

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y
DE TELECOMUNICACIONES

“Seguimiento y control de alimentación de una mascota”

TRABAJO RECEPCIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y DE
TELECOMUNICACIONES

PRESENTA:

Mariana Areli Caudillo Franco

Juan Luis García Castorena

Director del trabajo recepcional:

Doctor Julio Cesar Salas Torres

Co-Director:

M. en C. Agustín González Villanueva

Ciudad de México, Junio 2017.

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS[©]

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

Dedicatoria

Mariana Areli Caudillo Franco

Con todo mi amor dedico esta tesis principalmente a mi mamá Ana María Franco Reyes, para ti todo es posible, mis logros son tuyos, gracias por ser mi Mutti. A mi papá Rogelio Durán Marín, por hacer un espacio en tu corazón para una hija. A mis hermanos Brenda Adriana y Manuel Alfonso, por creer en mí y darme alegría cuando más lo necesitaba. A mi tía Laura y mi prima Lety, sé que siempre puedo contar con ustedes. A mis tres maravillosos sobrinos, que hacen que todo valga la pena. Ustedes son mi hermosa familia, su apoyo, cariño y consejos siempre están conmigo y me ayudan a alcanzar metas cada vez más altas. A Johnny, 11 años juntos, te amo.

Juan Luis García Castorena

A mi madre Luz María Castorena Peralta y a mi padre Roberto García López, su apoyo incondicional, amor y consejos me ayudaron a ser una mejor persona y nunca darme por vencido. A mis hermanos Adriana, Roberto y Sandra, que siempre dedicaron un poco de su tiempo a mis sueños, dándome ánimos hasta en los momentos más difíciles. A Mayis, mi compañera de aventuras, por estar siempre conmigo.

Agradecimientos

A nuestro director de tesis el Doctor Julio César Salas Torres y co-director M. en C. Agustín González Villanueva por brindarnos la oportunidad de poder trabajar en conjunto, sus conocimientos y orientaciones, paciencia y motivación fueron claves fundamentales para lograr este objetivo.

A nuestros lectores de tesis, los profesores: Enrique, Daniel, Rafael y Osiris, por su tiempo, su apoyo y observaciones.

A la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, que nos abrió las puertas para ser parte de ella y brindarnos una formación científica y humanística.

Al laboratorio de Computo para la Enseñanza de la Ciencia LACECI del plantel San Lorenzo Tezonco, por brindarnos un espacio y las herramientas necesarias para la construcción y el desarrollo de nuestro trabajo.

Introducción

A lo largo de la historia, los humanos han valorado más que cualquier cosa su vida, las vidas de sus seres queridos y la protección de sus propiedades; como resultado, el desarrollo de técnicas para vigilar y proteger constantemente todo aquello de alguna manera. Los sistemas de monitoreo por medio de cámaras han formado parte de nuestra sociedad desde mediados del siglo pasado, el acceso a un video proporciona el conocimiento del estado de los bienes, así como la actividad que se realiza en un lugar en particular. Gracias al avance de la tecnología, podemos hacer algo más que sólo ver un video, ahora se toman decisiones conforme a la información obtenida; actualmente se puede monitorear y controlar un mecanismo mediante Internet desde cualquier dispositivo que tenga un navegador instalado, ya sea una computadora, un teléfono celular, tablets, etc.

Esta trabajo describe el desarrollo de un sistema que implementa el monitoreo de una mascota diagnosticada con una enfermedad cuyo tratamiento necesite la toma de comprimidos, utilizando una cámara de vigilancia para supervisar el consumo de alimentos y suministro de medicamentos. El objetivo de este sistema es dosificar la cantidad de comida y la toma de medicinas. El resultado del prototipo de este dispositivo realizará tres funciones esenciales:

- (1) Notificación de alerta sonora cuando la comida o medicamento estén disponibles para su consumo.
- (2) Automatización de la medida de croquetas y dosis de pastillas ideal para la enfermedad a tratar del animal.
- (3) Monitoreo de la actividad en tiempo actual utilizando una cámara que transmite las 24 horas del día.

Contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iv
Introducción.....	vi
Resumen	x
Planteamiento del Problema	1
Capítulo 1: Estado del Arte.	3
1.1 Sistemas de monitoreo	3
1.2 Alimentación de una mascota	9
1.3 Desarrollo de la medicina veterinaria.....	10
1.4 Medios existentes para alimentar perros: manuales y remotos.	16
Capítulo 2: Componentes necesarios para un dosificador de comida y medicamento remoto para una mascota.	18
2. 1 ¿Qué es un dosificador?.....	18
2.2 Estrategia para resolver el problema.	21
2.3 ¿Por qué Raspberry Pi?.....	23
2.4 Actuadores.....	34
2.5 Alarma y Cámara Pi.	43
Capítulo 3: Esquema de armado, montaje y programación del sistema.	48
3.1 Diseño de los mecanismos dosificadores	48
3.2 Montaje Alarma, Cámara, Raspberry Pi y fuentes de alimentación.....	53
3.3 Programación del sistema.....	54
Capítulo 4: Obtención y análisis de datos.	68
4.1 Datos obtenidos	68

4.2 Análisis de datos.....	70
4.3 Futuro de la solución	71
Conclusiones.....	75
Índice de Figuras	77
Bibliografía.....	79
Referencias de Imágenes.	81
A Especificaciones Raspberry Pi 3 Modelo B	83
B Especificaciones Cámara Pi v1.3.....	83

Resumen

Capítulo 1: Investigación sobre la historia de la comida para mascotas, la medicina veterinaria y los sistemas de monitoreo, que son los elementos principales para la construcción del proyecto, dicha información ayuda a hacer la elección del tipo de productos que se puede manejar: Tipo de comida y de medicamento, calidad de video posible para transmitir utilizando una Raspberry Pi 3, etc.

Capítulo 2: El desempeño de los componentes electrónicos elegidos en el proyecto. El objetivo fue utilizar dispositivos con bajo consumo eléctrico, de tamaño considerable y que cumplieran con las necesidades mecánicas sin ocupar mucho espacio y así poder competir con los sistemas existentes en cuanto a rendimiento.

Capítulo 3: Después de investigar y aprender sobre el Sistema Operativo Raspbian y el lenguaje de programación Python, se decidió que el sistema podría ser monitoreado utilizando una página Web que puede ser consultada ya sea desde un ordenador o un celular, la programación de cada uno de los dosificadores permite al usuario administrar su contenido y a la vez supervisar la actividad.

Capítulo 4: De las pruebas funcionales realizadas, se puede ver que es posible adaptar nuestro sistema a diferentes necesidades, ya sea aumentar o disminuir la cantidad de comida, dependiendo de la demanda de la mascota. También es posible condicionar a la mascota para que interactúe con el sistema del proyecto gracias a la relación “sonido-recompensa” lo que genera un condicionamiento positivo al cual el canino se puede acostumbrar sin necesidad de adiestramiento previo.

Planteamiento del Problema

México es un país en donde las mascotas tienen un valor sentimental tan significativo que, cada animal adoptado es considerado en su mayoría como un “integrante más de la familia”, una fuente de cariño y compañía, a tal grado que existe un Instituto Mexicano de Registro Canino (IMRC) fundada en julio del 2016, ver [16], en donde el dueño puede obtener un certificado que avala al canino como miembro familiar, ésta institución promueve la adopción y el no maltrato, entre otros. Cada adquisición conlleva la responsabilidad de cuidarlo y satisfacer sus necesidades básicas: alimento, salud y un lugar dentro del hogar.

Actualmente, el estilo de vida de las personas con múltiples tareas, trabajos o estudios, exigen estar fuera de casa por periodos largos de tiempo, lo que impide atender o alimentar a las mascotas de manera regular.

Una mala nutrición puede generar enfermedades que comprometan su salud, afectar su metabolismo y desarrollo de sus huesos. Un perro mal nutrido carece el aporte calórico que necesita, tanto por exceso como por deficiencia, tan malo es dejar un plato lleno de croquetas para que el animal tenga comida de más para comer a cualquier hora, como dejar de alimentarlo por días enteros.

Algunos padecimientos de la mala nutrición que se destacan son los siguientes:

- **Obesidad en perros mal nutridos:** Afecta al funcionamiento del metabolismo canino y su desarrollo óseo. La salud de un perro con exceso de kilos se resiente, y aumenta el riesgo de padecer patologías como: problemas cardiovasculares caninos, respiratorios o de movilidad, debido al exceso de carga que soportan sus articulaciones.
- **Hiperparatiroidismo nutricional secundario:** Lo padecen por lo regular los perros malnutridos que no tienen un aporte equilibrado de calcio y fósforo, como consecuencia la descalcificación ósea, sobre todo en su columna.
- **Patologías cardiovasculares:** La deficiencia de aminoácidos, como la taurina y la carnitina, en la dieta del perro puede provocar enfermedades cardiovasculares.

