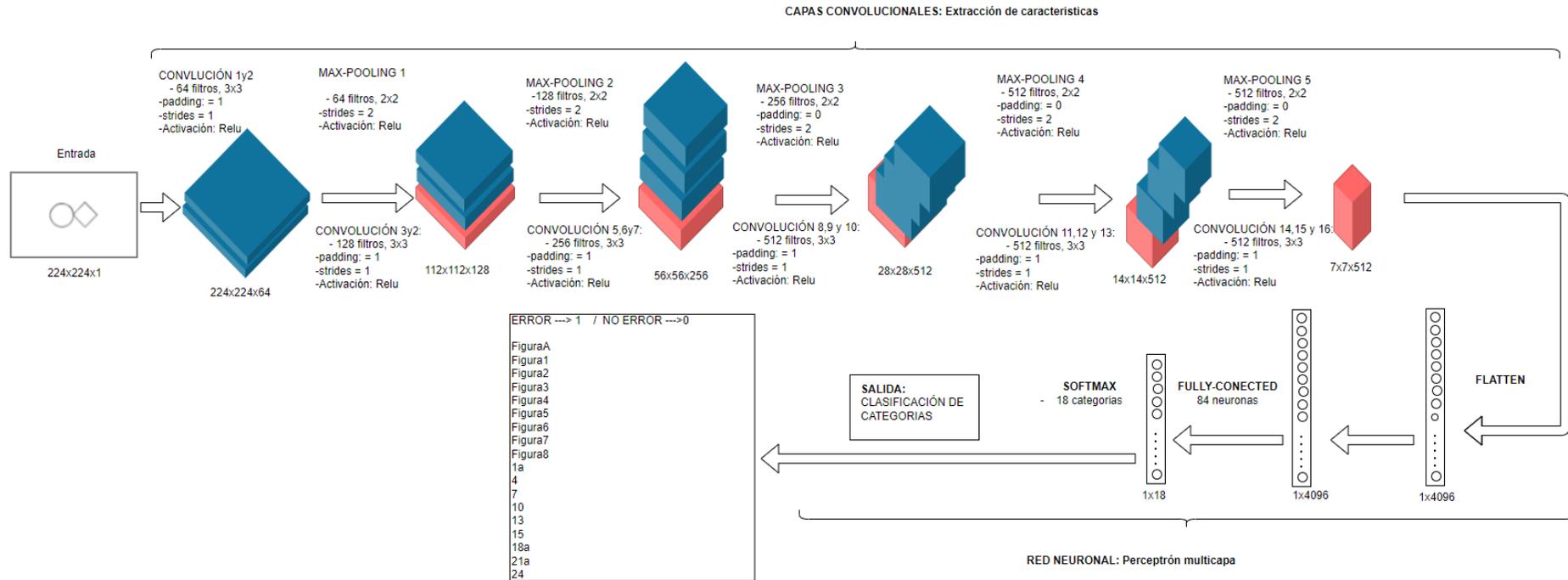


Figura 41. Capas Convolucionales para la extracción de las características según los parámetros de puntuación del sistema de Koppitz de las 9 figuras sin error y errores 1a, 4, 7, 10, 13, 15, 18a, 21a, 24.

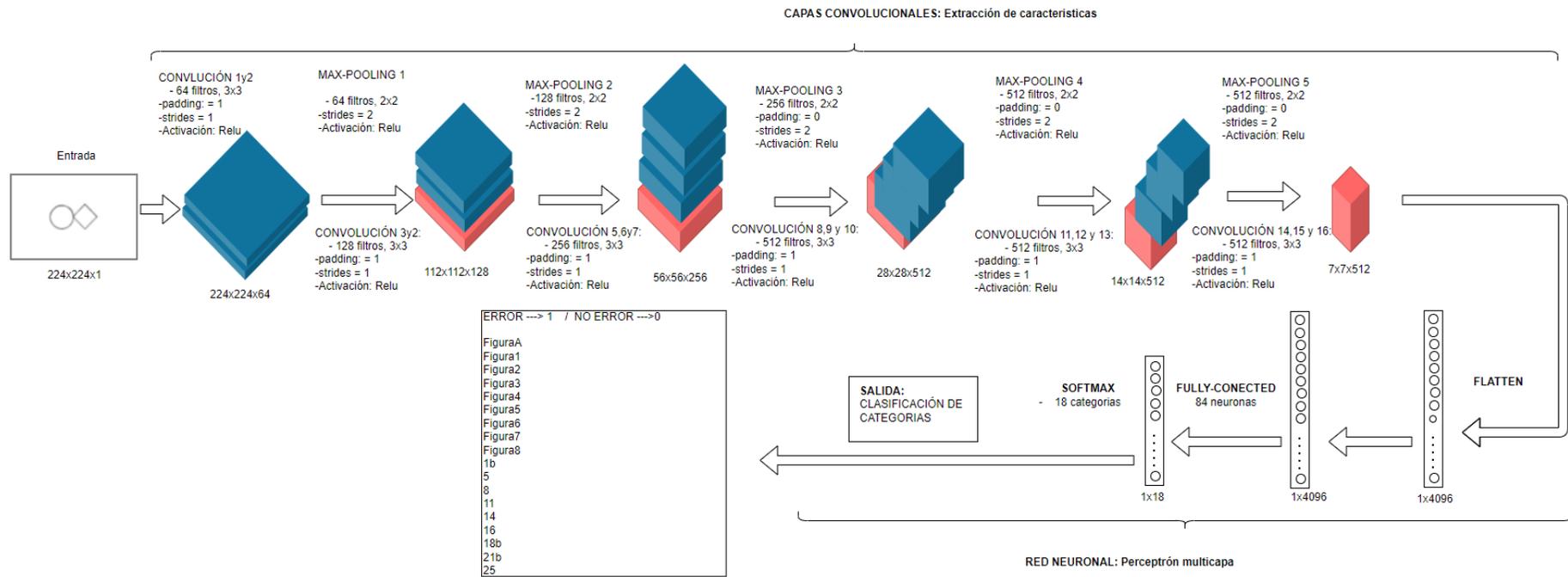


Figura 42. Capas Convolucionales para la extracción de las características según los parámetros de puntuación del sistema de Koppitz de las 9 figuras sin error y errores 1b, 5, 8, 11, 14, 16, 18b, 21b, 25.

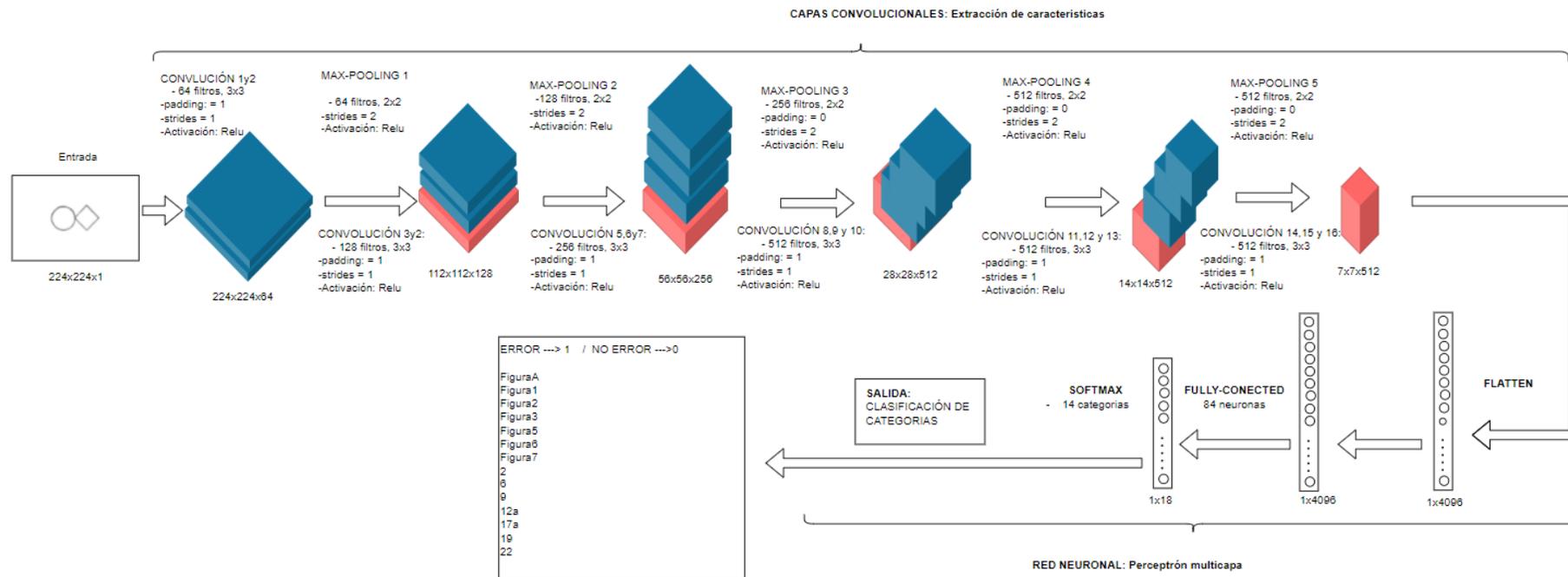


Figura 43. Capas Convolucionales para la extracción de las características según los parámetros de puntuación del sistema de Koppitz de la figura FiguraA, Figura1, Figura2, Figura3, Figura5, Figura6 y Figura7 sin error y errores 2, 6, 9, 12a, 17a, 19, 22.

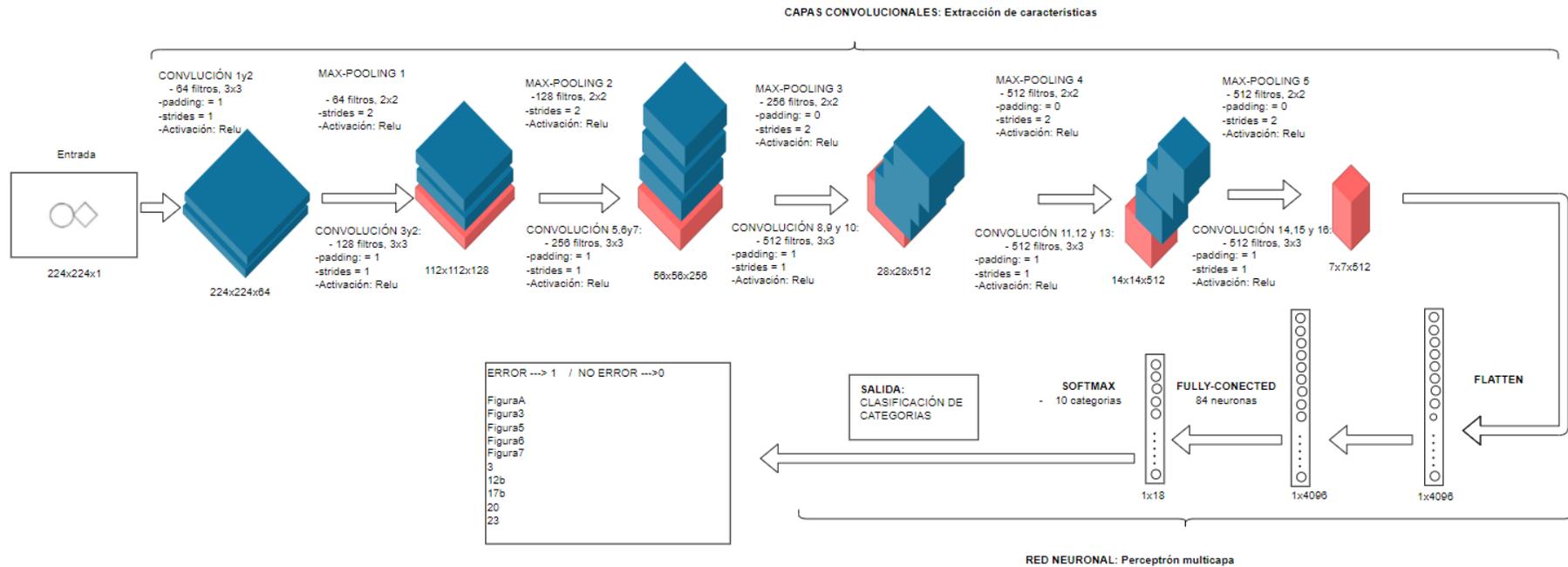


Figura 44. Capas Convolucionales para la extracción de las características según los parámetros de puntuación del sistema de Koppitz de la FiguraA, Figura3, Figura5, Figura6 y Figura7 sin error y errores 3, 12b, 17b, 20, 23.

En las figuras 41, 42, 43 y 44 se muestran las arquitecturas de los modelos de entrenamiento utilizando la arquitectura VGG16. Estos pasan por una serie de convoluciones, max pooling, flaten y por la red neuronal del perceptron multicapa.

