



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN  
Y CONTROL.**

**TEMA: 'IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BASADO EN EL  
ROBOT NAO PARA LECTURA DE TEXTOS EN APLICACIONES DE  
HUMAN ROBOT INTERACTION'**

**AUTOR: VALAREZO CORREA, JÉSSICA ELIZABETH  
DIRECTOR: ING. ERAZO SOSA, ANDRÉS SEBASTIÁN, M.Sc.**

**SANGOLQUÍ**

**2019**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BASADO EN EL ROBOT NAO PARA LECTURA DE TEXTOS EN APLICACIONES DE HUMAN ROBOT INTERACTION”** fue realizado por la señorita **Valarezo Correa, Jéssica Elizabeth** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 01 de julio de 2019

.....  
ING. Erazo Sosa, Andrés Sebastián, M.Sc.  
CI. 1720400082



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, Y  
TELECOMUNICACIONES**


**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Valarezo Correa, Jéssica Elizabeth**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BASADO EN EL ROBOT NAO PARA LECTURA DE TEXTOS EN APLICACIONES DE HUMAN ROBOT INTERACTION”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 01 de julio de 2019

  
.....  
Jéssica Elizabeth Valarezo Correa  
CI. 1720132784




**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Valarezo Correa, Jéssica Elizabeth** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BASADO EN EL ROBOT NAO PARA LECTURA DE TEXTOS EN APLICACIONES DE HUMAN ROBOT INTERACTION”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 01 de julio de 2019

  
.....  
Jéssica Elizabeth Valarezo Correa  
CI. 1720132784

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de investigación en primer lugar a Dios por estar presente y bendecir cada paso que doy.

A mis padres por enseñarme como resolver cada problema que aparece en mi vida, por acompañarme en cada alegría, tristeza, fracaso y éxito que ha ido surgiendo a lo largo de la carrera y por el amor incondicional de cada día.

A mi hermano y mi primito porque cuando se reúnen enloquecen todo mi mundo, me dan alegría y motivan a cumplir mis sueños.

Por último, a mi abuelito por ser de gran inspiración en mi niñez, por la increíble persona que era, lo mucho que se preocupaba por toda su familia y el amor incondicional que nos regalaba cada día.

*Jéssica Elizabeth Valarezo Correa*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por darme un poquito de sabiduría no solo en los estudios si no también en todas las decisiones de mi vida, también por mi hermosa familia y los grandes amigos que has puesto en mi camino para darme tanta felicidad.

A mi madre, por ser mi ejemplo a seguir, por todo su amor, por ser mi confidente y no solo una mamá excelente si no una amiga que siempre esta cuando la necesito. Siempre me motiva a seguir adelante y cumplir todas mis metas.

A mi padre, porque, aunque a veces no lo dice me ama con todo su corazón, siempre trata de apoyarme como puede y me ha guiado para que logre llegar muy alto.

A toda mi familia, estamos muy unidos y siempre buscamos apoyarnos de la mejor manera, porque las alegrías de uno son las de todos.

A mi mejor amiga, por ser la hermana que no tuve, por soportar todos mis estados de ánimo, comprender mis enojos y darme los mejores consejos. Por los increíbles momentos que hemos vivido y todos los que seguiremos teniendo juntas.

A una increíble persona, Israel Rojas por su apoyo cada vez que lo necesite, sus consejos, tantos momentos de alegría y su ayuda en todo momento.

*Jéssica Elizabeth Valarezo Correa*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>PALABRAS CLAVES:.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación e importancia .....	5
1.3. Alcance.....	8
1.4. Objetivos.....	13
1.4.1. Objetivo general .....	13
1.4.2. Objetivos específicos.....	13

<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>14</b>
<b>FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1. Descripción general del robot nao .....	14
2.1.1. Descripción de sensores .....	16
2.1.2. Descripción de actuadores .....	18
2.1.3. Text to speech.....	20
2.2. Descripción de visión artificial .....	21
2.3. Reconocimiento óptico de caracteres .....	22
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>24</b>
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>24</b>
3.1. Robot NAO .....	24
3.1.1. Grados de libertad.....	26
3.1.2. Simulación.....	32
3.2. Consideraciones para lectura .....	38
3.2.1. Herramienta impresa en 3d.....	39
3.2.2. Atril.....	40
3.3. Algoritmo de reconocimiento de caracteres .....	41
3.3.1. Escala de grises.....	42
3.3.2. Histograma .....	44



3.3.3. Binarización.....	48
3.3.4. Componentes conexos.....	49
3.3.5. Motor de OCR Tesseract.....	51
3.4. Libro.....	53
3.5. Comunicación entre robot NAO y Raspberry Pi .....	56
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>58</b>
<b>PRUEBAS EXPERIMENTALES DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
4.1. Pruebas experimentales.....	58
4.1.1. Reconocimiento óptico de caracteres .....	58
4.1.2. Cambio de hoja.....	79
4.1.3. Luz.....	88
4.2. Análisis de resultados .....	89
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>98</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>98</b>
5.1. Conclusiones.....	98
5.2. Recomendaciones .....	99
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>100</b>
<b>TRABAJOS FUTUROS .....</b>	<b>100</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>101</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Características de los motores de las articulaciones del robot NAO</i> .....	19
<b>Tabla 2.</b> <i>Rangos de movimientos de los dos grados de libertad de la cabeza</i> .....	28
<b>Tabla 3.</b> <i>Rangos de movimientos de los grados de libertad de las extremidades superiores</i> .....	31
<b>Tabla 4.</b> <i>Ángulos de los movimientos de las articulaciones de la cabeza</i> .....	34
<b>Tabla 5.</b> <i>Pruebas realizadas, página 1, cuento 1</i> .....	59
<b>Tabla 6.</b> <i>Pruebas realizadas, página 2, cuento 1</i> .....	60
<b>Tabla 7.</b> <i>Pruebas realizadas, página 3, cuento 1</i> .....	62
<b>Tabla 8.</b> <i>Pruebas realizadas, página 4, cuento 1</i> .....	64
<b>Tabla 9.</b> <i>Pruebas realizadas, página 5, cuento 1</i> .....	65
<b>Tabla 10.</b> <i>Pruebas realizadas, página 6, cuento 1</i> .....	67
<b>Tabla 11.</b> <i>Pruebas realizadas, página 1, cuento 2</i> .....	69
<b>Tabla 12.</b> <i>Pruebas realizadas, página 2, cuento 2</i> .....	70
<b>Tabla 13.</b> <i>Pruebas realizadas, página 3, cuento 2</i> .....	72
<b>Tabla 14.</b> <i>Pruebas realizadas, página 4, cuento 2</i> .....	74
<b>Tabla 15.</b> <i>Pruebas realizadas, página 5, cuento 2</i> .....	76
<b>Tabla 16.</b> <i>Pruebas realizadas, página 6, cuento 2</i> .....	77
<b>Tabla 17.</b> <i>Resultados de las pruebas de reconocimiento de caracteres</i> .....	89
<b>Tabla 18.</b> <i>Resultado de tiempos de lectura por página y por cuento</i> .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Estadísticas de personas con discapacidad registrada .....	7
<i>Figura 2.</i> Diagrama de bloques del proceso .....	8
<i>Figura 3.</i> Grados de libertad de las extremidades del robot NAO. ....	9
<i>Figura 4.</i> Procesamiento del texto .....	10
<i>Figura 5.</i> Robot NAO y distribución de sus sensores .....	17
<i>Figura 6.</i> Robot NAO y distribución de sus actuadores.....	18
<i>Figura 7.</i> Articulaciones y ángulos empleados en cada una de ellas .....	20
<i>Figura 8.</i> Posición HOME robot NAO.....	25
<i>Figura 9.</i> Grados de libertad cabeza robot NAO. Izquierda “HeadPitch”, derecha “HeadYaw” .	27
<i>Figura 10.</i> Ejes de rotación del robot NAO.....	27
<i>Figura 11.</i> Articulaciones de la extremidad superior derecha del robot NAO.....	29
<i>Figura 12.</i> Articulaciones de la extremidad superior izquierda del robot NAO .....	30
<i>Figura 13.</i> Simulación cabeza robot NAO .....	33
<i>Figura 14.</i> Posición de la cabeza robot NAO para la captura de la imagen.....	33
<i>Figura 15.</i> Programación en Simulink para el movimiento de los ángulos de la cabeza.....	34
<i>Figura 16.</i> Subsistema de programación “if” .....	35
<i>Figura 17.</i> Simulación de la extremidad superior derecha del robot NAO.....	35
<i>Figura 18.</i> Simulación para cambiar la primera hoja del cuento.....	37
<i>Figura 19.</i> Herramienta de lectura de libros.....	40
<i>Figura 20.</i> Herramienta impresa en 3D .....	40

<i>Figura 21.</i> Atril en el que se ubica el cuento.....	41
<i>Figura 22.</i> Página original del cuento de prueba.....	43
<i>Figura 23.</i> Página a escala de grises del cuento de prueba.....	43
<i>Figura 24.</i> Histograma de la página a escala de grises.....	44
<i>Figura 25.</i> Histograma de la página a escala de grises sin los extremos.....	45
<i>Figura 26.</i> Ecuación del histograma.....	47
<i>Figura 27.</i> a) Imagen escala de grises. b) Imagen con la ecualización del histograma.....	48
<i>Figura 28.</i> Página binarizada.....	49
<i>Figura 29.</i> Página resultante al ser eliminados los componentes conexos.....	50
<i>Figura 30.</i> Imagen sin eliminación de componentes conexos.....	51
<i>Figura 31.</i> Reconocimiento de caracteres sin eliminación de componentes conexos.....	52
<i>Figura 32.</i> Texto reconocido con la eliminación de componentes conexos.....	52
<i>Figura 33.</i> Cuento 1, Salomé y el pajarito.....	54
<i>Figura 34.</i> Cuento 2, El árbol mágico.....	56
<i>Figura 35.</i> Herramienta de lectura con su sentido de giro.....	80
<i>Figura 36.</i> Fuentes y tamaños de texto analizadas para el reconocimiento.....	81
<i>Figura 37.</i> Grabado en MDF.....	82
<i>Figura 38.</i> Primera hoja cortada y grabada con láser.....	82
<i>Figura 39.</i> Movimiento de hoja con el brazo derecho.....	83
<i>Figura 40.</i> Movimiento de la hoja por la parte inferior con la mano izquierda.....	84
<i>Figura 41.</i> Movimiento de la hoja por la parte superior con la mano izquierda.....	85
<i>Figura 42.</i> Movimiento de la extremidad derecha con la ayuda de imanes.....	86
<i>Figura 43.</i> Secuencia de movimientos para cambio de hoja mediante desplazamiento.....	87

<b>Figura 44.</b> Cantidad de errores por página de cada prueba del cuento Salomé y el pajarito .....	91
<b>Figura 45.</b> Cantidad de errores por página de cada prueba del cuento El arbolito mágico.....	92
<b>Figura 46.</b> Error por prueba del cuento Salomé y el pajarito .....	92
<b>Figura 47.</b> Error por prueba del cuento El arbolito mágico .....	93
<b>Figura 48.</b> Tiempos por página de las 4 pruebas en el cuento Salomé y el pajarito .....	95
<b>Figura 49.</b> Tiempos por página de las 4 pruebas en el cuento El arbolito mágico.....	96
<b>Figura 50.</b> Tiempos totales de las 4 pruebas del cuento Salomé y el pajarito.....	96
<b>Figura 51.</b> Tiempos totales de las 4 pruebas del cuento El arbolito mágico .....	97

## RESUMEN

La lectura es una fuente de conocimiento que existe en la actualidad, en el Ecuador existe un índice muy bajo de personas que buscan la lectura como un pasatiempo. En este proyecto de titulación se busca lograr un vínculo entre la robótica y la lectura, se ha realizado un reconocimiento de texto de la imagen de un cuento infantil obtenida mediante un robot NAO, para la extracción de los caracteres se utilizó el motor de reconocimiento *Tesseract* y a continuación se dio lectura del mismo con la función “TextToSpeech” propia del humanoide. Se realizó dos programas en Python, el primero se encuentra en el robot mientras que el segundo en una Raspberry Pi. El humanoide toma la imagen y la envía a la Raspberry Pi donde se realiza un proceso de reconocimiento obteniendo el texto de la hoja que se desea leer y lo regresa al robot para simular la acción de lectura. Por último, se realiza la actividad de cambio de hoja y se repite el mismo proceso varias veces, para la actividad se ha impreso una herramienta en 3D y se ha colocado el libro en un atril para evitar que lo tome en sus manos, sobrecalentando sus motores. El libro “Nao-Book” fue diseñado, cortado y grabado siendo compatible con los requerimientos del proceso de lectura. Este proyecto puede ser la base para incentivar a la población ecuatoriana a retomar el hábito de la lectura, creando a futuro aplicaciones para interactuar con personas de cualquier edad o incluso con las que poseen discapacidad visual.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES**
- **LECTURA**
- **ROBOT NAO**
- **HUMANOIDE**

## **ABSTRACT**

Reading is a source of knowledge that exists today, in Ecuador there is a very low rate of people seeking reading as a hobby. In this titling project seeks to achieve a link between robotics and reading, has made a text recognition of the image of a children's story obtained by a robot NAO, for the extraction of the characters was used the Tesseract recognition engine and then read it with the function "TextToSpeech" own humanoid. Two programs were made in Python, the first is in the robot while the second in a Raspberry Pi. The humanoid takes the image and sends it to the Raspberry Pi where a recognition process is performed, obtaining the text of the sheet to be read and returning it to the robot to simulate the reading action. Finally, the sheet change activity is carried out and the same process is repeated several times, for the activity a 3D tool has been printed and the book has been placed on a lectern to avoid taking it into their hands, overheating their engines. The book "Nao-Book" was designed, cut and recorded being compatible with the requirements of the reading process. This project can be the basis to encourage the Ecuadorian population to resume the habit of reading, creating future applications to interact with people of any age or even those with visual impairment.

### **KEYWORDS:**

- **OPTICAL CHARACTER RECOGNITION**
- **READING**
- **NAO ROBOT**
- **HUMANOID**

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Antecedentes

Lo que ha buscado la humanidad desde su creación es entender el por qué de las cosas, como funciona todo aquello con lo que tiene que interactuar, pero fundamentalmente su curiosidad está enfocada en sí mismo, busca entender la forma de caminar, mover objetos de un lugar a otro o simplemente la manera de entenderse y comunicarse. Japón es uno de los países que sobresalen en varias industrias como: automotriz, electrónica, farmacéutica, bioquímica, pero sobre todo el campo de investigación de los robots humanoides, el cual ha tenido demasiados inversionistas en los últimos años. Existen ejemplares en la actualidad que son reconocidos a nivel mundial y han sido patentados por empresas japonesas como los robots: cantante y bailarín de Sony, Honda Asimo, humanoide de Fujitsu, entre otros. (Riezenman, 2002)

La empresa japonesa SoftbankRobotics ha desarrollado un robot humanoide denominado NAO, el mismo que está diseñado para interactuar de forma natural de acuerdo a la programación que lo gobierna. Este humanoide escucha, observa y habla, y puede percibir el entorno a partir de múltiples sensores. En base a esta información y actuadores realiza diversas acciones, entre ellas caminar, sentarse, pararse o responder. Para su programación se pueden utilizar diferentes lenguajes como C++, Java y Python; además que posee compatibilidad con Windows, Linux y Mac. (SoftbankRobotics, 2008)



La idea de un mundo donde los robots interactúan con las personas y cumplen funciones importantes para la sociedad como educadores, médicos, compañeros o mascotas era una visión a futuro. En la actualidad, existe infinidad de proyectos de investigación enfocados en la interacción de los humanos con los robots. En la Universidad de Osaka, por ejemplo, se busca enseñar algunos saludos en español a un grupo heterogéneo de sujetos y se compara los resultados obtenidos con los de un grupo de control usando títeres. (Benítez Sandoval, 2012) Por ello, este tipo de avances tecnológicos motivan a las personas a empezar con acciones pequeñas para llegar a convivir con los robots y hacerlos parte de su diario vivir.

En esta temática se ha publicado un documento en la Sexta Conferencia Internacional ACM / IEEE sobre interacción Humano-Robot (HRI) (Yoshinori, et al., 2012). El mismo trata sobre el desarrollo de un robot para un servicio que brinda atención asistida, el mismo que sirve té a personas mayores teniendo en cuenta múltiples pedidos, si está sirviendo a una persona y alguien más lo solicita, éste le comunica de forma no verbal que su petición fue aceptada, así les hace sentir importantes y que están siendo atendidos, incentivando que individuos de cualquier edad pueden relacionarse con los robots para tener una vida más sencilla, dejando las tareas aburridas y repetitivas a estos nuevos compañeros tecnológicos.

La tecnología avanza en grandes pasos y un tema de gran impacto es la interacción con niños. Actualmente a los robots humanoides se los utiliza en las escuelas y colegios como ayudantes del profesor o en hospitales para motivar a pacientes pequeños tanto en su autoestima como en el ejercicio diario que necesitan. (Reategui Salazar & Valdivia Romero, 2017) Se busca además terapias que mejoren la capacidad de hablar, de incluirse en la sociedad o para niños que posean

hiperactividad intentando que se concentren y enfoquen su inteligencia en una actividad en particular. (Gómez Díaz, Morán Alvarado, Pereda Moral, & Pazos Moreno, 2013)

Entonces para la interacción en este proyecto se busca la lectura con un robot humanoide, en donde un tema fundamental son los algoritmos de reconocimiento de texto, aquellos son utilizados en diferentes ámbitos. En la facultad de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional se ha desarrollado un artículo basado en el perfeccionamiento de algoritmos de reconocimiento de texto (Tasiguano Pozo & Corrales Paucar, 2016) con el propósito de combatir la inseguridad; donde se aprovecharon cámaras de alta calidad de la universidad y se implementó un software para el control de acceso a los parqueaderos de la institución mediante el reconocimiento de placas de autos.

La digitalización de textos tiene demasiados enfoques, pero uno de los algoritmos que mayor implementación posee es el Reconocimiento Óptico de Caracteres, por sus siglas en inglés OCR (Optical Character Recognition). Este algoritmo permite identificar y almacenar datos reconocidos de una imagen para posteriormente identificarlos como caracteres. Todo tipo de software en la actualidad tienen como base este proceso. La universidad Complutense de Madrid ha realizado una aplicación de este algoritmo basándose en el reconocimiento de imágenes digitales de contadores de gas. En este proyecto se busca reconocer la lectura del número que posee el contador de gas para referenciarlo, además del consumo del mismo. De esta forma, se reduce el proceso de la tramitación ya que con una simple imagen se puede obtener mucha información y así evitar que este procedimiento en la ciudad sea manual ya que muchas veces se producen errores porque la actividad de lectura de contadores es repetitiva haciendo que la persona a cargo se canse y no preste la debida atención. (Aparicio & Fernández, 2015)

En la actualidad existe un motor de OCR denominado *Tesseract*, el mismo que es compatible para múltiples sistemas operativos como: Windows, Mac, Linux y otros. (De Lucas, 2013) Fue desarrollado inicialmente por Hewlett Packard entre 1985 y 1995, para posteriormente en el 2005 ser licenciada como software de código abierto permitiendo su libre distribución. La comunidad de desarrolladores y colaboradores de Google en el 2006 empezaron a mantener y financiar dicho motor de reconocimiento, el mismo que está disponible en varios idiomas, entre los más utilizados inglés y español. Se ha desarrollado una infinidad de usos para este motor, entre ellos Pablo Sosa realiza un proyecto denominado “Aplicación turística para dispositivos móviles basada en técnicas de visión computacional”, la cual permite reconocer automáticamente imágenes informativas que normalmente se encuentran en piedras proveyendo al usuario de múltiple información relacionada. (Sosa, 2013)

Una característica importante de *Tesseract* se trata del reconocimiento de múltiples idiomas, para lo cual ya existen paquetes para cada uno de ellos que se deben instalar conjuntamente con el motor de reconocimiento OCR; proceso a realizarse cuando no está conectado a internet el dispositivo en el cual se está utilizando la aplicación. La universidad Cornell ubicada en New York realizó un trabajo en el cual se reconoce manuscritos romanos escritos a mano, donde el sistema ha sido entrenado con 1844 caracteres manuscritos aislados obteniendo una precisión de 83.5%. (Rakshit & Basu, 2010)

Una vez reconocido el texto se pretende el cambio de hoja por este motivo se ha buscado documentos enfocados en la manipulación de objetos del robot NAO, en la Universidad Carlos III de Madrid se realizó un estudio basado en “Localización e interacción con objetos mediante visión artificial con el robot NAO”. Este estudio es importante ya que lograron que el humanoide

mueva un rodillo de una caja a otra sin ningún problema, pero antes de obtener este resultado el objeto cayo varias veces. Se puede enfatizar que el robot debía caminar llevando el rodillo de un lugar a otro y en algunas pruebas se caía debido a movimientos demasiado violentos u oscilaciones provocadas por su manera de recorrer el espacio establecido en esa prueba. (Elizaga Navascués, 2012)

Entre otras aplicaciones, el robot NAO ha manipulado rotuladores para escribir en una pizarra y jugar tres en raya con humanos de manera autónoma. En este juego muy conocido, se buscó el aumento de la componente social en el humanoide. Se realizaron varias pruebas que empiezan con el dibujo de un X y mediante inteligencia artificial capturan una imagen del siguiente movimiento para determinar la mejor jugada, las partidas que se han grabado indican que el oponente no dibujo O sino más bien triángulos, cuadrados o rombos los mismos que deben ser rellenos para que el robot los reconozca de mejor manera. Para cada turno del NAO se lo programó con la capacidad de levantar el brazo y agacharse. (Neres, 2013)

## **1.2. Justificación e importancia**

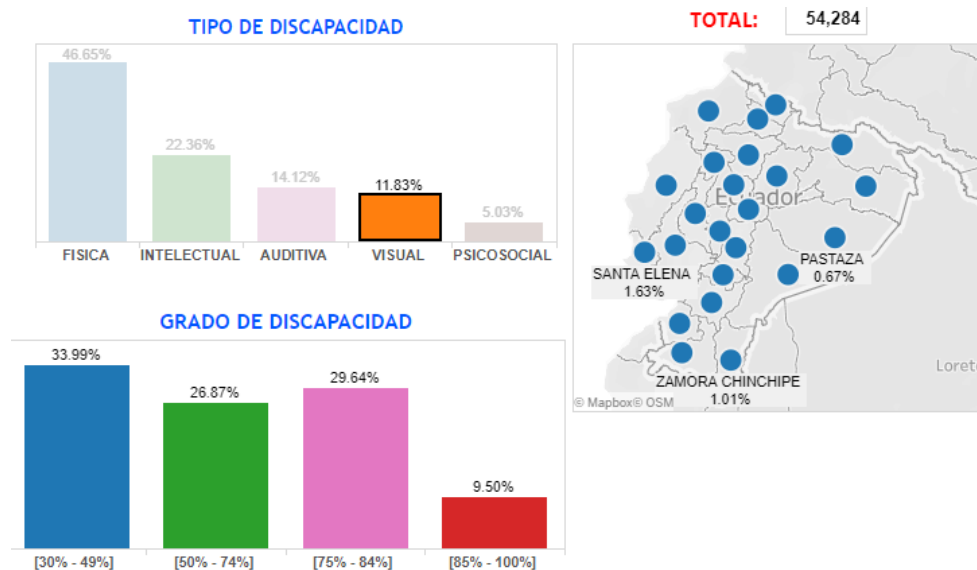
El robot NAO se lo ha utilizado en diferentes ámbitos desde que se lo empezó a comercializar. La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE cuenta con varios ejemplares para temas de investigación, los mismos que se encuentran funcionales tanto en hardware como en software. Dichos humanoides permiten crear aplicaciones como un nexo entre la teoría y la práctica, siendo uno de los mejores métodos para el aprendizaje tanto en niños como en adolescentes. Para estos usuarios, muchas veces la teoría es bastante extensa volviéndose tediosa e inentendible, pero al combinarse con la práctica se encuentra una forma de relacionarla obteniendo un aprendizaje con mayor profundidad.

El presente proyecto pretende utilizar la cámara superior que están ubicada en la cabeza del robot NAO, obteniendo una fotografía del cuento infantil que se desea leer. A continuación, aplicar OCR mediante el motor de reconocimiento *Tesseract* para la obtención del texto de la página que se está analizando y proceder a enviarlo a la función “TextToSpeech”. Con este proceso a futuro se pretende la interacción del robot NAO con niños, adolescentes o adultos mediante la narración del contenido de libros en idioma español, pretendiendo de esta manera interactuar con el sujeto de prueba y que él o ella comprendan las ideas relatadas interesándose un poco más por la tecnología.

Es importante realizar este trabajo de investigación debido a que en el Ecuador existe un índice demasiado bajo de lectura. Cada habitante lee aproximadamente medio libro al año, según datos del Centro Regional para el Fomento del Libro en América Latina y el Caribe (Cerlalc) que fueron publicados en el 2012. (Criollo, 2017) Para complementar este dato Cerlalc realizó un informe en el cual se llegó a estadísticas impactantes: Ecuador tiene un 43% de población lectora, pero en relación con otros países como España con 92% o el 77% Colombia, el índice encontrado es muy bajo.

Para solucionar el problema antes mencionado se puede tomar este tema como base y a partir del mismo en futuras investigaciones crear proyectos que incentiven a la población de nuestro país a retomar el hábito de la lectura; ya que es una de las principales fuentes de aprendizaje en nuestra sociedad.

Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) existe un total de 54284 personas con este problema en diferentes grados. Esto se puede observar en la Figura 1.