- **Osteodistrófias nutritivas:** En perros mal nutridos, acarrear malformaciones en las articulaciones debido a la falta de calcio y fósforo en su dieta.
- **Desnutrición con deficiencia extrema de aporte de nutrientes:** En casos graves de desnutrición, disminuye el aporte de una proteína llamada albúmina, que cumple la función de mantener los fluidos en los vasos sanguíneos del canino. Sus consecuencias son graves, al rebosar, el líquido se aloja en el abdomen, lo que provoca la característica hinchazón en las tripas del perro. Para más información [11].

Por lo tanto los dueños deben de garantizar administrar porciones adecuadas de comida, en horarios regulares y asegurarse que el alimento contenga lo necesario para el desarrollo del animal, así como de monitorear que la mascota consuma su alimento por completo.

Desafortunadamente la procedencia del animal, la edad en la que fue adoptado y datos sobre su desarrollo en edades tempranas, puede ser para sus nuevos dueños un misterio, por lo que el animal puede llegar a sus manos enfermo y todo esfuerzo por tenderlo bien resulta inútil. Para confirmar un diagnóstico, es necesario realizarle pruebas médicas para descartar complicaciones y en caso de existir alguna, suministrar un tratamiento para asegurar su recuperación.

Como solución se propone este proyecto para auxiliar a los dueños de perros con alguna enfermedad tratable con medicamento en pastillas o capsulas, administrar alimento y monitorear su consumo, todo de manera remota utilizando como componente principal una placa Raspberry Pi 3.

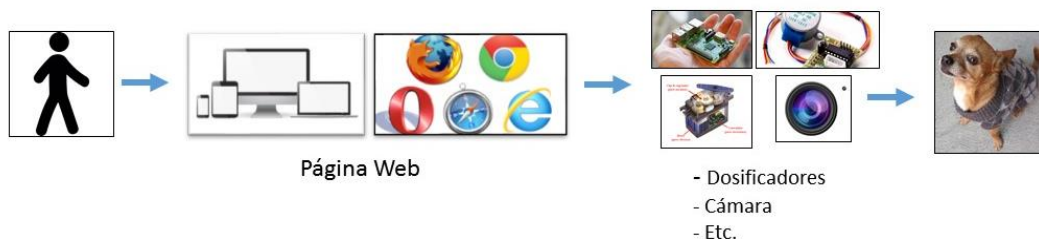


Figura 1: Propuesta de Solución. [1]

Capítulo 1: Estado del Arte.

1.1 Sistemas de monitoreo

Resumen de [20] pág. 3.

En el pasado como en la actualidad, fabricantes, industrias y organizaciones gubernamentales contratan “vigilantes” para proteger sus estancias. Personal de seguridad privada uniformado y equipado de igual o similar manera a la policía, son contratados para prevenir que se lleven a cabo crímenes dentro de sus instalaciones y actuar de manera inmediata en caso de ocurrir algún evento. Un aumento significativo en el uso de guardias llegó con el inicio de la Segunda Guerra Mundial, muchos de ellos fueron empleados para asegurar sitios manufactureros, equipo militar, oficinas de gobierno y para la realización de trabajos clasificados. Sin embargo existen lugares en los que tener a una persona presencial para vigilar no es siempre la mejor opción, por ejemplo un laboratorio.

Al inicio de 1960, conforme avanzaba la tecnología en electrónica, fueron introducidos los sistemas de alarmas y video. La Corporación de Radio de América, RCA (Corporación de Radio de América), Motorola, y General Electric, fueron las compañías pioneras que empezaron la producción de cámaras de televisión con tubos al vacío destinadas para la seguridad industrial. El uso de las cámaras de video durante los 60’s y 70’s creció rápidamente por su alta confiabilidad, bajo costo, y las mejoras tecnológicas de las cámaras de tipo tubo. En los 80’s continuó su crecimiento y desarrollo en cuanto a funciones y disponibilidad de accesorios para los sistemas de cámaras de seguridad.

Los años 90’s vieron la integración de las tecnologías de computadoras y el video de vigilancia. Los dispositivos de video digital necesitaban memorias digitales a gran escala para manipular y almacenar archivos. Para lograr satisfactoriamente una transmisión de mayor calidad y almacenamiento de imagen, la señal de video tuvo que ser “comprimida” para ser transmitida a través del existente estrecho ancho de banda de la red de líneas telefónicas, compresión requerida para la emisión de programas, la industria y el gobierno. Los canales de comunicación de Internet (e Intranet) y la WWW, proporciona actualmente

la capacidad de transmitir y recibir video y audio, comunicar y controlar información en cualquier lugar.

Hoy en día un sistema de monitoreo sirve no solo para vigilar zonas peligrosas o el resguardo de materiales costosos, los usuarios pueden supervisar al personal de una empresa y su desempeño, el tráfico de las ciudades que proporciona información de las rutas menos congestionadas o libres de accidentes, poder estudiar especies de animales dentro de su hábitat cuando el camino a la naturaleza de su territorio es difícil de acceder para un grupo de exploradores. Las cámaras actuales tienen nuevas funcionalidades como visión nocturna, acercamiento desde largas distancias, detección de movimiento, entre otras, que ayudan a que los equipos sean eficientes, y de costos accesibles.

1.1.1 Compresión de video.

Resumen de [21] pág. 27.

La señal de video digital requiere de un ancho de banda lo suficientemente grande para transmitir un video en su totalidad, por lo tanto es necesario realizar una compresión previa a la transmisión, con la finalidad de lograr su distribución eficiente a través de las redes de comunicación.

Esta compresión implica disminuir el número de parámetros requeridos para representar la señal de video, manteniendo una buena calidad para el usuario final, los parámetros son codificados para transmitirse, como resultado, la compresión convierte el video a un formato de datos que puede transmitirse.

Los dispositivos denominados codificadores (códecs) se utilizan para digitalizar y comprimir el video analógico obtenido. El tipo de códec determina la calidad de video final, la tasa de bits que se enviarán, la robustez de las pérdidas de datos y errores, el retraso por transmisión, etc.

La efectividad de una técnica de compresión de imágenes viene dada por la relación de compresión, que se calcula como el cociente entre el tamaño del archivo de la imagen original y el tamaño del archivo de imagen resultante. A mayor relación de compresión se consume menos ancho de banda manteniendo un número de imágenes por segundo

determinado y un nivel de calidad de imagen menor. La compresión de video, se aplica sobre series consecutivas de imágenes en una secuencia de video, haciendo uso de las similitudes entre sus imágenes.

Las redundancias presentes en parámetros de una señal de video a tomar en cuenta para su compresión son: la espacial, la temporal, la psicovisual y la propia codificación.

La *redundancia espacial* se produce ya que en un cuadro o *frame* individual los pixeles cercanos (contiguos) son muy parecidos (por ejemplo, una imagen que muestre el océano verdoso bajo un cielo azul, los valores de los pixeles del océano serán muy parecidos entre ellos, así como los del cielo). Además, los pixeles en los cuadros consecutivos también están relacionados, por lo que existe una *redundancia temporal* (si la señal de video fuera un barco navegando el océano, entre una imagen y la siguiente habría un gran parecido ya que gran parte de la imagen entre el agua y el cielo no cambiaría). Por otro lado, el sistema visual del ser humano no capta toda la información mostrada en su totalidad, lo que determina la *redundancia psicovisual* (el ojo es más sensible a cambios de luz que a los de color).

Por último, no todos los parámetros ocurren con la misma frecuencia en una imagen, por lo tanto, no todos necesitarán el mismo número de bits para codificarlos, aprovechando lo que se denomina como *redundancia de codificación*.

Para el propósito de una cámara de vigilancia es necesario una codificación de video que proporcione un flujo de video comprimido con una calidad determinada, la capacidad de los canales de transmisión van a determinar en gran medida qué tan bien se ve cada cuadro de video.

1.1.1.1 Estándares de compresión de video utilizados.

Síntesis de [21] pág. 29.

Durante las últimas décadas se han desarrollado diferentes estándares de compresión, dirigidos a diversas aplicaciones con distintas necesidades de velocidad, mencionando a continuación los más importantes.

Existen varias recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) de la serie H, así como diferentes formatos definidos por el grupo de trabajo

ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 Moving Picture Expert Group (MPGE), comité del organismo ISO e IEC, responsable de los estándares de la familia MPEG: (entre los que se destacan MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4).

1.1.1.2 Familia MPEG

Síntesis de [21] pág. 30.

Éste estándar es genérico y universal en el sentido que simplemente especifica una sintaxis de la trama para el transporte de los datos obtenidos mediante los algoritmos de compresión de video y audio, no estando definidos los procesos de compresión.