ANEXO 18. Preparación del entorno de entrenamiento

Para el entrenamiento del modelo se utilizó los recursos máximos del ordenador y la herramienta de jupyter notebook en miniconda, después de la instalación se creó un entorno en la cual se trabajó con la versión de Python 3.7 y se utilizó la GPU de la tarjeta gráfica nvidia geforce gtx 1050, con ello se creó un entorno en la cual se instalaron paquetería de tensorflow versión 2.1, jupyter notebook y keras.

```
conda create -n entornoGPU anaconda python=3.7
conda activate entornoGPU
conda install ipykernel
python -m ipykernel install --user --name entornoGPU -- display-name "entornoGPU"
conda install tensorflow==2.1
conda install tensorflow-gpu
conda install jupyter
conda install keras
```

```
/verificar la version
python
>>>import tensorflow as tf
>>>tf.__version__
>>>tf.test.gpu_device_name()
```

ANEXO 19. Pseudocódigo de las convoluciones para la extracción de características

//Configurar parametros iniciales

```
Width_shape          <- 224
Height_shape         <- 224
Numero_de_clases    <- 21
Epocas               <- 100
Batch_size           <- 32
Ruta_dataSet_entren  <- "ModeloN/dataset/train"
Ruta_dataSet_valid   <- "ModeloN/dataset/valid"
```

//Generador de imágenes para el entrenamiento

```
train_datagen <- ImageDataGenerator(
  rotation_range <- 20,
  zoom_range <- 0.2,
  width_shift_range <- 0.1,
  height_shift_range <- 0.1,
  horizontal_flip <- False,
  vertical_flip <- False,
  preprocessing_function <- preprocess_input)

valid_datagen <- ImageDataGenerator(
  rotation_range <- 20,
  zoom_range <- 0.2,
  width_shift_range <- 0.1,
  height_shift_range <- 0.1,
  horizontal_flip <- False,
  vertical_flip <- False,
  preprocessing_function <- preprocess_input)

train_generator <- train_datagen.flow_from_directory(
  train_data_dir, target_size <- (width_shape, height_shape),
  batch_size <- 80,
  class_mode <- 'categorical')

validation_generator <- valid_datagen.flow_from_directory(
  validation_data_dir,
```

```
target_size <- (width_shape, height_shape),
batch_size <- 80,
class_mode <- 'categorical')
```

//Utilizando el modelo VGG16 y modificando su estructura

```
image_input <- Input(shape <- (width_shape, height_shape, 3))
model2 <- VGG16(input_tensor <- image_input, include_top <- True, weights <-
'imagenet')
```

```
last_layer <- model2.get_layer('block5_pool').output
x <- Flatten(name='flatten')(last_layer)
x <- Dense(128, activation<-'relu', name<-'fc1')(x)
x <- Dense(128, activation<-'relu', name<-'fc2')(x)
out <- Dense(num_classes, activation<-'softmax', name<-'output')(x)
custom_model <- Model(image_input, out)
```

```
for layer in custom_model.layers[:-3]:
```

```
    layer.trainable <- False
```

```
custom_model.compile(loss <- 'categorical_crossentropy', optimizer <-
'adadelta', metrics <- ['accuracy'])
```

//Entrenamiento de las tres ultimas capas

```
model_history = custom_model.fit_generator(
    train_generator,
    epochs=epochs,
    validation_data=validation_generator,
    steps_per_epoch=nb_train_samples//batch_size,
    validation_steps <- nb_validation_samples//batch_size)
```

```
custom_model.save("1model2_80EpochVGG16.h5")
```

```
names <- ['0A-0NoPuntua' , '0A-1A2CirculoAchatado' ,
'0A_1A3CirculoRomboAchatado' , '0A-1A4RomboAchatado', '1-0NoPuntua' , '1-4', '2-
```

```
0NoPuntua','2-7','3-0NoPuntua','3-10','4-0NoPuntua','4-13','5-0NoPuntua','5-15','6-0NoPuntua','6-18a','7-0NoPuntua','7-21a1','7-21a2','8-0NoPuntua','8-24']
```

```
Ruta_Valid <- "ModeloN/dataset/valid"
```

```
test_datagen <- ImageDataGenerator()
```

```
test_generator <- test_datagen.flow_from_directory(  
    Valid, target_size <- (width_shape, height_shape),  
    batch_size <- batch_size,  
    class_mode <- 'categorical',  
    shuffle <- False)
```

//Generando modelo

```
custom_Model <- load_model("1model2_80EpochVGG16.h5")
```

```
predictions <- custom_Model.predict_generator(generator <- test_generator)
```

```
y_pred <- np.argmax(predictions, axis <- 1)
```

```
y_real <- test_generator.classes
```

```
matc <- confusion_matrix(y_real, y_pred)
```

```
plot_confusion_matrix(conf_mat<-matc, figsize<-(15,15), class_names <- names,  
show_normed<-False)
```

```
plt.tight_layout()
```

```
print(metrics.classification_report(y_real,y_pred, digits <- 4))
```

ANEXO 20 Métodos para la predicción

//librería a utilizar

```
import numpy as np
```

```
import cv2
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
from keras.applications.imagenet_utils import preprocess_input, decode_predictions
```

```
from keras.models import load_model
```

//variables para el tamaño de redimension de la imagen

```
width_shape <- 224
```

```
height_shape <- 224
```

```
item <- 1
```

// Metodo para la clasificación

```
def Clasificador(imaget_path,names,modelt):
```

```
    imaget = cv2.resize(cv2.imread(imaget_path), (width_shape, height_shape),  
interpolation = cv2.INTER_AREA)
```

```
    xt <- np.asarray(imaget)
```

```
    xt <- preprocess_input(xt)
```

```
    xt <- np.expand_dims(xt,axis=0)
```

```
    #prediciendo el modelo
```

```
    preds <- modelt.predict(xt)
```

```
    return <- names[np.argmax(preds)]
```

```
def primerModelo(imaget_path):
```

```
    #arreglo del primer modelo con las puntuaciones posibles
```

```
    names = ['0A-0NoPuntua','0A-1A2CirculoAchatado','0A-  
1A3CirculoRomboAchatado','0A-1A4RomboAchatado', '1-0NoPuntua','1-4','2-  
0NoPuntua','2-7','3-0NoPuntua','3-10','4-0NoPuntua','4-13','5-0NoPuntua','5-15','6-  
0NoPuntua','6-18a','7-0NoPuntua','7-21a1','7-21a2','8-0NoPuntua','8-24']
```

```
    #Modelo generado por la red neuronal convolucional
```

```
    modelt = load_model("1model_80EpochVGG16.h5")
```

```
    valor = Clasificador(imaget_path,names,modelt)
```

```
    #Retornando el tipo de imagen clasificado
```

```
    return valor
```

```
def segundoModelo(imaget_path):
```

```
    names = ['0A-0NoPuntua','0A-1B1CirculoGrande','0A-1B2romboGrande',  
    '1_0NoPuntua', '1-5','2-0NoPuntua','2-8AdicionDeFilas','2-8OmissionDeFilas','3-  
0NoPuntua', '3-11','4-0NoPuntua','4-14-1Separacion','4-14-2SuperPos','5-
```

```

    0NoPuntua','5-16','6-0NoPuntua','6-18b','7-0NoPuntua','7-21b','8-0NoPuntua','8-
    25']
modelt = load_model("2model_100EpochVGG16.h5")
valor = Clasificador(imaget_path,names,modelt)
return valor

```

```

def tercerModelo(imaget_path):
    names = ['0A-0NoPuntua','0A-2','3-0NoPuntua','3-12a','5-0NoPuntua','5-17a','6-
    0NoPuntua','6-19','7-0NoPuntua','7-22','8-0NoPuntua']

    modelt = load_model("3model_100EpochVGG16.h5")
    valor = Clasificador(imaget_path,names,modelt)
    return valor

```

```

def cuartoModelo(imaget_path):
    names = ['0A-0NoPuntua','0A-2','3-0NoPuntua','3-12a',
            '5-0NoPuntua','5-17a','6-0NoPuntua','6-19','7-0NoPuntua',
            '7-22','8-0NoPuntua']
    modelt = load_model("4model_100EpochVGG16.h5")
    valor = Clasificador(imaget_path,names,modelt)
    return valor

```

// metodos de elección de clasificación de los modelos

```

def llamandoModelos(idItem, ruta):
    if idItem == (1 or 5 or 8 or 11 or 15 or 17 or 21 or 25 or 29):
        valor <- primerModelo(ruta)
    elif idItem == (2 or 6 or 9 or 12 or 16 or 18 or 22 or 26 or 30):
        valor <- segundoModelo(ruta)
    elif idItem == (3 or 7 or 10 or 13 or 19 or 23 or 27):
        valor <- tercerModelo(ruta)
    elif idItem == (4 or 14 or 20 or 24 or 28):
        valor <- cuartoModelo(ruta)
    else:
        valor <- null
    return valor

```

//Metodo pala la puntuación del item

```

def puntuacion(valor):
    puntuacion = -1
    if valor == "0A-0NoPuntua" or valor == "1-0NoPuntua" or valor == "2-0NoPuntua" or
        valor == "3-0NoPuntua" or valor == "4-0NoPuntua" or valor == "5-0NoPuntua" or
        valor == "6-0NoPuntua" or valor == "7-0NoPuntua" or valor == "8-0NoPuntua":
        puntuacion = 0
    else:
        puntuacion = 1
    return puntuacion

```

```

ruta <- " dataset/valid/imagen.jpg"
#Indicar que item se quiere clasificar
idItem <- item

valor <- llamandoModelos(idItem,ruta)
punt <- puntuacion(valor)
print("valor: ",valor," puntuacion ",punt)

```

ANEXO 21. Jupyter Notebook

En la figura x se muestran la utilización de las paqueterías a utilizar, Tensorflow y Keras tienen una amplia variedad de métodos las cuales se indicarán cuál es su funcionalidad a continuación.

Un Sequentialmodelo es una pila simple de capas donde cada una tiene un tensor de entrada y uno de salida (Keras, 2020, parr.3). Además, Keras.Layer proporciona métodos para las capas generadas, como el ingreso de una imagen, tipo de convoluciones a utilizar, max pooling, aplanador de vector, etc. Keras.optimizers import Adam, esta librería genera la optimización de los parámetros a entrenar a través del algoritmo descenso del gradiente. En Keras 'Callback' es una clase de python para realizar una funcionalidad específica, mediante un grupo de métodos llamados en varias épocas de entrenamiento (incluyendo el inicio y fin de los batch/epoch), pruebas y predicciones

Numpy es un paquete para el trabajo de la computación de la ciencia, proporciona un objeto matricial multidimensional la cual permite realizar cálculos

de operaciones matriciales con bajos recursos computacionales (numy, 2021, parr.1). Por otro lado, Sklearn es una librería de python para la realización de análisis predictivo, esta se basa en numpy, scipy y matplotlib (Universidad de Alcalá, 2021, parr.8).

Opencv es una biblioteca de visión artificial, actualmente tiene más de 2500 algoritmos, la cual es utilizada para trabajar con imágenes y con ello detectar objetos, rastrear movimientos, etc. (opencv, 2021, parr.1).

Matplotlib es una biblioteca para la creación de graficos de 2 dimensiones, entre ellos histogramas, mapas de color, diagramas de barras, etc (matplotlib, 2021, parr.1).

Después de la implementación de las paqueterías a utilizar es necesario precisar variables de las dimensiones en pixeles de las imágenes, en esta ocasión se propuso utilizar imágenes de 224x224 pixeles, en el primer modelo se tienen 21 clases de clasificación, épocas de entrenamiento igual a 80 y un tamaño de lote de 32, además se coloca la ruta de las imágenes de entrenamiento y validación.

```
In [1]: from keras.models import Sequential, Model
from keras.layers import Conv2D, MaxPool2D, Dense, Flatten, Dropout, BatchNormalization, Input
from keras.optimizers import Adam
from keras.callbacks import TensorBoard, ModelCheckpoint
from keras.utils import np_utils
import os
import numpy as np
from keras.preprocessing import image
from keras.applications.imagenet_utils import preprocess_input, decode_predictions
from keras.applications.vgg16 import VGG16
from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from sklearn.utils import shuffle
from sklearn.model_selection import train_test_split
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline

Using TensorFlow backend.
```

Configuración de parámetros

```
In [2]: width_shape = 224
height_shape = 224
num_classes = 21
epochs = 80
batch_size = 32

In [3]: train_data_dir = 'C:/Users/VICTOR/modelo1/dataset/train'
validation_data_dir = 'C:/Users/VICTOR/modelo1/dataset/valid'
```

Figura 45. Código para importar librerías y establecimiento de parámetros.

En la figura 45 se muestra el método que permite el aumento de datos, esto es para mejorar el modelo predictivo mediante el aumento de datos dándole pequeños cambios como rotación, zoom, movimiento vertical, movimiento horizontal, etc.