**Figura 1.** Estadísticas de personas con discapacidad registrada  
Fuente: (CONADIS, 2019)

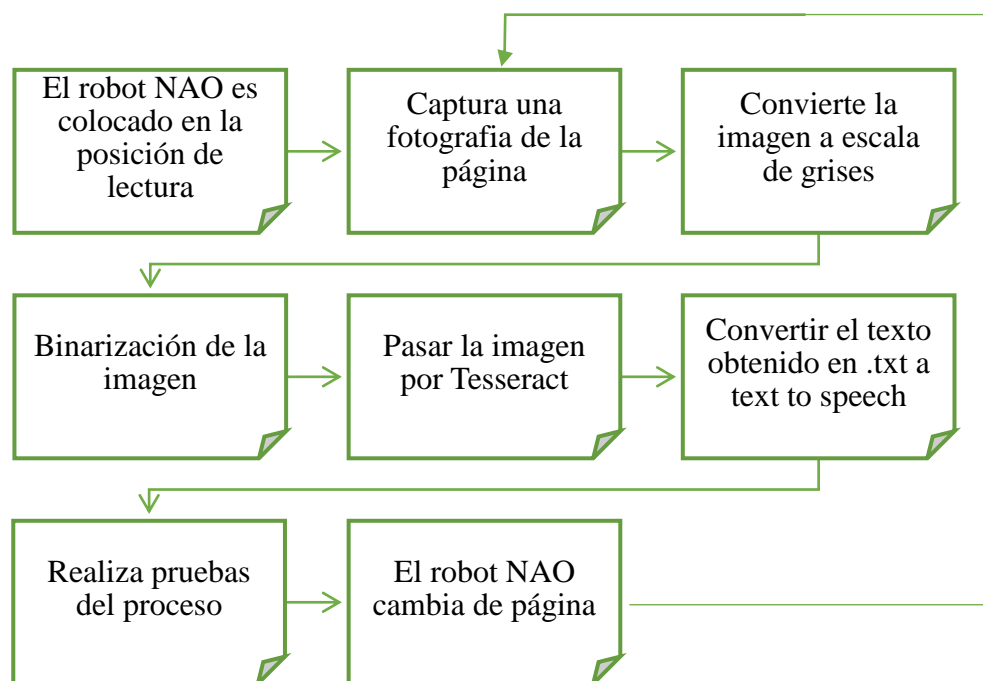
Se puede considerar que aproximadamente desde el 50% de grado de discapacidad ya no se puede realizar muchas actividades, en especial leer.

Por lo tanto, se puede aplicar el proyecto en pacientes que tienen discapacidad visual, ellos podrán escuchar grandes obras literarias y tener la compañía de este humanoide mejorando su calidad de vida.

Al culminar este proyecto se dará a conocer una nueva aplicación en donde estará involucrado varios campos como: el reconocimiento de caracteres alfanuméricos, la robótica, Human-Robot-Interaction, entre otros. Como resultado se tendrá un robot con la capacidad de leer usando un motor de Reconocimiento Óptico de Caracteres denominado *Tesseract*, buscando así incentivar a la población desde pequeña que se involucre con la tecnología sin perder hábitos de gran importancia en el mundo entero como la lectura.

### 1.3. Alcance

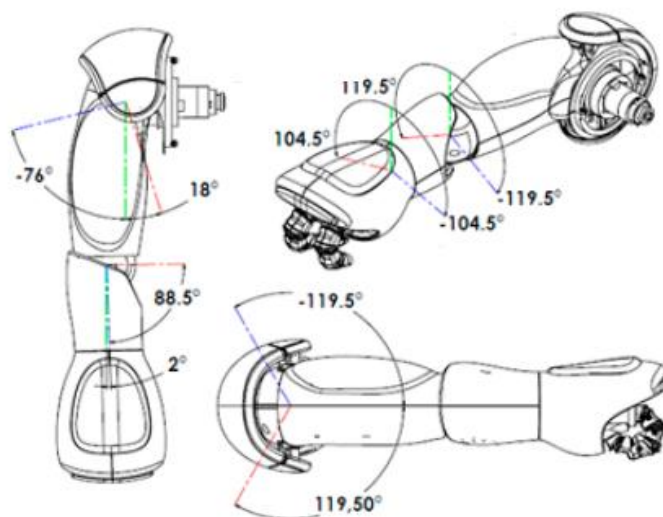
El presente proyecto tiene la finalidad de permitir la interacción del robot humanoide NAO con personas de cualquier edad por medio de la lectura de un libro. Se busca explicar el proceso completo mediante el diagrama de bloques de la Figura 2.



**Figura 2.** Diagrama de bloques del proceso

Para la primera parte del proceso se debe reconocer las características del robot, debido que al saber las limitaciones de movimiento de actuadores, las funciones que posee o las características de ambas cámaras se puede realizar actividades como: tomar imágenes, cambiar la página del libro, hablar, entre otras. El humanoide NAO cuenta con 25 grados de libertad que le proporciona una autonomía de movimiento, le permite desplazarse, girar y posicionarse en diversas posturas, como se puede observar con mayor detalle en la Figura 3. Con respecto a las manos, estas son prensiles y la capacidad de levantar objetos es hasta de 600 gramos; por lo tanto, levantar un libro si fuese necesario es una actividad factible, pero de preferencia se buscará colocar el objeto de

lectura en un lugar fijo, logrando así evitar el calentamiento de los motores del robot NAO y mejorar el enfoque de la imagen tomada para lograr en definitiva un mejor proceso de lectura.



**Figura 3.** Grados de libertad de las extremidades del robot NAO.

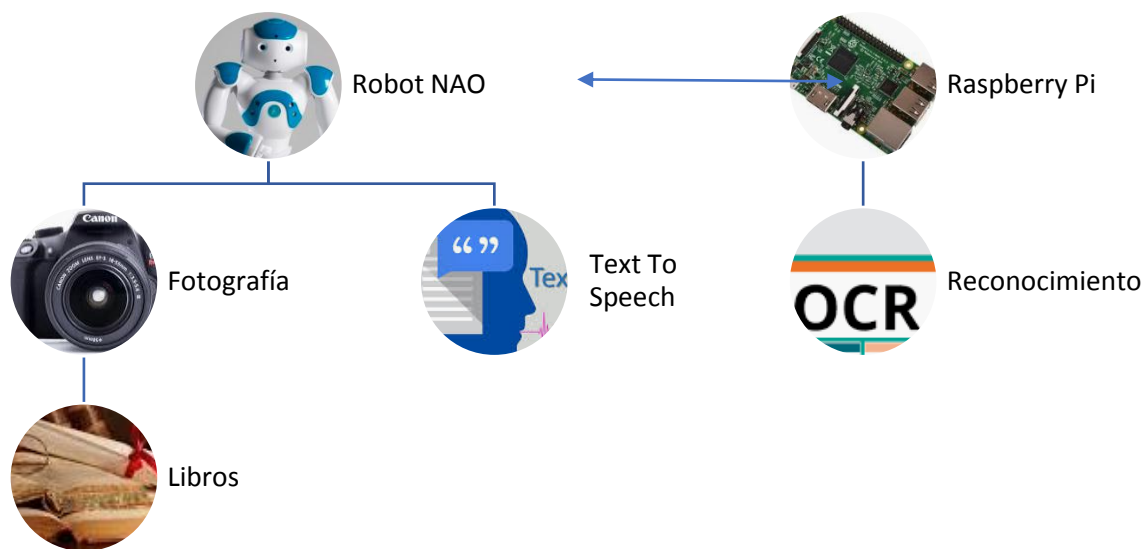
Fuente: (AliveRobots, 2008)

En la etapa de capturar la fotografía se ha decidido colocar el libro de forma perpendicular, ya que para el reconocimiento óptico de Caracteres necesita que la imagen este totalmente recta, si no fuese así se debería aumentar un proceso para interpolar el ángulo de inclinación de la imagen. Esto se debe tomar en cuenta ya que es un requerimiento de *Tesseract* para obtener los caracteres caso contrario no reconoce. También es conveniente mencionar que el algoritmo de reconocimiento de texto utilizado en este proyecto estará instalado en una Raspberry Pi, la que recibirá la imagen y posteriormente se convertirá en el formato de texto óptimo para que mediante la función “TextTospeech” el robot NAO pueda simular la actividad de lectura esperada, la Figura 4 detalla este proceso.

Si es factible, se intentará además incorporar todo el algoritmo de detección y movimiento de manera embebida en el software del robot humanoide para que el mismo pueda ser autónomo.



Esta idea puede ser realizable debido a que el software Tesseract produce algoritmos livianos en comparación con otras plataformas para inteligencia artificial como *TensorFlow*. (Buhigas, 2018)



**Figura 4.** Procesamiento del texto

Para captar las fotografías de las páginas del libro se utilizará una de las cámaras de tipo *SOC Image Sensor modelo MT9M114*, las mismas que poseen una resolución de 1.22 Mega píxeles. Basándose en trabajos descritos en los antecedentes, la resolución es suficiente para el proceso de lectura que se pretende realizar.

El proceso que se debe ejecutar a continuación es la conversión a escala de grises y como acto seguido la binarización de la imagen que se desea procesar. Para el último paso mencionado, un método es que después de convertir la imagen a escala de grises y de acuerdo a la tonalidad de cada pixel de la imagen de entrada, se destinará una codificación de color blanco si se supera un umbral establecido caso contrario color negro.

Luego se debe pasar la imagen procesada por *Tesseract* el mismo que nos entrega el contenido separado en palabras en un archivo de texto que podrá ser usado para realizar la conversión de texto a voz “TextToSpeech” en el robot humanoide NAO. El motor de reconocimiento de texto no posee una interfaz gráfica, por este motivo se debe establecer una compatible con este procedimiento o simplemente realizarlo por línea de comandos.

Todas las etapas descritas en el diagrama de bloques se van a realizar en seis etapas, descritas a continuación:

- En la primera etapa se familiarizará con el robot NAO. Este proceso es indispensable ya que se necesita mediante pequeños programas que se mueva, hable y escuche; además de la instalación del motor de OCR en el idioma español y otras actividades más que irán apareciendo a lo largo del desarrollo del proyecto.
- Como segunda etapa se realizará la manipulación del libro en donde se desea que el robot humanoide cambie la hoja del libro, y se decidirá la ubicación correcta del libro para que quede perpendicular a la cámara que será usada.
- La siguiente etapa es la obtención de fotografías mediante la cámara del robot y el procesamiento digital de las mismas.
- Como cuarta etapa, se toma la imagen y se la pasa por el motor *Tesseract* para obtener el contenido que se reconoció del texto.
- Posteriormente se procede a convertir ese texto a un bloc de notas y con este a su vez usar la función “TextToSpeech” para simular la lectura.
- Finalmente se realizarán pruebas y el análisis de las mismas para presentar los resultados del proyecto.

Dentro de las pruebas se desearía analizar si los movimientos para las actividades son correctos, en este punto se verifica la tarea de pasar de página.

Se pretende que el robot se encuentre parado para dichos procesos. El experimento se lo realizara varias veces tomando en consideración que las hojas no sufran daños al momento de ser cambiadas o que el tiempo en el que suceda no sea demasiado largo ya que va a provocar aburrimiento en la persona que lo escucha. Además, se tomará en cuenta que el libro no caiga al piso. Se ha obtenido esta idea de prueba en base a un trabajo de fin de grado de la Universidad Carlos III de Madrid en donde el robot mueve dos objetos un rodillo color amarillo y una pelota roja. En el proyecto, tras ejecutar cinco veces el proceso con los objetos se llegó a comprobar que si era posible realizarlo. (Rodríguez, 2015)

De igual manera se tomará en cuenta el correcto posicionamiento del texto frente al robot para su lectura; comprobando si una desalineación puede provocar un error en la aplicación del OCR; generándose errores al momento de producir el habla. Para esto se realizarán pruebas repetitivas con y sin errores, las mismas que serán tabuladas y aplicadas en un análisis estadístico para definir la incidencia y repetitividad del proceso.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Implementar un sistema basado en el robot NAO para lectura de textos en aplicaciones de Human Robot Interaction.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Implementar un sistema mediante el software Tesseract para realizar el reconocimiento de caracteres de una imagen.
- Utilizar la característica de “TextToSpeech” propia del robot NAO para la lectura de libros.
- Analizar las diferentes funciones que posee el robot NAO, para utilizar sus características de forma conveniente.
- Conocer las especificaciones que posee un robot humanoide, sus grados de libertad, actuadores y sensores.
- Realizar pruebas referentes al reconocimiento de texto para demostrar la eficiencia del sistema en la aplicación.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1. Descripción general del robot nao

El robot humanoide NAO pertenece en la actualidad a los grandes avances tecnológicos en el campo de la robótica, la mayoría de sus aplicaciones corresponden a la inteligencia artificial. Los seres humanos buscamos que nuestras vidas cada vez sean más sencillas, siendo los robots los principales ayudantes para cumplir este propósito en temas como:

- Medicina: la cirugía robótica es una manera de demostrar cómo ha avanzado este campo. Basado en un artículo español, se ha desarrollado un robot llamado Amadeus, el mismo que posee características especiales; como *“brazos multi-articulados, comunicaciones, sistemas de visión mejorados y de respuesta de fuerza”*. (Valero, y otros, 2011)
- Automotriz: En esta parte de la industria se utiliza brazos robóticos de grandes magnitudes para actividades como: soldadura, manipulación de distintos tipos de materiales entre ellos fundido o demasiado pesado para moverlo con la fuerza humana, pintura y ensamblaje. (Ortiz Coll, 1990)
- Investigación: Actualmente, los robots son un tema de interés a nivel mundial; los niños desde muy corta edad ya conocen gran parte del funcionamiento de la tecnología y su curiosidad los lleva a querer entender cómo funciona lo que está a su alrededor. Grandes expertos en robótica desean mejorar la enseñanza buscando nuevos métodos para que se aprenda la teoría conjuntamente con la práctica.

Cada uno de los puntos mencionados anteriormente aportan a la educación, y la inteligencia artificial (IA) tiene sus pilares en ella. Se ha ido estudiando y perfeccionando técnicas para aprender de manera autónoma, donde los tutores inteligentes son un ejemplo real de IA que proporciona enseñanza personalizada buscando debilidades y fortalezas del estudiante para conocer la forma correcta de impartir un tema evolucionando el aprendizaje online. El robot humanoide busca mediante inteligencia artificial que los seres humanos que interactúan con él conozcan la tecnología, se relacionen con la misma y que el aprendizaje no solo se enfoque en el tema en el que está establecida la actividad. Podemos decir además que el robot va aprendiendo y mejorando. (Sánchez & Lama, 2007)

Para que sea posible cumplir con el objetivo de la interacción entre el humanoide NAO y un ser humano, se lo ha diseñado cumpliendo con las siguientes características: (RobotLAB, 2019)

- Altura: 57 cm
- Grados de libertad: 25
- Red de sensores: 2 cámaras, una en la parte superior de la cabeza y la segunda en la boca; 4 micrófonos, dos laterales y dos en la parte superior delantera y posterior de la cabeza; 1 rangefinder sonar; 2 emisores y receptores IR; 9 sensores táctiles y 8 sensores de presión.
- Comunicación: 2 altavoces que funciona conjuntamente con un sintetizador de voz y luces LED.
- CPU: 2. La primera se encuentra ubicada en la cabeza y es Intel ATOM de 1.6 GHz que ejecuta un núcleo de Linux y soporta al software NAOqi; (Aldebarán, NAOqi Framework, 2017) siendo su propietario la empresa SoftbankRobotics. La segunda CPU se ubica en el tronco del robot NAO.

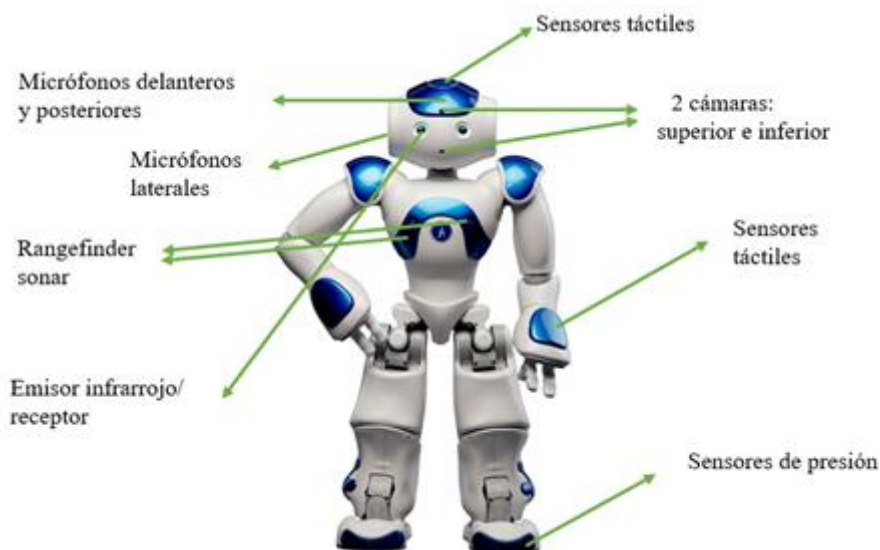
- Bateria: ubicada en la espalda del robot con 27,6 vatios/hora proporcionándole autonomía al humanoide aproximadamente de 1 hora.

El robot NAO utiliza un software de programación diseñado y desarrollado por AldebaranRobotics denominado Choregraphe. (Mediatec, 2012) La programación que interviene es sencilla, simplemente son bloques que se deben movilizar a la pantalla. Para su conexión el robot humanoide NAO debe estar en la misma red inalámbrica que la computadora de la cual se va a programar. A continuación, debe conectarse a la dirección IP (Internet Protocol) que aparece en Choregraphe y correr el programa para que el humanoide ejecute las instrucciones que se desea realizar.

En cualquier navegador se puede colocar la IP del robot, con lo cual se abrirá la página que permite configurar volumen, idioma, conexión wifi, el nombre y algunas características más que serán útiles cada vez que se lo encienda.

### **2.1.1. Descripción de sensores**

En la sección anterior se detalló de manera rápida la red de sensores con la que cuenta el robot y en la Figura 5 se puede observar de mejor manera su disposición.



**Figura 5.** Robot NAO y distribución de sus sensores

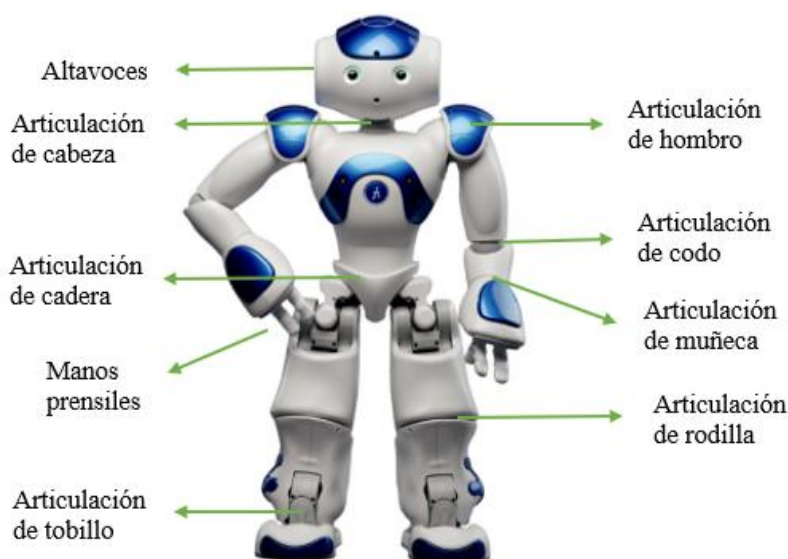
De todos los sensores en este proyecto de investigación serán utilizados solo una parte de ellos y estos son los siguientes:

- Cámara superior: ambas cámaras poseen las mismas características. Para colocar el libro en una posición fija se ha decidido utilizar un atril. Las especificaciones físicas del mismo no le permiten bajar demasiado y para captar la imagen de manera más adecuada se ha seleccionado la cámara superior colocada en la frente del robot humanoide. La cámara permite variar su resolución, pero la mayor con la que cuenta es de 1280x960. El modelo es MT9M114 y posee un enfoque de foco fijo. (Aldebarán, NAO - Cámara de video, 2017)
- Sensores táctiles: en la cabeza están ubicados tres sensores capacitivos que serán los adecuados para iniciar todas las actividades que realice el robot con respecto a la lectura del libro.



### 2.1.2. Descripción de actuadores

En esta sección se describen todos aquellos motores que se encuentran en las articulaciones del robot. La ubicación física de los actuadores se puede observar de mejor manera en la Figura 6.



**Figura 6.** Robot NAO y distribución de sus actuadores

Todos los actuadores mostrados van a ser utilizados para diversas actividades, las mismas explicadas a continuación:

- **Altavoces:** permiten que el usuario escuche el cuento después del procesamiento necesario.
- **Articulación de cabeza:** cuando el robot NAO no está realizando ninguna actividad, ejecuta movimientos sutiles, por este motivo para enfocar la cámara se utiliza esta articulación.
- **Articulación de hombro, codo y muñeca:** serán utilizadas para el cambio de página del cuento conjuntamente con las manos prensiles.
- **Articulación de cadera, rodilla y tobillo:** el soporte y equilibrio del robot durante la lectura y paso de hojas estará a cargo de estas articulaciones.

Distribuidos en las articulaciones del robot existen cuatro tipos de motores; cada uno de ellos posee sus propias características las mismas que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1**

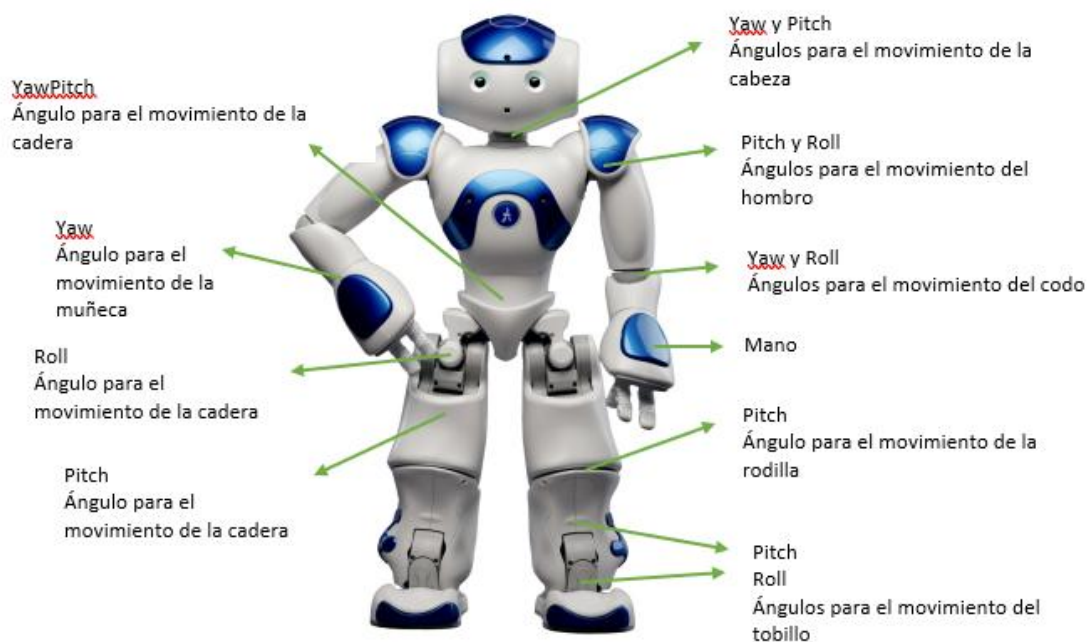
*Características de los motores de las articulaciones del robot NAO*

	<b>Tipo de motor 1</b>	<b>Tipo de motor 2</b>	<b>Tipo de motor 3</b>	<b>Tipo de motor 4</b>
<b>Modelo</b>	22NT82213P	17N88208E	16GT83210E	DCX16S01GBKL651
<b>Sin velocidad de carga</b>	8300 rpm $\pm$ 10%	8400 rpm $\pm$ 12%	10700 rpm $\pm$ 10%	12700 rpm $\pm$ 10%
<b>Par de torsión</b>	68 mNm $\pm$ 8%	9.4 mNm $\pm$ 8%	14.3 mNm $\pm$ 8%	22.4 mNm $\pm$ 8%
<b>Par nominal</b>	16.1 mNm	4.9 mNm	6.2 mNm	5.53 mNm

Fuente: (Aldebarán, Motors, 2017)

La orientación de los robots humanoides es espacial. Por este motivo se emplea tres ángulos con los cuales se puede formar una matriz para realizar operaciones de rotación. Los ángulos son llamados RPY: Roll (balanceo), Pitch (inclinación) y Yaw (orientación). Las articulaciones mencionadas usan uno o la combinación de dos ángulos y se pueden observar en la Figura 7.