Dentro de la familia MPEG podemos destacar los siguientes formatos:

1. MPEG-1: Logra una calidad similar a VHS, además, es compatible con todos los ordenadores y casi todos los DVD.
2. MPEG-2: Es usado en los DVD y permite imagen a pantalla completa con buena calidad.
3. MPEG-4 parte 2: Ofrece una calidad mejorada respecto a MPEG-2.
4. MPEG-4 parte 10: También se denomina H.264. es el más usado actualmente por una gran variedad de aplicaciones.

Existen otros tipos de formatos para la compresión de videos, entre ellos se encuentran el M-PEG (que es el utilizado por la *cámara pi*), WMV, Real Video, DivX y XviD.

1.1.1.3 M-JPEG

Motion JPEG (M-JPEG, Joint Photographic Experts Group) es el nombre que se atribuye a aquellos formatos multimedia donde cada cuadro (frame) de una secuencia de video digital es comprimido por separado como una imagen JPEG.

El método de compresión de imágenes JPEG fue originalmente estandarizado a mediados de los 80 por el grupo de especialistas de fotografía conjunta, del cual proviene su nombre.

La compresión JPEG puede realizarse según diferentes niveles seleccionados por el usuario, que determinan la relación de compresión de una imagen la cual tiene, a su vez, una relación directa con la calidad de imagen obtenida.

Una cámara de video puede capturar imágenes individuales y comprimir las imágenes en formato JPEG. Por ejemplo, podría capturar y comprimir las imágenes a una velocidad de 30 imágenes o cuadros individuales por segundo, y después distribuirlas como un flujo continuo de imágenes a través de una red de comunicaciones. Este método se denomina Motion JPEG o M-PEG. Dado que cada imagen individual es una imagen JPEG comprimida, todas tendrán garantizada la misma calidad, determinada por el nivel de compresión definido en la cámara de red o el envío de video en red. Es frecuentemente usado por dispositivos portátiles tales como cámaras digitales. Se suele utilizar en los modos de película de estas cámaras, permitiendo la reproducción y codificación a través de la compresión JPEG integrada por hardware con sólo una modificación por software. La calidad que resulta es bastante reducida si se compara con la compresión MPEG a una tasa similar de bits, particularmente si el sonido (si se incluye) es PCM (Codificación por modulación de pulso) sin comprimir o ADPCM (PCM adaptativo diferencial).

Utiliza únicamente tecnología de codificación intra-cuadro o intra-frame y no emplea la predicción de inter-cuadro o inter-frame. Debido a que no emplea dicha predicción se produce una pérdida en la capacidad de compresión, pero se facilita la edición de video, dado que se pueden realizar ediciones simples en cualquier cuadro cuando todos ellos son *I-frames*. Por otro lado, al utilizar sólo la compresión intra-cuadro se consigue que el grado de la capacidad de compresión sea independiente de la cantidad de movimiento en la escena, puesto que la predicción temporal no es utilizada. Es por ello que se utilice este sistema de codificación en cámaras de vigilancia.

Todos los sistemas de compresión requieren dos algoritmos: uno para la compresión de datos en el origen y otro para la descompresión en el destino, estos se conocen como algoritmos de *codificación* y *decodificación*, respectivamente.

Para multimedia en tiempo real, como las videoconferencias, la codificación lenta es inaceptable. La codificación debe ocurrir al momento, en tiempo real. En consecuencia, la

multimedia en tiempo real usa algoritmos o parámetros diferentes que el almacenamiento de vídeos en disco, lo que con frecuencia resulta en una compresión significativamente menor.

Al comprimir, transmitir y descomprimir un archivo de datos, el usuario espera recibir el original, correcto hasta el último bit, para una transmisión en tiempo real este requisito no existe. Por lo regular, es aceptable que la señal de vídeo después de codificar y decodificar sea ligeramente diferente de la original. Cuando la salida decodificada no es exactamente igual a la entrada original, se dice que el sistema es *con pérdida* (loosy). Si la entrada y la salida son idénticas, el sistema es *sin pérdida* (lossless). Los sistemas con pérdidas son importantes porque aceptar una pequeña pérdida de información puede ofrecer ventajas enormes en términos de la posible relación de compresión. Ver [25] pág. 396.

1.2 Alimentación de una mascota

Resumen de [19] pág. 7.

El perro de antaño, como su ancestro el lobo, se alimentaban de presas, es decir, de carne, vísceras y huesos de animales que cazaban. Esos primeros perros se unieron a los humanos en sus cacerías, atraídos por los restos que dejaban a su paso, su dieta se componía de un 90 por ciento de carne y huesos crudos, y un 10 por ciento de los alimentos que se encontraban en el aparato digestivo de sus presas, como: cereales, bayas y hierbas parcialmente digeridas. Al convertirse en agricultor, el ser humano empezó a cultivar, a criar animales de ganado y a cocinar, los caninos que vivieron en los poblados de esos primeros agricultores se alimentaban asimismo de los restos de lo que aquellos cocinaban.

Desde entonces y hasta finales del siglo XIX los perros han comido de lo que les preparaban sus dueños o lo que sobraba de sus mesas y banquetes, su dieta cambia en el último siglo y medio. En 1860, James Spratt, un comerciante norteamericano, observó en los muelles de Londres que los perros comían los restos de las galletas de pan que tiraban los marinos, y tuvo la idea de crear una galleta solo para ellos a base de trigo, remolacha y restos de carne. Hacia 1890 las galletas de Spratt se producían a gran escala, y otras muchas empresas vieron oportunidad de negocio: la industrialización de la alimentación para las personas generaba abundantes desechos (cáscaras de cereales, despojos de animales...) que se podían rentabilizar en forma de comida para mascotas.

En 1940 ya se comercializaban latas de comidas para perros, pero su contenido no tenía en cuenta sus necesidades nutricionales, eran simplemente recetas de carne elaboradas según el criterio de cada fabricante. El veterinario Mark L. Morris comenzó a relacionar algunas enfermedades en perros con la mala nutrición y a formular alimentos para atender ciertas dolencias. En 1948 se asoció con una empresa de Kansas, la Hill Packing Company, para envasar sus alimentos y con los años la colaboración se convirtió en Hill's, la primera marca de alimento industrial para perros con ciertos estándares en la elaboración.

En 1956 se inventó el método de extrusión para cocinar y prensar las croquetas que hoy comen la mayoría de los animales de compañía. Se trata de un proceso de cocción de ingredientes a altas temperaturas y su posterior compresión para crear pequeñas bolas con un

bajo porcentaje de humedad, lo que permite almacenarlas durante largos periodos de tiempo. Hoy este tipo de galletas invade supermercados y clínicas veterinarias, y se vende como el mejor alimento para mascotas.

1.3 Desarrollo de la medicina veterinaria.

Resumen de [27] pág. 3.

Con la domesticación de los animales para ser utilizados como ayuda en las labores propias del campo, se inició la necesidad de su cuidado, labor que implicaba la obligación de ser responsables de la adecuada alimentación y protección contra las enfermedades que les aquejaban. Los primeros médicos veterinarios tenían conocimientos bastantes incipientes y desconocían las causas y orígenes de las enfermedades, por lo que muchos de ellos murieron al ser contagiados por animales enfermos. El acontecer de estos padecimientos dio cabida a la sospecha en las postrimerías de la historia, de que debían existir una relación entre patología animal y humana y, con el avance del tiempo, y de los posteriores estudios, se concretó la zoonosis.

Existen vestigios que indican que desde tiempos del antiguo Egipto se practicaban tratamientos rudimentarios en algunos animales, tal es el caso de partos manuales en vacas. En las memorias de la historia de la humanidad, se indica también, que la profesión médico veterinario existe desde hace ya aproximadamente 2000 años. Se consideran su cuna a Egipto, India y otros territorios intermedios, quizá porque en algunos de estos lugares ciertos animales eran considerados como sagrados, del primer texto médico egipcio conocido como *Papiro de Kahum*, se han podido descifrar desde exámenes rectales en perros con gusaneras, toros con vientos, hasta tratamientos rudimentarios consistentes en frotaciones y fumigaciones con sustancias vegetales, leves sangrías en la cola y nariz, lienzo quemados para aspiraciones, agentes hemostáticos y secantes aplicados en los ojos para curar secreciones, etc.

En aquellos casos en que la muerte de los animales era inminente, en el mismo texto se recomendaba que no se intentara ninguna cura, ya que a la persona que así lo hiciera, le podían sobrevenir serias penalidades en caso de muerte del animal; incluso durante la Edad

Media, la mayoría de las enfermedades de los animales se atribuían a brujerías y su cura consistía en una mezcla de magia con purgas, sangrías y aplicaciones de sustancias que provocaban fuertes sudoraciones en los animales así tratados. También se utilizaban medicamentos mal olientes, y cuanto más maloliente, más efectivo se consideraba (el estiércol y la orina eran los más utilizados de esos tiempos); las enfermedades de la piel y cutáneas, casi siempre eran tratadas por cauterización.