Generador de imágenes (entrenamiento y validación)

```
In [4]: train_datagen = ImageDataGenerator(
        rotation_range=20,
        zoom_range=0.2,
        width_shift_range=0.1,
        height_shift_range=0.1,
        horizontal_flip=False,
        vertical_flip=False,
        preprocessing_function=preprocess_input)

valid_datagen = ImageDataGenerator(
    rotation_range=20,
    zoom_range=0.2,
    width_shift_range=0.1,
    height_shift_range=0.1,
    horizontal_flip=False,
    vertical_flip=False,
    preprocessing_function=preprocess_input)

train_generator = train_datagen.flow_from_directory(
    train_data_dir,
    target_size=(width_shape, height_shape),
    batch_size=batch_size,
    #save_to_dir='',
    class_mode='categorical')

validation_generator = valid_datagen.flow_from_directory(
    validation_data_dir,
    target_size=(width_shape, height_shape),
    batch_size=batch_size,
    #save_to_dir='',
    class_mode='categorical')

Found 1198 images belonging to 21 classes.
Found 105 images belonging to 21 classes.
```

Numero de imagenes de entrenamiento y validación

```
In [5]: nb_train_samples = 1198
        nb_validation_samples = 105
```

Figura 46. Métodos ImageDataGenerator.

En la figura 46 se muestra la importación del modelo VGG16 además de la obtención de los pesos de las neuronas traídas de imagenet y la modificación de las últimas tres capas para el reentrenamiento, seguido de summary para ver la arquitectura.

```

In [7]: image_input = Input(shape=(width_shape, height_shape, 3)) #Estructura de la imagen de entrada

#Cargamos el modelo, carga con los pesos de Imagenet
model2 = VGG16(input_tensor=image_input, include_top=True, weights='imagenet')

#model2.summary()

#Tomamos la ultima capa
last_layer = model2.get_layer('block5_pool').output
x= Flatten(name='flatten')(last_layer) #agregamos capas densas con otras características
x = Dense(128, activation='relu', name='fc1')(x)
x = Dense(128, activation='relu', name='fc2')(x)
out = Dense(num_classes, activation='softmax', name='output')(x)
custom_model = Model(image_input, out)
custom_model.summary()

# freeze all the layers except the dense layers
for layer in custom_model.layers[:-3]:
    layer.trainable = False

custom_model.summary()

custom_model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer='adadelta', metrics=['accuracy'])

```

Figura 47. Importación de la arquitectura VGG16 y modificación de las últimas tres capas.

En la figura 47 se muestra la arquitectura con los parámetros a ser entrenados, además de las últimas capas de las convoluciones y las dos capas densas modificadas.

Model: "model_1"

Layer (type)	Output Shape	Param #
input_1 (InputLayer)	(None, 224, 224, 3)	0
block1_conv1 (Conv2D)	(None, 224, 224, 64)	1792
block1_conv2 (Conv2D)	(None, 224, 224, 64)	36928
block1_pool (MaxPooling2D)	(None, 112, 112, 64)	0
block2_conv1 (Conv2D)	(None, 112, 112, 128)	73856
block2_conv2 (Conv2D)	(None, 112, 112, 128)	147584
block2_pool (MaxPooling2D)	(None, 56, 56, 128)	0
block3_conv1 (Conv2D)	(None, 56, 56, 256)	295168
block3_conv2 (Conv2D)	(None, 56, 56, 256)	590080
block3_conv3 (Conv2D)	(None, 56, 56, 256)	590080
block3_pool (MaxPooling2D)	(None, 28, 28, 256)	0
block4_conv1 (Conv2D)	(None, 28, 28, 512)	1180160
block4_conv2 (Conv2D)	(None, 28, 28, 512)	2359808
block4_conv3 (Conv2D)	(None, 28, 28, 512)	2359808
block4_pool (MaxPooling2D)	(None, 14, 14, 512)	0
block5_conv1 (Conv2D)	(None, 14, 14, 512)	2359808
block5_conv2 (Conv2D)	(None, 14, 14, 512)	2359808
block5_conv3 (Conv2D)	(None, 14, 14, 512)	2359808
block5_pool (MaxPooling2D)	(None, 7, 7, 512)	0
flatten (Flatten)	(None, 25088)	0
fc1 (Dense)	(None, 128)	3211392
fc2 (Dense)	(None, 128)	16512
output (Dense)	(None, 21)	2709

Total params: 17,945,301
 Trainable params: 3,230,613
 Non-trainable params: 14,714,688

Figura 48. Arquitectura del modelo VGG16 y modificación de las últimas capas.

En la figura 48. muestra el entrenamiento que se da mediante el método `custom_model.fit_generator` con las imágenes generadas por `ImageDataGenerator`, dándole la cantidad de épocas a entrenar.

```
In [8]: model_history = custom_model.fit_generator(
        train_generator,
        epochs=epochs,
        validation_data=validation_generator,
        steps_per_epoch=nb_train_samples//batch_size,
        validation_steps=nb_validation_samples//batch_size)

- val_accuracy: 0.9792
Epoch 70/80
37/37 [=====] - 13s 355ms/step - loss: 0.0055 - accuracy: 0.9983 - val_loss: 0.0073
- val_accuracy: 1.0000
Epoch 71/80
37/37 [=====] - 13s 352ms/step - loss: 0.0140 - accuracy: 0.9983 - val_loss: 0.1071
- val_accuracy: 0.9589
Epoch 72/80
37/37 [=====] - 13s 343ms/step - loss: 0.0072 - accuracy: 0.9983 - val_loss: 0.0000
e+00 - val_accuracy: 0.9726
Epoch 73/80
37/37 [=====] - 13s 349ms/step - loss: 0.0361 - accuracy: 0.9949 - val_loss: 0.0035
- val_accuracy: 0.9896
Epoch 74/80
37/37 [=====] - 13s 352ms/step - loss: 0.0116 - accuracy: 0.9974 - val_loss: 0.2934
- val_accuracy: 0.9315
Epoch 75/80
37/37 [=====] - 13s 348ms/step - loss: 0.0254 - accuracy: 0.9931 - val_loss: 0.2104
- val_accuracy: 0.9589
Epoch 76/80
```

Grabar modelo en disco

```
In [1]: custom_model.save("model_80EpochVGG16.h5")
```

Figura 49. Entrenamiento de la red neuronal convolucional utilizando tensorflow y almacenamiento del modelo.

En la figura 49 se muestra el método la predicción utilizando `sklear`, `cv2` y `matplotlib`, en este método en la cual se crea una matriz con los nombre del tipo de clase clasificación, además se importa el modelo de predicción y la ruta de la imagen que se quiere predecir, esta imagen se redimensiona en un `224x244px`, se usan métodos `numpy` que cambian valores de `0-255` a `0-1`, además se usa `modelt.prdict` de `keras` y se muestra utilizando `matplotlib`.

Predicción usando el modelo entrenado

```
In [9]: width_shape = 224
height_shape = 224

from sklearn.utils import shuffle
from sklearn.model_selection import train_test_split
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline

from keras.applications.imagenet_utils import preprocess_input, decode_predictions
from keras.models import load_model

names = ['0A-0NoPuntua', '0A-1A2CirculoAchatado', '0A-1A3CirculoRomboAchatado', '0A-1A4RomboAchatado',
         '1-0NoPuntua', '1-4', '2-0NoPuntua', '2-7', '3-0NoPuntua', '3-10', '4-0NoPuntua', '4-13',
         '5-0NoPuntua', '5-15', '6-0NoPuntua', '6-18a', '7-0NoPuntua', '7-21a1', '7-21a2', '8-0NoPuntua', '8-24']

modelt = load_model("imodel_80EpochVGG16.h5")

imaget_path = "C:/Users/VICTOR/CLASIFICACIONTESTBENDER/dataset/test/FIGURAEERRORA2A/4.jpg"

imaget = cv2.resize(cv2.imread(imaget_path), (width_shape, height_shape), interpolation = cv2.INTER_AREA)
xt = np.asarray(imaget)
xt = preprocess_input(xt)
xt = np.expand_dims(xt,axis=0)
preds = modelt.predict(xt)

print(names[np.argmax(preds)])
plt.imshow(cv2.cvtColor(np.asarray(imaget), cv2.COLOR_BGR2RGB))
plt.axis('off')
plt.show()

0A-1A4RomboAchatado
```

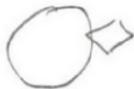


Figura 50. Método para predecir una imagen

En la figura 50 se muestra el método para identificar el conteo de figuras utilizando canny de opencv, esto complementa la mejora de la predicción de los items 6 y 9.

```
In [ ]: import cv2

imagen = cv2.imread('C:/Users/VICTOR/conteo.jpg')
grises = cv2.cvtColor(imagen, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
bordes = cv2.Canny(grises, 100, 200)

ctns, _ = cv2.findContours(bordes, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

cv2.drawContours(imagen, ctns, -1, (255,0,0), 2)
print('Objetos: ', len(ctns))
texto = 'encontrados: '+ str(len(ctns))

cv2.putText(imagen, texto, (10,20), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (255, 0, 0), 1)

cv2.imshow('Imagen', imagen)
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()
```

Figura 51. Conteo de figuras con opencv.

La figura 51 muestra el método que realiza el conteo de figura, esto se realiza utilizando openCV y canny, el cual detecta bordes.

ANEXO 22. Pseudocódigo de las convoluciones para la extracción de características

La figura 52 muestra como la imagen que será procesada ingresara de forma matricial solo tomara imagen de blanco y negro, por lo que solo se trabajara con una matriz de 2 dimensiones de valores entre 0 – 255, el siguiente pseudocódigo realiza la extracción de características de líneas verticales, estas tienen filtro de 6x6 de strindes igual a 1.

```
pseudocodigo
InputImagen [n][m] <- FiguraX
K <- 0
while (k < n-6){
  aux1 <- k
  for (i=aux1, i<n-1, i++){
    aux2=1
    if ( aux2 > 6){
      aux2=1

      for(j=aux1, j<n-1, j++){
        case 1 (aux2 =1):
          suma + <- InputImagen [i][j]*1
        case 2 (aux2 =2):
          suma + <- InputImagen [i][j]*1
        case 3 (aux2 =3):
          suma + <- InputImagen [i][j]*0
        case 4 (aux2 =4):
          suma + <- InputImagen [i][j]*0
        case 5 (aux2 =5):
          suma + <- InputImagen [i][j]*(-1)
        case 6 (aux2 =6):
          suma + <- InputImagen [i][j]*(-1)
        aux2 ++
      }
    }
    aux1 ++
    MatrizConvolucional [k][aux1] = suma
  }
  k++
}
```

Figura 52. Pseudocódigo de la extracción de características de líneas verticales.

ANEXO 23: Flujograma y Pseudocódigo de los algoritmos para la validación de los ítems según el formulario de puntuación de Koppitz

ÍTEM 1a

Se inicia el proceso con los datos: figuras, angulo_cuadrado e intersección obtenidos por el proceso de las CNN y agregamos una variable que servirá como salida para validar el error del ítem: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras en el dibujo. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. En la siguiente condición se evalúa si la figura cuadrado posee algún ángulo de ser así el valor sería 0 y de no ser así el valor sería 1. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

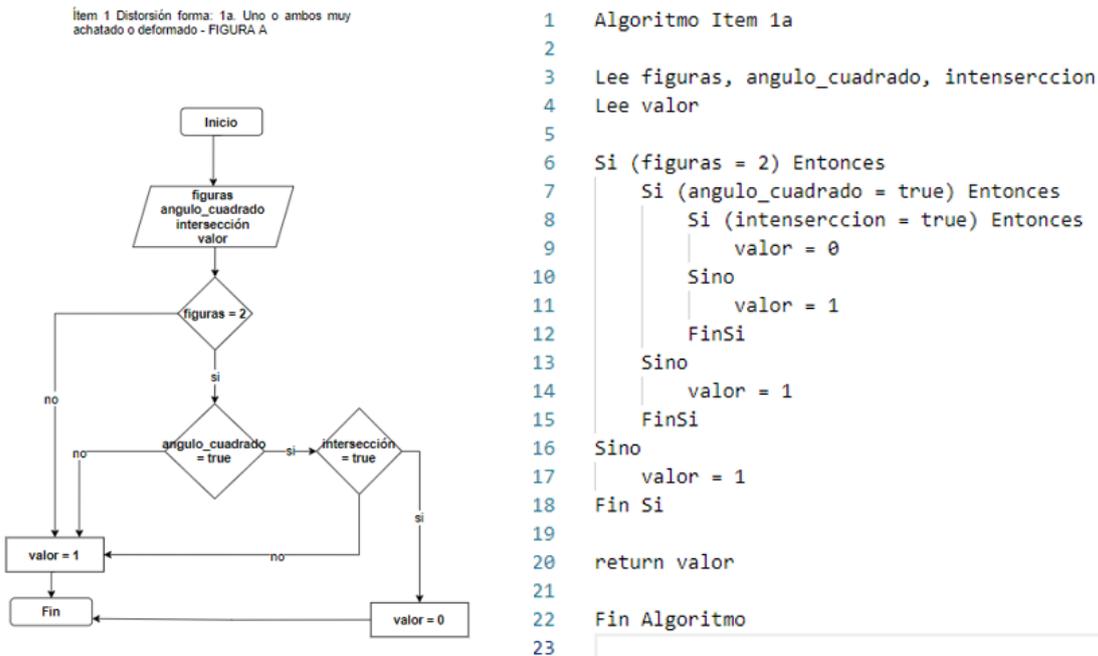


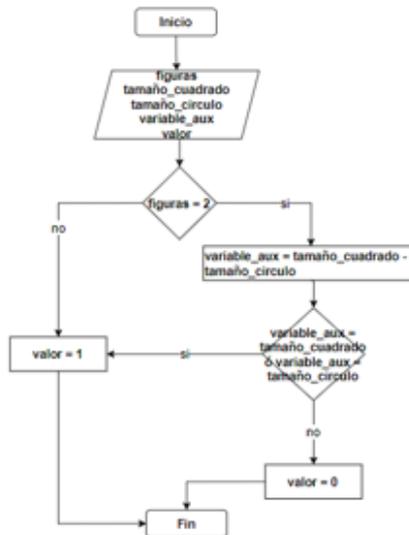
Figura 53. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 4 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ITEM 1b

Se inicia el proceso con los datos: figuras, tamaño cuadrado y tamaño círculo, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos las variables: valor y variable aux. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras en el dibujo. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza un proceso donde se

obtiene la diferencia de tamaño de ambas figuras y el valor obtenido se almacena en la variable aux. Se realiza la condición donde se evalúa si el tamaño del cuadrado o del círculo es igual a la variable aux, de ser así el valor sería 1 y si no es igual el valor sería 0.