(Ollero Baturone, 2001)



**Figura 7.** Articulaciones y ángulos empleados en cada una de ellas

### 2.1.3. Text To Speech

El robot NAO posee integrada la conversación texto a voz, la que se activará mediante la palabra clave *say*. Text to speech se basa fundamentalmente en tener un conjunto de palabras que serán emitidas por el humanoide con la voz propia del mismo. El software instalado en el robot permite cambiar el tono de voz y cuenta con una tonalidad original para cada idioma en los que fue diseñado. Los parámetros que se pueden modificar en la programación son: el volumen, la tasa de habla, el nivel de prominencia, además que se puede insertar pausas entre oraciones si es necesario. Estas cualidades son indispensables si se desea que el habla del robot sea más realista. (Aldebarán, Tutorial ALTextToSpeech, 2017)

Actualmente, la mayoría de aparatos electrónicos cuentan con herramientas de texto a voz. Esta tecnología parte de un texto digitalizado y lo lee en el idioma que el usuario haya

seleccionado. La voz utilizada en esta herramienta tecnológica es generada por computadora y puede ser enfocada en la lectura de textos para niños pequeños. La idea es provocar una experiencia de lectura multisensorial en donde el objetivo es que los niños combinen acciones en este caso observar y escuchar, para de esta forma buscar mejorar el pronunciamiento de palabras difíciles, permitir enfocarse en la comprensión del texto y por último mejorar la escritura; además que a esa edad los niños replicarían el comportamiento del robot. (Understood, 2014)

Los sistemas de texto a voz que ya funcionan correctamente aún tienen problemas que deben ser corregidos para su aceptación completa. Principalmente, la voz producida suena bastante robótica, por lo que se está buscando formas de hacerla más realista permitiendo de esta forma que las personas que la escuchen se sientan más cómodas. La idea principal para mejorar la voz es producir emociones que sean reconocibles en un alto porcentaje para que el sujeto que este escuchando entienda la idea del texto narrado. La voz del robot humanoide NAO es bastante amigable, aunque hay detalles en los que se puede incursionar como acentos, exclamaciones, entre otras. (Francisco, Gervás, & Hervás, 2005)

## **2.2. Descripción de visión artificial**

Desde que los seres humanos existen buscan la manera correcta de representar el mundo que los rodea, de guardar nuestras vivencias a través de imágenes. En el pasado se dibujaba en las paredes de las cuevas, y el dibujo se fue desarrollando, donde ahora existen increíbles obras de arte dispersas en todo el planeta. Al mismo tiempo apareció la fotografía alcanzando niveles impensables ya que no solo muestran mediante imágenes a seres vivos, esculturas y edificaciones; sino que incluso se llegó al espacio llevando a imágenes agujeros negros, constelaciones y otros planetas. En todos estos avances la idea es captar rasgos característicos de

una escena en particular, para posteriormente utilizar estas imágenes para incursionar en la visión artificial donde se obtiene particularidades digitales de una escena para someterla a un procesamiento específico. (Platero Dueñas, 2009)

Entender la visión humana nos acerca a mejorar la visión artificial, ya que se debe conocer que existen demasiados factores que intervienen cuando observamos un objeto, una persona, un lugar. Por este motivo para que una fotografía tenga la calidad adecuada para someterla a un procesamiento computacional, se debe recrear ciertos factores, cuando los mismos no existen en el momento de tomarla o no son los adecuados. Entre ellos está la luz, distancia, perspectiva, fondo, enfoque, profundidad del campo y exposición. (Universia, 2017)

El procesamiento que recibe una imagen digital se basa en el objetivo al que se desea llegar. Si esta es texto, existen motores de reconocimiento como Tesseract, pero si se desea examinar un color o un objeto los pasos a realizar son distintos. En ambos casos existe una librería de visión por computador denominada OpenCV (Laquna, 2015) disponible en el lenguaje de programación Python que facilita la manipulación de imágenes.

### **2.3. Reconocimiento óptico de caracteres**

Las técnicas utilizadas en el OCR (Reconocimiento Óptico de Caracteres) son adecuadas para textos en donde la letra es impresa, ya que para aquellos que son de tipo manuscrito este procesamiento es más complejo. El primer tipo de textos es el que va a ser utilizado pasando por un motor denominado Tesseract, el mismo que trabaja con OCR. Para que sea reconocido el texto correctamente, se necesita un tipo de preprocesamiento el mismo que será explicado en la sección siguiente.

La tecnología OCR busca segmentar el texto en letras e irlas comparando con un conjunto de ideogramas preestablecido. De esta forma, no se limita solo a un tipo de alfabeto. Entre mayor es el conjunto con el que va a ser comparado su precisión disminuye. En todo reconocimiento óptico de caracteres existe al menos 4 etapas que se deben realizar para obtener un resultado correcto: (Tomás Rubio, 2015)

1. Preprocesamiento: debe ser el indicado de acuerdo al estado de la imagen que se va utilizar.
2. Segmentación: Se debe obtener la parte adecuada de la imagen en donde se desea hacer el reconocimiento.
3. Extracción de caracteres: se debe obtener de forma digital la información sobre los caracteres de interés.
4. Reconocimiento: Selección de caracteres correctos al ser comparados con el conjunto existente del alfabeto.

## CAPITULO III

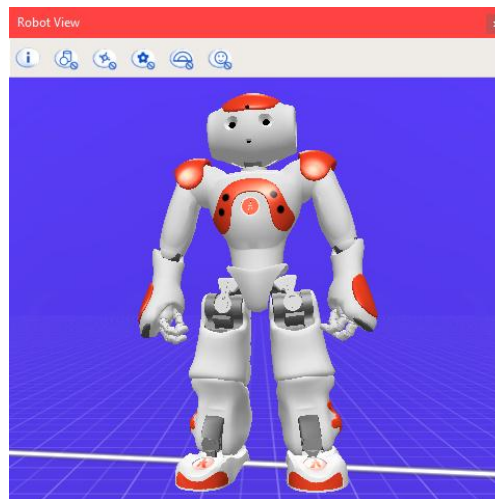
### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En este proyecto se pretende realizar la lectura de un cuento mediante las funciones propias del robot NAO y realizando un tipo específico de procesamiento de imágenes para obtener texto. En definitiva, las etapas que se van a realizar son las siguientes:

- Colocar al robot Nao en la posición inicial, de frente a la hoja del texto.
- Toma de la fotografía que se desea reconocer.
- Procesamiento de la imagen para que este correcta al pasarla por el motor *Tesseract*.
- Reconocimiento de caracteres en el motor de reconocimiento de texto *Tesseract*.
- Conversión del texto en un bloc de notas y a continuación pasarlo por la función *TextToSpeech*.
- Cambio de hoja para repetir el proceso hasta que se acabe el libro.

#### 3.1. Robot NAO

El robot NAO posee 25 grados de libertad distribuidos en sus brazos, piernas y cabeza. El torso del humanoide no posee grados de libertad por este motivo aún existen restricciones en sus movimientos, lo que ha traído grandes conflictos para girar la página del libro. Para comprender de mejor manera los movimientos propios del robot, a continuación, se explica el movimiento de cada actuador. La posición HOME en la que se ubica el robot al encenderlo se muestra en la Figura 8 y en base a esta se explicaran todos los movimientos que se realizan por el robot.



**Figura 8.** Posición HOME robot NAO

Fuente: (Choregraphe, 2007)

Se tiene que comprender que en la programación propia del robot existen características como la conciencia, la misma que permite que el robot reconozca rostros y los siga, por este motivo, se encuentra en constante movimiento. Así que se ha decidido apagar estas particularidades para que se pueda enfocar bien en la obtención de una imagen; ya que, si el código coloca al robot en la posición *STAND* y a continuación se le da el comando para capturar la imagen, hasta que se ejecute el comando de captura, el robot empieza a moverse y no enfoca lo que se desea. Otro ejemplo importante es cuando se desea subir el brazo derecho para mover una página; mientras se controla el codo, el actuador del hombro ya regresa a la posición inicial y de esta forma no se lograría el objetivo deseado. Se debe tener presente que al apagar estos movimientos propios el robot se calienta demasiado sus actuadores, así que se apaga los motores de la cabeza para la imagen y los de los brazos para mover la página; pero apenas se acaben estas actividades se los encenderá nuevamente y no al final del programa.



### 3.1.1. Grados de libertad

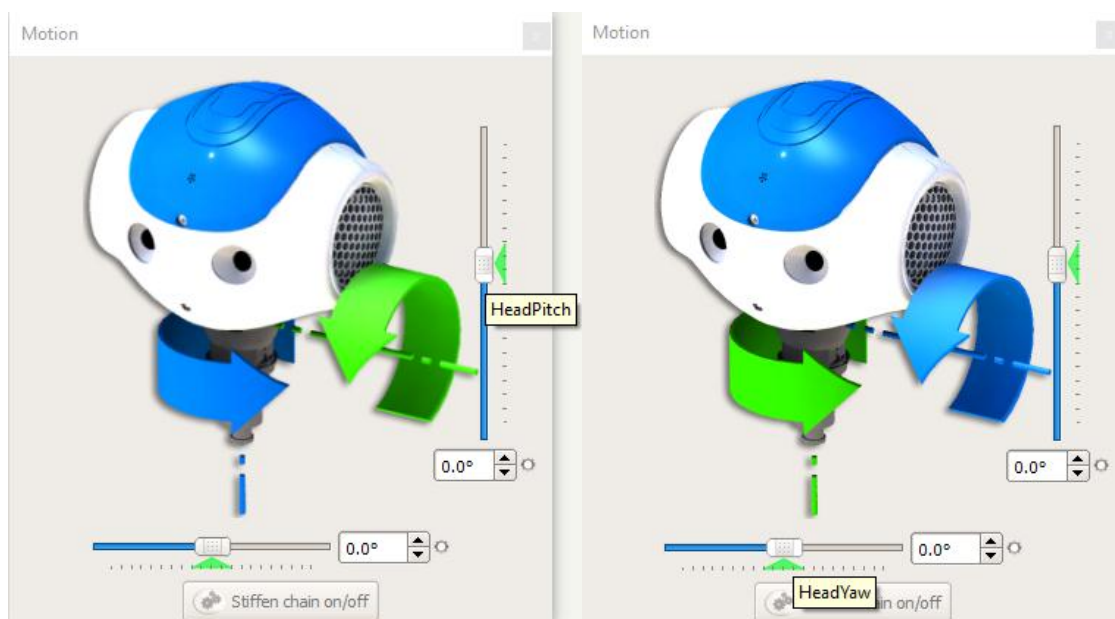
Los 25 grados de libertad están distribuidos en brazos, piernas y cabeza del robot NAO de la siguiente manera:

- Cabeza: 2 grados de libertad.
- Brazos: 6 grados de libertad en cada uno.
- Piernas: 11 grados de libertad en las dos piernas.

A continuación, se explicará los grados de libertad que se encuentran en la cabeza y el brazo derecho. El brazo izquierdo no se lo ha movido ya que la posición en que se enciende el robot es la adecuada para no interferir en el momento de cambiar de hoja. Los actuadores de las piernas no se han movido individualmente; solamente se ha considerado el movimiento que se realiza para que la temperatura de los actuadores no aumente demasiado, por este motivo no se encuentran detallados en este proyecto.

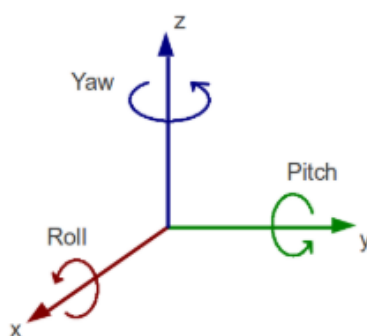
#### 3.1.1.1. CABEZA

La cabeza posee dos grados de libertad denominados *HeadPitch* y *HeadYaw*. Se puede observarlos en la Figura 9.



**Figura 9.** Grados de libertad cabeza robot NAO. Izquierda “HeadPitch”, derecha “HeadYaw”  
Fuente: (Choregraphe, 2007)

El ángulo *HeadPitch* permite rotar alrededor del eje Y, mientras que *HeadYaw* gira alrededor del eje Z. Para conocer la orientación de cada uno de los ejes se puede observar la Figura 10 donde se define el nombre del ángulo que rota alrededor de cada uno.



**Figura 10.** Ejes de rotación del robot NAO  
Fuente: (Aldebaran, 2017)

El rango de movimiento de los actuadores ubicados en la cabeza del robot se encuentra en la Tabla 2.

**Tabla 2***Rangos de movimientos de los dos grados de libertad de la cabeza*

<b>Nombre</b>	<b>Movimiento</b>	<b>Rango (Grados)</b>	<b>Rango (Radianes)</b>
<b>HeadPitch</b>	Juntura de la cabeza que permite un giro de izquierda a derecha y viceversa	-38.5 a 29.5	-0.6720 a 0.5149
<b>HeadYaw</b>	Juntura de la cabeza que permite un giro de adelante hacia atrás	-119.5 a 119.5	-2.0857 a 2.0857

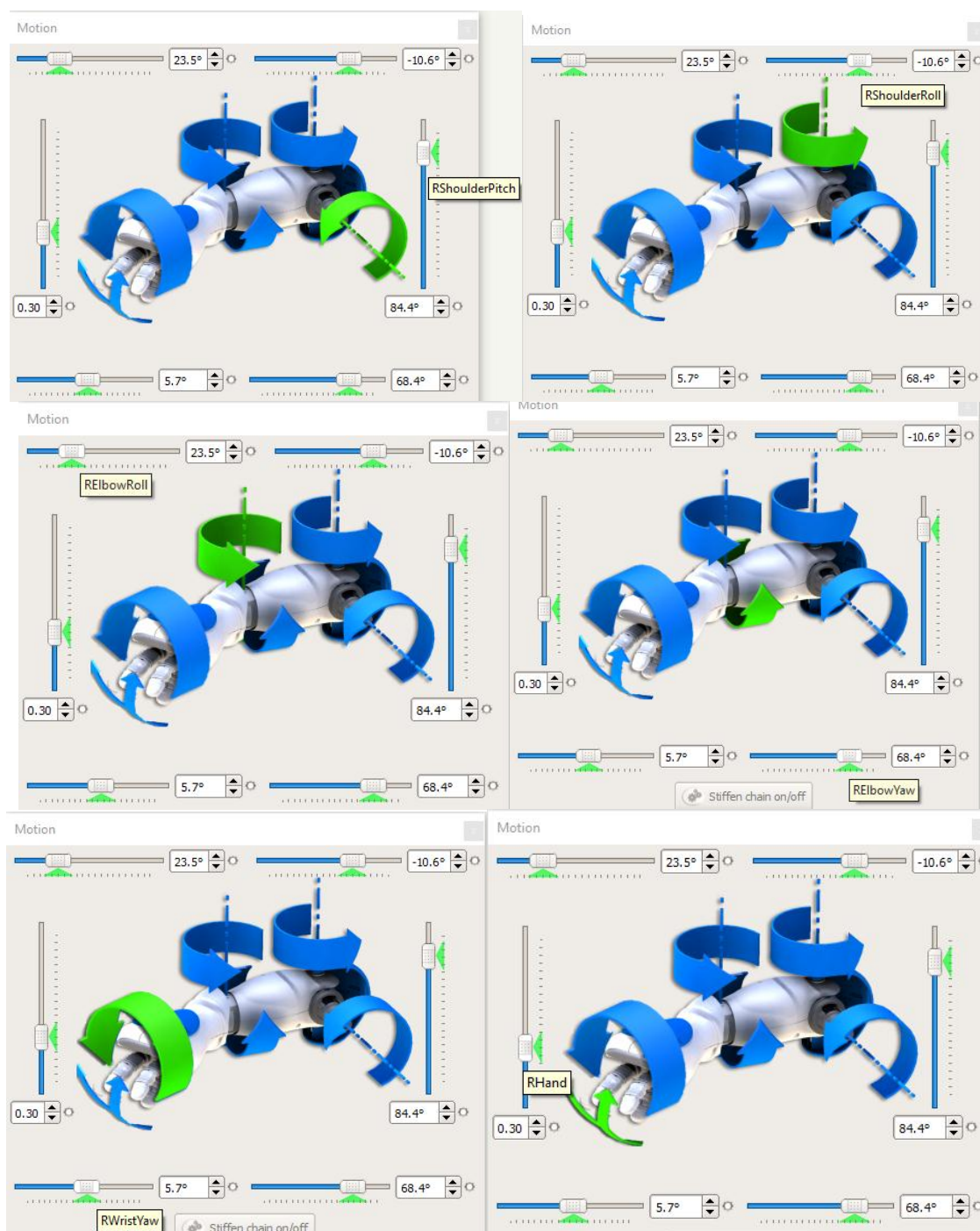
Fuente: (Aldebaran, 2017)

Si en la programación se intenta mover fuera del rango establecido por el fabricante cualquiera de los actuadores pertenecientes al robot, saldrá un error debido a que existen validaciones para evitar daños permanentes por forzar los motores. Se han usado los dos ángulos pertenecientes a la cabeza, para colocar a la cámara en la posición adecuada que permita enfocar de mejor manera y tomar la imagen del cuento que se requiere procesar.

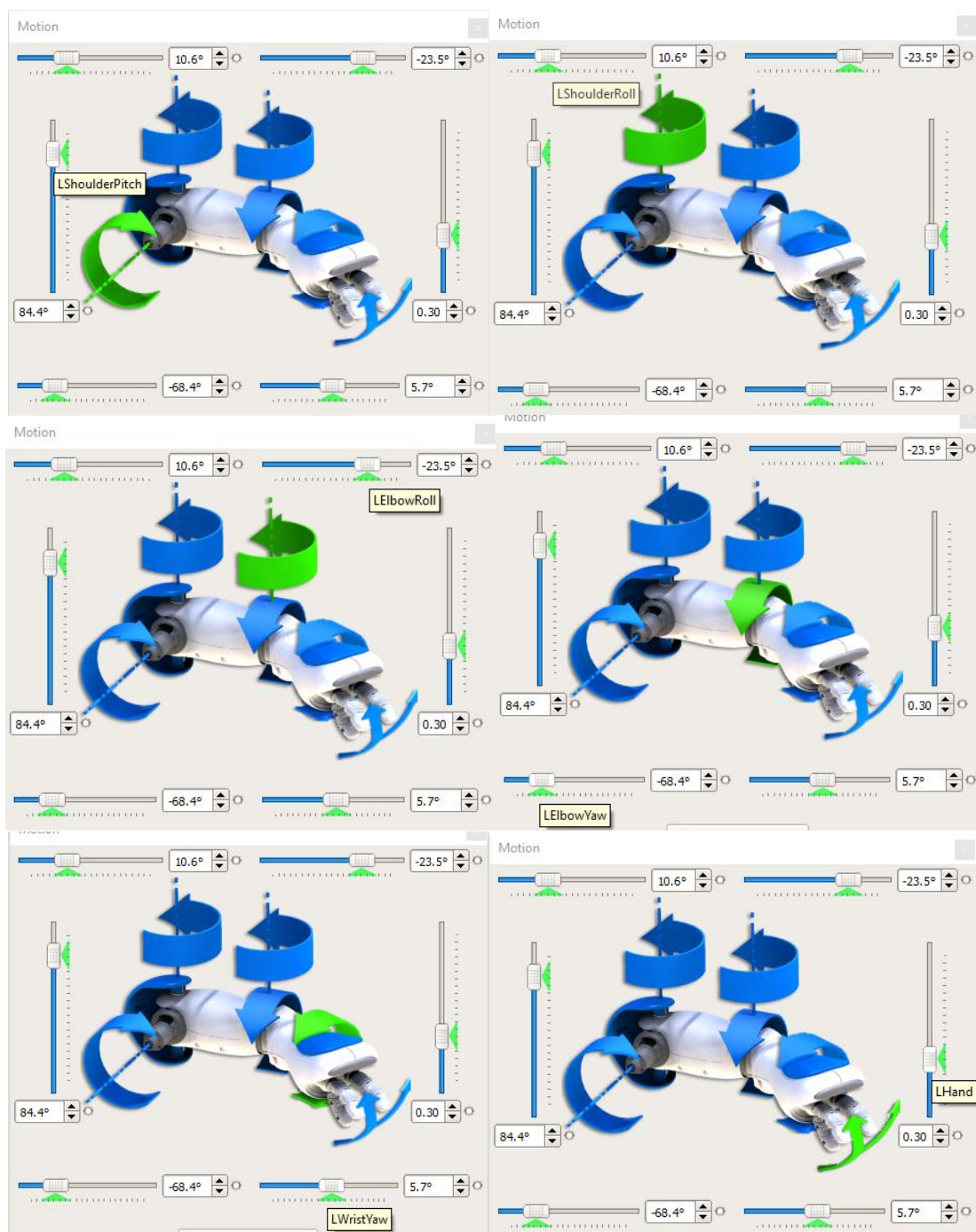
La programación es realizada en *Python* por lo que los ángulos deben ser ingresados en radianes, pero si se desea realizar alguna prueba en *Choregraphe* los ángulos se los puede ir cambiando mediante una barra de desplazamiento para cada eje, los mismos que están validados por código para no producir daños al robot.

### 3.1.1.2. Extremidades superiores

Las extremidades superiores poseen seis grados de libertad cada una, en las dos existe movimiento en los hombros, codos, muñeca y dedos. Se denominan: *ShoulderPitch*, *ShoulderRoll*, *ElbowRoll*, *ElbowYaw*, *WristYaw* y *Hand*; respectivamente. Para diferenciar un brazo del otro se coloca antes de cada articulación la letra *L* o *R*, si es izquierdo o derecho. En la Figura 11 se puede mirar las articulaciones de la extremidad superior derecha mientras que en la Figura 12 se observan las articulaciones de la extremidad superior izquierda.



**Figura 11.** Articulaciones de la extremidad superior derecha del robot NAO  
Fuente: (Choregraphe, 2007)



**Figura 12.** Articulaciones de la extremidad superior izquierda del robot NAO  
Fuente: (Choregraphe, 2007)

Cada uno de los ángulos permiten un movimiento aproximado al de un ser humano.

*ShoulderPitch* permite el giro del hombro alrededor del eje Y mientras que *ShoulderRoll* está

girando en X; el movimiento en las proximidades de estos ejes provoca que el brazo suba o baje y se desplace de izquierda a derecha. Las siguientes articulaciones pertenecen al codo son *ElbowRoll* y *ElbowYaw*, las mismas que se mueven en torno a los ejes X y Z; respectivamente. A continuación, se encuentra *WristYaw* perteneciente a la muñeca y por último los dedos de la mano se pueden abrir y cerrar con *Hand*.

El rango de movimiento de los actuadores de las extremidades superiores se encuentra detallados en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Rangos de movimientos de los grados de libertad de las extremidades superiores*

	<b>Nombre</b>	<b>Movimiento</b>	<b>Rango (Grados)</b>	<b>Rango (Radianes)</b>
<b>Extremidad superior derecha</b>	RShoulderPitch	Juntura derecha del hombro que permite el movimiento de adelante hacia atrás	-119.5 a 119.5	-2.0857 a 2.0857
	RShoulderRoll	Juntura derecha del hombro que permite el movimiento de derecha a izquierda	-76 a 18	-1.3265 a 0.3142
	RElbowRoll	Juntura derecha del codo entre el brazo y el antebrazo	2 a 88.5	0.0349 a 1.5446
	RElbowYaw	Juntura derecha del codo entre el brazo y el antebrazo	-119.5 a 119.5	-2.0857 a 2.0857
	RWristYaw	Juntura de la muñeca derecha	-104.5 a 104.5	-1.8238 a 1.8238
	RHand	Juntura de la mano derecha para abrir y cerrar los dedos	Abrir y cerrar	Abrir y cerrar
<b>Extremidad superior izquierda</b>	LShoulderPitch	Juntura izquierda del hombro que permite el movimiento de adelante hacia atrás	-119.5 a 119.5	-2.0857 a 2.0857
	LShoulderRoll	Juntura izquierda del hombro que permite el movimiento de derecha a izquierda	-18 a 76	-0.3142 a 1.3265
	LElbowRoll	Juntura izquierda del codo entre el brazo y el antebrazo	-88.5 a -2	-1.5446 a -0.0349
	LElbowYaw	Juntura izquierda del codo entre el brazo y el antebrazo	-119.5 a 119.5	-2.0857 a 2.0857

CONTINÚA 

LWristYaw	Juntura de la muñeca izquierda	-104.5 a 104.5	-1.8238 a 1.8238
LHand	Juntura de la mano izquierda para abrir y cerrar los dedos	Abrir y cerrar	Abrir y cerrar

Fuente: (Aldebaran, 2017)

Todos los ángulos de la extremidad superior derecha explicados en la tabla anterior han sido considerados para cambiar de página en el libro. La extremidad izquierda como ya ha sido explicado no debe ser movida de los ángulos iniciales que posee el humanoide cuando se enciende, principalmente para evitar que se sobrecalienten los motores y se pueda trabajar por un tiempo mayor.

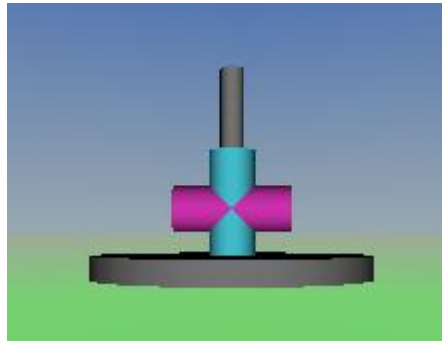
### 3.1.2. Simulación

Se ha decidido realizar las simulaciones de los actuadores que se utilizan en este proyecto de investigación que son: dos ángulos de la cabeza y los seis del brazo derecho.

#### 3.1.2.1. Cabeza

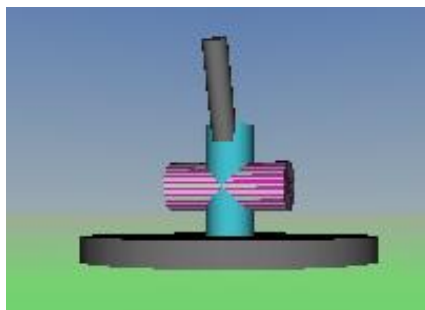
En la Figura 13 se ha decidido realizar la simulación de la cabeza del robot mediante articulaciones por medio de cilindros de color magenta y celeste; mientras que el eslabón es de color gris. El movimiento de las articulaciones se explica a continuación:

- Cilindro magenta: movimiento en el eje Z, denominado HeadYaw
- Cilindro celeste: movimiento en el eje Y, denominado HeadPitch



**Figura 13.** Simulación cabeza Robot NAO

La posición en la que se encuentra la simulación es 0 para ambos ángulos, representando aquella en la que el robot inicia al ser encendido. El humanoide está en constante movimiento y por lo tanto no se mantiene en cero en todo momento, ocasionando que cada vez que se tome la imagen sea necesario poner valores angulares para que se enfoque y quede centrado el texto. Con este objetivo se coloca a *HeadYaw* en  $-0.27$  radianes mientras que *HeadPitch* cambia a  $0.33$ , movimiento realizado por la cabeza cada vez que se deba empezar a leer. En la Figura 14 se tiene la posición mencionada ilustrada con la simulación.