Al ser algunos de animales fuente de alimentación para los humanos, nació también la necesidad de especializar su crianza y explotación a niveles que permitieran hacer de ella una actividad rentable; sin embargo, siempre están al asecho las enfermedades, que en algunos casos han alcanzaron niveles exagerados, como episodios ocurridos en Europa entre los años 1711 y 1769. En estos años la peste bovina asoló repetidamente sus países causando la muerte a más de doscientos millones de animales, tan solo en la parte occidental. Otros casos fueron los del *carbuncho* y la *glosopeda* (Siglo XVIII d.C.) que alcanzaron niveles de virulencia tal que incluso afectaron a los humanos; el muermo, la gripe y el estrangol en equinos; pústulas y gusaneras que atacaban constantemente los rebaños de ovejas; la rabia (humana y animal), por mencionar algunos. Casos de pleuroneumonía contagiosa en las ganaderías suizas y que por primera vez fue diagnosticada por el médico Albrecht Von Haller, quien indicó que su localización era pulmonar y recomendó, además, el sacrificio de dos animales enfermos y agregó a su recomendación, que los animales importados se les diera un periodo de cuarentena.

Los animales traídos desde el continente europeo al americano, soportaron las penurias de largos viajes y grandes recorridos para su traslado a las fincas respectivas, les deparó una cuarentena automática que impidió que por mucho tiempo no se presentaran epidemias, lo que llegó a ocurrir hasta aproximadamente finales del siglo XVII, cuando se presentó el primer brote serio de catarro equino en Norte América. En 1750 – 1760 reapareció dicha enfermedad, junto con otro brote de fiebre de Texas en el ganado bovino. Con la escasez de pastizales para el ganado, sobrevino la muerte de muchos animales por hambre y frío, situación que poco a poco, y gracias a la técnica de ensilado (producción de heno para estas temporadas), se logró corregir. También se presentaron casos de rabia y distémper (moquillo) canino, catarros en felinos, etc.

En la actualidad, los médicos veterinarios, descendientes de aquellos pioneros, reconocen plenamente la existencia de microorganismos, drogas, vacunas, suplementos alimenticios, avances epidemiológicos, etc., que les permiten enfrentar con éxito el reto de las enfermedades y así desarrollar una producción pecuaria eficiente, libre cada vez más de ellas.

El hombre ha demostrado gran interés por de proteger a sus animales; ha realizado investigaciones que le han llevado a producir medicamentos. La aplicación de nuevas tecnologías de una u otra forma ha transformado a los animales domésticos en grandes productores, con el inconveniente de que mientras produzcan más, son menos aptos contra las acciones del medio ambiente.

Lo anterior da razón para justificar el uso de insumos que permitan a los animales reproducirse, crecer y desarrollarse en armonía con el medio ambiente. De la manera correcta como se manejen y utilicen estos insumos (antibióticos, estimulantes del crecimiento, hormonas, vacunas, minerales, etc.), dependerá el éxito o fracaso que se obtenga en el presente o futuro, manteniendo como norma que “es más barato para nuestros bolsillos prevenir las enfermedades que la cura de las mismas”.

1.2.1 ¿Cómo administrar el alimento?

Alimentar a un perro es algo que hay que aprender, lo mismo que hay que aprender a no alimentarlo de más en cada etapa de su vida. Una alimentación deficiente es causante de tener un perro débil y enfermo. Es importante aprender a conocer los distintos tipos de comida que existen en el mercado, la tabla nutricional debe de tener visibles los componentes del producto, entre los que se establece:

- Alimentos simples de origen vegetal o animal.
- Alimentos compuestos de mezclas de producto de origen animal o vegetal.
- Alimentos integrados de comidas simples o compuestas a las que se les añade integradores, ya sean vitaminas o minerales. Para más información [7].

Otra manera de conocer las comidas es el grado de humedad que contienen:

- Comidas secas: Tienen una humedad inferior o igual al 14%, y están compuestas por mezclas de cereales, harinas de pescado y carne, leche en polvo, soya, integradores vitamínicos-minerales y grasas. Se conservan por más tiempo almacenadas en un lugar fresco y seco, son económicas y fáciles de utilizar.
- Comidas húmedas: Tienen un grado de humedad superior al 34% y por lo regular están enlatadas o congeladas. Son más caras a comparación de las comidas secas. Sus componentes son residuos de carnicerías, cereales, verduras y soya.
- Premios para esconder medicamento para perros: Además de facilitar el adiestramiento de las mascotas, los premios o *snacks* sirven para ocultar el desagradable sabor de algunos medicamentos y para combatir la placa dental. Para más información [6].

Se sugiere la cantidad de comidas diarias:

- Hasta los 3 meses: 4 comidas.
- De 3 a 6 meses: 3 comidas.
- De 6 a 17 meses: 2 comidas.
- Después de 18 meses se podrá optar por una comida dividida en dos ingestas para mejorar la asimilación. [2]

RACIÓN DIARIA (TAZAS/GRAMOS)		
PESO	GRAMOS	CANTIDAD
1 - 3 Kg	50 - 90 g	1/2 a 1 taza
3 - 5 Kg	90 - 120 g	1 a 1 1/4 tazas
5 - 10 Kg	120 - 190 g	1 1/4 a 1 3/4 tazas
10 - 15 Kg	190 - 260 g	1 3/4 a 2 1/2 tazas
15 - 20 Kg	260 - 310 g	2 1/2 a 3 tazas
20 - 30 Kg	310 - 410 g	3 a 4 tazas
30 - 40 Kg	410 - 500 g	4 a 4 3/4 tazas
40 -50 Kg	500 - 590 g	4 3/4 a 5 1/2 tazas
50 - 60 Kg	590 - 660 g	5 1/2 a 6 1/4 tazas
60 - 70 Kg	660 - 740 g	6 1/4 a 7 tazas
70 -80 Kg	740 - 800 g	7 a 7 1/2 tazas

Figura 2: Cantidad necesaria de alimento diaria. [2]

1.2.2 Administración de medicamentos

Síntesis de [6].

Administrar un medicamento a un perro puede ser una tarea difícil y en algunos casos hasta peligrosa. La medicina líquida es más fácil de dar que las cápsulas o pastillas. Por lo general, basta con utilizar una jeringa sin aguja y se introduce la punta en la comisura del hocico del perro. También se puede verter el líquido sobre la comida aunque en este caso el perro suele rechazar la comida porque su olor y sabor son diferentes.

El problema aparece cuando los medicamentos son pastillas o cápsulas ya que algunos perros listos se las dejan en la boca y las escupen al cabo de un rato e incluso una vez tragadas son capaces de vomitarlas. Por eso es conveniente aplicar algunos trucos para conseguir que los animales se las traguen para ello los premios se convierten en una gran ayuda.

Para camuflar en la medida de lo posible el olor y el sabor del medicamento, se puede esconder la pastilla en un premio. En el mercado existe una amplia variedad de *snacks* que se pueden utilizar para ello. Los más adecuados son los semihúmedos, ya que además de permitir una fácil introducción del comprimido, no se rompen ni se desmenuzan en los dedos.

También se pueden esconder en alimento que entusiasmen al animal para que se los coma muy rápidamente, como por ejemplo, los de tipo *gourmet*. En este caso debemos de asegurarnos de que el animal se coma todo lo que hay en el plato, puesto que algunos perros pueden comerse todo el alimento y dejar la pastilla.

Para el propósito de nuestro proyecto, se utilizan pequeños medallones de carne en los que es posible introducir una pastilla en el centro, así como de manejo fácil y del tamaño ideal para su suministro por medio de nuestro prototipo.



Figura 3: Premios para medicamento.

1.4 Medios existentes para alimentar perros: manuales y remotos.


Para construir dosificadores de comida para un animal cualquiera, se tiene que tomar en cuenta las variables de construcción como son: el tamaño del tanque de almacenamiento, el mecanismo, la durabilidad de los materiales de la estructura, en caso de ser necesario, el consumo energético.

En la actualidad existen diferentes tipos de dosificadores de comidas para perros que son fáciles de adquirir en el mercado, con diversas alternativas diseño y funcionamiento, dependiendo de la necesidad de cada mascota y del gusto o presupuesto de los usuarios.

Los dosificadores se pueden dividir en tres categorías: Sencillos, mecánicos y automáticos.

- Sencillos: Se sirve una cantidad de alimento en el recipiente para que la mascota la consuma en cualquier momento, la dosis puede variar ya que no existe ningún tipo de control.
- Mecánicos: Están compuestos por un mecanismo que sirve una porción medida.
- Automáticos: También sirven una porción medida y además es posible programarlos en ciertos horarios escogidos por el usuario, con algunas restricciones.

En general todas las razas de perros se pueden beneficiar de un dosificador de alimentos. Cada dueño debe de conocer las necesidades de sus mascotas y con base a eso, investigar cuál se adapta mejor a sus necesidades. A continuación se muestra una tabla comparativa de los dosificadores comerciales más comunes y sus características.