Ítem 1 Distorsión forma: 1b. Desproporción (uno es el doble) - FIGURA A



```

1  Algoritmo Item 1b
2
3  Lee figuras, tamaño_cuadrado, tamaño_circulo
4  Lee valor, variable_aux
5
6  Si (figuras = 2) Entonces
7  |   variable_aux = tamaño_cuadrado - tamaño_circulo
8  |   Si (variable_aux = tamaño_cuadrado o variable_aux = tamaño_circulo) Entonces
9  |   |   valor = 1
10 |   Sino
11 |   |   valor = 0
12 |   FinSi
13 Sino
14 |   valor = 1
15 FinSi
16
17 return valor
18
19 Fin Algoritmo
20 |
  
```

Figura 54. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 1b – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz

ÍTEM 2

Se inicia el proceso con los datos: figuras y angulo_cuadrado obtenidos por el proceso de las CNN y agregamos una variable que servirá como salida para validar el error del ítem: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras en el dibujo. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. En la siguiente

condición se evalúa si el ángulo del cuadro es igual a 90° de ser así el valor sería 0 y de no ser así el valor sería 1. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

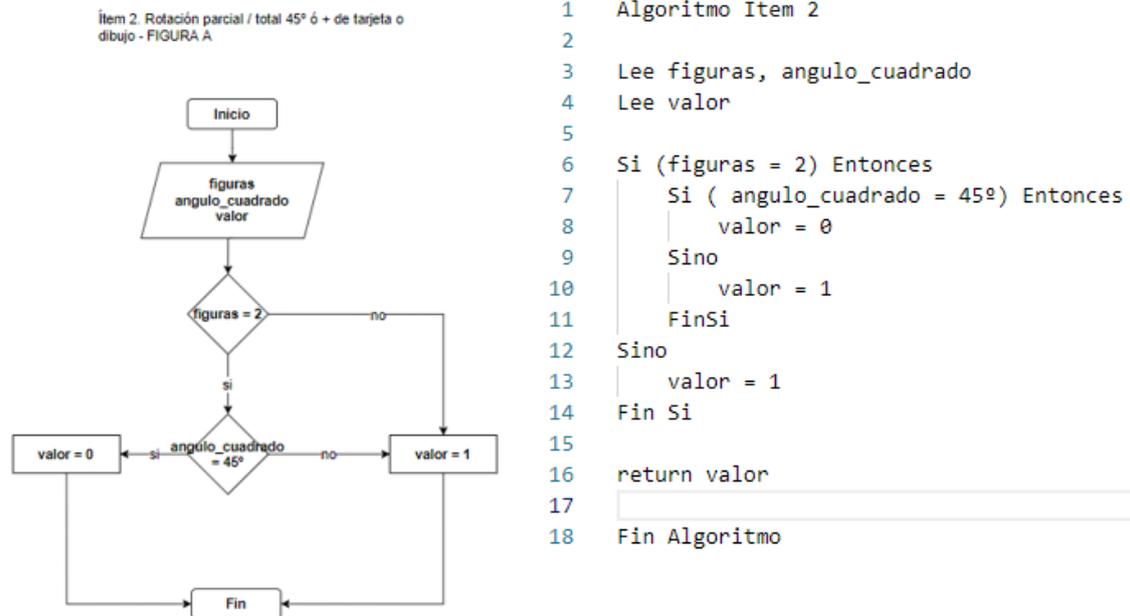
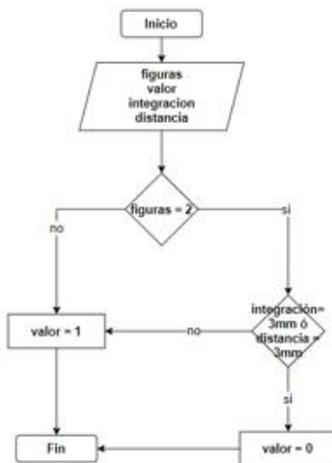


Figura 55. Flujoograma y pseudocódigo del Ítem 2 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 3

Se inicia el proceso con los datos: figuras y angulo_cuadrado obtenidos por el proceso de las CNN y agregamos una variable que servirá como salida para validar el error del ítem: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras en el dibujo. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. En la siguiente condición se evalúa si la integración o la distancia son de 3 milímetros de ser así el valor sería 0 y de no ser así el valor sería 1. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 3. Integración (separ / solapam > 3mm en la unión) - FIGURA A



```

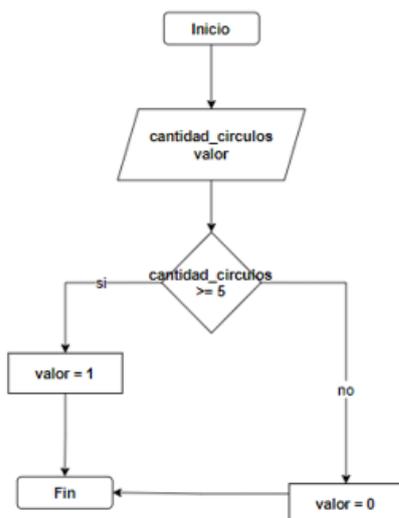
1  Algoritmo Item 3
2
3  Lee figuras, angulo_cuadrado, integracion, distancia
4  Lee valor
5
6  Si (figuras = 2) Entonces
7  | Si (integracion = 3mm o distancia = 3mm) Entonces
8  | | valor = 0
9  | | Sino
10 | | | valor = 1
11 | | FinSi
12 | Sino
13 | | valor = 1
14 | Fin Si
15
16 return valor
17
18 Fin Algoritmo
  
```

Figura 56. Flujoograma y pseudocodigo del Ítem 3 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 4

Se inicia el proceso con los datos: cantidad de círculos, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen 5 o más círculos en el dibujo En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 1 y si es falso el valor sería 0 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 4. Distorsión forma (5 ó + puntos son círculos) - FIGURA 1



```

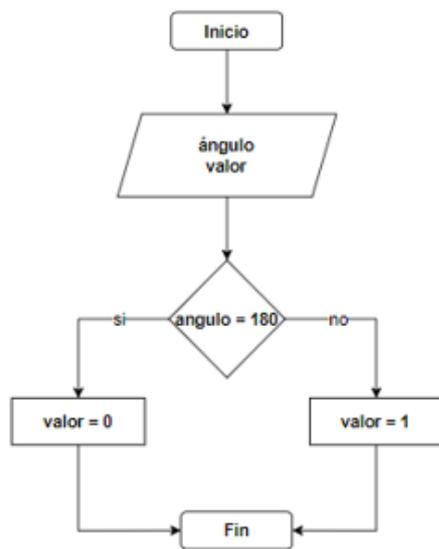
1  Algoritmo Item 4
2
3  Lee cantidad_circulos
4  Lee valor
5
6  Si (cantidad_circulos >= 5) Entonces
7  | valor = 1
8  | Sino
9  | | valor = 0
10 | Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
  
```

Figura 57. Flujoograma y pseudocodigo del Ítem 4 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 5

Se inicia el proceso con los datos: ángulo, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si el ángulo del dibujo es igual a 180° . En caso de que sea verdadero el valor obtendría 0 y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 5. Rotación(45° o más en tarjeta/dibujo)
- FIGURA 1



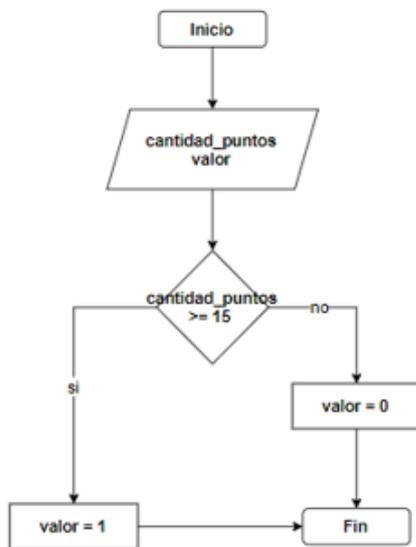
```
1  Algoritmo Item 5
2
3  Lee angulo
4  Lee valor
5
6  √ Si (angulo = 180°) Entonces
7  |   valor = 0
8  √ Sino
9  |   valor = 1
10 Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
15
```

Figura 58. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 5 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 6

Se inicia el proceso con los datos: cantidad de puntos, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen 15 o más puntos en el dibujo. En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 1 y si es falso el valor sería 0 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 6. Perseveración (> 15 puntos por fila) - FIGURA 1



```

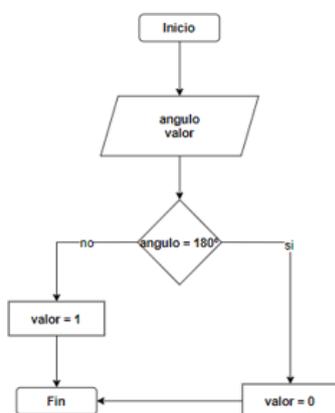
1  Algoritmo Item 6
2
3  Lee cantidad_puntos
4  Lee valor
5
6  √ Si (cantidad_puntos >= 15) Entonces
7  |   valor = 1
8  √ Sino
9  |   valor = 0
10 Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
  
```

Figura 59. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 6 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 7

Se inicia el proceso con los datos: ángulo, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si el ángulo del dibujo es de 180°. En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 0 y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 7. Rotación - FIGURA 2



```

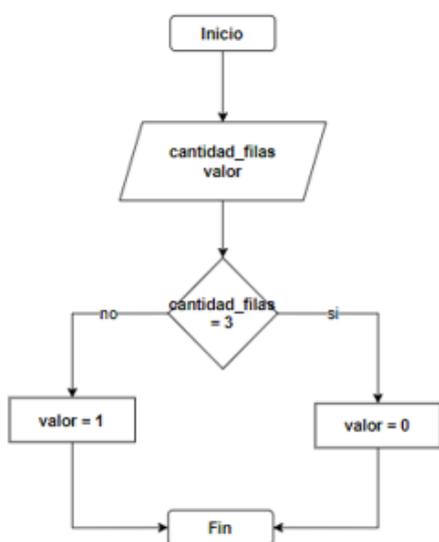
1  Algoritmo Item 7
2
3  Lee angulo
4  Lee valor
5
6  √ Si (angulo = 180°) Entonces
7  |   valor = 0
8  √ Sino
9  |   valor = 1
10 Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
15
  
```

Figura 60. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 7 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 8

Se inicia el proceso con los datos: cantidad de filas, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si las cantidades de filas son igual a 3. En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 1 y si es falso el valor sería 0 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 8. Integración: Omisión / adición filas. 4 ó + círculos en mayoría de columnas. Fusión con Fig.1- FIGURA 2



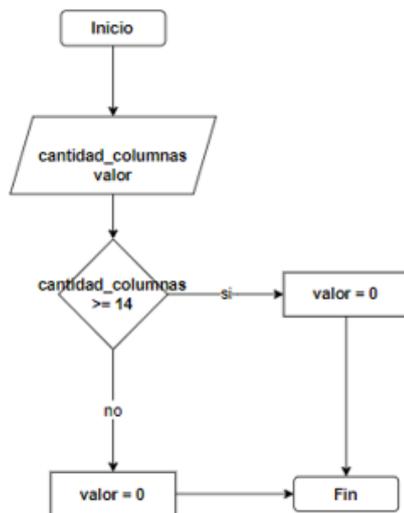
```
1 Algoritmo Item 8
2
3 Lee cantidad_filas
4 Lee valor
5
6 √ Si (cantidad_puntos = 3) Entonces
7   | valor = 0
8 √ Sino
9   | valor = 1
10 Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
15
```