**Figura 14.** Posición de la cabeza robot NAO para la captura de la imagen

Para el movimiento del robot se utiliza el comando *angleInterpolation*. Como parámetros se envía los nombres de las articulaciones que se desea mover: *HeadYaw* y *HeadPitch* y los ángulos

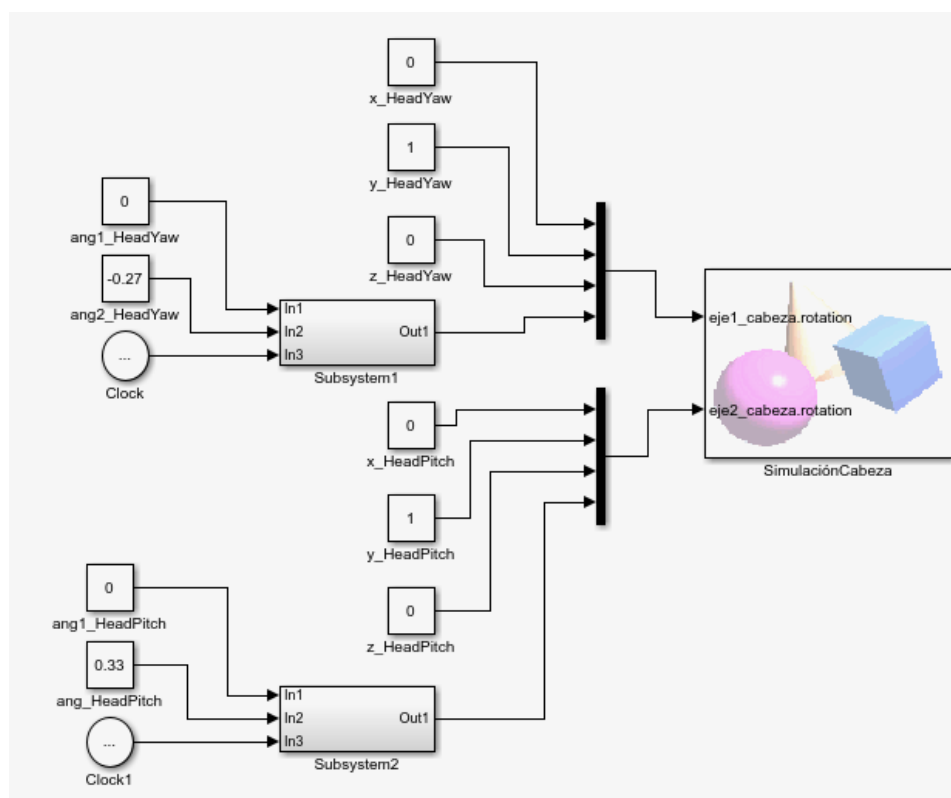


a los que se quiere llegar. En la simulación, primeramente, se ha realizado el diseño tanto de articulaciones como eslabones en el programa V-Realm Builder, (MathWorks, Install V-Realm Editor, 1994-2019) a continuación, se la ha exportado a Simulink (MathWorks, Simulación y diseño basado en modelos, 1994-2019) mediante el bloque VR Sink en donde se selecciona los nombres de las rotaciones que se desea rotar. Como se quiere que se mueva de forma continua con los ángulos de la Tabla 4, se ha establecido el código de la Figura 15.

**Tabla 4**

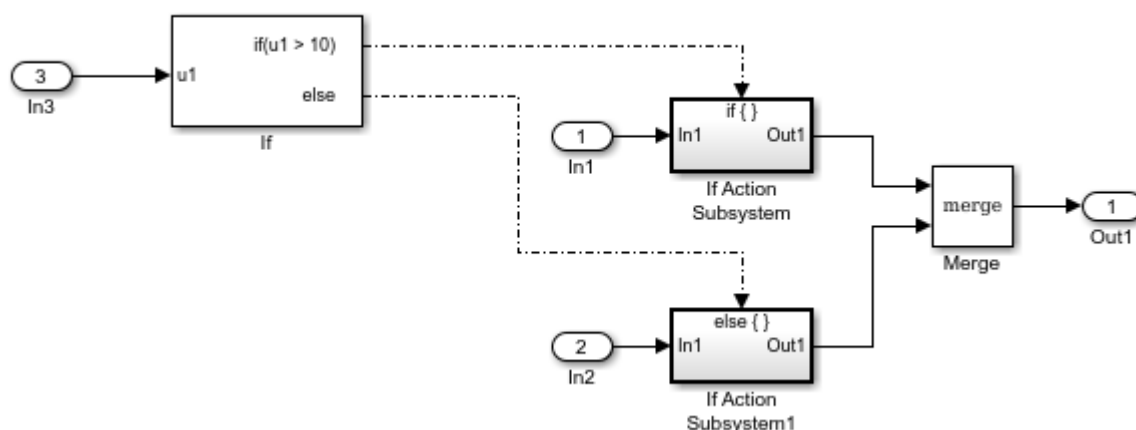
*Ángulos de los movimientos de las articulaciones de la cabeza*

HeadYaw	HeadPitch
0.0	0.0
-0.27	0.33



**Figura 15.** Programación en Simulink para el movimiento de los ángulos de la cabeza

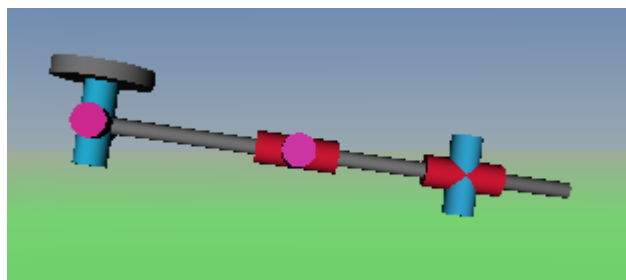
Como se puede observar existen las dos articulaciones denominados eje1\_cabeza y eje2\_cabeza, en donde el primero corresponde al eje de Yaw y el siguiente al eje de Pitch. Para los dos ángulos se ingresan tres variables x, y, z que son los ejes en los que se va a mover la simulación, independiente de los ángulos del robot, ya que cada articulación para colocarla en la posición correcta ya posee una rotación. Por último, se ingresan los ángulos y un reloj a un subsistema ilustrado en la Figura 16.



**Figura 16.** Subsistema de programación “if”

En este subsistema “if”, primero se coloca la entrada 3 a u1 que representa el reloj. Cuando el tiempo sea mayor a 10 se pasa la variable 1 como salida; caso contrario pasa la variable 2.

### 3.1.2.2. Extremidad superior derecha



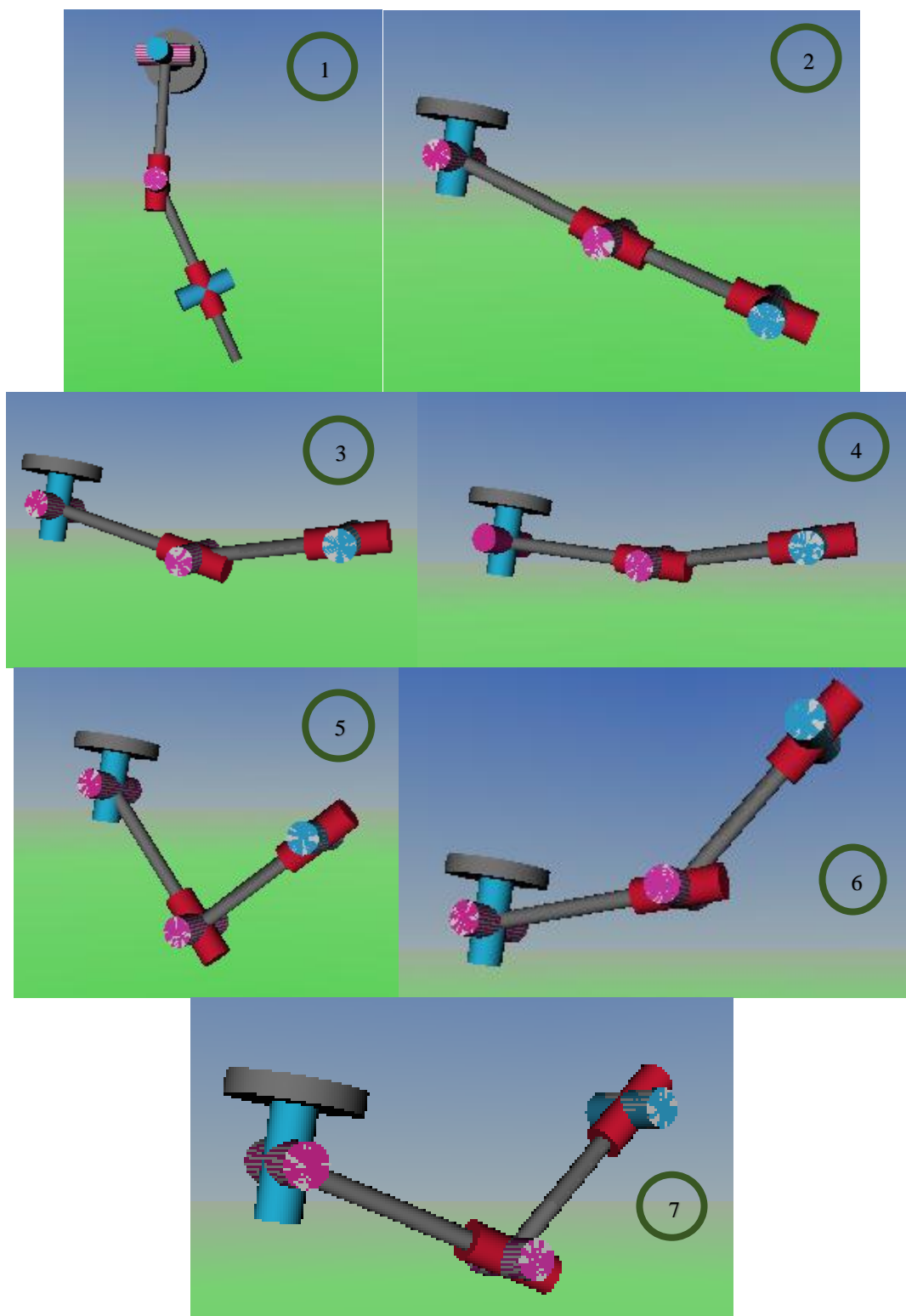
**Figura 17.** Simulación de la extremidad superior derecha del robot NAO

En la Figura 17 está la simulación de la extremidad superior derecha del robot NAO, se encuentra conformada de derecha a izquierda por los siguientes bloques:

- Base: es un cilindro fino de color gris que representa la base de la extremidad.
- Cilindro celeste: permite el giro alrededor del eje Y, denominado *ShoulderPitch*
- Cilindro magenta: permite el giro alrededor del eje X, denominado *ShoulderRoll*.
- Cilindro gris: Eslabón que representa al brazo.
- Cilindro magenta: permite el giro alrededor del eje X, denominado *ElbowRoll*.
- Cilindro rojo: permite el giro alrededor del eje Z, denominado *ElbowYaw*.
- Cilindro gris: Eslabón que representa al antebrazo del robot.
- Cilindro celeste: representa la articulación que permite abrir y cerrar los dedos de la mano.
- Cilindro rojo: Es el giro de la muñeca, denominado *WristYaw*.
- Cilindro gris: representa los dedos de la mano en donde al estar estirados, como el de la imagen, significa que están abiertos; mientras que, si no se lo visualiza en la imagen, están cerrados.

La posición en la que se encuentra se la obtiene colocando en cero todas las articulaciones mencionadas.

Cada página del libro posee la misma secuencia de movimientos para cambiarla, pero el ángulo que varía es el denominado *ShoulderPitch*, ya que la pestaña que se utilizará para esta actividad está en secuencia de arriba abajo con variación de dos centímetros. Para demostrar el correcto funcionamiento se encontrará en la Figura 18 el movimiento total secuencial realizado para el giro de la primera página.



**Figura 18.** Simulación para cambiar la primera hoja del cuento

Para la explicación se procederá con los movimientos de los actuadores de arriba abajo y de izquierda a derecha.

- Primer movimiento: Cuando el robot se enciende es la posición en la que se coloca el brazo derecho, posición home. (Figura 18.1)
- Segundo movimiento: El brazo no se puede subir directamente a la posición para cambiar la hoja ya que el robot está cerca del libro y lo empuja por este motivo se lo sube de manera inclinada. (Figura 18.2)
- Tercer movimiento: Se dobla el codo para irse acercando a la pestaña de la hoja que se desea girar. (Figura 18.3)
- Cuarto movimiento: Se coloca en la posición adecuada para que la herramienta ubicada en la mano del humanoide quede a la altura de la pestaña. (Figura 18.4)
- Quinto movimiento: Se abre el hombro y se cierra el codo para que la hoja empiece a moverse. (Figura 18.5)
- Sexto movimiento: Se mueve el brazo a la izquierda para completar de girar la hoja. (Figura 18.6)
- Séptimo movimiento: Si se deja que el brazo regrese a su posición inicial activando el movimiento propio del robot entonces puede empujar el atril haciendo que ya no se pueda virar el resto de las hojas por este motivo, se lo baja. (Figura 18.7)

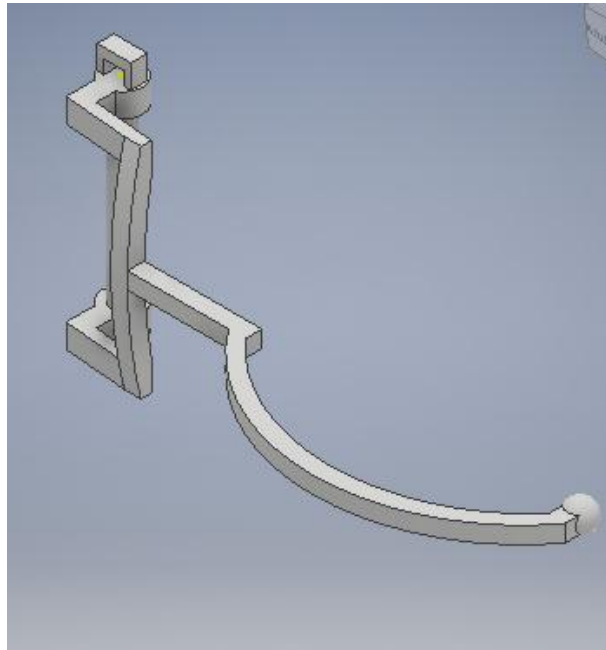
### **3.2. Consideraciones para lectura**

Para que se pueda realizar la actividad de lectura propuesta, primeramente, se ha buscado libros adecuados. Se puede visualizar que, si las letras de fondo se confunden con el fondo, el pre procesamiento para limpiar la imagen antes de ser leída puede no ser suficiente, una fotografía de

ejemplo para entender esta parte es la Figura 22. Además, la estructura física del robot tiene limitaciones que impiden muchas actividades, entre ellas cambiar la página del libro. En las pruebas realizadas se logró mover la página hasta la mitad, pero no girarla por completo debido a que las limitaciones de movimiento de los actuadores no permiten completar la actividad. Por este motivo se decidió imprimir una herramienta en 3D que ayude con esta actividad. Por último, se toma en cuenta que los actuadores del humanoide después de una larga actividad se calientan y pueden sufrir daños; por lo que no se ha dejado que el robot cargue el libro, buscando un atril que tenga la altura adecuada para la aplicación.

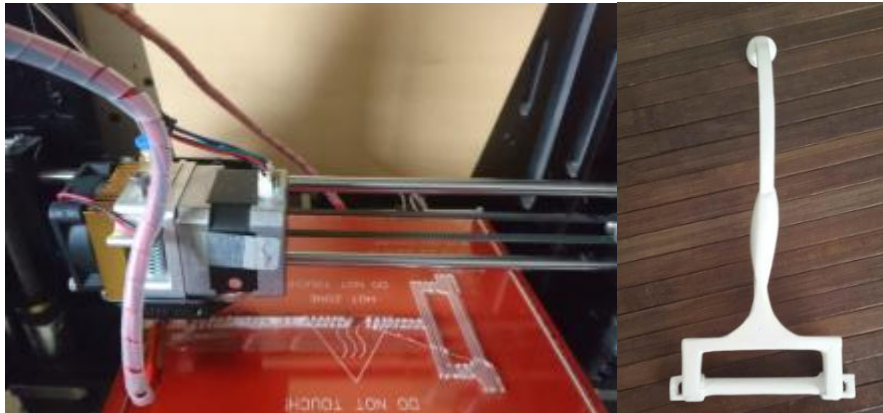
### **3.2.1. Herramienta impresa en 3d**

Con esta idea se ha buscado que el robot se encuentre más alejado del libro teniendo un mayor campo de visualización al capturar la imagen. Además, esta distancia del libro le permite al robot tener un alcance mayor en cuanto al ángulo de giro de la página; sobrepasando la limitación del brazo donde solo se lograba un giro de la mitad de la hoja hasta una posición media. Esta herramienta ha sido diseñada en Inventor (3DCADPortal, 2015) para luego materializarla mediante una impresión 3D. En la Figura 19 se indica el modelo final de la misma. Esta será colocada en la mano derecha y ubicada en la posición correcta para que no produzca fallos al momento de pasar la página.



**Figura 19.** Herramienta de lectura de libros

En la Figura 20 se encuentra la herramienta de lectura de libros en el proceso de impresión, y el resultado final.



**Figura 20.** Herramienta impresa en 3D

### 3.2.2. Atril

En la Figura 21 se muestra el atril seleccionado para el proyecto. Las dimensiones de este en la posición para lectura son:

- Altura del atril: 53 cm
- Ancho del atril: 40 cm
- Base para colocar el libro: 2 cm
- Altura para colocar el libro: 23 cm



*Figura 21.* Atril en el que se ubica el cuento

### **3.3. Algoritmo de reconocimiento de caracteres**

En esta sección se debe tener en cuenta que para utilizar *Tesseract* en una imagen primeramente se debe realizar un preprocesamiento, el cual mejore la calidad de la misma dejándola con las características necesarias para que el motor de OCR pueda cumplir con su objetivo de manera correcta. El preprocesamiento no necesariamente en cualquier aplicación es el mismo ya que se debe tomar en cuenta la calidad de la imagen. Para la presente aplicación, el preprocesamiento realizado tiene las siguientes secciones:



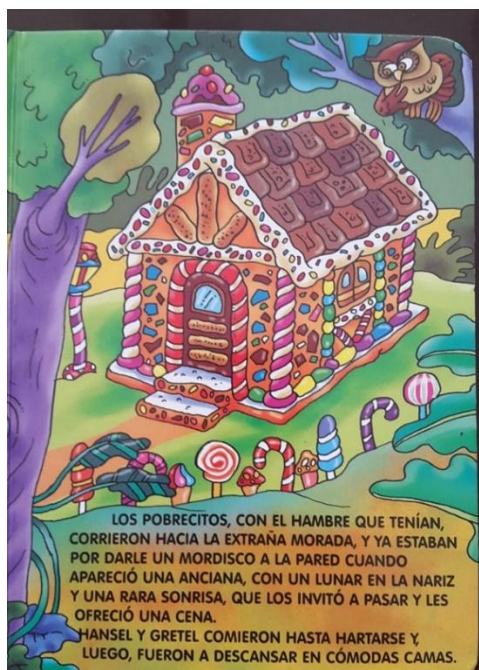
### 3.3.1. Escala de grises

La imagen tomada por el robot es enviada y almacenada en la memoria de la Raspberry, la cual es cargada en el archivo de Python para realizar el procesamiento. Ya que los datos se encuentran en forma digital dentro del programa, se la convierte a escala de grises mediante el comando: *Foto.convert('L')*.

El mismo que utiliza la siguiente transformada: (Clark & contribuidores, 2010)

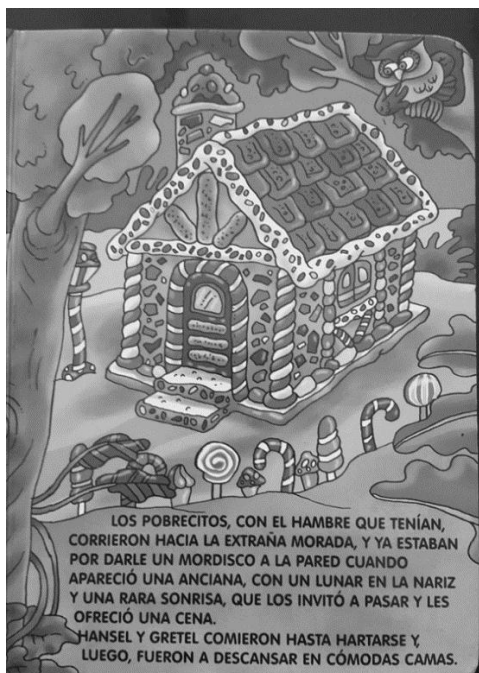
$$L = R * \frac{299}{1000} + G * \frac{587}{1000} + B * \frac{114}{1000}$$

Cada pixel contiene un conjunto de valores que corresponden a rojo, verde y azul. Mediante la fórmula se convertirá a un solo valor perteneciente a la escala de grises. Para comprobar el correcto funcionamiento se ha tomado la Figura 22 que pertenece al cuento de prueba con el que se realizó el programa de acondicionamiento de la imagen, el mismo que no será el definitivo ya que los colores de fondo de algunas páginas se confunden con las letras.



**Figura 22.** Página original del cuento de prueba

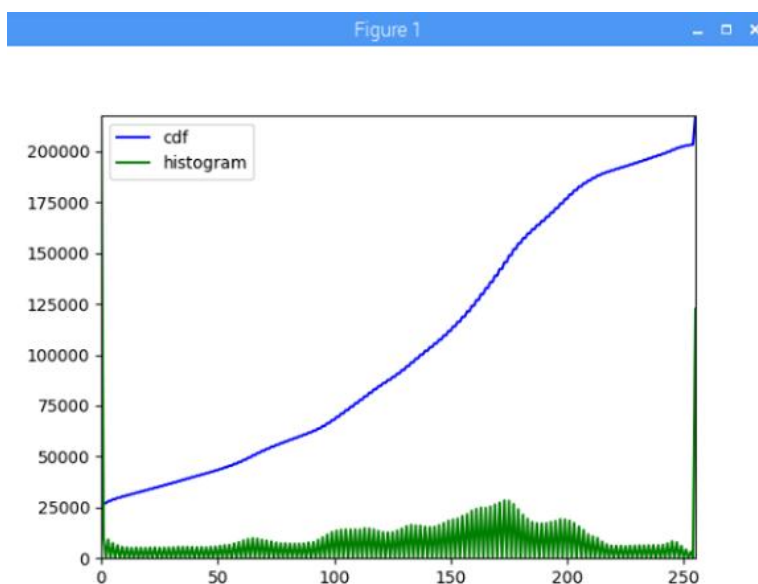
En la Figura 23 se observa como el comando pudo cambiar el valor de cada pixel.



**Figura 23.** Página a escala de grises del cuento de prueba

### 3.3.2. Histograma

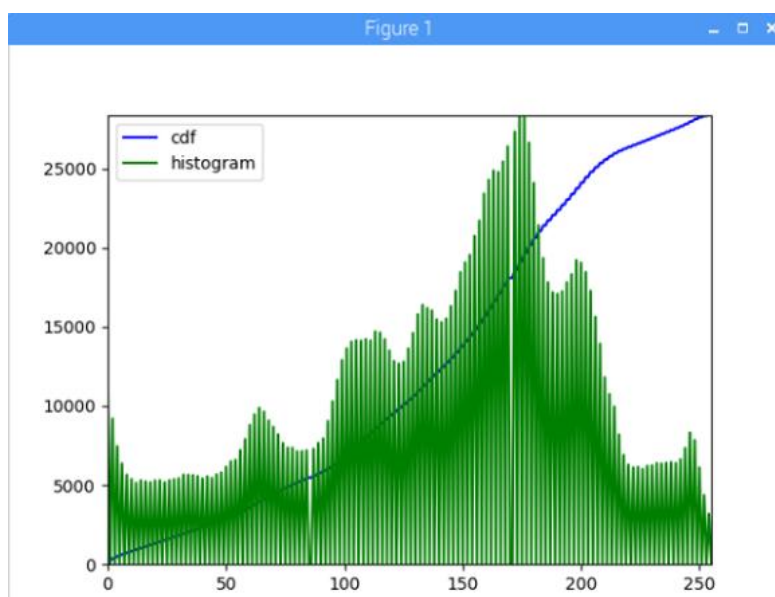
Para llegar a binarizar una imagen, que sería el resultado final antes de utilizar el motor de OCR *Tesseract*, se debe establecer un valor de umbral por medio del cual se conocerá que los valores mayores a este parámetro hasta el 255 pertenecen al color blanco y los restantes al color negro. Para llegar a establecer el valor de umbral correcto se debe conocer cuántos pixeles de cada valor de la escala de grises están presentes en la imagen y la manera más sencilla es graficando un histograma. En la Figura 24 se muestra el resultado correspondiente al proceso anterior.



**Figura 24.** Histograma de la página a escala de grises

Para una idea clara del proceso se ha realizado el histograma con la función propia de la librería *numpy*, la misma se denomina *histogram*. Para ser utilizada se le debe proporcionar un vector de valores, en este caso los píxeles de la imagen. Se debe tener en cuenta que no se encuentran en forma de vector así que se recurre al comando *flatten()* que nos permite lograr este objetivo. El rango de intensidades fue graficado en la figura anterior variando entre 0 y 255

debiéndose a que es una imagen en escala de grises, pero si se ignoran los colores blanco y negro que este caso corresponden a 255 y 0, se puede observar de mejor manera el resultado tanto del histograma como de la función CDF (Función de Distribución Acumulada). Se tiene en cuenta que ignorar los extremos no afecta en lo absoluto al proceso y en la Figura 25 se puede apreciar el resultado generado.



**Figura 25.** Histograma de la página a escala de grises sin los extremos

La imagen de prueba que se está utilizando tiene gran cantidad de colores, por este motivo se agrega un proceso extra denominado ecualización del histograma.