Dosificador	Tipo de comida	Mecanismo	Capacidad de almacenamiento	Remoto, programable, manual.	Consumo energético	Precio (MXN)
 Van Ness	Croquetas	Gravedad	675gr	Manual	No aplica	\$172






 Animal Planet	Croquetas	Engranés dosificadores	5 Kg	Programable	3 Pilas “D”	\$1439
 Pet Safe	Croquetas o comida húmeda	Contenedor con seguro.	345gr cada contenedor.	Temporizadores	1 pila “AA”	\$865
 Pet Safe	Croquetas o comida húmeda	Plato giratorio	5 porciones de 250gr	Programable	4 pilas “D”	\$1980
 Petwapi	Croquetas	Engranés dosificadores	4.2Kg	Programable, con alarma sonora.	3 pilas “D”, Fuente DC 5V a 1Amp	\$2532
 Easy Feed	Agua y Croquetas	Engranés dosificadores	4 tazas de croquetas, 800ml de agua	Programable con cámara incluida	4 pilas “C”	\$4700

Tabla 1: Alimentadores para perros existentes. (Google Shopping)

El prototipo este trabajo tiene la intención de ser innovador ya que dentro de su operación incluye además de un dosificador de croquetas, un dosificador de medicamento para comprimidos, una alerta sonora, cámara para monitoreo constante en tiempo actual, comunicación inalámbrica y remota. De esta manera se pretende ofrecer a los usuarios opciones con las que los medios ya existentes no cuentan en conjunto.

Capítulo 2: Componentes necesarios para un dosificador de comida y medicamento remoto para una mascota.

2.1 ¿Qué es un dosificador?

Los dosificadores son dispositivos utilizados para regular el despacho de un producto en las diferentes etapas de un proceso. Están compuestos por servomotores, motores eléctricos, electroimanes, cilindros neumáticos y/o reguladores electrónicos.

Existen diversas clases de dosificadores que se clasifican de acuerdo al modo de servicio y a la naturaleza de la sustancia a manipular. [29]

2.1.1 Mecanismos de dosificación.

- **Dosificadores de tornillo:** El elemento principal es un tornillo sin fin situado en la parte inferior del contenedor de alimentación y que libera un volumen determinado de producto en cada vuelta, y dependiendo de su aplicación también puede usarse para triturar el producto introducido.

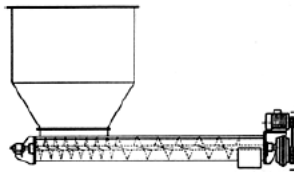


Figura 4: Mecanismo de tornillo sin fin. [2]

- **Dosificadores de válvula rotativa:** Es de construcción simple y su diseño reduce el contacto directo con el alimento, el movimiento de la válvula controla el despacho del producto, su velocidad es controlada según las necesidades. Posee características funcionales similares al mecanismo de tornillo sin fin. La precisión en la dosificación depende del tamaño de la válvula en la compuerta. [14]

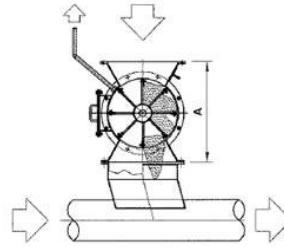


Figura 5: Mecanismo válvula rotativa. [3]

- **Dosificador de banda:** Su funcionamiento está determinado por dos parámetros: la velocidad de la banda y el mecanismo de salida del contenedor.
 - **Variación de la velocidad:** Se realiza mediante el control de un motor, que controla un sistema de engranes que mueve lo que transporta la banda.
 - **Salida del contenedor:** Varía la cantidad de producto que pasa por la banda mediante su propio dosificador.

Este tipo de dosificador puede presentar inconvenientes con sólidos demasiado grandes ya que puede generar problemas de estancamiento. [28]

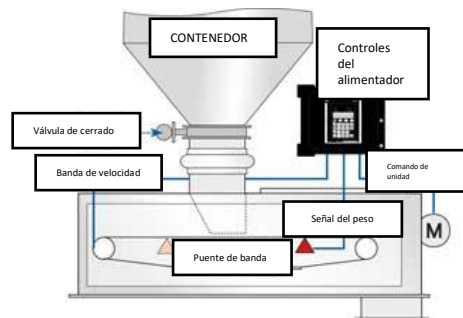


Figura 6: Mecanismo banda. [4]

2.1.2 Tanque de almacenamiento.

El alimento almacenado cae por gravedad al mecanismo de dosificación y este se debe de adaptar su tamaño, densidad y peso. Más importante que la capacidad es el material de construcción. Los materiales más utilizados para la fabricación de contenedores de alimentos son:

- Plástico
- Acero Inoxidable
- Acrílico
- Vidrio y cerámica, entre otros.

A la hora de elegir el material para la construcción del contenedor o tanque de comida se debe garantizar que sea resistente a la cantidad que se quiere implementar y que cumpla con los requerimientos generales para los envases de almacenamiento de alimento: El material de fabricación no debe modificar la composición, el color, el sabor ni el olor de producto contenido y debe ser resistente a componentes al medio interno y externo que constituyan un riesgo para la salud. Para el almacenamiento de las croquetas en este proyecto utilizaremos envase de plástico que cumple con los requisitos de la **Norma Oficial Mexicana NOM - 251 - SSA1 – 2009** que establece los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene que deben observarse en el procesamiento de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas a fin de evitar la contaminación a largo plazo.

- **5.4.1** Las condiciones de almacenamiento deben de ser adecuadas al tipo de materia prima, alimentos, bebidas o suplementos alimenticios que se manejen.
- **5.7.1** Los envases y recipientes que entren en contacto directo con la materia prima, alimento, bebida o suplemento alimenticio, se deben de almacenar protegidos del polvo, lluvia, fauna nociva y materia extraña.
- **5.7.4** Los materiales de empaque y envases de materias primas no deben de utilizarse para fines diferentes a los que ya fueron destinados originalmente, a menos que se eliminen las etiquetas, las leyendas y se habiliten para el nuevo uso de forma correcta.
- **6.5.2** Los envases reutilizables deben de ser de fácil limpieza para evitar la contaminación del producto.

El alimento está contenido en un recipiente transparente para poder determinar a vista los niveles de comida, con capacidad de almacenar aproximadamente 6 porciones equivalentes a 3 Kg (250gr por porción). En promedio un perro mediano de 15 a 20Kg de peso en edad

adulta consume 1.75Kg por semana (250g diarios), lo que significa que la mascota tendrá comida para 12 días. Nuestro objeto de estudio es un perro de talla chica en edad adulta de entre 1 y 3 Kg de peso, que consume 630gr de comida a la semana, para el cual la cantidad de alimento almacenado en nuestro prototipo durará 32 días aproximadamente. Se recomienda ver la Figura 2 para más información con respecto a las dosis que se deben suministrar a las mascotas.



Figura 7: Almacenamiento de croquetas.

2.2 Estrategia para resolver el problema.

Se necesita desarrollar un sistema que permita no solo monitorear el consumo del alimento de la mascota al igual que los medios ya existentes, esta tesis propone la implementación de un dosificador de medicamento como parte del tratamiento de un animal enfermo, ya que el dueño no puede estar siempre presente para proporcionar la medicina, lo que podría demorar la recuperación del animal con la administración inconsistente de fármacos.

2.2.1 Diagrama general

A continuación se presenta el diagrama general del dispensador de comida y medicamento remoto, describiendo de manera sencilla el funcionamiento del sistema completo.

El usuario interactúa de manera remota a través de una computadora o un teléfono móvil conectado a Internet, la selección del usuario es enviada al servidor que funciona como interfaz entre el usuario y la Raspberry Pi manipulando el suministro de alimento y medicamento, una alarma sonora avisa al perro cuando uno de estos estará disponible para comer y así como la transmisión constante de video para ver la actividad del perro.