Figura 61. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 8 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 9

Se inicia el proceso con los datos: cantidad de columnas, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si las cantidades de columnas es mayor o igual a 14. En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 0 y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 9. Perseveración (>14 columnas) - FIGURA 2



```

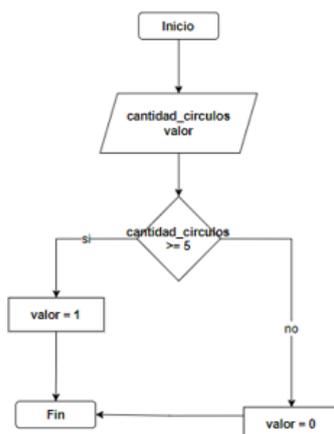
1  Algoritmo Item 9
2
3  Lee cantidad_columnas
4  Lee valor
5
6  √ Si (cantidad_columnas >= 14) Entonces
7  |   valor = 1
8  √ Sino
9  |   valor = 0
10 Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
15
  
```

Figura 62. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 9 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 10

Se inicia el proceso con los datos: cantidad de círculos, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si las cantidades de círculos son mayor o igual a 5. En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 1 y si es falso el valor sería 0 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 10. Distorsión de la Forma (5 ó + puntos convertidos en círculos) - FIGURA 3



```

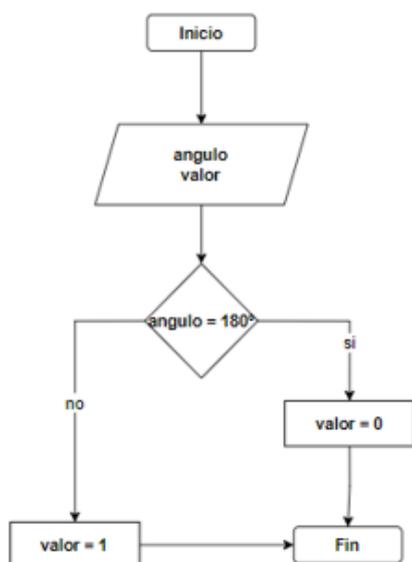
1  Algoritmo Item 10
2
3  Lee cantidad_circulos
4  Lee valor
5
6  √ Si (cantidad_circulos >= 5) Entonces
7  |   valor = 1
8  √ Sino
9  |   valor = 0
10 Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
15
  
```

Figura 63. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 10 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 11

Se inicia el proceso con los datos: ángulo, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si el ángulo del dibujo es igual a 180° . En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 0 y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 11. Rotación del eje 45° ó + en dibujo (o la tarjeta) - FIGURA 3



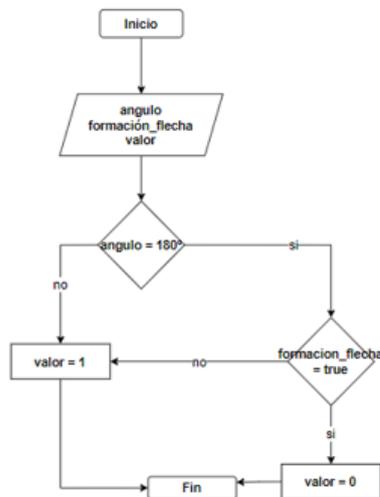
```
1  Algoritmo Item 11
2
3  Lee angulo
4  Lee valor
5
6  ∨ Si (ángulo = 180°) Entonces
7  |   valor = 0
8  ∨ Sino
9  |   valor = 1
10 Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
15
```

Figura 64. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 11 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 12a

Se inicia el proceso con los datos: ángulo y formación flecha, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar el ángulo del dibujo es de 180° . En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la condición donde se evalúa si la figura dibujada posee una forma de flecha, de ser así el valor sería 0 y si no es igual el valor sería 1. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 12. Integración (forma no conseguida): Ítem 12a.
Desintegración del diseño - FIGURA 3



```

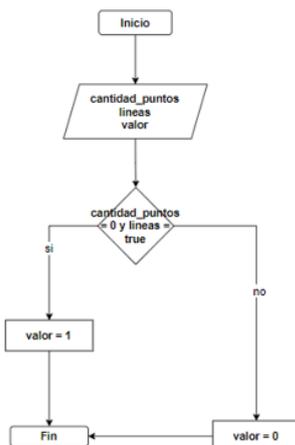
1 Algoritmo Item 12a
2
3 Lee angulo,formacion_flecha
4 Lee valor
5
6 Si (angulo = 180º) Entonces
7   Si (formacion_flecha = true) Entonces
8     valor = 0
9   Sino
10    valor = 1
11  FinSi
12 Sino
13   valor = 1
14 Fin Si
15
16 return valor
17
18 Fin Algoritmo
19
  
```

Figura 65. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 12a – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 12b

Se inicia el proceso con los datos: cantidad de puntos y líneas, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si la cantidad de puntos es igual a cero y existan verificar si existen las líneas. En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 1 y si es falso el valor sería 0 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 12. Integración (forma no conseguida): Ítem 12b.
Línea continua en vez de hileras de puntos - FIGURA 3



```

1 Algoritmo Item 12b
2
3 Lee cantidad_puntos, lineas
4 Lee valor
5
6 Si (cantidad_puntos = 0 y lineas = true) Entonces
7   valor = 1
8 Sino
9   valor = 0
10 Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
15
  
```

Figura 66. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 12b – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 13

Se inicia el proceso con los datos: ángulo y figuras, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la condición donde se evalúa si la figura dibujada posee un ángulo de 45° , de ser así el valor sería 0 y si no es igual el valor sería 1. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

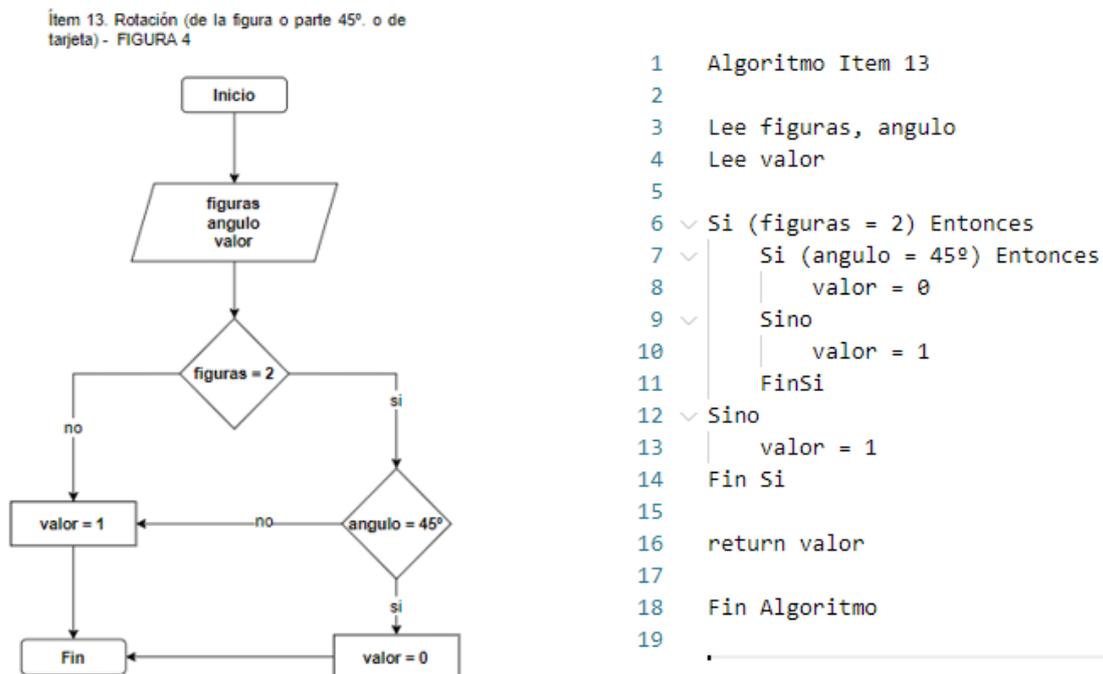


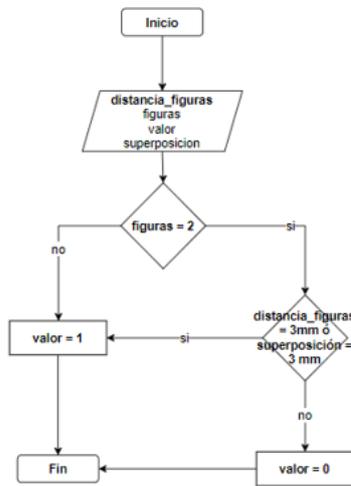
Figura 67. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 13 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 14

Se inicia el proceso con los datos: distancia de figuras, figuras y superposición, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la siguiente condición donde se evalúa si la distancia de las figuras es igual a 3mm o si poseen una

superposición de 3 mm, de ser así el valor sería 1 y si no es igual el valor sería 0. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 14. Integración (separación o superposición. > 3mm) - FIGURA 4



```

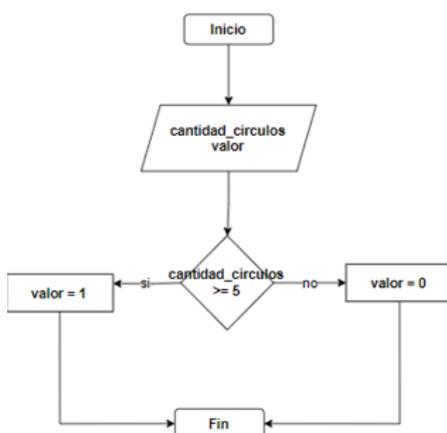
1  Algoritmo Item 14
2
3  Lee figuras, distancias_figuras, superposicion
4  Lee valor
5
6  Si (figuras = 2) Entonces
7    Si (distancias_figuras = 3mm
8    o superposicion = 3 mm) Entonces
9      valor = 0
10   Sino
11     valor = 1
12   FinSi
13 Sino
14   valor = 1
15 Fin Si
16
17 return valor
18
19 Fin Algoritmo
20
  
```

Figura 68. Flujoograma y pseudocódigo del Ítem 14 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 15

Se inicia el proceso con los datos: cantidad de puntos, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si la cantidad de puntos es mayor o igual a 5. En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 1 y si es falso el valor sería 0 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 15. Distorsión de Forma (5 ó + puntos convertidos en círculos) - FIGURA 5



```

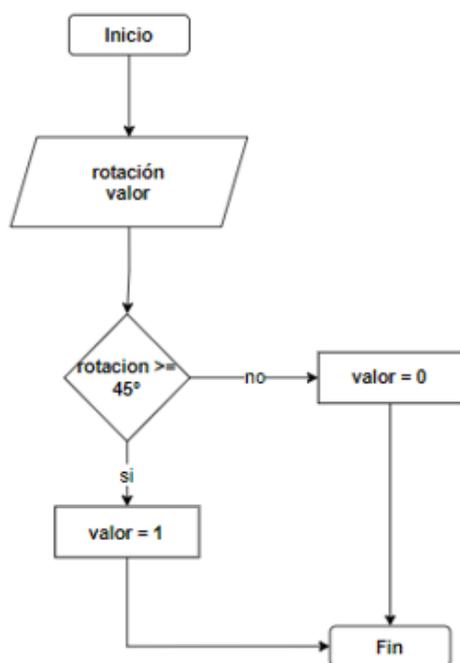
1  Algoritmo Item 15
2
3  Lee cantidad_circulos
4  Lee valor
5
6  Si (cantidad_circulos >= 5) Entonces
7    valor = 1
8  Sino
9    valor = 0
10 Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
15
  
```

Figura 69. Flujoograma y pseudocódigo del Ítem 15 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 16

Se inicia el proceso con los datos: rotación, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si la rotación es mayor o igual a 45° . En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 1 y si es falso el valor sería 0 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 16. Rotación 45° o más (total o parcial) -
FIGURA 5



```
1  Algoritmo Item 16
2
3  Lee rotacion
4  Lee valor
5
6  Si (rotacion = 45°) Entonces
7  |   valor = 1
8  Sino
9  |   valor = 0
10 Fin Si
11
12 return valor
13
14 Fin Algoritmo
15
```

Figura 70. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 16 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 17a

Se inicia el proceso con los datos: figura círculo, líneas y superposición, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existe la figura del círculo dibujada. En caso de que sea falso pasa a la siguiente condición y si es verdadero el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la siguiente condición donde se evalúa si existen líneas en el dibujo, de ser así el valor sería 1 y se finaliza la operación. Si no es así y es falso, se pasa a la siguiente operación. En la siguiente condición se verifica si existe una superposición de las figuras dibujadas, en caso de que

sea verdadero el valor obtendría un 1, en caso contrario sería 0. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