Al realizar la ecualización se busca mejorar el contraste de la imagen. Como se puede observar en la figura anterior, las intensidades se encuentran demasiado cercanas siendo casi imposible la elección de un umbral para el siguiente proceso. La idea final es distribuir los valores de intensidades más repetitivas obteniendo rangos marcados. Este es un proceso necesario en imágenes con fondos oscuros o colores brillantes. Las imágenes del libro de prueba presentan

estas características, además de ser texto sobre una imagen, por lo que su reconocimiento es más complicado comparándolo con una imagen de fondo blanco y letras de color oscuro.

Un paso necesario para obtener la ecualización es establecer la variable CDF. Se ha logrado este paso con el comando *cumsum()*. El objetivo es ir acumulando el resultado actual con la sumatoria de todos los anteriores. Para la gráfica ilustrada en la línea azul que se muestra en la Figura 25, se debe acoplar la función al rango de valores del histograma; y para lograrlo se debe tener en cuenta la siguiente fórmula:

$$cdf_{gr\acute{a}fica} = \frac{cdf * hist_{max}}{cdf_{max}}$$

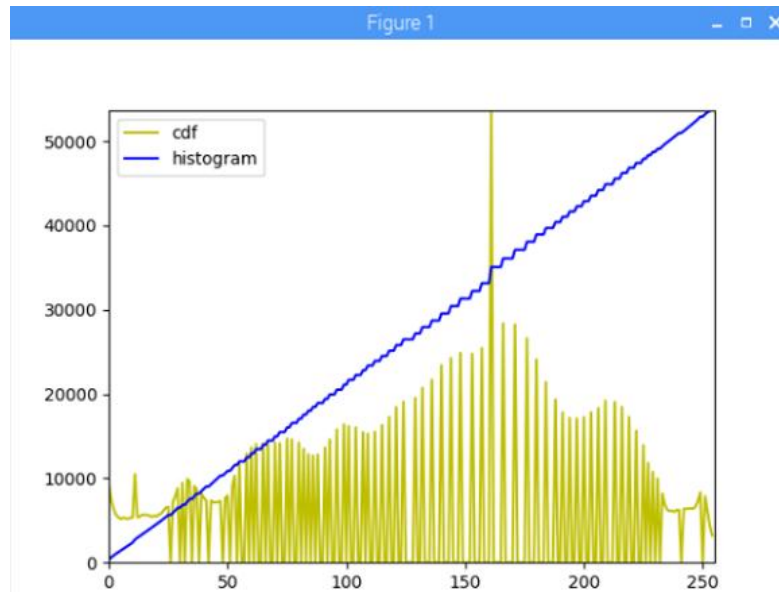
Posteriormente, para la ecualización se debe partir de la función CDF y obtener los valores máximos y mínimos excluyendo los ceros existentes. Para esto se le pasa una máscara denominada *masked\_equal()*, en donde sus parámetros son: la variable CDF y 0. A continuación se debe ejecutar la transformada de ecualización mostrada en la ecuación siguiente, donde la variable por la cual se pasó la máscara se denominada *cdfm*:

$$ecualización = \frac{(cdfm - cdfm_{min}) * 255}{cdfm_{max} - cdfm_{min}}$$

Por último, se debe rellenar los valores que fueron previamente enmascarados con 0 y ecualizar a la imagen original de la siguiente manera:

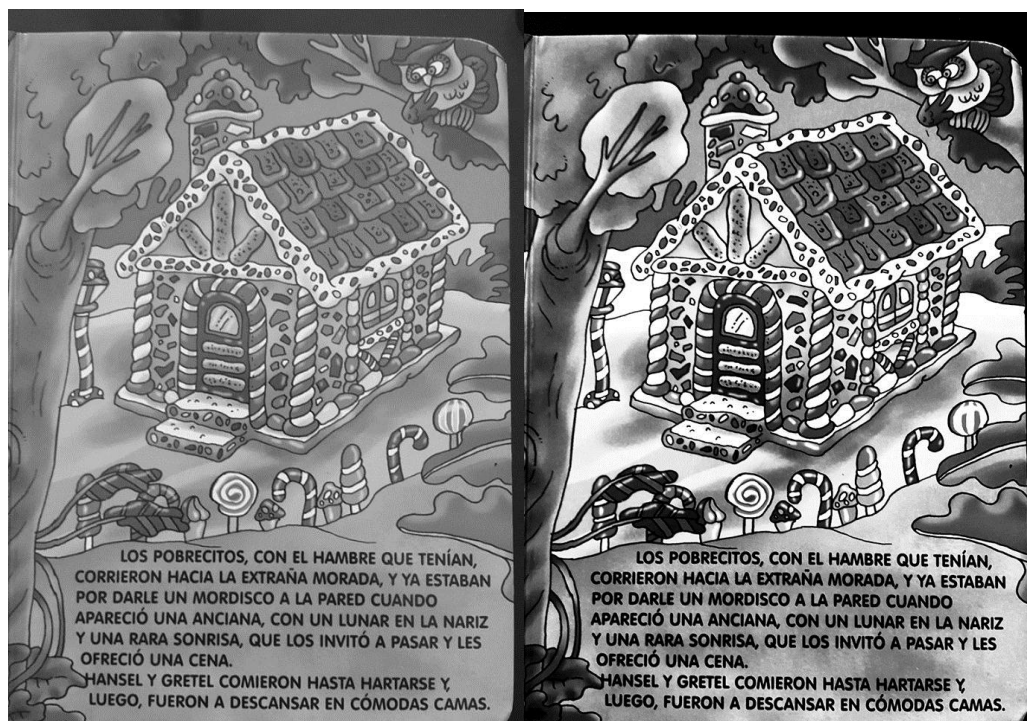
$$ecualización(imagen_{original})$$

Una vez obtenida la imagen resultante, nuestro propósito es obtener el valor umbral; por este motivo se vuelve a graficar el histograma después del proceso de ecualización como se lo observa en la Figura 26.



**Figura 26.** Ecualización del histograma

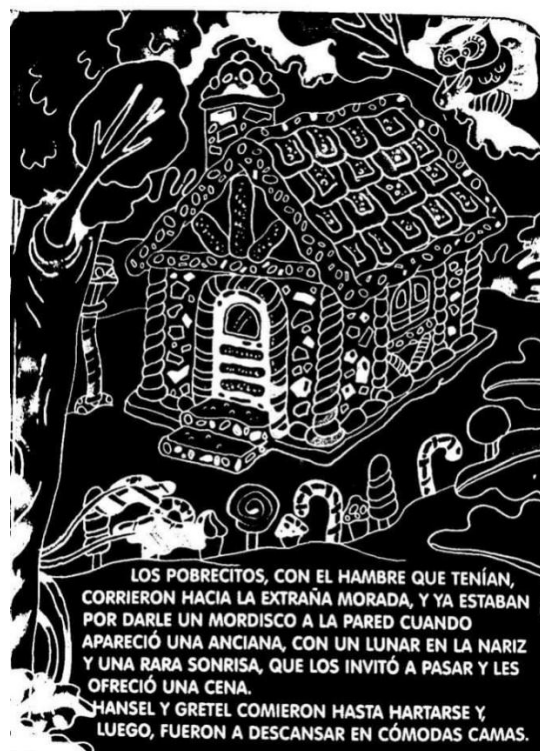
Para comprender el resultado del proceso de una manera más sencilla se tiene la Figura 27, donde la parte a) es la resultante de la escala de grises y la b) es la obtenida al ser ecualizada.



**Figura 27.** a) Imagen escala de grises. b) Imagen con la equalización del histograma

### 3.3.3. Binarización

Para el proceso de binarización se selecciona un valor de umbral en base a la Figura 26. Se puede visualizar que la curva empieza a ser repetitiva aproximadamente desde 50, por lo que ese será el valor seleccionado para este proceso. La librería *OpenCV* posee la función *threshold()* que cuenta con diferentes opciones, entre ellas la de binarización *thresh\_binary\_inv*. Dentro de los parámetros necesarios debe incluirse además del ya mencionado el umbral y la imagen que se desea procesar. El resultado obtenido se encuentra en la Figura 28, debiendo tener en cuenta que los colores han sido invertidos; ahora las letras se encuentran en color blanco, lo cual ha sido un pre requisito para un proceso posterior a realizarse.



*Figura 28.* Página binarizada

### 3.3.4. Componentes conexos

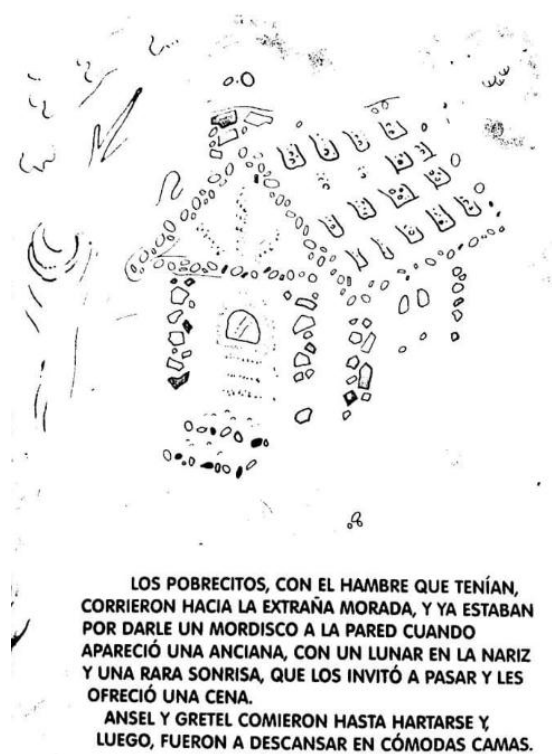
Para la eliminación de los componentes como primer punto se debe enumerar cada zona de píxeles en color blanco que se encuentren juntos. Existe un comando de *OpenCV* para este fin denominado *connected.Components()*. Este es el motivo por el cual en el proceso de binarización se ha invertido los colores para que se pueda continuar con la preparación de la imagen. Los parámetros de la función simplemente es la imagen binarizada representada de manera digital dentro de Python. Se devuelven dos variables que son el número de zona y la cantidad de píxeles que posee.

Con esta información, se pasa a eliminar las zonas que mayor cantidad de píxeles posee. Como se observó en la última figura, existe una gran cantidad de sectores blancos en la



fotografía, tanto en el texto como en la imagen. Como ejemplo cada letra o cada teja de la casa son considerados sectores, pero no tienen tantos píxeles, por eso se eliminan aquellos componentes conexos que son superiores al 0.05%. Este porcentaje fue calculado con respecto a la zona que tiene mayor cantidad de píxeles, y si el libro se cambia debe verificarse bajo pruebas cual es el mejor valor para cumplir con esta función.

Al final, se utiliza nuevamente el comando *thresh* para invertir los píxeles blancos a negros y viceversa. EL objetivo es eliminar gran cantidad de la imagen para que *Tesseract* no la confunda con el texto. Como resultado tenemos la imagen mostrada en la Figura 29.



**Figura 29.** Página resultante al ser  
eliminados los componentes  
conexos

Si se desea verificar el correcto funcionamiento del algoritmo planteado, se puede recurrir a la imagen de la Figura 30, donde se observa de manera sencilla que la imagen se ha reducido en gran cantidad.

### 3.3.5. Motor de OCR Tesseract

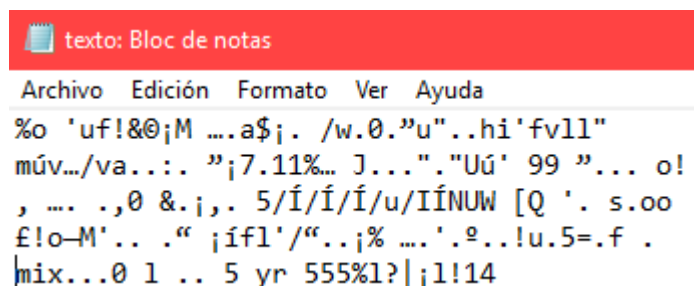
En un inicio se creyó suficiente llegar hasta el proceso de binarización y la imagen sin invertirla, como se muestra en la Figura 30. Con la cual se procedió a reconocer el texto.



*Figura 30.* Imagen sin eliminación de componentes conexos

*Tesseract* posee un comando propio dentro de Python denominado *pytesseract.image\_to\_string()*. Como parámetros se debe pasar la imagen después de ser binarizada y el idioma en el que se encuentra; en este caso como es español se debe colocar *lang = "spa"*. El resultado se lo ha guardado en un archivo de texto para luego ser enviado al robot

NAO y utilizar TextToSpeech para su pronunciación. En la Figura 31 se muestra el reconocimiento obtenido.



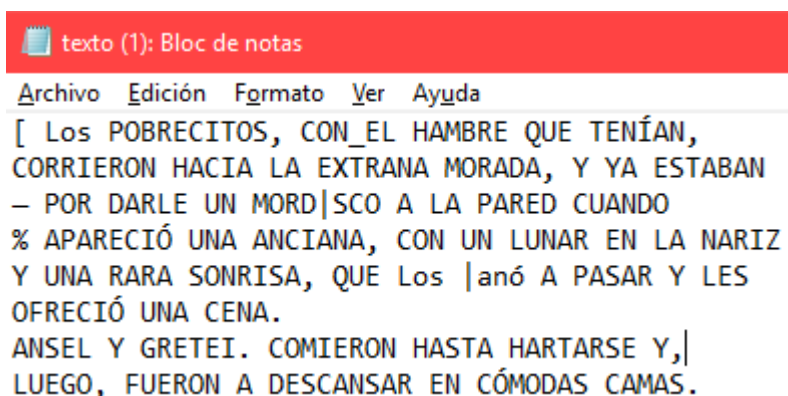
```

texto: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
%o 'uf!&@;M ...a$j. /w.0."u"..hi'fv11"
múv.../va...: "j7.11%.. J...". "Uú' 99 "... o!
, ... .,0 &.j,. 5/Í/Í/Í/u/IÍNUW [Q '. s.oo
£!o-M'.. ." jíf1'/"..j% ...'.º...!u.5=.f .
|mix...0 1 .. 5 yr 555%1?|j!14

```

**Figura 31.** Reconocimiento de caracteres sin eliminación de componentes conexos

Como no se ha logrado el objetivo deseado, se decide agregar un paso extra en el cual se buscará eliminar los componentes conexos, el mismo que ya ha sido explicado en la sección anterior. Al finalizar se vuelve a pasar por el motor de reconocimiento obteniendo el siguiente texto.



```

texto (1): Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
[ Los POBRECITOS, CON_EL HAMBRE QUE TENÍAN,
CORRIERON HACIA LA EXTRANA MORADA, Y YA ESTABAN
- POR DARLE UN MORD|SCO A LA PARED CUANDO
% APARECIÓ UNA ANCIANA, CON UN LUNAR EN LA NARIZ
Y UNA RARA SONRISA, QUE Los |anó A PASAR Y LES
OFRECIÓ UNA CENA.
ANSEL Y GRETEI. COMIERON HASTA HARTARSE Y,|
LUEGO, FUERON A DESCANSAR EN CÓMODAS CAMAS.

```

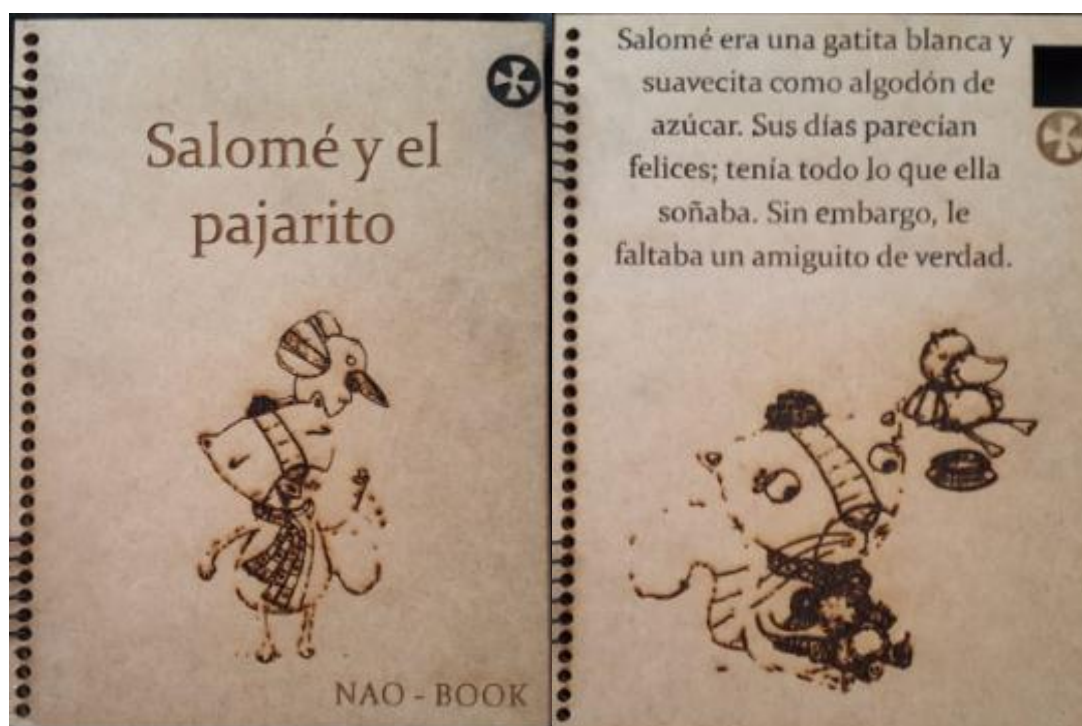
**Figura 32.** Texto reconocido con la eliminación de componentes conexos

El texto ya es entendible a pesar de que todavía se generan ciertos errores; principalmente por las imágenes del cuento manejado. Sin embargo, el cuento que se utilizará será uno que se

escribirá en MDF de 3mm, en donde se especificará características como: contraste entre fondo y texto, disposición del texto, tamaño y fuentes de letra, entre otros. El mismo tendrá las especificaciones necesarias para que el robot humanoide logre cambiar de hoja.

### 3.4. Libro

Se ha realizado el diseño de dos cuentos para que el robot humanoide lea. El primero se ha tomado de uno ya publicado, pero se lo ha resumido en seis hojas por limitaciones del atril, debido al peso por su material de construcción MDF de 3 milímetros. El segundo cuento es de autoría propia y se ha escrito en seis hojas al igual que el anterior. Se ha colocado pestañas en cada página para que la actividad de girar la página sea más sencilla como se ilustran en la Figura 33 y Figura 34.



CONTINÚA →

Un día Salomé salió de paseo al parque. Caminó por algunas horas oliendo las flores de colores y jugando con las mariposas y abejas del lugar. De pronto, escuchó una dulce voz entonando una canción. Por acá, dijo la voz: por acá.



Salomé corrió hacia la voz, y ahí, dentro de una flor gigante, había un pajarito de dos colores. Sus alas estaban rotas y no podía volar. ¡Ayúdame, que estoy herido!, le dijo.



Salomé lo tomó suavemente con su hocico y, con mucho cuidado lo llevó a casa. Todos los días cuidaba de él. El pajarito, mientras tanto, cantaba muchas canciones bonitas. Ahora tenía un amigo de verdad.



Pronto el pajarito mejoró y ya podía volar. Un día el pajarito le dijo: Debo buscar mi nido y mi familia, pero nunca dejaré de cantar para ti y siempre serás mi amiga.



Figura 33. Cuento 1, Salomé y el pajarito

## El arbolito mágico



NAO - BOOK

Érase una vez, un niño que fue con su familia al bosque, donde acamparon a orillas del río. A la mañana siguiente cuando despertó vio una mariposa con alas rojas y azules que volaba entre la maleza.



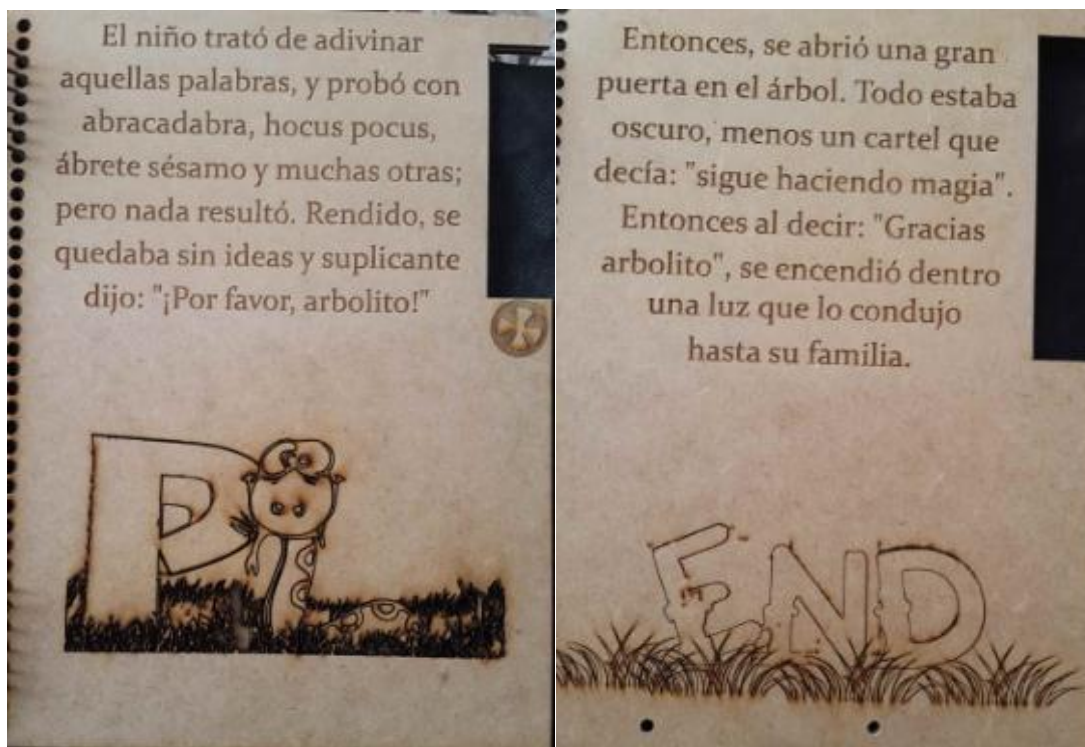
El niño empezó a seguirla, después de varios minutos se dio cuenta que no sabía como regresar con su familia. Caminó y caminó buscando el río del que se había alejado, pero cada vez se internaba más en la espesa vegetación.



De pronto, llegó a un sendero y al final de este había un árbol mágico. El niño se sentó en sus raíces y escuchó una voz que decía: estoy encantado, si dices las palabras mágicas, lo veras.



CONTINÚA →



*Figura 34.* Cuento 2, El árbol mágico

### 3.5. Comunicación entre robot NAO y Raspberry Pi

Como ya se indicó anteriormente, el procesamiento de la imagen se realiza en la Raspberry, pero esta es tomada por el robot NAO y se guarda en sus archivos en el directorio principal. Por este motivo se generó un nuevo problema ¿Cómo enviar de manera automática dicha fotografía para reconocer el texto del cuento?

Como solución se seleccionó a la Raspberry para obtener la imagen, procesarla y enviar nuevamente al robot el texto para usar la función TextToSpeech. Existe una librería importante que ayuda con esta comunicación denominada "Paramiko" que puede ser utilizada en Python. La misma necesita la dirección IP del robot, el nombre de usuario y la contraseña, de tal manera que, a modo de cliente, se permitirá acceder a los archivos del robot y por consiguiente a la carpeta

deseada para obtener la imagen para ser procesada. El directorio en donde se encuentra la imagen es dentro de los archivos del robot NAO es:

***“var/persistent/home/nao/recordings/cameras/nombre\_de\_la\_imagen.extensión”***

El cliente creado en este caso utiliza la función *GET* para obtener un archivo del directorio del humanoide y mediante la función *PUT* se devuelve al robot el archivo txt para ser leído.

La librería trabaja mediante *SSH* o *Secure Shell* que “es un protocolo que facilita las comunicaciones seguras entre dos sistemas usando una arquitectura cliente/servidor que permite a los usuarios conectarse a un *HOST* remotamente.” (RedHatEnterprise, 2005) El objeto tipo cliente que se creó, se encarga de enviar peticiones al servidor y utilizar de la manera adecuada la respuesta del mismo.



## CAPÍTULO IV

### PRUEBAS EXPERIMENTALES DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

Antes de realizar la presentación del proyecto se ha realizado pruebas experimentales para verificar que la lectura y el movimiento del robot cuente con la menor cantidad de errores posibles. Para el primer punto se debe a que en el reconocimiento óptico de caracteres no siempre se lo obtiene al 100% ya que muchos caracteres como la “l” y la “i” se tienden a confundir. El siguiente problema es el movimiento para el cambio de hojas, el robot humanoide debe estar en la posición adecuada para que la programación ya establecida funcione correctamente.

#### 4.1. Pruebas experimentales

A continuación, se presenta una serie de pruebas realizadas, juntamente con el resultado obtenido. Estas pruebas fueron:

- Pruebas del reconocimiento óptico de caracteres.
- Pruebas para cambio de hoja: fuerza y movilidad de articulaciones.
- Luz adecuada para capturar la imagen.

##### 4.1.1. Reconocimiento óptico de caracteres

Se ha ido cambiando el valor de umbral para realizar el proceso de binarización y se ha llegado a concluir que el mejor para los dos libros es de 165. Se ha realizado pruebas de cada página para comprobar el porcentaje de error que existe en la lectura. Se ha colocado en las tablas siguientes la imagen original de la hoja del cuento seguida por la imagen con el procesamiento realizado. Se ha colocado la imagen de uno de los resultados de las pruebas ya que el resto de las

imágenes son bastante similares, por último, el texto reconocido en una tabla donde estarán todas las pruebas que se han tomado.