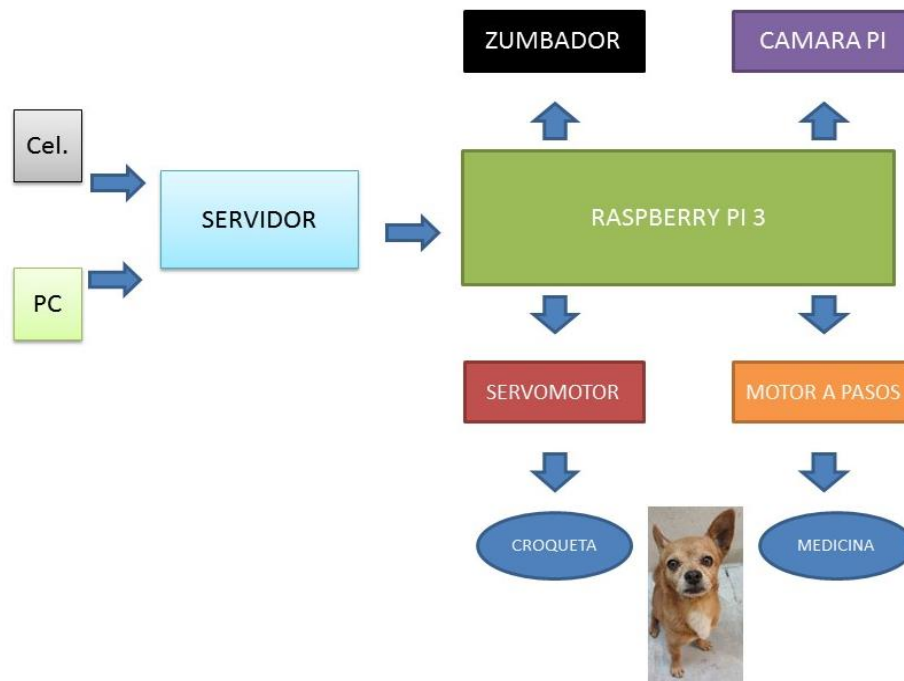


Figura 8: Diagrama General

Más concretamente, el sistema procesa la información ingresada remotamente y responde por medio de programas que activan las salidas de la Raspberry Pi, dependiendo de la opción que haya escogido el usuario. Los dispositivos electrónicos que responden a las indicaciones están acoplados a las estructuras mecánicas: motores, válvula y agitador radial dispensador; así como también a la alarma y cámara.

En cualquier momento se pueden supervisar las variables de operación que son: la cantidad de comida que se encuentra en el plato y si el medicamento ha sido consumido después de alertar al perro.

2.3 ¿Por qué Raspberry Pi?

Resumen de [3] pág. 148.

En la actualidad se han desarrollado placas y dispositivos destinados al aprendizaje y al desarrollo de aplicaciones controladas por microprocesadores, la Raspberry Pi se presenta como una tarjeta madre (motherboard) en tamaño pequeño que permite integrar multimedia con el control de elementos externos a través de sus entradas y salidas, y posibilita además, comunicar datos. Fue desarrollada por la fundación Raspberry Pi en Reino Unido, el proyecto se inició en el 2006 por la Universidad de Cambridge, cuando Eben Upton y compañeros suyos decidieron solucionar el problema de la falta de formación entre los estudiantes de ingeniería informática, no fue hasta el año 2012 cuando se empezaron a comercializar. El objetivo principal de la fundación fue facilitar la enseñanza de la informática en colegios, por lo que su fin era crear un ordenador lo más barato posible y que llegase al máximo número de usuarios.

La operación de los componentes en este proyecto requiere de cierto grado de inteligencia y esta puede ser proporcionada por la tarjeta Raspberry Pi, al ser la encargada de recibir, procesar, almacenar y enviar toda la información a los actuadores y con ello al funcionamiento de los dosificadores, por lo que se le conoce como “una computadora en una simple tarjeta”. Antes ha habido otros proyectos de computadoras baratas para escuelas y con problemas de conexión eléctrica como el proyecto de la PC de 100 dólares o mejor conocido como OLPC (One Laptop Per Child).

Un microcontrolador que pueden considerarse como tarjeta inteligente, son un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

Son diseñados para disminuir el coste económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la CPU, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. El control de un electrodoméstico sencillo como una batidora, utilizará un procesador muy pequeño (4 u 8 bit) por que sustituirá a un autómata finito. En cambio un reproductor de música y/o vídeo digital (mp3 o mp4) requerirá de un procesador de 32 bit o de 64 bit y de uno o más Códec de señal digital (audio y/o vídeo). El control de un sistema de frenos ABS (Antilock Brake System) se basa normalmente en un microcontrolador de 16 bit, al igual que el sistema de control electrónico del motor en un automóvil. La Figura 8 muestra una imagen de un microcontrolador y sus componentes internos como lo son el CPU encargado del procesamiento, memoria: es donde se almacenan los datos de la aplicación del usuario, etc., buses que distribuyen la información dentro de todo el sistema, puertos de E/S que son la interacción con el exterior por ejemplo mouse, teclado, etc. que también son conocidos como elementos externos.

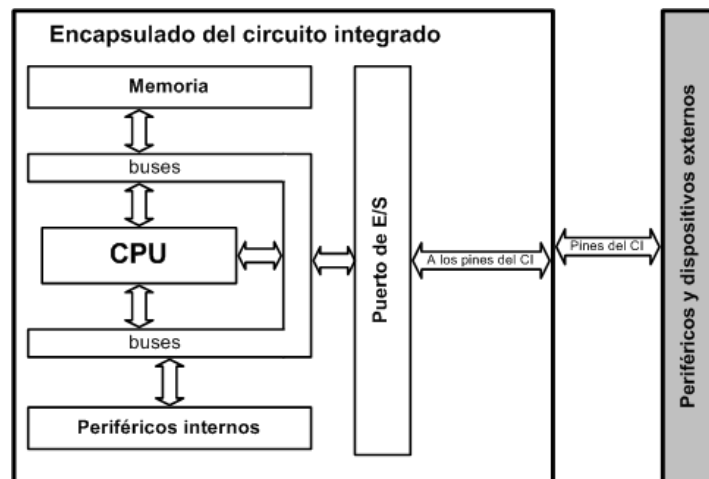


Figura 9: Componentes internos de un microcontrolador. [5]

2.3.1 Características del Hardware

Resumen de [3] pág. 149.

En el mercado existen dos modelos de placas Raspberry Pi, denominados **A** y **B**. Cabe aclarar que la diferencia de precio entre ambas es poco significativa, aunque sí lo son sus presentaciones, siendo más potente el modelo **B** que dispone de conexión a Internet.

El modelo B integra un **SoC** (System On Chip), es decir, un chip que contiene varios módulos: CPU de 64-bit ARMv8 que corre a 1.2 GHz y GPU Broadcom VideoCore IV, con un módulo WiFi y un módulo Bluetooth 4.1.

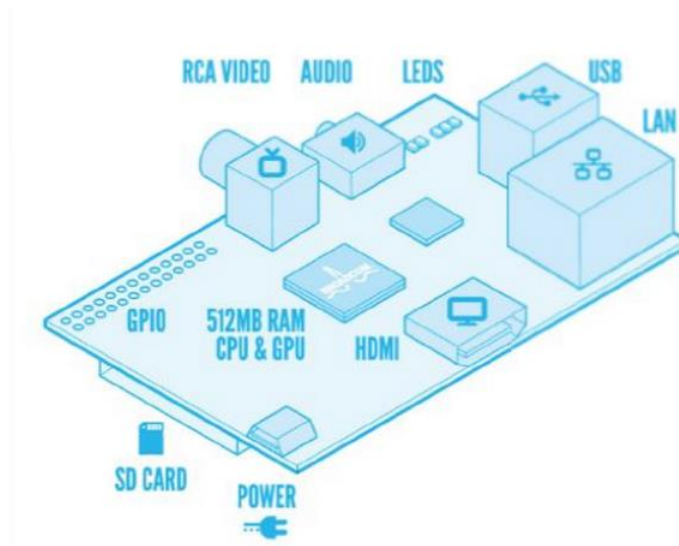


Figura 10: Esquema de placa Raspberry Pi Modelo B [6]

El SoC forma parte de una tendencia actual de diseño que optimiza recursos, permitiendo obtener buenos rendimientos en un espacio reducido. Además, la memoria RAM llega hasta los 512 MB.

Esta placa puede ofrecernos salida video por HDMI, en cuanto al audio, presenta una salida para conector 3.5mm. Además posee puertos USB para realizar la conexión de periféricos; de esta forma, su operación es similar a la de una computadora personal. Al conectarle un monitor mediante HDMI, la interfaz gráfica no es distinta de cualquier PC, ya que se ve una pantalla similar a un escritorio de una distribución GNU/Linux.

Para almacenar su sistema operativo utiliza una memoria de tipo SD. Por otra parte, posee un conector RJ-45, mediante el cual se puede realizar la conexión a una red de tipo Ethernet, así como un adaptador Wi-Fi para el modelo Raspberry Pi 3. Generalmente se busca conectar y controlar las entradas y salidas de la placa, para ello, posee salidas y entradas de propósito general GPIO, bus de comunicación serial GPIO y comunicación transmisor – receptor asincrónico universal UART, todo lo que permite comunicarse con el exterior. La

potencia de estos pines es reducida y se deben adaptar eléctricamente a partir de circuitos, por ejemplo, transistores Darlington, entre otros elementos.