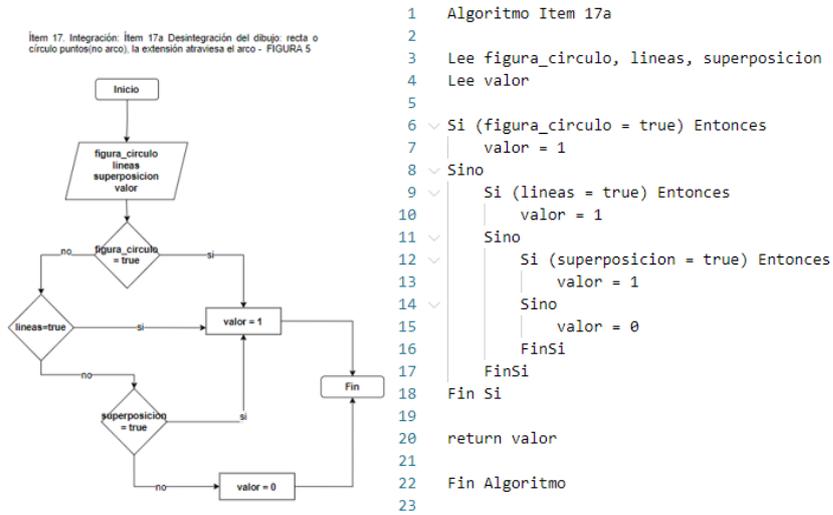


Figura 71. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 17a – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 17b

Se inicia el proceso con los datos: cantidad de puntos y líneas, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos la variable: valor. Se realiza una condición para validar si la cantidad de puntos es igual a 0 y si existen líneas. En caso de que sea verdadero el valor obtendría el valor de 1 y si es falso el valor sería 0 y finaliza la operación. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

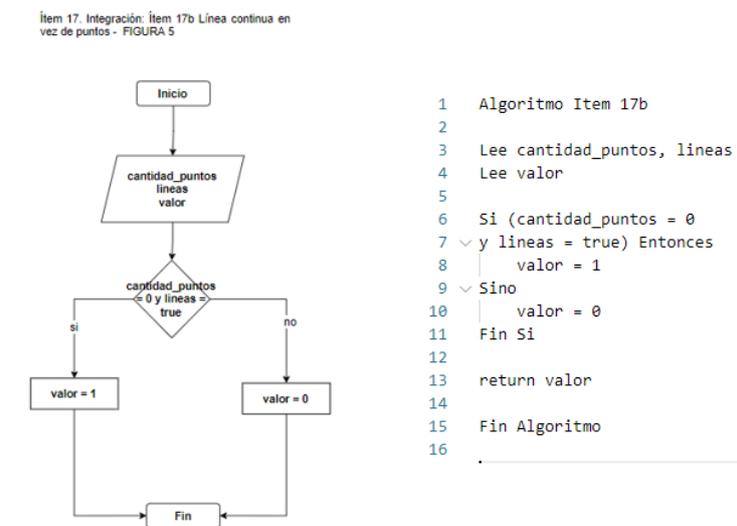
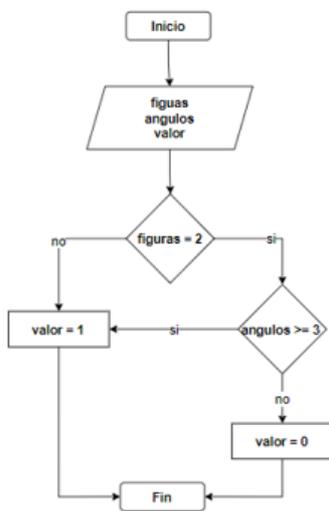


Figura 72. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 17b – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 18a

Se inicia el proceso con los datos: figuras y ángulos, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la siguiente condición donde se evalúa si existen 3 o más ángulos en los dibujos, de ser así el valor sería 1 y si no es igual el valor serían 0. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 18. Distorsión de Forma: Ítem 18a. Tres o más ángulos en vez de curvas - FIGURA 6

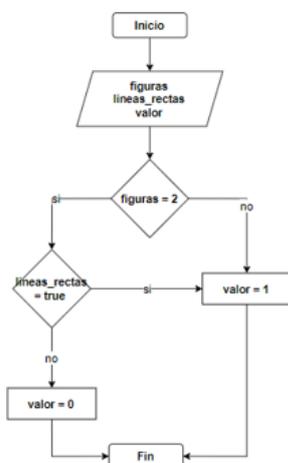


```
1  Algoritmo Item 18a
2
3  Lee angulos, figuras
4  Lee valor
5
6  Si (figuras = 2) Entonces
7      Si (angulos >= 3) Entonces
8          valor = 0
9      Sino
10         valor = 1
11     FinSi
12 Sino
13     valor = 1
14 Fin Si
15
16 return valor
17
18 Fin Algoritmo
19
20
```

Figura 73. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 18a – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 18b

Se inicia el proceso con los datos: figuras y líneas rectas, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la siguiente condición donde se evalúa si existen líneas rectas, de ser así el valor sería 1 y si no es igual el valor sería 0. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.



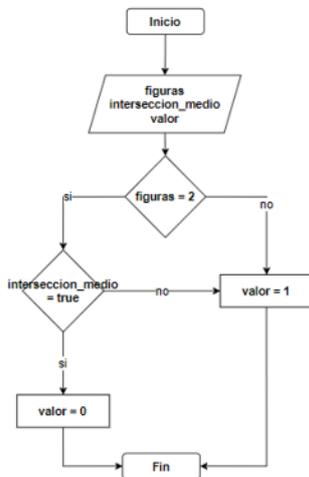
```

1  Algoritmo Item 18b
2
3  Lee lineas_rectas, figuras
4  Lee valor
5
6  Si (figuras = 2) Entonces
7    Si (lineas_rectas = true) Entonces
8      valor = 1
9    Sino
10     valor = 0
11   FinSi
12 Sino
13   valor = 1
14 Fin Si
15
16 return valor
17
18 Fin Algoritmo
19
  
```

Figura 74. Flujoograma y pseudocódigo del Ítem 18b – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 19

Se inicia el proceso con los datos: figuras y ángulos, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la siguiente condición donde se evalúa si una intersección de ambas figuras, de ser así el valor sería 0 y si no es así el valor sería 1. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.



```

1 Algoritmo Item 19
2
3 Lee interseccion_medio, figuras
4 Lee valor
5
6 Si (figuras = 2) Entonces
7   Si (interseccion_medio = true) Entonces
8     valor = 0
9   Sino
10    valor = 1
11  FinSi
12 Sino
13   valor = 1
14 Fin Si
15
16 return valor
17
18 Fin Algoritmo
19
20
  
```

Figura 75. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 19 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz

ÍTEM 20

Se inicia el proceso con los datos: figura sinusoidal una y figura sinusoidal dos, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición que verifica si ambas figuras sinusoidales poseen al menos 6 o más curvas, si es verdadero esta condición el valor sería de 0 pero si es todo lo contrario el valor sería de 1. Pero si la primera condición es falsa se verifica si existe por lo menos una figura de no ser así el valor sería 1, pero si cumple la condición verifica que la figura tenga 6 o más curvas, de no ser así el valor sería 1, pero si cumple la condición el valor sería 0. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

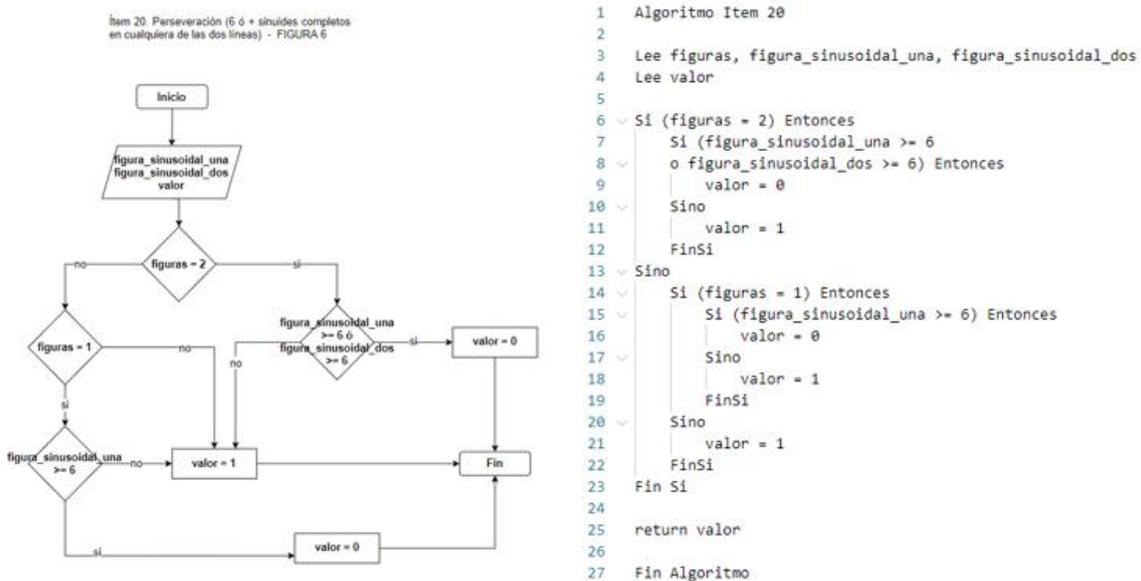
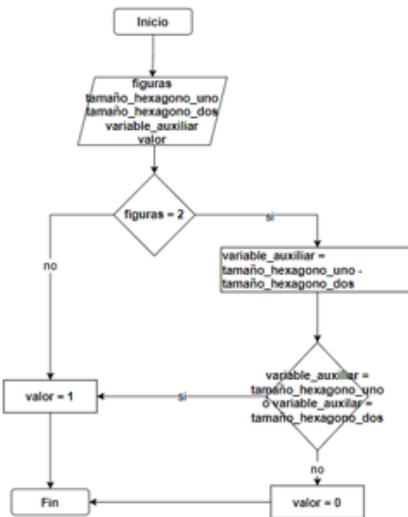


Figura 76. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 20 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 21a

Se inicia el proceso con los datos: figuras, tamaño hexágono uno y tamaño hexágono dos, obtenidos por el proceso de las CNN además agregamos las variables: valor y variable auxiliar. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras en el dibujo. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza un proceso donde se obtiene la diferencia de tamaño de ambas figuras y el valor obtenido se almacena en la variable auxiliar. Se realiza la condición donde se evalúa si el tamaño del hexágono uno o dos es igual a la variable auxiliar, de ser así el valor sería 1 y si no es igual el valor sería 0. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.



```

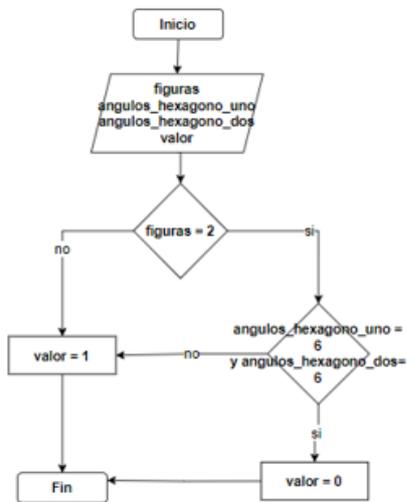
1 Algoritmo Item 21a
2
3 Lee figuras, tamaño_hexagono_uno, tamaño_hexagono_dos
4 Lee valor, variable_auxiliar
5
6 Si (figuras = 2) Entonces
7     variable_auxiliar = tamaño_hexagono_uno - tamaño_hexagono_dos
8     Si (variable_auxiliar = tamaño_hexagono_uno
9     o variable_auxiliar = tamaño_hexagono_dos) Entonces
10        valor = 1
11     Sino
12        valor = 0
13     FinSi
14 Sino
15     valor = 1
16 Fin Si
17 return valor
18
19 Fin Algoritmo
20
21
  
```

Figura 77. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 21a – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz

ÍTEM 21b

Se inicia el proceso con los datos: figuras, ángulos hexágono uno y ángulos hexágono dos, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la siguiente condición donde se evalúa si los ángulos de los hexágonos sean igual a 6, de ser así el valor sería 1 y si no es igual el valor sería 0. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 21. Distorsión forma: Ítem 21b. Deformación hexágonos (\rightarrow $n^\circ <$ ángulos) - FIGURA 7



```

1  Algoritmo Item 21b
2
3  Lee figuras, angulo_hexagono_uno, angulo_hexagono_dos
4  Lee valor
5
6  Si (figuras = 2) Entonces
7      Si (angulo_hexagono_uno = 6
8          o angulo_hexagono_dos = 6) Entonces
9          valor = 0
10     Sino
11         valor = 1
12     FinSi
13 Sino
14     valor = 1
15 Fin Si
16
17 return valor
18
19 Fin Algoritmo
20

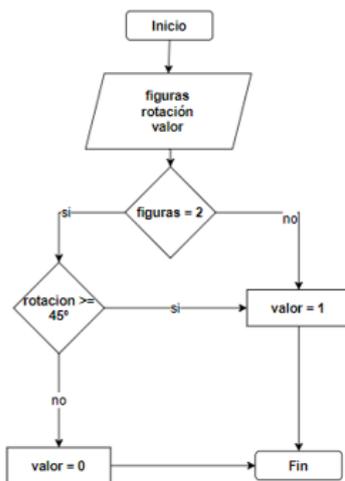
```