- Cuento Salomé y el pajarito
  - Página 1

### Tabla 5

*Pruebas realizadas, página 1, cuento 1*

Imagen original

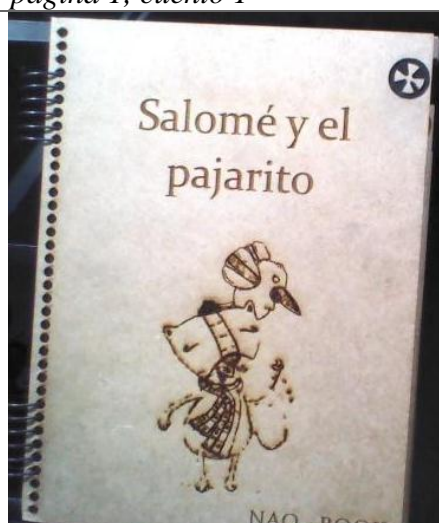
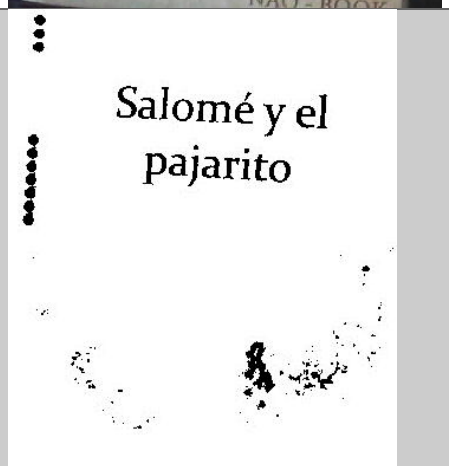
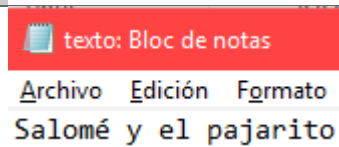


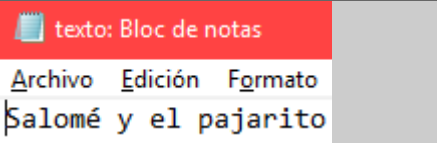
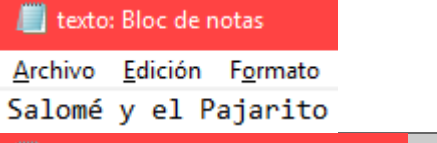
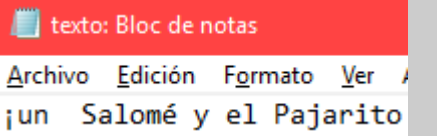
Imagen procesada



Prueba 1



CONTINÚA →

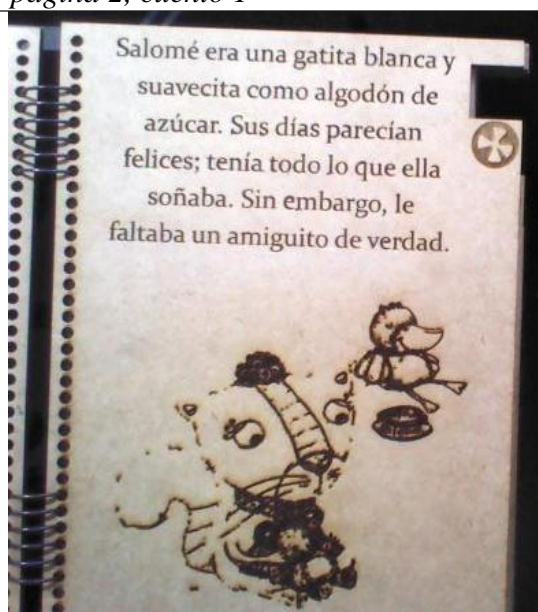
Prueba 2	
Prueba 3	
Prueba 4	

- Página 2

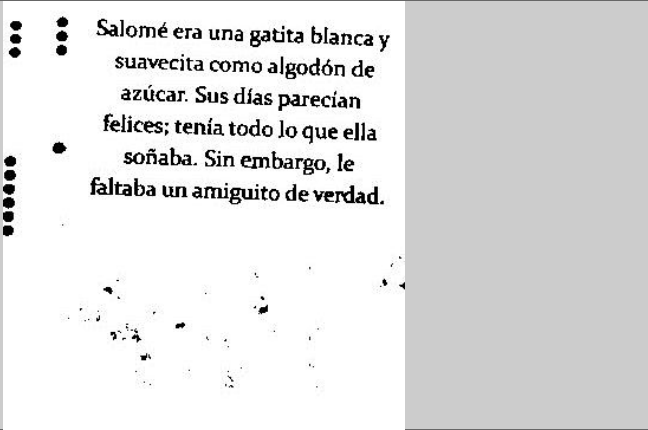



### Tabla 6


*Pruebas realizadas, página 2, cuento 1*

Imagen original



CONTINÚA →

Imagen procesada	 <p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• • Salomé era una gatita blanca y</li> <li>• • suavcita como algodón de</li> <li>• • azúcar. Sus días parecían</li> <li>• • felices; tenía todo lo que ella</li> <li>• • soñaba. Sin embargo, le</li> <li>• • faltaba un amiguito de verdad.</li> </ul> </p>
Prueba 1	<p>  texto: Bloc de notas         </p> <p> <u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda         </p> <p>           Salomé era una gama blanca y suavcita como algodón de azúcar. Sus dias parecían felices; tenía todo ;o que ella soñaba. Sin embargo. le faltaba un amiguito develdad. .) .         </p>
Prueba 2	<p>  texto: Bloc de notas         </p> <p> <u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda         </p> <p>           : Salomé era una gatita blanca y suavcuta como algodón de azúcar. Sus dias parecían felices; tenía todo lo que ella soñaba. sm embargo, le . faltaba un amiguito de verdad.         </p>
Prueba 3	<p>  texto: Bloc de notas         </p> <p> <u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda         </p> <p>           Salomé era una gatita blanca y suavcita como algodón de azúcar. Sus días parecían felices: tenía todo lo que ella soñaba. Sin embargo, le faltaba un amiguito deverdad.         </p>

Prueba 4	 texto: Bloc de notas
	<p> <u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda          Salomé era una gatita blanca y suavecha como algodón de azúcar. Sus días parecían felices; tenía todo lo que ella soñaba. Sin embargo, le faltaba un amiguito de veldad. ooo. ..       </p>

- Página 3

### Tabla 7

*Pruebas realizadas, página 3, cuento 1*

Imagen original

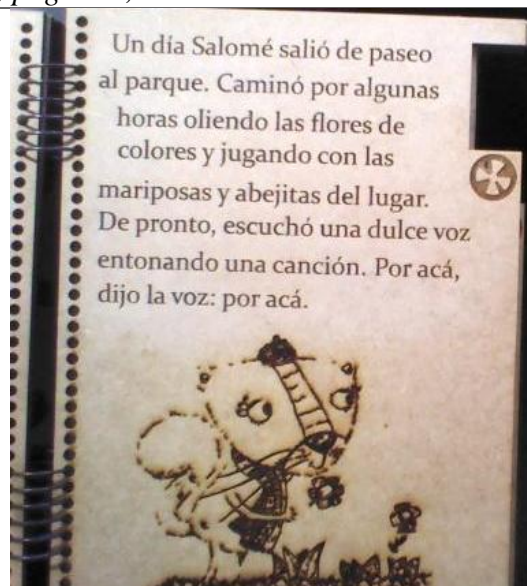
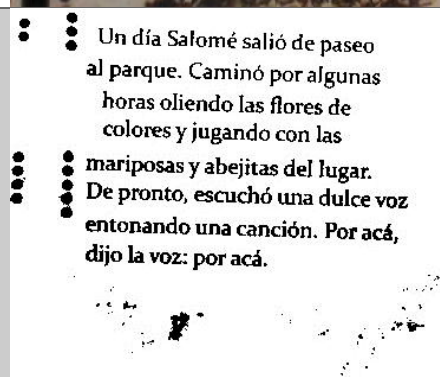






Imagen procesada



Prueba 1	<p> texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>o ' . ' Un día Salomé salió de pasen al parque. Caminó por algunas horas oliendo las flores de . colores y iugando con las : mariposas y abejas del lugar. o De pronto, escuchó una dulce voz entonando una canción Por acá, dijo la vuz: por acá. . :» .,u'</p>
Prueba 2	<p> texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>: Un día Salomé salió de paseo al parque. Caminó por algunas horas oliendo las flores de Colores yjugando con las mariposas y abejitas del lugar. De pronto, escuchó una dulce voz : entonando una canción. Por acá. dijo la voz: por acá. yo ' ' ful</p>
Prueba 3	<p> texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>Un día Salomé salió de paseo al parque. Caminó por algunas horas oliendo las flores de colones y iugando con las mariposas y abejas del lugar. ; De pmnto, acud una dulce voz entonando una canción. Por acá, dijo la voz: por acá, .vv</p>
Prueba 4	<p> texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>Un día Salomé salió de pasen al parque. Caminó por algunas horas oliendo las flores de colores y jugando con las mariposasy abeiitas del lugar. De pronto, escuchó una dulce voz entonmdn una canción. Por acá, dijo la voz: por acá. .'j</p>

- Página 4

### Tabla 8

*Pruebas realizadas, página 4, cuento 1*

Imagen original

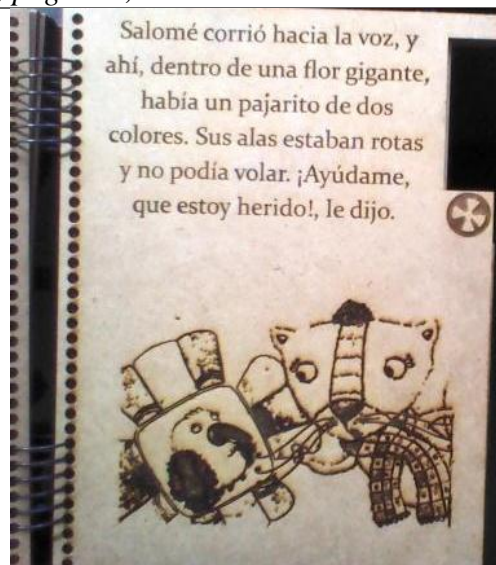


Imagen procesada

• Salomé corrió hacia la voz, y ahí, dentro de una flor gigante, había un pajarito de dos colores. Sus alas estaban rotas y no podía volar. ¡Ayúdame, que estoy herido!, le dijo.

Prueba 1

texto: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda  
Salomé corrió hacia la voz, y ahí, dentro de una flor gigante, había un pajarito de dos colores. Sus alas estaban rotas y no podía volar. ¡Ayúdame. que \$th herido!, [ dijo.

CONTINÚA →

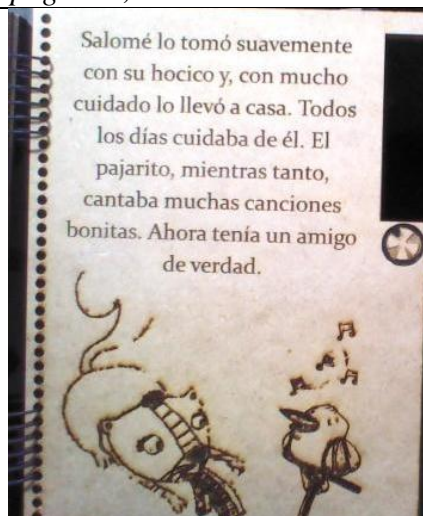
Prueba 2	<p>texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>Salomé corrió hecha la voz, y ahí, dentro de una Gor gigante, había un pajarito de dos colores. Sus alas estaban rotas y no podía volar. ¡Ayúdame, que estay hendn!, le dijo.</p>
Prueba 3	<p>texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>Salomé corrió hacia la voz, y . ahí, dentro de una flor gigante, había un pajarito de dos colores. Sus alas estaban rotas y no podía volar. ¡Ayúdame, que amy herido !, le dijo.</p>
Prueba 4	<p>texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>Salomé corrió hacia la voz, y ahí, dentro de una f]or gigante, había un pajarito de dos colore. Sus alas estaban rotas y no podía volar. ¡Ayúdame, que muy herido!, le dijo.</p>

- Página 5

### Tabla 9





*Pruebas realizadas, página 5, cuento 1*

Imagen original



CONTINÚA →



Imagen procesada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salomé lo tomó suavemente con su hocico y, con mucho cuidado lo llevó a casa. Todos los días cuidaba de él. El pajarito, mientras tanto, cantaba muchas canciones bonitas. Ahora tenía un amigo de verdad.</li> </ul> 
Prueba 1	<p> texto: Bloc de notas</p> <p><u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda</p> <p>ono. Salomé lo tomó suavememe con su hocico y, con mucho cuidado lo llevóa casa. Todos los días tuidaba de él. El pajarito, mientras tanto, cantaba muchas canciones bonitas. Ahora tenía un amigo de verdad.</p>
Prueba 2	<p> texto: Bloc de notas</p> <p><u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda</p> <p>Salomé lo tomó suavemente con su hocico y, con mucho cuidado ;o llevó a casa. Todos ' losdias cuidaba de . El pajarito, mientras tanto. Camaba muchas canciones bonitas. Ahora tenía un amigo de verdad,</p>
Prueba 3	<p> texto: Bloc de notas</p> <p><u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda</p> <p>Salomé lo tomó suavemente con su hocico y, con mucho cuidado lo llevó a casa, Todos los dias cuidaba de él. El pajarito, mientras tanto, cantaba muchas canciones bonitas. Ahora tenía un amigo de verdad.</p>

Prueba 4	<div style="background-color: red; color: white; padding: 2px;">texto: Bloc de notas</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>nooo Salomé lo mmó suavemente con su hocico y. con mucho cuidado lo llevó a casa. Todos los días cuidaba de él. El pajarito, mientras tanto, cantaba muchas canciones bonitas. Ahora tenia un amigo de verdad.</p> </div>
----------	---

- Página 6

### Tabla 10

*Pruebas realizadas, página 6, cuento 1*

Imagen original

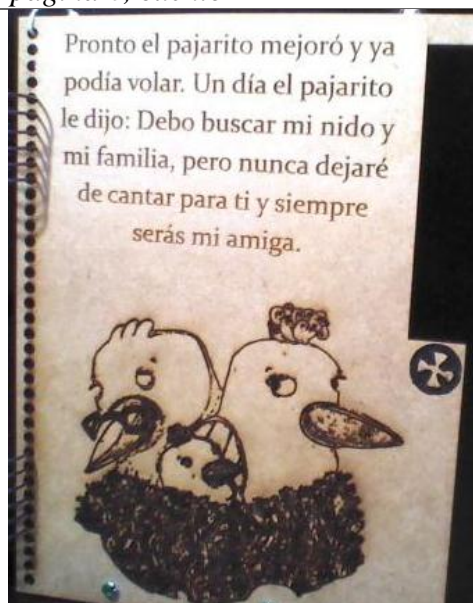
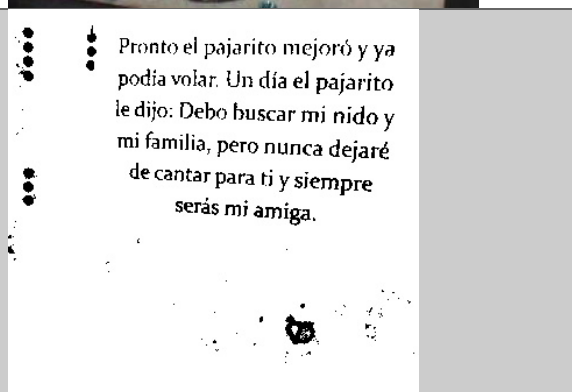






Imagen procesada



CONTINÚA →

Prueba 1	<p> texto: Bloc de notas</p> <p><u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda</p> <p>: Pmnm el paiarim mejoró y ya podía volar Un día el pajarito le dijo. Debo buscar mi nido y mi famlia, pero nunca dejaré de cantar para ri y siempre serás mi amiga. ,, o '</p>
Prueba 2	<p> texto: Bloc de notas</p> <p><u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda</p> <p>. Pmnllo el pajarito mejoró y ya podía volar. Un día el pajarito le dijo Debo buscar mi nido y mi familia, pero nunca dejaré de cantar para n' ysiempre ', serás mi amiga. ».</p>
Prueba 3	<p> texto: Bloc de notas</p> <p><u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda</p> <p>. Pmmn el paiarim mejoró y ya ' podía volar. Un dia el pajarito le dijo: Debo buscar mi nido y mi familia, pero nunca dejaré de cantar para ti ysiempre serás mi amiga. ' ¡Vii</p>
Prueba 4	<p> texto: Bloc de notas</p> <p><u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda</p> <p>Co . Prnnm el paiarim mejoró y ya podía volar, Un día el pajarito le dio: Debo buscar mi nido y mi familia, pero nunca dejaré de amar para ti y siempre serás mi amiga.</p>

- Cuento El arbolito mágico

- Página 1

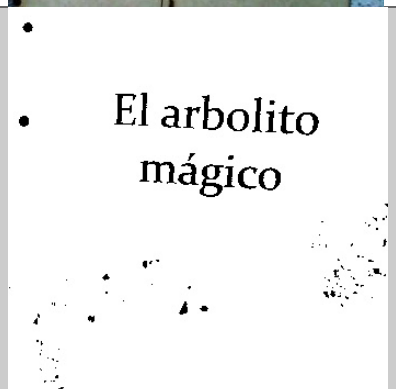
### Tabla 11

*Pruebas realizadas, página 1, cuento 2*

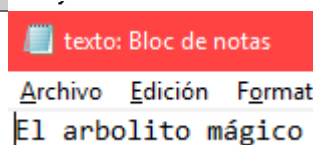
Imagen original



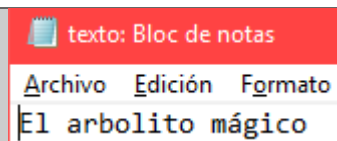
Imagen procesada



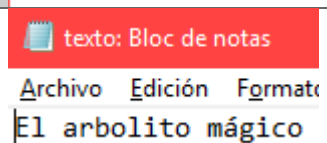
Prueba 1



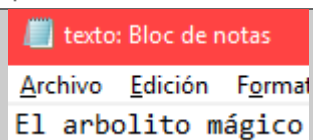
Prueba 2



Prueba 3



Prueba 4



- Página 2

### Tabla 12

Pruebas realizadas, página 2, cuento 2

Imagen original

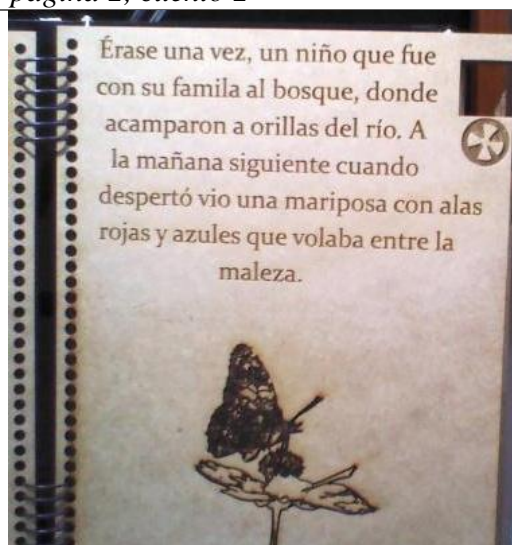


Imagen procesada

- Érase una vez, un niño que fue con su familia al bosque, donde acamparon a orillas del río. A la mañana siguiente cuando despertó vio una mariposa con alas rojas y azules que volaba entre la maleza.




Prueba 1

texto: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

Érase una vez, un niño que fue con su familia al bosque, donde acamparon a orillas del río, A la mañana siguiente cuando despertó vio una mariposa con alas rojas y azules que volaba entre la maleza.

CONTINÚA →

Prueba 2	<p> texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>. ' Erase una vez, un niñn que Fue con su fami;a al bosque, donde acamparon orillas del río. A la mañana siguiente cuando ; despertó vio una mariposa con alas , . mias y azules que volaba entre la maleza.</p>
Prueba 3	<p> texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>' Erase una vez, un niño que fue con su familia al bosque, donde acamparon a orillas del rio, A la mañana siguiente cuando : despertó vio una mariposa con alas rojas yazuls que volaba entre la maleu.</p>
Prueba 4	<p> texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>o ' Erase una vez, un niño que fue con su familia al bosque, donde acamparn a orillas del río, A la mañana si gu;eme cuando ; despenó vio una mariposa con alas miasy azules que volaba entre la maleza,</p>

- Página 3

### Tabla 13

*Pruebas realizadas, página 3, cuento 2*

Imagen original

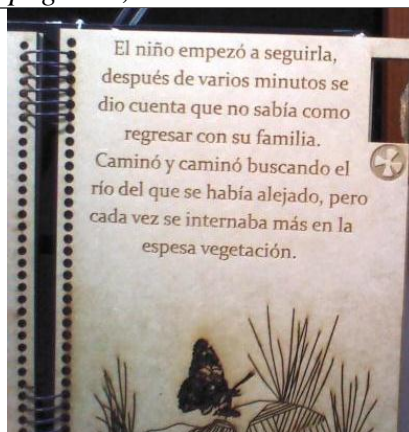


Imagen procesada

- El niño empezó a seguirla, después de varios minutos se dio cuenta que no sabía como regresar con su familia.
- Caminó y caminó buscando el río del que se había alejado, pero cada vez se internaba más en la espesa vegetación.




Prueba 1

texto: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

El niño empezó seguirla, después de varias minutos se dio cuenta que no sabía como regresar con su familia. . Caminó y caminó buscando el río del que se habla alejado, pero cada vez se intemaba más en la apega vegetación.

CONTINÚA →

Prueba 2	<p> texto: Bloc de notas</p> <p><u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda</p> <p>EI niña empezó a seguirla, después de vanos minutos se dio cuenta que no sabía como regesar con su familia. . Caminó ycamino buscando el río del que se habla aleiado, pum ada vez se internaba más en la  espesa vegetación. , .. ,. a x»</p>
Prueba 3	<p> texto: Bloc de notas</p> <p><u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda</p> <p>. ' Elniñoempezóaseguirla, después de varios minutos se dio menta que no sabía como . regumar con su familia. Caminóy camino buscando el rio del que se había alejado, pero adavez se intemaba más en la  .Vegetación. ., r .</p>
Prueba 4	<p> texto: Bloc de notas</p> <p><u>A</u>rchivo <u>E</u>dición <u>F</u>ormato <u>V</u>er <u>A</u>yuda</p> <p>. o El niño empezá a seguirla, después de varios minutos se dio cuenta que no sabía como Mgresar con su familia. . . Caminó ycamino buscando el río del que se habla aleiado, pero cada vez se intemaba más en la  pesa vegetación.</p>



○ Página 4

**Tabla 14.**

*Pruebas realizadas, página 4, cuento 2*

Imagen original

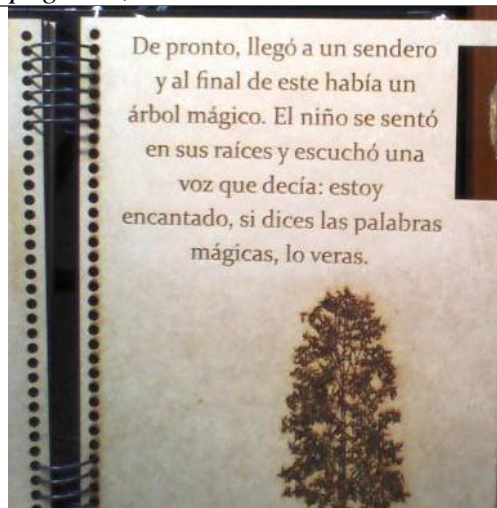
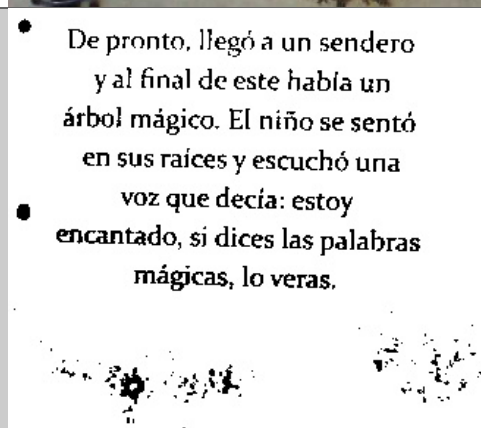
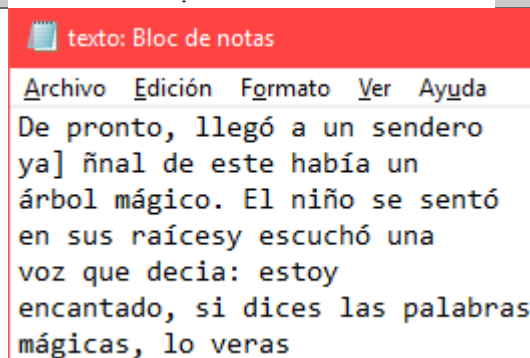





Imagen procesada



Prueba 1



CONTINÚA →

Prueba 2	<p> texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>o. De pnm. ¡legó un sendero y al ñna de este había un árbol mágico. El niño se sentó en sus raíces y escuchó una voz que decía: estoy encantado, si dices las palabras mágicas, lo veras,</p>
Prueba 3	<p> texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>De pnm, llegó a un sendero yal ñna! de este había un árbol mágico. El niña se sentó en sus raícesyescuchó una voz que decía: estoy encantado, si dices las palabras mágjcas, Veras.</p>
Prueba 4	<p> texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>De prnnlo.legó un sendero yaI ñnal de este había un árbol mágco. El niño se sentó en sus raíces y escuchó una voz que decía: estoy encantado, si dices las palabras mágicas, lo veras.</p>

- Página 5

**Tabla 15.**

*Pruebas realizadas, página 5, cuento 2*

Imagen original

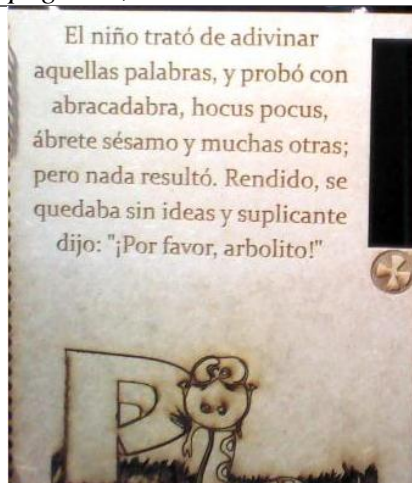


Imagen procesada

El niño trató de adivinar aquellas palabras, y probó con abracadabra, hocus pocus, ábrete sésamo y muchas otras; **pero nada resultó. Rendido, se quedaba sin ideas y suplicante dijo: "¡Por favor, arbolito!"**

Prueba 1

texto: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

El niño trató de adivinar aquellas palabras, y probó con abracadabra. hom pocus, ábrete sésamu y muchas otras; pero nada resultó. Rendidu, se quedaba sin ideas y suplicante dijo: ¡Por favor, arbolito !