	Model A	Model A+	Model B	Model B+	2 Model B	Zero	3 Model B	Zero W
SoC	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2836	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2837	Broadcom BCM2835
CPU	700MHz ARM1176JZF-S	700MHz ARM1176JZF-S	700MHz ARM1176JZF-S	700MHz ARM1176JZF-S	900MHz Quad-core ARM Cortex-A7	1GHz ARM1176JZF-S	1.2GHz QUAD ARM Cortex-A53	1GHz ARM1176JZF-S
GPU	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV
RAM	256Mb	256Mb	512Mb	512Mb	1Gb	512Mb	1Gb	512Mb
USB	1	1	2	4	4	1 Micro	4	1 Micro
Video	RCA, HDMI	Jack, HDMI	RCA, HDMI	Jack, HDMI	Jack, HDMI	Mini HDMI	Jack, HDMI	Mini HDMI
Audio	Jack, HDMI	Jack, HDMI	Jack, HDMI	Jack, HDMI	Jack, HDMI	Mini HDMI	Jack, HDMI	Mini HDMI
Boot	SD	MicroSD	SD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD
Red	-	-	Ethernet 10/100	Ethernet 10/100	Ethernet 10/100	-	Ethernet 10/100, Wifi, BT	Wifi y BT
Consumo	300mA / 1,5w / 5v	400mA / 2w / 5v	700mA / 3,5w / 5v	500mA / 2,5w / 5v	800mA / 4w / 5v	160mA / 0,8w / 5v	2,5A / 12,5w / 5v	160mA / 0,8w / 5v
Alimentación	MicroUSB / GPIO	MicroUSB / GPIO	MicroUSB / GPIO	MicroUSB / GPIO	MicroUSB / GPIO	MicroUSB / GPIO	MicroUSB / GPIO	MicroUSB / GPIO
Tamaño	85,6 x 53,98 mm	65 x 56 mm	85,6 x 53,98 mm	85 x 56 mm	85 x 56 mm	65 x 30 mm	85 x 56 mm	65 x 30 mm

Figura 11: Comparativa Raspberry Pi [7]

2.3.2 Consumo eléctrico de la Raspberry Pi.

Resumen de [3] pág. 152.

Esta pequeña pero potente placa también genera calor, para obtener el mayor rendimiento, se tiene que aumentar la velocidad del procesador, mediante overclock. El aumento de frecuencia genera inevitablemente un mayor consumo eléctrico y también aumentará la temperatura. Por lo tanto es necesario considerar soluciones de refrigeración, por ejemplo un kit denominado **Raspberry Heat Skin Kit**, constituido por pequeños dispensadores para el SoC, el GPU y el regulador de tensión. Sin este dispositivo, la temperatura de trabajo podría pasar de los 60°C, lo que sería peligroso para el hardware. Es aconsejable tener una fuente que pueda entregar una corriente de hasta 1 Amper.

2.3.3 Rendimiento

Resumen de [3] pág. 153.

Para obtener un mejor rendimiento de la Raspberry Pi, se tiene que combinar tres elementos: la placa, la fuente de alimentación y la memoria SD.

Al seleccionar una memoria SD, se toma como criterio de su capacidad, pero también es importante la velocidad de acceso que posee, ya que estas tarjetas miden su velocidad de escritura de datos en base a la velocidad máxima. Las de 40x escriben 6 MB por segundo; las de 80x, a 12 MB por segundo; las de 100x a 15 MB por segundo, etc. En cambio, el tipo de memoria **SDHC** mide la velocidad mínima de escritura, por lo tanto, una clase 2 escribe a 2 MB por segundo como mínimo y una clase 6 escribirá a 6 MB por segundo.

2.3.4 Sistema Operativo

Síntesis de [15].

Se puede definir a un sistema operativo como: un conjunto de programas especialmente diseñados para la ejecución de varias tareas, que sirven de intermediario entre el usuario y el procesador.

Las funciones básicas de un SO son las siguientes:

- Inicializar el hardware del ordenador
- Suministrar rutinas básicas para controlar dispositivos.
- Permitir administrar, escalonar e interactuar tareas.
- Mantener la integridad de sistema.

El sistema operativo de la Raspberry Pi se instala en la memoria SD, el software utilizado es libre, ya que se basa en distribuciones GNU/Linux, como Raspbian (una versión de la distribución Debian).

Para instalar el sistema operativo, existen dos opciones: el primero es instalar el software **Berry Boot**, que permite arrancar la placa y luego cargar el sistema operativo. La segunda opción es cargar en la tarjeta **Noobs**, una aplicación que, al ser descomprimida, nos permitirá elegir entre algunos sistemas GNU/Linux para instalar.

El sistema operativo provee utilidades para:

- Administración de archivos y documentos creados por el usuario.
- Ejecución controlada de programas.
- Comunicación entre usuarios y con otras computadoras.

- Administrador de pedidos de usuario para usar programas y espacio de almacenamiento.

Existen diferentes tipos de SO enfocados a varias aplicaciones para poder configurar la Raspberry Pi ya sea como un centro de entretenimiento, una consola de videojuegos o centrar su funcionamiento en la programación.

Entre los principales sistemas operativos destacan las diversas distribuciones que ofrecen Linux, Windows 10 y OpenELEC éste último es el más empleado para convertir la Raspberry Pi en un centro de entretenimiento. Para este proyecto, se empleará la programación y la transmisión de video en tiempo actual.

- **Windows 10**

Microsoft adaptó su versión de este SO para funcionar con la Raspberry, poniendo a disposición de la comunidad que adquiera la placa su versión W10 IoT Core.

- **OpenELEC**

Es un SO oficial de Raspberry Pi, basado en Linux, y su función está destinada en convertir a la Raspberry Pi en un centro multimedia de bajo costo, con el acceso a Internet para transformar el monitor o pantalla que se conecte a la placa en una smartTV utilizando el software XBMC (Xbox Media Center), que contiene reproductores de audio, video, presentación de diapositivas, visores de imágenes, reportes del clima, y otras funciones implementadas mediante complementos (plugins), etc. Fue creado en un inicio para la consola Xbox, pero su desarrollo hizo que se instalara en otras plataformas.

Sistemas Operativos para uso genérico:

- **Raspbian OS**

Raspbian es la distribución recomendada para la Raspberry Pi. Está basada en la distribución Debian Wheezy (Debian 7.0). Amigable con el hardware y periféricos conectados a la placa.

2.3.5 Sistema Operativo Raspbian.

Resumen de [3] pág. 155.

El sistema operativo Raspbian se trata de un sistema basado en Debian, que es una distribución GNU/Linux preparada para trabajar con procesadores ARM los cuales son ideales para ejecutar aplicaciones de baja potencia (por ejemplo, en sistemas de aplicaciones portátiles). Éste fue diseñado para Raspberry Pi, procurando obtener el máximo provecho al hardware disponible en la placa y utilizando, para ello paquetes de software que se encuentran en la distribución **Debian ARM Wheezy Hard Float**, compilados para trabajar con procesadores **ARM v6**.

Raspbian es una excelente opción para la placa Raspberry Pi, pues permite aprovechar al máximo el hardware, teniendo en cuenta la velocidad de CPU y la memoria RAM disponible.

La distribución usa LXDE como escritorio y Midori como navegador web. Además contiene herramientas de desarrollo como IDLE para el lenguaje de Python o Scratch, y diferentes ejemplos de juegos usando los módulos Pygame.

2.3.6 Carga del sistema operativo

Resumen de [3] pág. 156.

Tanto si se realiza la carga del sistema operativo con **BeeryBoot** o con **Noobs**, se debe tener en cuenta algunas consideraciones. BerryBoot es un programa que actúa como **instalador y gestor de arranque o boot**, lo que permite tener varios sistemas operativos funcionando en Raspberry. Este programa se instala al copiarlo en la SD que utiliza la placa. Gracias a BerryBoot, es posible instalar Raspbian o cualquier otro sistema de forma sencilla.

Entre las ventajas de este método de instalación del sistema operativo, existe la opción de que no es necesario estar conectados a internet permanentemente. Desde otra computadora, se descarga el archivo comprimido por el programa; por ejemplo, se puede encontrar como beeryboot-20130213.zip y después descomprimirlo en la memoria SD, la

cual debe estar formateada con el sistema de archivos FAT32. Luego, se introduce la memoria y arranca la placa Raspberry Pi. Posteriormente, se siguen las instrucciones presentadas por el asistente de la instalación.

Por otra parte, si se desea utilizar Noobs, es necesario tener el modelo B, ya que este cuenta con un puerto Ethernet. Al igual que con BerryBoot, se descomprime en la tarjeta SD, la que debe contar con una capacidad de, al menos 4GB.

En las últimas versiones de Noobs, se puede seleccionar entre los sistemas operativos Raspbian y OpenELEC, entre otras opciones. Cuando la instalación del sistema haya finalizado, Noobs permanecerá en la memoria SD. De esta forma, cada vez que se realiza el proceso de arranque es posible presionar la tecla SHIFT para cambiar de sistema operativo y acceder a las opciones de configuración de arranque.