Figura 78. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 21b – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 22

Se inicia el proceso con los datos: figuras y rotación, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la siguiente condición donde se evalúa si la rotación es igual o mayor a 45° , de ser así el valor sería 1 y si no es igual el valor sería 0. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 22. Rotación parcial/total figura o tarjeta (45°
6+) - FIGURA 7



```

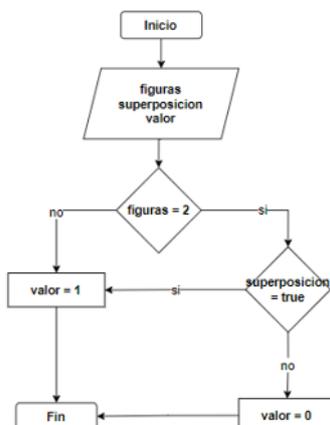
1  Algoritmo Item 22
2
3  Lee figuras, rotacion
4  Lee valor
5
6  Si (figuras = 2) Entonces
7  Si (rotacion >= 45°) Entonces
8  valor = 1
9  Sino
10 valor = 0
11 FinSi
12 Sino
13 valor = 1
14 Fin Si
15
16 return valor
17
18 Fin Algoritmo
19
  
```

Figura 79. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 22 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 23

Se inicia el proceso con los datos: figuras y superposición, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la siguiente condición donde se evalúa si existe una superposición de ambas figuras, de ser así el valor sería 1 y si no es igual el valor sería 0. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 23. Integración (no se superponen o lo hacen demasiado, un hexágono penetra totalmente) - FIGURA 7



```

1  Algoritmo Item 23
2
3  Lee figuras, superposicion
4  Lee valor
5
6  Si (figuras = 2) Entonces
7  Si (superposicion = true) Entonces
8  valor = 1
9  Sino
10 valor = 0
11 FinSi
12 Sino
13 valor = 1
14 Fin Si
15
16 return valor
17
18 Fin Algoritmo
19
  
```

Figura 80. Flujograma y pseudocodigo del Ítem 23 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 24

Se inicia el proceso con los datos: figuras, ángulos del hexágono y ángulos del rombo, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la siguiente condición donde se evalúa si los ángulos del rombo son igual a 4 y los ángulos el hexágono es igual a 6, de ser así el valor sería 1 y si no es igual el valor sería 0. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

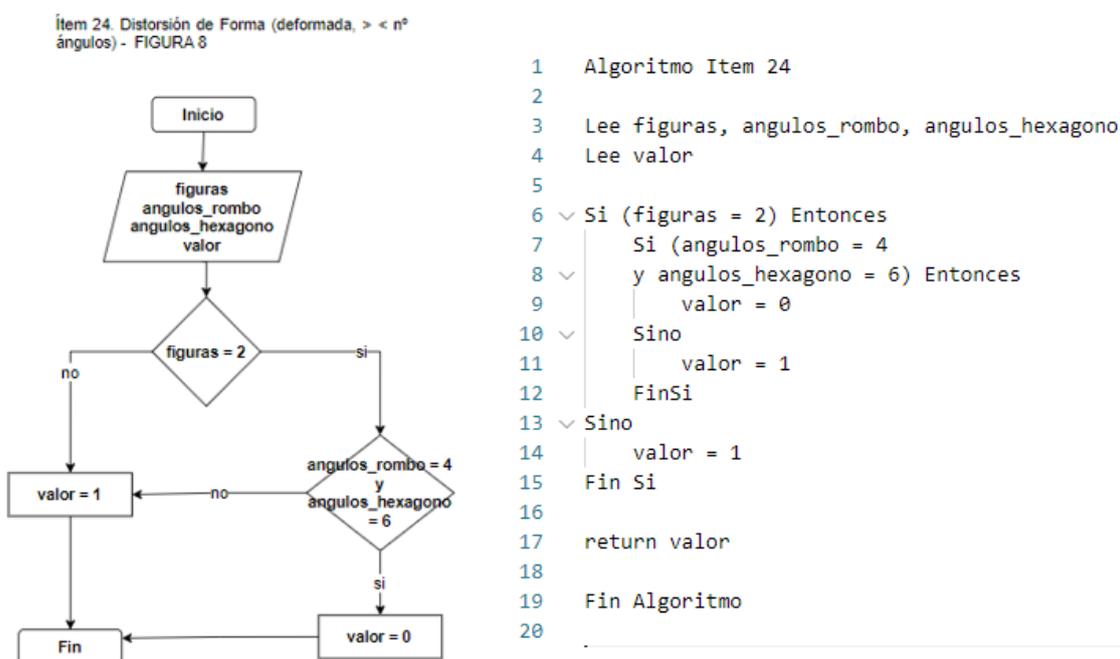
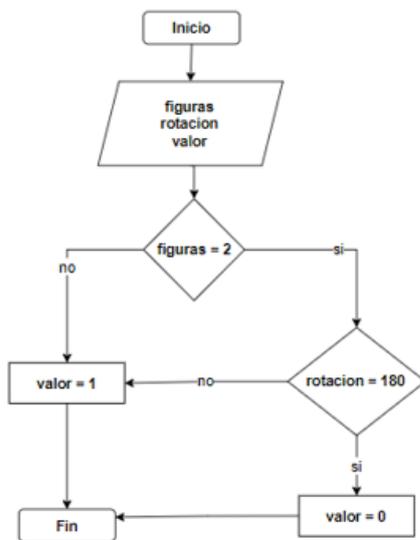


Figura 81. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 24 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ÍTEM 25

Se inicia el proceso con los datos: figuras y rotación, obtenidos por el proceso de las CNN además se agrega la variable: valor. Se realiza una condición para validar si existen dos figuras dibujadas. En caso de que sea verdadero pasa a la siguiente condición y si es falso el valor sería 1 y finaliza la operación. Se realiza la siguiente condición donde se evalúa si la figura dibujada posee un ángulo de 180° para verificar su rotación, de ser así el valor sería 0 y si no es igual el valor sería 1. Y se retornaría la variable valor y finaliza la operación.

Ítem 25. Rotación eje en 45° o más - FIGURA 8



```
1 Algoritmo Item 25
2
3 Lee figuras, rotacion
4 Lee valor
5
6 Si (figuras = 2) Entonces
7     Si (rotacion = 180°) Entonces
8         valor = 0
9     Sino
10        valor = 1
11    FinSi
12 Sino
13     valor = 1
14 Fin Si
15
16 return valor
17
18 Fin Algoritmo
19
```

Figura 82. Flujograma y pseudocódigo del Ítem 25 – Test de Bender, Sistema de puntuación Koppitz.

ANEXO 24: Presupuesto

Descripcion		Costo x Unidad S/.		Cantidad / Meses	Total S/.		Concepto Teorico
Hardware							
	Computadora	S/.	3500	1	S/.	3500	Gastos por la adquisición de maquinaria y equipos de oficina (Clasificador economico de gastos, 2021, p.22).
	Lapiz digital	S/.	150	1	S/.	150	
Software							
	Visual Studio Code	S/.	0	0	S/.	0	Gastos por la adquisición de software, incluidas las licencias cuando se adquiere en forma conjunta(software más licencia) (Clasificador económico de gastos, 2021, p.23).
	MySQL	S/.	0	0	S/.	0	
Servicios							
	Internet	S/.	170	12	S/.	2040	Gastos por concepto de conexión a la red internacional de información (Internet), usados por las entidades en el desempeño de sus funciones (Clasificador económico de gastos, 2021, p.9).
	Luz	S/.	150	12	S/.	1800	Gastos por el consumo de energía eléctrica por las entidades públicas, para el funcionamiento de sus instalaciones (Clasificador económico de gastos, 2021, p.9).
	Transporte	S/.	1.5	12	S/.	18	Gastos por el pasaje de pasajes y gastos de transporte pagados a empresas de transporte o a agencias de viajes por el traslado de personal en el interior del país (Clasificador económico de gastos, 2021, p.9).
	Asesoría Psicológica	S/.	60	4	S/.	240	Gastos por contratos con personas jurídicas, prestadoras de servicios de consultoría, investigaciones, estudios y diseños prestados por personas jurídicas (Clasificador económico de gastos, 2021, p.9).
Otros							
	Mascarilla	S/.	4	18	S/.	72	Gastos por la adquisición de otros productos similares, no contemplados en las cuentas anteriores: como vitaminas, productos bacteriológicos, entre otros de similar naturaleza (Clasificador económico de gastos, 2021, p.8).
	Protectores Faciales	S/.	4	2	S/.	8	
					Total	7828	

Figura 71: Presupuesto

En la figura 71 se muestra el presupuesto que manejamos para la realización del sistema

ANEXO 26: Arquitectura tecnológica para el usuario final

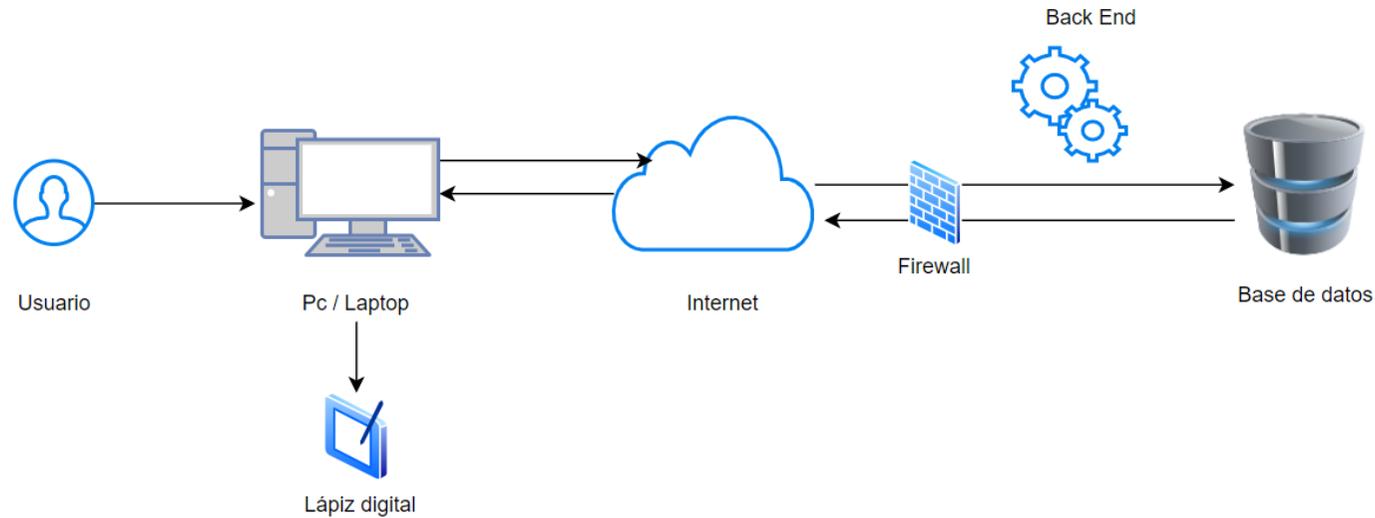


Figura 79: Arquitectura tecnológica para el usuario final

En la figura 79 se muestra la arquitectura para el usuario final donde para utilizar el sistema se debe contar con una pc o laptop, además de un lápiz digital para la elaboración de los dibujos de una manera más fácil. También se deberá poseer conexión a internet para que el usuario a cargo de realizar el test pueda iniciar sesión o registrarse y mantener una conexión con la base de datos.