CONTINÚA ➡

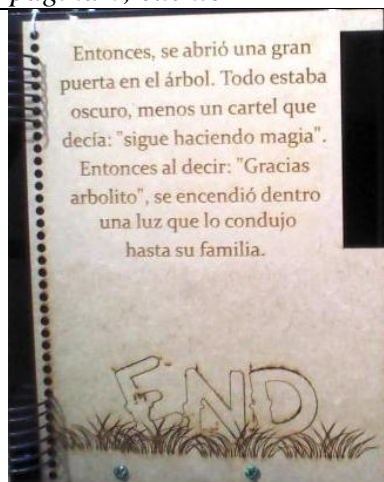
Prueba 2	<p>texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>El niño trau'u de adivinar aque!las palabras. y probó con abracadabra, hocus pocus, ábrete sésamo y muchas otras; pero nada resultó. Rendido, se quedaba sin ideas y suplicante ¡Por favor, arbolito!</p>
Prueba 3	<p>texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>El mño tratódeadivinar aquellas palabras, y probó con abracadabra, hocus pocus, ábrete sésamo y muchas otras; pero nada resultó Rendido, se quedaba sin ideas y suplicante ¡Por favor, arbolito!</p>
Prueba 4	<p>texto: Bloc de notas</p> <p>Archivo Edición Formato Ver Ayuda</p> <p>El niño trató de adivinar aquellas palabras. y probó con abranadabra, hocus pocus, ábmtte sésamo y muchas otras; pero nada resultó. Rendido, se quedaba sin ideas y suplicante dijo: ¡ Por favor, arbolito! .</p>

- Página 6

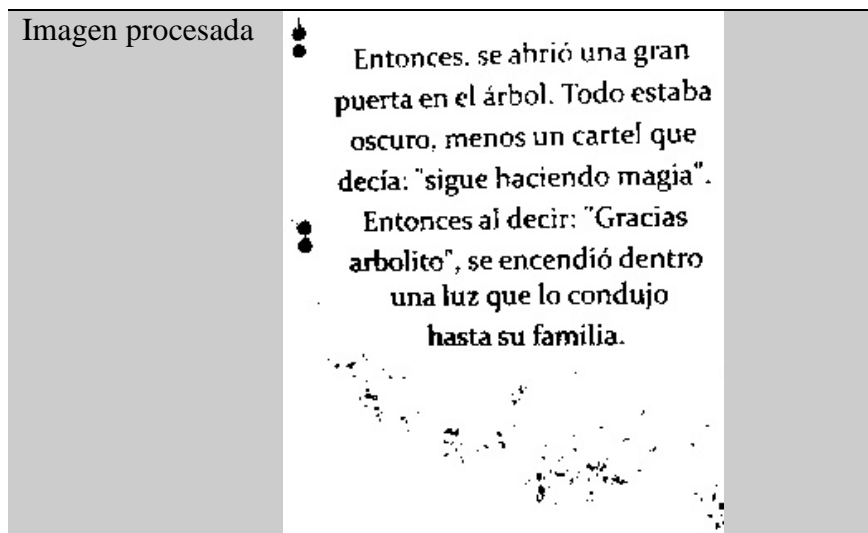
### Tabla 16.

*Pruebas realizadas, página 6, cuento 2*

Imagen original



CONTINÚA →



Prueba 1

 texto: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

A : Entonces, se ahnó una gran puena en el árbol. Todo estaba uscum, menos un Carte! que decía, sigue haando magia. Entonces al decir, 'Gracias mu., se encendió dentro . una luz que lo condujo hasta su familia.

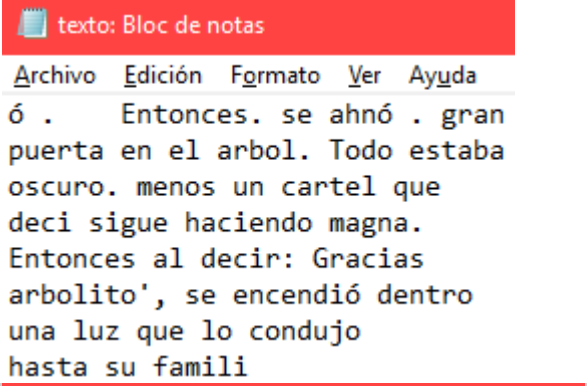
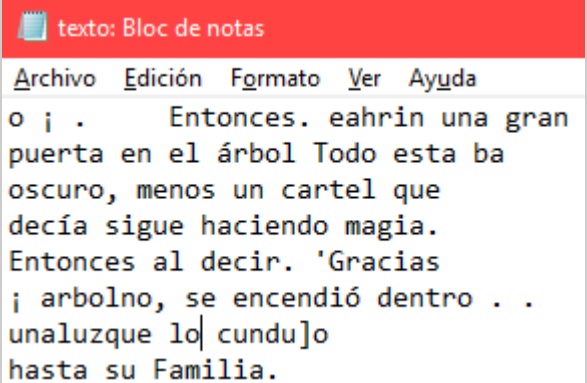
Prueba 2

 texto: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

Entnncel, se abrió una gran puerta en el árbnl Todo estaba oscuro, menos un cartel que decía, 'sigue hacuendo magia. Entonces al decir Gracias arbolito, se encendió dentro . luz que lo condujo hasta su familia.

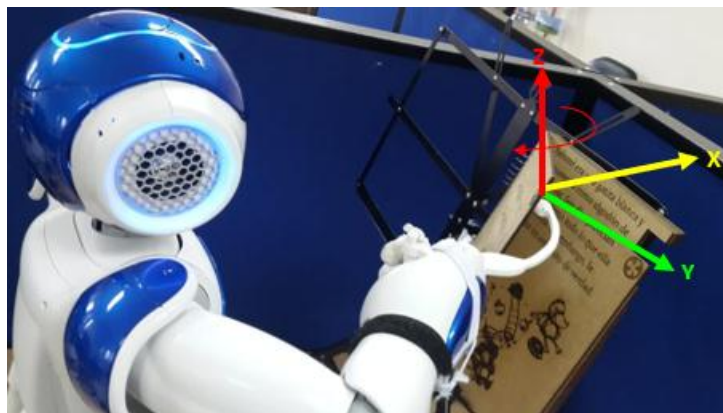
CONTINÚA 

Prueba 3	
Prueba 4	

Con estas 4 pruebas de cada libro más adelante en la sección de análisis de resultados se encontrarán detallados datos relevantes del reconocimiento de texto.

#### 4.1.2. Cambio de hoja

Se han realizado diferentes tipos de pruebas tomando en cuenta características importantes como el tamaño del libro y del atril, la posibilidad de movimiento de articulaciones, contraste entre color del texto y fondo, entre otras. En la Figura 35 se puede observar el cambio de hoja definitivo. A continuación, se van a realizar las pruebas del procedimiento de cambio de hoja.



*Figura 35.* Herramienta de lectura con su sentido de giro

#### 4.1.2.1. Prueba 1: cuento

Se ha utilizado el algoritmo de reconocimiento con varios tamaños de texto para evitar que el cuento sea demasiado grande. A medida que la dimensión aumenta, el reconocimiento es mejor, pero un texto demasiado grande no tendrá una presentación adecuada en la hoja del libro. Se ha decidido al final trabajar con el tipo de letra Constantia y tamaño 26, debido a que es una fuente legible y fácil de reconocer por el motor Tesseract. Para llegar a elegirla, se hizo pruebas con texto impreso en fondo blanco con diversos tipos de letra y el resultado obtenido con “Constantia” fue el más exitoso.

El material del cuento no puede ser papel bond o cartulinas debido a que el robot tiene bastante fuerza y al tomar la hoja con la mano era difícil o podía romperla. Por este motivo se buscó un material resistente en este caso el MDF de 3mm, en donde se utilizó una cortadora laser para que sea más sencillo el corte tanto de la hoja, los huecos para el espiral y las pestañas que posee para que el cambio de página sea factible. También se consideró una buena idea realizar un grabado tanto del texto como de las imágenes. Por último, se hizo un resumen del primer cuento ya que más de seis hojas producían mucho peso en el atril.

Antes de realizar los dos libros se hizo pruebas para obtener los resultados del algoritmo de reconocimiento de caracteres en el nuevo material. Bajo la luz adecuada y con el valor umbral correcto, el contraste entre el color del fondo y las letras produjo buenos resultados así que esta idea ha sido la definitiva. En la Figura 36 se observa las fuentes con las que se probó el algoritmo, en la Figura 37 el grabado del texto sobre MDF y por último la prueba de una hoja cortada y grabada con láser.

De pronto, llegó a un sendero

Fuente: Calibri, Tamaño: 24

De pronto, llegó a un sendero

Fuente: Times New Roman, Tamaño: 24

De pronto, llegó a un sendero

Fuente: Arial Narrow, Tamaño: 24

De pronto, llegó a un sendero

Fuente: Constantia, Tamaño: 24

De pronto, llegó a un sendero

Fuente: Calibri, Tamaño: 28

De pronto, llegó a un sendero

Fuente: Times New Roman, Tamaño: 28

**Figura 36.** Fuentes y tamaños de texto analizadas para el reconocimiento





*Figura 37.* Grabado en MDF



*Figura 38.* Primera hoja cortada y grabada con láser

#### **4.1.2.2. Prueba 2: dimensiones del atril**

A pesar de que el atril ya era bastante pequeño, el robot al intentar alcanzar las pestañas diseñadas en el cuento no tenía la distancia adecuada ya que la hoja se topaba con él. Por este

motivo se lo ha cortado 10 cm quedando con las dimensiones ya mencionadas en el capítulo anterior en la sección 3.2.2. La hoja ya tenía el espacio suficiente para pasarla de manera correcta y se pudo empezar a trabajar con las articulaciones del humanoide para esta actividad.

#### 4.1.2.3. Prueba 3: cambio de página

Para cambiar la hoja se realizaron varias pruebas llegando al final a crear una herramienta para la mano derecha del robot con la que se pudo completar este proceso

##### 4.1.2.3.1. Movimiento con el brazo derecho del robot

Se colocó los ángulos necesarios para que las articulaciones del robot puedan cambiar de página. El problema que se encontró en esta prueba es que el robot posee varias restricciones que hacían imposible completar de forma adecuada la actividad, como:

- La articulación del hombro denominada *Roll* tiene un rango de movimiento limitado con el que la hoja gira un poco menos de la mitad, debido a este problema se intentó mover las articulaciones de la cadera. El movimiento se muestra en Figura 39.



**Figura 39.** Movimiento de hoja con el brazo derecho

- En la cadera hay dos ángulos denominados *RHipYawPitch* y *LHipYawPitch* los mismos que mueven el torso del robot de adelante atrás, pero la idea para terminar el cambio de hoja era el giro de derecha a izquierda.
- Se llegó a concluir que el robot no tiene la posibilidad de realizarlo ya que no cuenta con actuadores ni la estructura adecuada. Por lo tanto, esta idea se descartó.

En esta prueba no se logró el resultado que se buscaba.

#### 4.1.2.3.2. Movimiento de los dos brazos

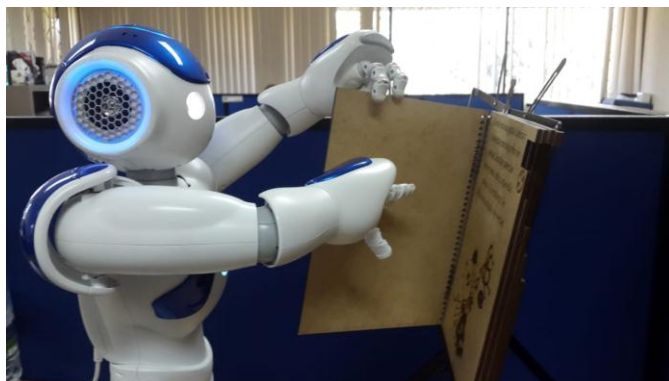
Continuando con los movimientos anteriores se movió las articulaciones del brazo izquierdo para que se complete el cambio de hoja.

- Primero se tomó la hoja de la parte inferior para girarla, pero al realizar el giro los dedos soltaban la hoja, debido a la fuerza del robot y por el movimiento de la muñeca ya que solo gira en el eje z y no existe un mínimo movimiento de un lado a otro, estas restricciones de la estructura y actuadores imposibilitan que la actividad se complete, dicho movimiento se encuentra en la Figura 40.



*Figura 40.* Movimiento de la hoja por la parte inferior con la mano izquierda

- La siguiente prueba fue tomar la hoja con la mano izquierda desde la parte superior, pero surgió la necesidad de girar la muñeca al igual que en el caso anterior por lo tanto tampoco se pudo realizar de esta manera el giro, dicho movimiento se encuentra en la Figura 41.



*Figura 41.* Movimiento de la hoja por la parte superior con la mano izquierda

- Se intentó, por último, colocar un imán en la mano izquierda y otro en cada una de las hojas para que el movimiento se pueda completar. Los imanes debían unirse de manera correcta, debido a que la hoja estaba inclinada y no siempre quedaba en la misma posición los movimientos cambiaban cada vez que se volvía a iniciar el programa entonces se descartó nuevamente la idea. El imán se iba a colocar en el símbolo negro en la parte superior de la hoja. La Figura 42 representa el movimiento.

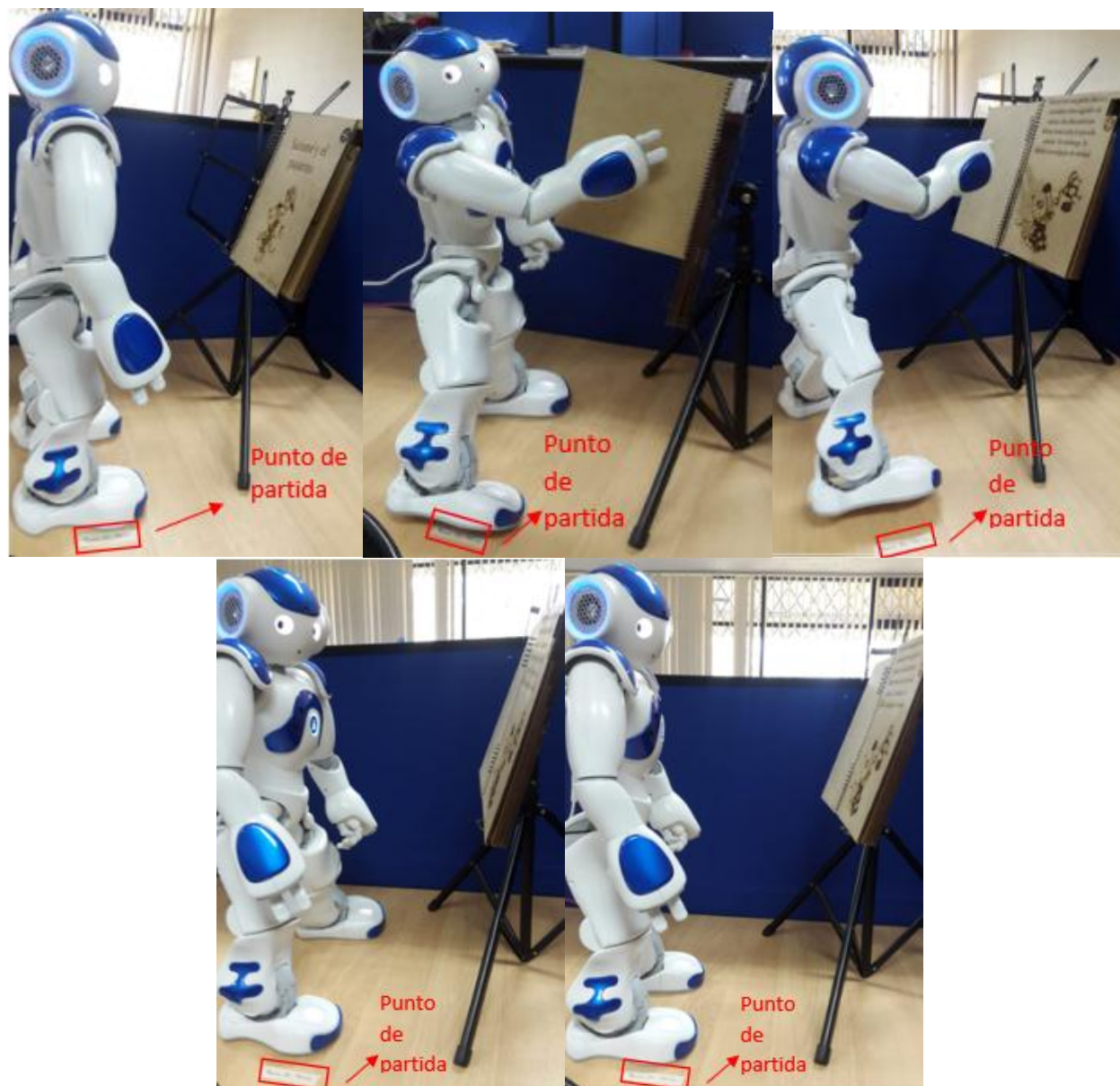


**Figura 42.** Movimiento de la extremidad derecha con la ayuda de imanes.

En esta prueba los límites de rango de movimiento de los actuadores impidieron que se logre cambiar de hoja.

#### **4.1.2.3.3. Movimiento de las extremidades inferiores del robot**

Como siguiente idea para terminar el giro se deslizó la pierna izquierda del robot para que realice un movimiento pequeño hacia un lado y así se complete el cambio de hoja. El resultado fue satisfactorio, pero apareció un nuevo problema. Al deslizarse a su posición inicial, el robot no quedaba en la misma posición de la que partió por este motivo al cambiar la siguiente hoja la programación anterior ya no servía. Se decidió realizar un código para cambiar cada página, pero al probar el programa nuevamente los deslizamientos no son exactos, cada vez que se prueba las ubicaciones del robot cambian, por lo que es otra idea descartada. Los movimientos realizados se ilustran en la Figura 43.



*Figura 43.* Secuencia de movimientos para cambio de hoja mediante desplazamiento.

#### 4.1.2.3.4. Herramienta de lectura

Se llegó a la decisión que el robot no debe moverse del sitio en el que empieza a girar la primera hoja, entonces se imprimió una pieza en 3D que ya fue explicada en la sección anterior. Esta herramienta ayuda a que el robot tenga mayor distancia con el libro. El material usado para la impresión fue PLA (ácido poliláctico). Se debe tener en cuenta que es bastante frágil y el robot

no controla la fuerza que posee por este motivo a veces en lugar de pasar la página empuja el atril. Esto se disminuyó bajando la velocidad con la que cambia de hoja, pero si está mal ubicado el robot con respecto al atril puede volver a suceder. Esta prueba fue definitiva y por tanto la que se implementó.

#### **4.1.3. Luz**

La luminosidad influye de manera constante en el reconocimiento del texto, por este motivo se buscó un ambiente controlado. Cuando se procedió a calibrar el valor umbral, surgió un nuevo problema. La luz del día al ir variando hacía que el programa deje de funcionar, por lo que se buscó controlar de alguna manera este parámetro colocando luz artificial que enfoque directamente el libro.

- Se probó con una linterna de luz amarilla, pero los resultados no fueron demasiado adecuados ya que existía bastante error en el reconocimiento de la mayoría de las palabras. Se verificó con las fotografías que la luz estaba enfocada a una parte del texto en específico y por este motivo el resto del texto tenía errores.
- Luego se buscó una fuente que produzca una mayor cantidad de luz y se adquirió un reflector con luz blanca. Los resultados fueron mejores ya que las sombras en el texto desaparecieron, pero solo colocándolo desde un lugar de mayor altura que el libro e inclinándolo hacia donde se encuentre el mismo. Esta idea fue la definitiva y con la que se han establecido los resultados.

## 4.2. Análisis de resultados

Tras la realización de las pruebas antes mencionadas en un ambiente controlado en donde exista luz artificial para evitar las sombras producidas en el texto, se ha contabilizado el error existente con base en la siguiente fórmula:

$$Error (\%) = \frac{X}{Y} = \frac{Caracteres\ erróneos}{Total\ de\ caracteres} \times 100$$

En la Tabla 17 se encuentra los resultados tomando en cuenta como “X” a la cantidad de caracteres existentes en cualquiera de los dos libros y “Y” a los caracteres que no se reconocieron correctamente en la lectura de todas las páginas del libro. Los errores serán contabilizados por página y cada lectura completa del libro. En el cuento “El arbolito mágico” se contabilizó un total de 830 caracteres mientras que en “Salomé y el pajarito” existen 762.

**Tabla 17**

*Resultados de las pruebas de reconocimiento de caracteres*

Nombre del cuento	Número de prueba	Número de página	Cantidad de caracteres	Caracteres erróneos	Error por página (%)	Error del cuento (%)	
Salomé y el pajarito	1	1	17	0	0	3.37	
		2	136	5	3.68		
		3	183	4	2.19		
		4	134	7	5.22		
		5	161	3	1.86		
		6	131	9	6.87		
	2	1	17	0	0	2.53	
		2	136	3	2.21		
		3	183	0	0		
		4	134	8	5.97		
		5	161	5	3.11		
		6	131	5	3.82		
	3	1	1	17	0	0	2.65
			2	136	0	0	
			3	183	4	2.19	
			4	134	4	2.99	

CONTINÚA 

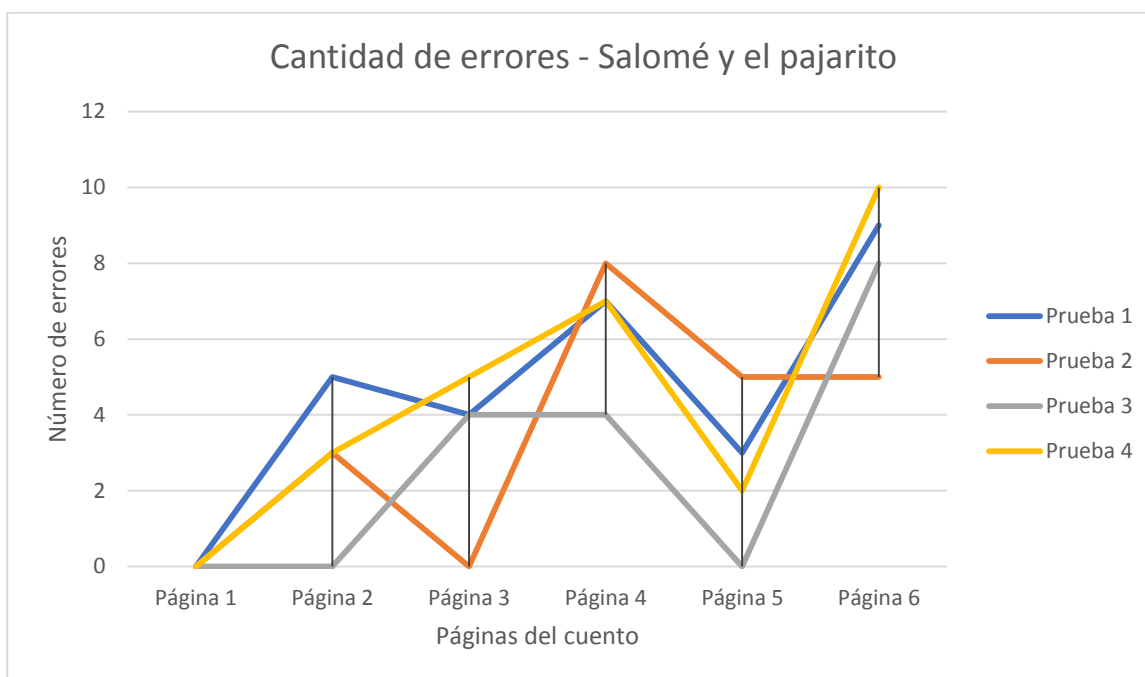


		5	161	0	0	
		6	131	8	6.11	
	4	1	17	0	0	3.25
		2	136	3	2.21	
		3	183	5	2.73	
		4	134	7	5.22	
		5	161	2	1.24	
		6	131	10	7.63	
<b>El arbolito mágico</b>	1	1	16	0	0	4.7
		2	157	3	1.91	
		3	179	8	4.47	
		4	147	3	2.04	
		5	161	5	3.11	
		6	170	20	11.76	
	2	1	16	0	0	4.94
		2	157	6	3.82	
		3	179	10	5.59	
		4	147	10	6.80	
		5	161	7	4.35	
		6	170	8	4.71	
	3	1	16	0	0	5.18
		2	157	3	1.91	
		3	179	14	7.82	
		4	147	11	7.48	
		5	161	6	3.73	
		6	170	9	5.29	
	4	1	16	0	0	4.1
		2	157	9	5.72	
		3	179	8	4.47	
		4	147	8	5.44	
		5	161	3	1.86	
		6	170	6	3.53	
Media de errores					3.36	3.84

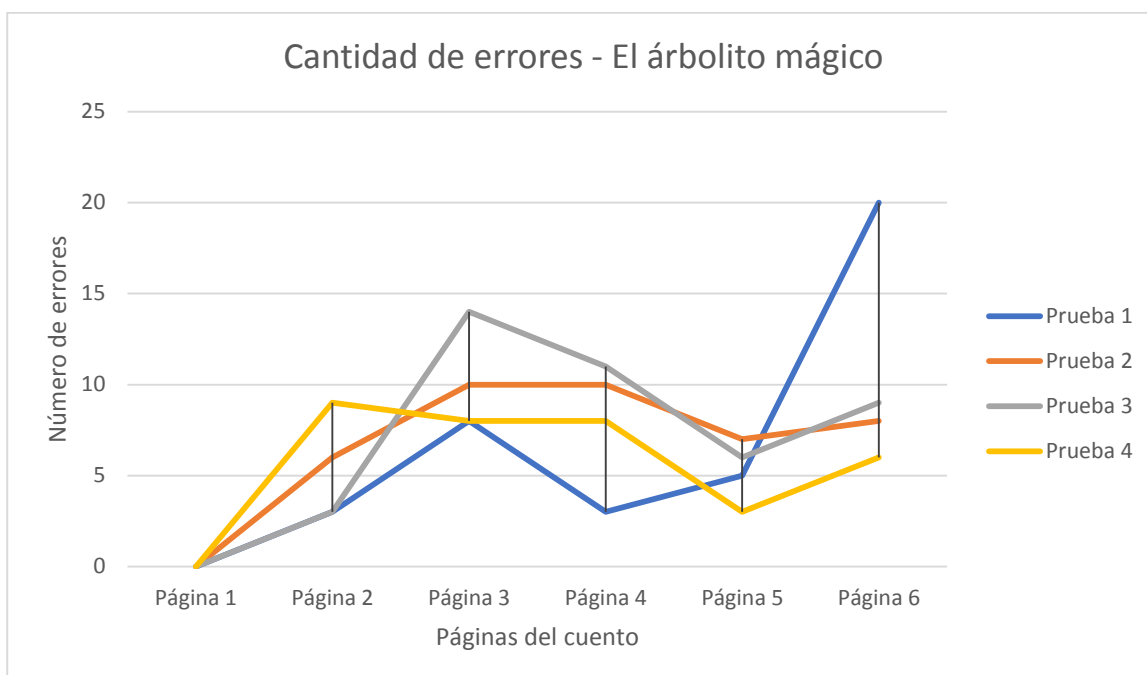
En base a la tabla se ha realizado gráficas para una mejor visualización de resultados y son las siguientes:

- Cantidad de errores por página de las cuatro pruebas para el cuento 1 denominado “Salomé y el pajarito” ilustrado en la Figura 44.

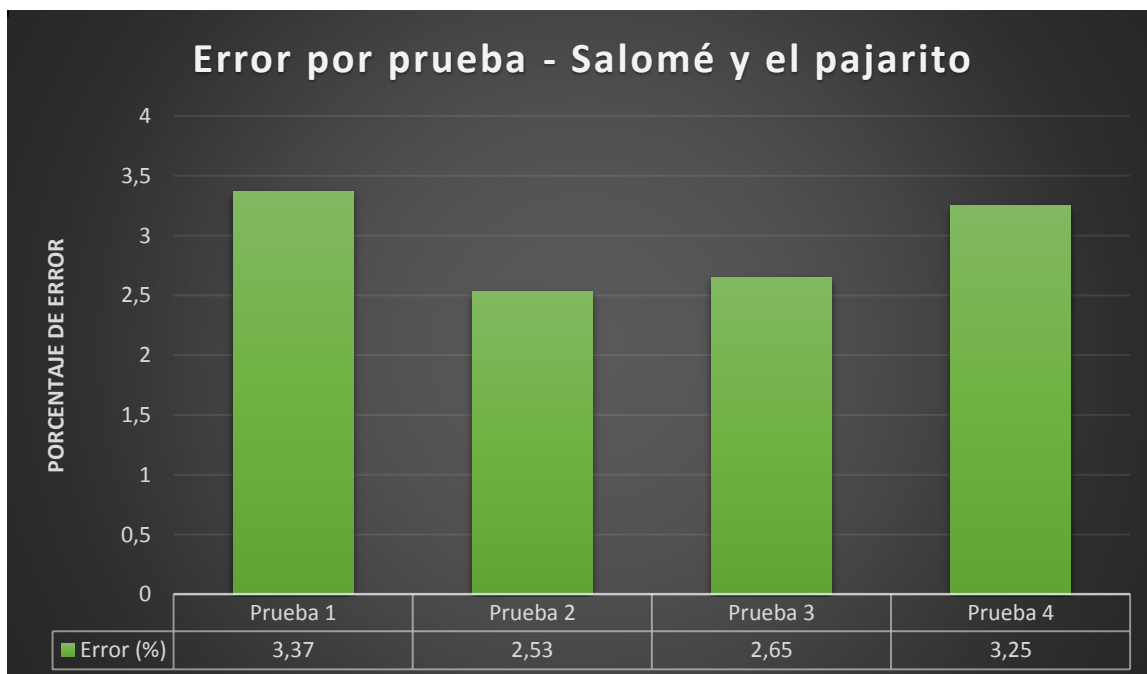
- Cantidad de errores por página de las cuatro pruebas para el cuento 2 denominado “El arbolito mágico” ilustrado en la Figura 45.
- Cantidad de errores de cada prueba del cuento 1 denominado “Salomé y el pajarito” ilustrado en la Figura 46.
- Cantidad de errores de cada prueba del cuento 2 denominado “El arbolito mágico” ilustrado en la Figura 47.



**Figura 44.** Cantidad de errores por página de cada prueba del cuento Salomé y el pajarito



**Figura 45.** Cantidad de errores por página de cada prueba del cuento El arbolito mágico



**Figura 46.** Error por prueba del cuento Salomé y el pajarito



**Figura 47.** Error por prueba del cuento El arbolito mágico

Se puede mencionar que el número de errores del segundo cuento son mayores al primero esto puede verse reflejado en que posee más caracteres. Además, hay factores importantes que influyen como: la sombra que se produce por el espiral del cuento, la hoja al girarse no lo hizo completamente, que la luz no esté ubicada en el punto exacto y aún existan sombras, entre otros.

Otro resultado que se puede evaluar es el tiempo que se demora en reconocer el texto el motor Tesseract, de las pruebas anteriores se ha tomado el tiempo obteniendo los valores de la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Resultado de tiempos de lectura por página y por cuento*

Nombre del cuento	Número de prueba	Número de página	Tiempo por página (segundos)
Salomé y el pajarito	1	1	2.35
		2	12.05
		3	13.16
		4	10.94
		5	9.55

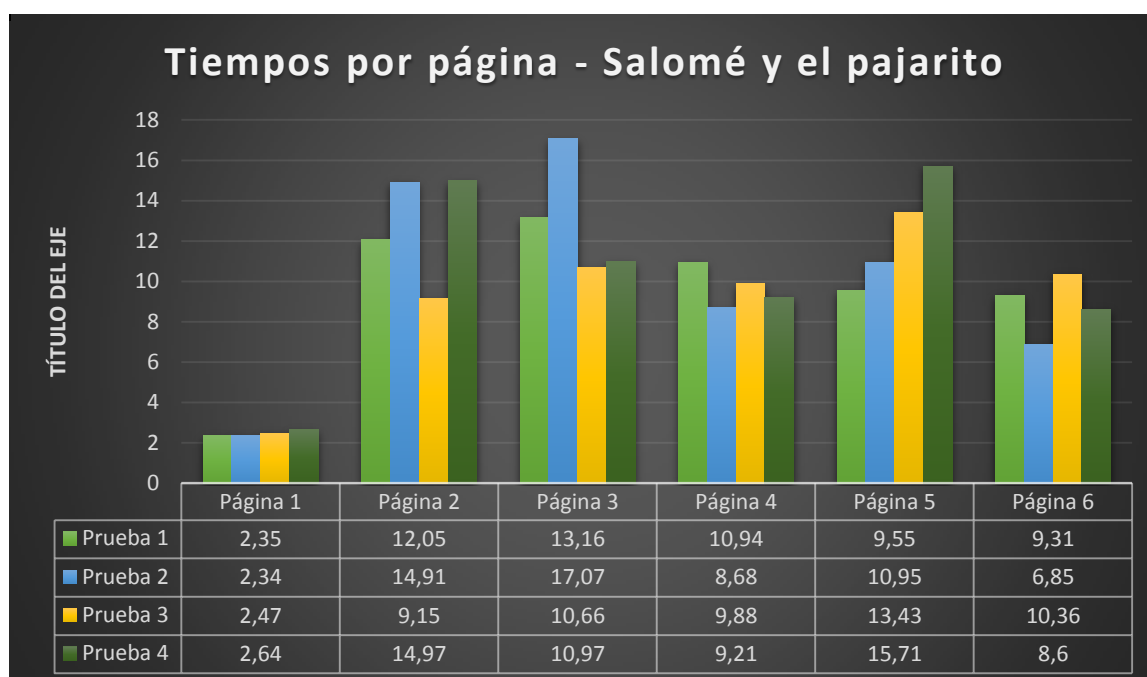
CONTINÚA →

		6	9.31
		Tiempo de la prueba	
	2	1	2.34
		2	14.91
		3	17.07
		4	8.68
		5	10.59
		6	6.85
		Tiempo de la prueba	
	3	1	2.47
		2	9.15
		3	10.66
		4	9.88
		5	13.43
		6	10.36
		Tiempo de la prueba	
	4	1	2.64
		2	14.97
		3	10.97
		4	9.21
		5	15.71
		6	8.60
		Tiempo de la prueba	
		62.1	
<b>El arbolito mágico</b>	1	1	2.54
		2	6.75
		3	11.42
		4	13.16
		5	8.67
		6	18.41
		Tiempo de la prueba	
		60.95	
	2	1	2.54
		2	10.08
		3	15.79
		4	11.27
		5	7.46
		6	14.17
		Tiempo de la prueba	
		61.31	
	3	1	2.37
		2	9.07
3		10.56	
4		12.14	
5		6.7	
6		18.55	

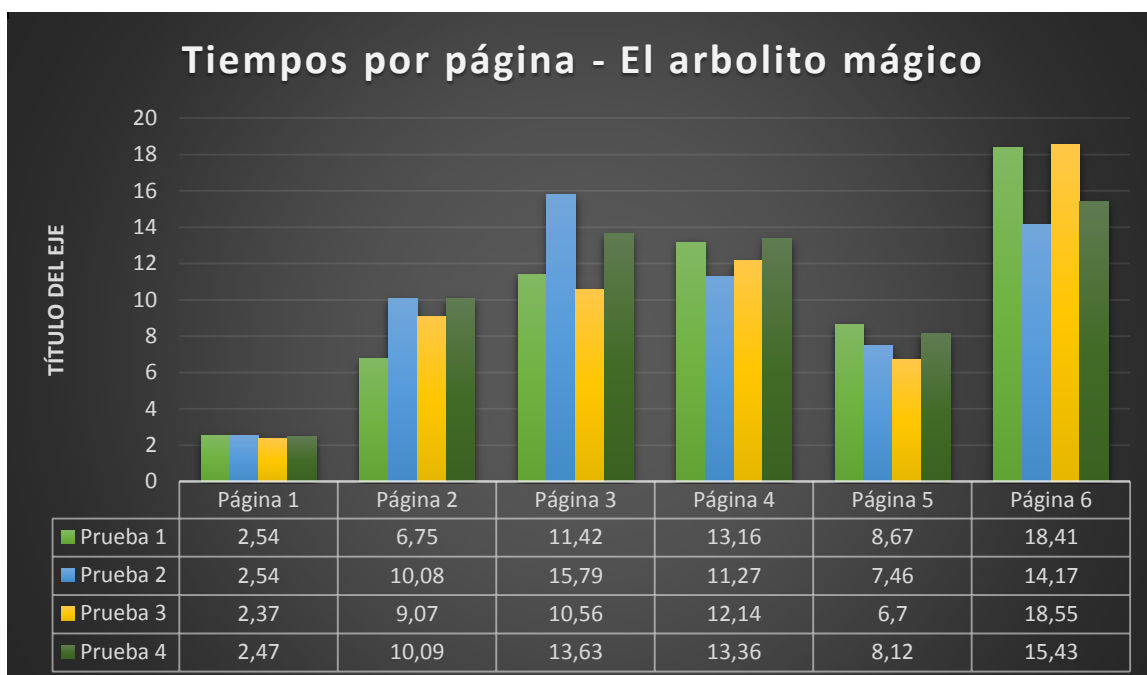
CONTINÚA 

	Tiempo de la prueba	59.39
4	1	2.47
	2	10.09
	3	13.63
	4	13.36
	5	8.12
	6	15.43
	Tiempo de la prueba	63.1
	Media del tiempo de procesamiento	11.74

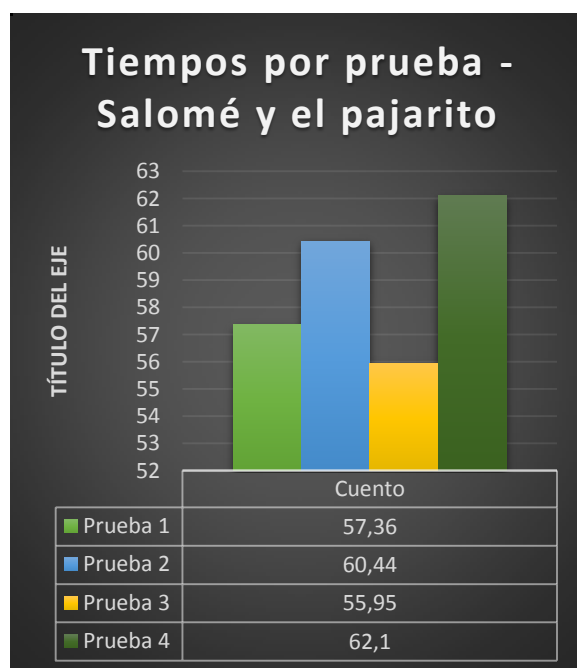
En las figuras de la 48 a la 51 se puede visualizar de mejor manera los tiempos del procesamiento, los que poseen mucha diferencia es debido a que el fondo de la imagen no se eliminó completamente. La misma razón influye para los resultados finales. En el peor de los casos, se utilizará un tiempo de procesamiento 62,1 segundos en cada cuento. Para “Salomé y el pajarito” y 63,1 para “El arbolito mágico”; en los cuales el robot estará sin decir nada esperando el texto. La media obtenida del tiempo de procesamiento de una página es de 11.74 segundos.



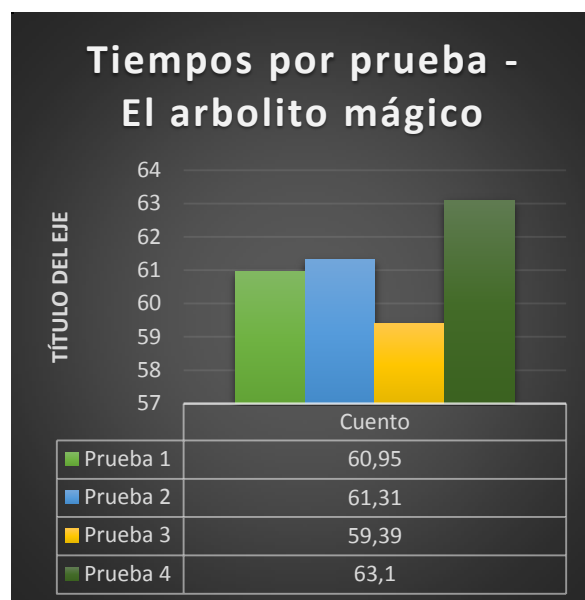
**Figura 48.** Tiempos por página de las 4 pruebas en el cuento Salomé y el pajarito



**Figura 49.** Tiempos por página de las 4 pruebas en el cuento El arbolito mágico



**Figura 50.** Tiempos totales de las 4 pruebas del cuento Salomé y el pajarito



**Figura 51.** Tiempos totales de las 4 pruebas del cuento El arbolito mágico



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

En base a las pruebas realizadas en definitiva se concluye que el sistema realizado es bastante útil y cumple con la actividad de lectura a pesar de que algunos caracteres son erróneos, pero se puede mejorar notablemente con la modificación de la luz ambiente en el que se realizará la lectura, llegando a conocer que el sistema reconoce correctamente el 96.16% de caracteres.

Se ha implementado dos archivos de código en Python. El primero se encuentra en el robot NAO y el segundo en la Raspberry Pi. Esto es necesario debido a que las librerías para el pre procesamiento y la del motor Tesseract no se pueden instalar en el software del humanoide.

La función “TextToSpeech” propia del NAO se puede configurar en el idioma que se necesite y en base a esto tendrá características propias del lenguaje, como por ejemplo en español posee acentos. Los signos de puntuación también están configurados y espera un tiempo cuando se encuentra con una coma o un punto.

El tiempo que se demora en reconocer el texto depende del procesador que posee la Raspberry Pi, el nivel de pre procesamiento que existe en la imagen y la cantidad de caracteres que se desea identificar. El promedio obtenido es de 11.74 segundos por página.

El robot NAO posee un conjunto grande de movimientos gracias a sus 25 grados de libertad, pero aun así existen bastantes restricciones por lo que realizar algunas actividades en este caso el cambio de hoja es imposible sin utilizar una herramienta extra.

## 5.2. Recomendaciones

Se recomienda en cualquier trabajo en el cual se desee leer textos evitar el deslumbramiento en las fotografías. Colocar una luz muy intensa hará que una parte en específico sea adecuada para el reconocimiento en el motor Tesseract, pero todo lo que este a su alrededor será incomprensible.

Las maneras de evitar estos inconvenientes es usar una fuente de luz grande que ilumine de forma uniforme toda la superficie o en este caso no colocarla de frente sino más bien en la parte superior lateral.

Investigar a fondo los movimientos de cada actuador y las funciones del robot humanoide ayuda al momento de realizar cualquier movimiento ya que se conoce que acciones se pueden efectuar y cuales son imposibles.

Se recomienda, realizar un pre procesamiento de la imagen adecuado o probar con otros tipos de motores de reconocimiento óptico de caracteres. Utilizar un buen contraste entre fondos y textos, además no colocar tamaños de letras demasiado pequeñas.

## CAPÍTULO VI

### TRABAJOS FUTUROS

Como trabajos que se pueden realizar a futuro se recomienda:

- Incluir texto en ambas carillas de la hoja para de esta forma con un pre procesamiento mayor se reconozcan las dos columnas cuidando que los caracteres de la página izquierda no se mezclen con la derecha.
- Probar con distintos escenarios, ya que si existen muchas cosas de fondo pueden no perderse en el pre procesamiento y el motor de reconocimiento interpretar como signos.
- Este trabajo se puede usar como una base para realizar aplicaciones como lectura de obras literarias de bastantes páginas modificando la manera del cambio de hoja enfocado en aumentar la población lectora del Ecuador o mejorar la vida de las personas con discapacidad visual.

## BIBLIOGRAFÍA

- 3DCADPortal. (23 de Junio de 2015). *Autodesk Inventor un sistema de diseño mecánico inteligente con modelado 3D*. Obtenido de <http://www.3dcadportal.com/autodesk-inventor-un-sistema-de-diseno-mecanico-inteligente-con-modelado-3d.html>
- Aldebaran. (2017). *Joints*. Obtenido de [http://doc.aldebaran.com/2-8/family/nao\\_technical/joints\\_naov6.html](http://doc.aldebaran.com/2-8/family/nao_technical/joints_naov6.html)
- Aldebarán. (2017). *Motors*. Obtenido de [http://doc.aldebaran.com/2-1/family/robots/motors\\_robot.html](http://doc.aldebaran.com/2-1/family/robots/motors_robot.html)
- Aldebarán. (2017). *NAO - Cámara de video*. Obtenido de [http://doc.aldebaran.com/2-1/family/robots/video\\_robot.html](http://doc.aldebaran.com/2-1/family/robots/video_robot.html)
- Aldebarán. (2017). *NAOqi Framework*. Obtenido de <http://doc.aldebaran.com/1-14/dev/naoqi/index.html>
- Aldebarán. (2017). *Tutorial ALTextToSpeech*. Obtenido de <http://doc.aldebaran.com/2-1/naoqi/audio/altexttospeech-tuto.html>
- AliveRobots. (2008). *Los robots del futuro son ya una realidad*. Obtenido de <https://aliverobots.com/nao/>
- Aparicio, A., & Fernández, L. (2015). Reconocimiento óptico de caracteres en imágenes digitales de contadores de gas. Madrid, España.

- Benítez Sandoval, E. (2012). Interacción humano robot y sus aplicaciones educativas. *ResearchGate*, 142.
- Buhigas, J. (14 de Febrero de 2018). *Puentes digitales*. Obtenido de Todo lo que necesitas saber sobre TensorFlow, la plataforma para Inteligencia Artificial de Google: <https://puentesdigitales.com/2018/02/14/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-tensorflow-la-plataforma-para-inteligencia-artificial-de-google/>
- Choregraphe. (2007). Choregraphe 2.1.4.
- Clark, A., & contribuidores. (2010). *Pillow (PIL Fork)*. Obtenido de Image Module: <https://pillow.readthedocs.io/en/4.2.x/reference/Image.html>
- CONADIS. (2 de Marzo de 2019). *Estadística de discapacidad*. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Criollo, F. (23 de Abril de 2017). La lectura es un hábito en construcción en el Ecuador. *El Comercio*, pág. 1.
- De Lucas, M. V. (28 de Diciembre de 2013). *Tesseract-OCR*. Obtenido de <https://www.compartolid.es/tesseract-ocr/>
- Elizaga Navascués, I. (2012). *Localización e interacción con objetos mediante visión artificial con el robot NAO*. Madrid.
- Francisco, V., Gervás, P., & Hervás, R. (2005). Análisis y síntesis de expresión emocional en cuentos leídos en voz alta. *Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural*, 293-300.

- Gómez Díaz, I. C., Morán Alvarado, V., Pereda Moral, M., & Pazos Moreno, E. (2013). TDAH y su relación con la motivación en el contexto educativo. *ReiDoCrea*, 6.
- Laquna. (18 de Agosto de 2015). *OpenCV: Librería de Visión por Computador*. Obtenido de <https://osl.ull.es/software-libre/opencv-libreria-vision-computador/>
- MathWorks. (1994-2019). *Install V-Realm Editor*. Obtenido de <https://www.mathworks.com/help/sl3d/install-v-realm-editor.html>
- MathWorks. (1994-2019). *Simulación y diseño basado en modelos*. Obtenido de <https://es.mathworks.com/products/simulink.html>
- Mediatec. (2012). *Robotica e inteligencia artificial*. Obtenido de Aldebarán Robotics: [https://www.grupo-mediatec.com/robotica/software\\_ao.html](https://www.grupo-mediatec.com/robotica/software_ao.html)
- Neres, L. (2013). *Desarrollo de un sistema de juego al Tres en Raya para el robot NAO H25*. Madrid.
- Ollero Baturone, A. (2001). *Robótica: manipuladores y robots móviles*. Barcelona: boixareu editores.
- Ortiz Coll, N. H. (1990). Los robots en la industria. *Saber*.
- Platero Dueñas, C. (2009). *Introducción a la Visión Artificial*.
- Rakshit, S., & Basu, S. (2010). Recognition of Handwritten Roman Script Using Tesseract Open source OCR Engine. *arXiv.org* , 5.
- Reategui Salazar, A. X., & Valdivia Romero, R. (2017). *Portafolio de proyectos para el robot humanoide NAO*. Lima.

- RedHatEnterprise. (2005). *Capítulo 20. Protocolo SSH*. Obtenido de <https://web.mit.edu/rhel-doc/4/RH-DOCS/rhel-rg-es-4/ch-ssh.html>
- Riezenman, M. J. (2002, Noviembre 7). Robots stand on own two feet. *IEEE Xplore*, 24-25.
- RobotLAB. (2019). *RobotLAB*. Obtenido de <https://www.robotlab.com/tienda-de-robots/robot-nao-paquete-de-iniciaci%C3%B3n>
- Rodríguez, D. (2015). *Localización y recogida de objetos presentes en el entorno con el robot NAO*. Madrid.
- Sánchez, C., & Víctor, S. (2008). Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) . 7.
- Sánchez, E., & Lama, M. (2007). Técnicas de la inteligencia artificial aplicadas a la educación. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 7-12.
- SoftbankRobotics. (2008). *AliveRobots by Robotrónica*. Obtenido de <https://aliverobots.com/nao/>
- Sosa, P. A. (2013). Aplicación turística para dispositivos móviles basada en técnicas de visión computacional. *Repositorio Institucional de la UNLP*, 10.
- Tasiguano Pozo, C., & Corrales Paucar, L. (2016). Desarrollo de algoritmos de reconocimiento de placas. *ResearchGate*, 6.
- Tomás Rubio, V. (2015). *Sistema de reconocimiento de matrículas y gestión de acceso en una plataforma*. Cartagena.
- Understood. (2014). *Understood dificultades de aprendizaje y de atención*. Obtenido de Tecnología texto-a-voz: Qué es y cómo funciona: <https://www.understood.org/es->

mx/school-learning/assistive-technology/assistive-technologies-basics/text-to-speech-technology-what-it-is-and-how-it-works

Universia. (2017). *Cómo sacar buenas fotos: 10 consejos de fotógrafos profesionales*. Obtenido de <http://noticias.universia.es/cultura/noticia/2014/07/09/1100324/como-sacar-buenas-fotos-10-consejos-fotografos-profesionales.html>

Valero, R., Ko, Y., Chauhan, S., Schatloff, O., Sivaraman, A., Coelho, R., . . . Patel, V. (2011). Cirugía robótica: Historia e impacto en la enseñanza. *Actas Urológicas Españolas*, 540-545.

Yoshinori, K., Yoshinori, K., Masahiko, G., Keiichi, Y., Yukiko, S., Tomoya, T., & Momoyo, S. (2012). Robot de asistencia asistida que se ocupa de múltiples solicitudes en entornos de múltiples usuarios. *IEEE Xplore*, 2.