ANEXO 27: Arquitectura tecnológica del sistema

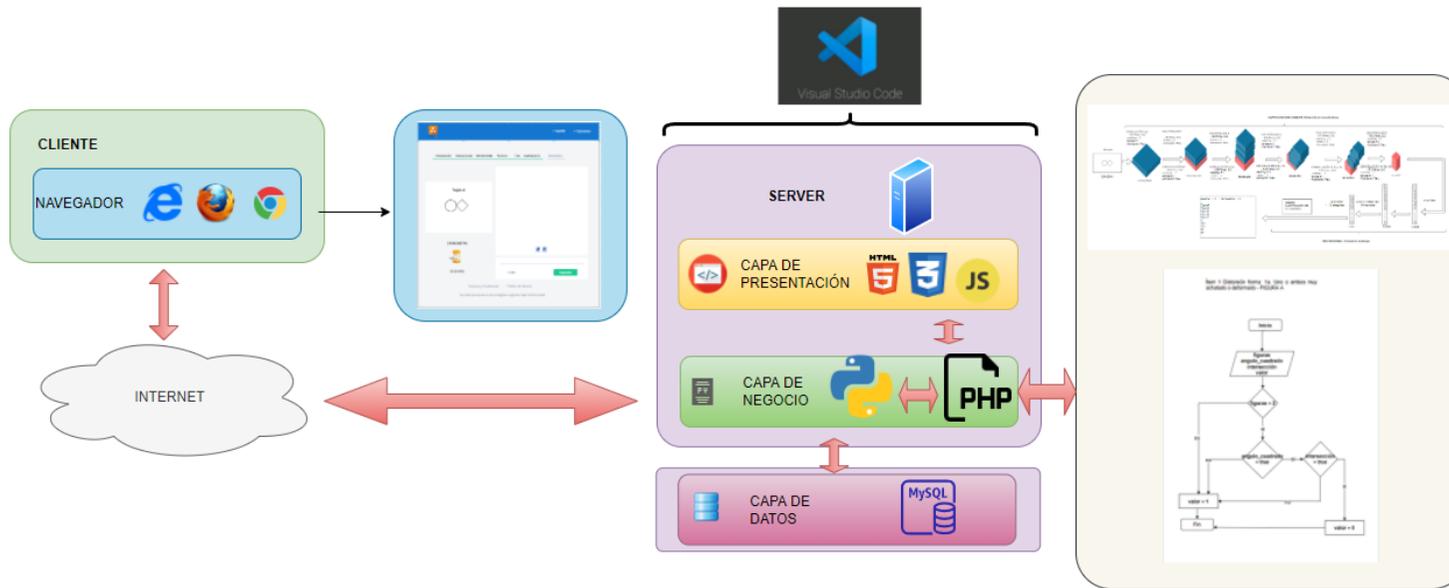
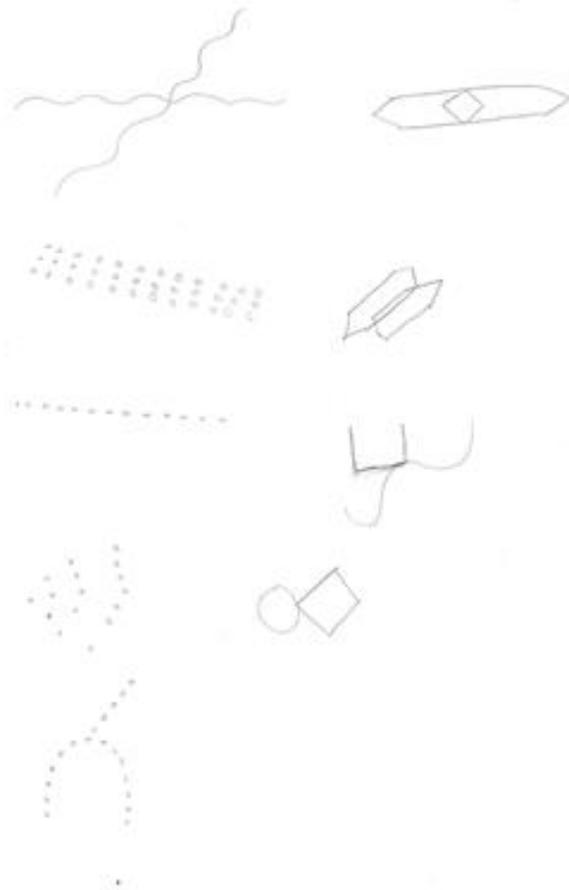


Figura 80: Arquitectura tecnológica del sistema

En la figura 80 se muestra la arquitectura tecnológica del sistema donde se muestran las tecnologías que se utilizan, el cliente utilizará para ingresar al sistema navegadores Google Explorer, Google Chrome, o Firefox, para el desarrollo del proyecto se utilizará el entorno de desarrollo PyCharm y tecnologías HTML5, CSS y JavaScript, además se utilizará el lenguaje de programación Python y el motor de base de datos SQL SERVER.

ANEXO 28: Evaluaciones del test a niños



TEST PERCEPTIVO VISOMOTRIZ DE BENDER-KOPPITZ

Nombre del alumno: Yabala Pérez Leon Urbe Sexo: F
 Nombre de la escuela: _____ Grado: _____ Grupo: _____
 Fecha de nacimiento: 12-03-2011 Fecha de aplicación: 23-04-2011 Edad: 7 años 7 meses

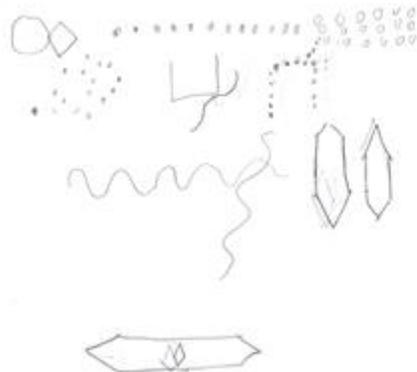
Tiempo empleado para completar el test (en segundos) sólo cuando termina fuera de los límites críticos		Límite Crítico	
Edad	Intervio	Edad	Intervio
7 años	3 a 10 min.	7 años	4 a 8 min.
8 años	4 a 10 min.	8 años	5 a 10 min.
9 años	5 a 10 min.	9 años	6 a 10 min.

FIGURA	ITEM (puntuado como presentaciones: 1 a 5) En caso de duda, no se computa.	P. O.	INDICADORES DISFUNCIÓN (*) (*) Cuales, puntuación funcional (**). Casi excluidos de DCM
A	1. Distorsión forma: 1a. Línea o ambas muy achatación o deformada.	0	* En todos los estadios (achatación o extensión de ángulos)
	2. Desintegración (no se achatación)	0	* (> 6 años)
	3. Integración (superposición = 3 mm en la unión)	0	* En todos los estadios
I	4. Distorsión forma (3 ó 4 puntas sin circunferencia)	1	* En todos los estadios
	5. Rotación (45° o más en sentido horario)	0	* En todos los estadios
	6. Perseveración (15 puntas por fila)	0	* (> 7 años)
B	7. Rotación	1	* (> 8 años)
	8. Integración: Desintegración (no se achatación) 4 ó 4 circunferencia en mayoría de columnas. Fuente: con Fig. 1.	0	* (> 8 años)
	9. Perseveración (14 estadios)	0	* (> 7 años)
C	10. Distorsión forma (3 ó 4 puntas sin circunferencia)	1	* (> 8 años)
	11. Rotación del eje 45° ó + de sentido (de la tarjeta)	0	* (> 7 años)
	12. Integración (forma no correspondiente) 12a. Desintegración del dibujo. 12b. Línea continua en vez de líneas de puntos.	0	* En todos los estadios
D	13. Rotación perpendicular 45° ó + de tarjeta o dibujo.	1	* En todos los estadios
	14. Integración (superposición o espacios = 3 mm.)	0	* En todos los estadios
	15. Distorsión forma (3 ó 4 puntas sin circunferencia)	1	* (> 8 años)
E	16. Rotación 45° o más (total o parcial)	0	* En todos los estadios
	17. Integración: 17a. Desintegración (no se achatación) recta o círculo de puntos (no arco), se extiende a través al arco. 17b. Línea continua en vez de puntos.	0	* En todos los estadios
	18. Distorsión de la forma	0	* (> 7 años)
F	19. Tres o más ángulos en vez de curvas.	0	* En todos los estadios
	20. Líneas rectas	0	* En todos los estadios
	21. Integración (conectar mal)	0	* En todos los estadios
G	22. Perseveración (6 ó + presentaciones completas en multipunto de los dos líneas)	0	* (> 7 años)
	23. Distorsión forma: 23a. Desintegración (no se achatación) (no se achatación) 23b. Deformación (achatación) (= + 4° ángulos)	0	* (> 8 años)
	24. Rotación perpendicular 45° ó + de tarjeta o dibujo.	1	* (> 8 años)
H	25. Integración (no se superponen o la hacen desmoronada, un triángulo pequeño triangular)	1	* (> 8 años)
	26. Distorsión forma (deformada, = + 10° ángulos)	0	* (> 8 años)
	27. Rotación eje en 45° o más.	0	* En todos los estadios

P. O. TOTAL (máx. 30): 6 Edad de maduración visomotriz: De 7 años 7 meses a 7 años 7 meses

Página 1 de 2

Figura 83. Gráfica y evaluación del test de Bender del niño de 7 años



TEST PERCEPTIVO VISOMOTRIZ DE BENDER-KOPPITZ

Nombre del alumno: Abigail Digna Laureana Sexo: F
 Nombre de la escuela: _____ Grado: _____ Grupo: _____
 Fecha de nacimiento: 06-07-2013 Fecha de aplicación: 15-11-2021 Edad: 08 años 05 meses

Tiempo empleado para completar el test (se significan sólo cuando termina uno de los límites críticos)		Límites Críticos	
		Edad	Intermitt.
Comenzó: <u>1:6:17</u>	Legre, Lento, perfeccionista, esfuerzo para comprender dificultades perceptivo-motoras.	5 años	3 a 10 min.
Terminó: <u>1:6:00</u>	Caras: Impulsional, falta de concentración, bajo rendimiento escolar (a alta capacidad).	5 ½ años	4 a 10 min.
TOTAL: <u>2</u> minutos		6 a 8 ½ años	4 a 9 min.
		9 a 10 años	4 a 8 min.

FIGURA	ITEM (puntuado como presentativamente: 1 ó 0). En caso de duda, no se computa.	P. D.	INDICADORES DISFUNCIÓN (*) Casi exclusivo de DCM
A	1. Distorsión forma: 1a. Líno o arcos muy achatado o deformado.	+	* En todas las edades
	1b. Desproporción (uno es el doble).	-	* (adición o omisión de ángulos)
	2. Rotación parastatal 45° ó + de tarjeta o dibujo.	0	* (> 8 años)
B	3. Integración (separatogram. + 3 mm en la unión).	0	* En todas las edades
	4. Distorsión forma (5 ó + puntos son círculos).	+	* En todas las edades
	5. Rotación (45° o más en tarjeta/dibujo).	0	* En todas las edades
C	6. Perseveración (= 15 puntos por fila).	0	** (> 7 años)
	7. Rotación.	0	* (> 8 años)
	8. Integración. Circunvalación fluj. 4 ó + círculo en mayoría de columnas. Fueñón con Fig. 1.	+	** (> 8 años)
D	9. Perseveración (= 14 columnas).	+	** (> 7 años)
	10. Distorsión forma (5 ó + puntos son círculos).	0	* (> 8 años)
	11. Rotación del eje 45° ó + en dibujo (o la tarjeta).	+	* (> 7 años)
E	12. Integración (suma no conseguida): 12a. Desintegración del dibujo.	+	* (> 5 años)
	12b. Línea continua en vez de hilera de puntos.	0	** En todas las edades
	13. Rotación parastatal 45° ó + de tarjeta o dibujo.	0	** En todas las edades
F	14. Integración (separación o superpos. + 2 mm.).	0	* En todas las edades
	15. Distorsión forma (5 ó + puntos son círculos).	+	* (> 8 años)
	16. Rotación 45° o más (total o parcial).	+	* En todas las edades
G	17. Integración: 17a. Desintegración: recta o círculo de puntos (no arco), la extensión atraviesa el arco.	0	** En todas las edades
	17b. Línea continua en vez de puntos.	0	** En todas las edades
	18. Distorsión de la forma: 18 a. Tres o más ángulos en vez de curvas.	0	* (> 7 años)
H	18 b. Líneas rectas.	0	** En todas las edades
	19. Integración (grutas mal).	+	* En todas las edades
	20. Perseveración (5 ó + cruces completas en recuadro de las dos líneas).	0	** (> 7 años)
I	21. Distorsión forma: 21 a. Desproporción tamaño (el doble).	0	* (> 8 años)
	21 b. Deformación hexágono (= + nº ángulos).	0	* (> 8 años)
	22. Rotación parastatal 45° ó + de tarjeta o dibujo.	0	* (> 8 años)
J	23. Integración (no se superponen o lo hacen demasiado, un hexágono parece totalmente).	+	* (> 8 años)
	24. Distorsión forma (deformada, = + nº ángulos).	-	* (> 8 años)
	25. Rotación eje en 45° o más.	0	** En todas las edades
P. D. TOTAL (máx. 30):	<u>8</u>	Edad de maduración visomotriz:	De <u>6</u> años <u>0</u> meses a <u>6</u> años <u>0</u> meses

Figura 84. Gráfica y evaluación del test de Bender a un niño de 6 años.

En la figura 83 y 84 se muestran las pruebas de la recolección de datos respecto a las evaluaciones del test en niños de 5 a 10 años de edad.

ANEXO 29: Realización del test de Bender a integrante de 6 años



Figura 85. Realización de la prueba a niña de 6 años.

En la figura 85 se muestra a una integrante realizando el test de la forma tradicional.