2.3.7 Python

Resumen de [3] pág. 162.

Python es un lenguaje de programación interpretado, es decir, que está diseñado para que lo ejecute un intérprete, sin necesidad de un compilador.

Los lenguajes interpretados pueden ser llamados **script**, lo que significa que se presentan como programas sencillos, almacenables en un archivo de texto. Generalmente, estos archivos pueden ser utilizados para combinar componentes diversos o interactuar con el usuario. Para esta última tarea, pueden utilizar los **Shells**, que permitirán crear una interfaz gráfica.

Al tratarse de un lenguaje interpretado, Python ofrece una sintaxis simple y clara, fácil de comprender con una sencilla base de programación. Al instalar el sistema Raspbian, se presentará un icono en el escritorio, llamado IDLE 3. Este icono nos ofrece acceso a un editor para Python. Gracias a la herramienta se pueden crear las aplicaciones en este lenguaje.

2.3.8 Salidas y entradas GPIO

Resumen de [3] pág. 163.

La placa Raspberry Pi permite controlar dispositivos periféricos de entrada y salida, a partir de sus entradas y salidas de propósitos generales (GPIO).

La cantidad de estos pines (GPIO) fue modificándose con los sucesivos modelos y seguramente evolucionarán en los próximos lanzamientos, pero se puede decir que cuenta con algunas entradas y salidas digitales (salidas tipo PWM).

Estos pines también son destinados a las comunicaciones de datos, un puerto de dos hilos (I2C), uno de cuatro hilos (SPI) y una UART. Es importante mencionar que cuando no son destinados a las comunicaciones, pueden ser usados como entradas o salidas digitales.

Un detalle negativo a tener en cuenta es que no poseen una entrada analógica; es decir, si se quiere utilizar un sensor, por ejemplo, uno de luz con una resistencia LDR, se tiene que recurrir a una placa externa de expansión para la Raspberry Pi. Su aplicación aumentará considerablemente las capacidades de la placa base, ya que posee las siguientes características:


- Conversor de niveles lógicos bidireccional
- ADC de 8 canales y 10 bits MCP3008 controlable mediante SPI.
- Alimentación externa
- Regulador LM323
- Led
- Un sector para realizar pruebas, similar a una placa experimental.
- Pines de comunicación SPI, I2C, y UART, disponibles para usar.
- Puede montarse sobre la parte superior de la Raspberry Pi.

Es decir, con este complemento se puede solucionar el problema de los puertos y, principalmente, la carencia de una entrada analógica.

Para utilizar estos puertos, en los sistemas GNU/Linux, se pueden realizar dos métodos diferentes. Uno consiste en la creación de un acceso de tipo archivo para el periférico en el sistema de archivos. El otro método supone escribir/leer la dirección base de la memoria

asignada a la GPIO o módulo en los punteros. Estas ubicaciones de memoria se pueden encontrar en la hoja de datos del BCM2835.

En algunas ocasiones, puede ser necesario trabajar con algún lenguaje de programación como Python, ya que resulta fácil de interpretar y, además, posee una librería para poder operar los GPIO.



GPIO#	2nd func	Physical Pins		2nd func	GPIO#
		pin#	pin#		
N/A	+3V3	1	2	+5V	N/A
GPIO2	SDA1 (I2C)	3	4	+5V	N/A
GPIO3	SCL1 (I2C)	5	6	GND	N/A
GPIO4	GCLK	7	8	TXD0 (UART)	GPIO14
N/A	GND	9	10	RXD0 (UART)	GPIO15
GPIO17	GEN0	11	12	GEN1	GPIO18
GPIO27	GEN2	13	14	GND	N/A
GPIO22	GEN3	15	16	GEN4	GPIO23
N/A	+3V3	17	18	GEN5	GPIO24
GPIO10	MOSI (SPI)	19	20	GND	N/A
GPIO9	MISO (SPI)	21	22	GEN6	GPIO25
GPIO11	SCLK (SPI)	23	24	CE0_N (SPI)	GPIO8
N/A	GND	25	26	CE1_N (SPI)	GPIO7
EEPROM	ID_SD	27	28	ID_SC	EEPROM
GPIO5	N/A	29	30	GND	N/A
GPIO6	N/A	31	32	-	GPIO12
GPIO13	N/A	33	34	GND	N/A
GPIO19	N/A	35	36	N/A	GPIO16
GPIO26	N/A	37	38	N/A	GPIO20
N/A	GND	39	40	N/A	GPIO21

Figura 12: Salidas GPIO [8]

2.3.9 Ethernet y WiFi Raspberry Pi.

Síntesis de [3] pág. 168.

La placa Raspberry Pi tiene un Puerto RJ45 que nos permitirá conectarla a una computadora mediante un cable de red. La velocidad de conexión es de hasta 100Mbps.

Para establecer la comunicación se debe utilizar el **Centro de redes y recursos compartidos** de Windows. Actualmente el modelo de Raspberry Pi 3 cuenta con una antena Wi-Fi integrada en la placa, a comparación del modelo anterior.



Figura 13: Antena Wi-Fi incluida en Raspberry Pi 3. [9]

2.3.10 Tecnologías VNC y SSH

Resumen de [3] pág. 169.

La tecnología VNC permite controlar una computadora desde otra teniendo a ambas conectadas en por medio del **escritorio remoto**. Al usar esta tecnología, obtenemos un acceso al escritorio de la computadora que se quiere controlar.

Por otro lado, la tecnología **SSH** (Secure Shell) es un protocolo encriptado de comunicación para establecer un canal seguro en un medio inseguro de comunicación como es el protocolo tcp/ip.

La ventaja de acceder de esta manera a la Raspberry Pi es que se puede disponer de los puertos USB para conectar periféricos diversos. De esta forma sin conectar un mouse o un teclado, se puede operar desde otra computadora y acceder al control desde otro escritorio.

Al dejar los puertos disponibles, se puede crear una aplicación más interesante y no necesariamente se depende o necesita operar la placa como una computadora convencional, sino como un centro de procesamiento de información.

Estas tecnologías pueden ser aplicadas desde cualquier sistema operativo (GNU/Linux o Windows); sólo bastará con conocer la IP para acceder a la placa.

Para utilizar este servicio, es necesario instalar un programa que permita crear el cliente en Windows. Uno muy recomendado en la Web es **Putty**, que en su versión de

instalador posee varias aplicaciones para realizar la conexión con la placa Raspberry Pi y efectuar la configuración relacionada con la seguridad en la navegación.

2.4 Actuadores.

Síntesis de [5].

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” sobre otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina neumático, hidráulico o eléctrico.

Existen básicamente dos tipos de actuadores:

- a) Lineales.
- b) Rotatorios.

Los actuadores lineales generan una fuerza en línea recta, esto es, la fuerza que provoca el movimiento hace que un vástago salga de un cilindro en línea recta tal como hace un pistón.

Los actuadores rotatorios, cuentan con un eje concéntrico dentro del actuador conocido generalmente como “flecha”, este eje gira debido a la presión neumática, hidráulica o eléctrica, por ejemplo el motor eléctrico.

Dependiendo de su diseño los actuadores rotatorios constan básicamente de las siguientes partes móviles Ver Tabla 2.

	Actuador Neumático	Actuador Eléctrico	Actuador Hidráulico
Fuerza Generadora de Movimiento	Presión de aire	Energía eléctrica	Presión hidráulica
Elemento Motriz	Émbolo, Pistón o Veleta	Motor Eléctrico	Émbolo, Pistón o Veleta
Transmisión de Fuerza o Torque	Eje o Cremallera	Reductor	Eje

Conversión Mecánica	Yugo o Piñón	- No hay -	Yugo o Piñón
----------------------------	--------------	------------	--------------

Tabla 2. Diseño de actuadores rotatorios

2.4.1 Servomotores

Síntesis de [18].

Un servomotor es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que permiten controlar la posición y la velocidad del giro, este giro usualmente es de 0 a 180 grados aunque también hay servomotores que dan los 360 grados completos. El rango de los servomotores va de 3kg por cm de torque hasta 20 kg por cm. Los servomotores detectan la posición en la que se encuentran y al ordenarle la posición deseada, tratan de moverse hacia ella. Los servos se controlan mediante la modulación por logitud de pulsos o PWM Pulse-width modulation (Modulación por Ancho de Pulso), usando esta técnica, la longitud de los pulsos determinaran la posición del servo. Por ejemplo un pulso de 1.5 ms le dice al servomotor que la posición deseada es al centro.

En general, los servos suelen estar compuestos por 4 elementos fundamentales:

- **Motor de corriente continua (DC):** Es el elemento que le brinda movilidad al servo. Cuando se aplica un voltaje en sus dos terminales, este motor gira en un sentido a su velocidad máxima. Si el potencial aplicado a sus dos terminales es inverso, el sentido del giro también se invierte.
- **Engranajes reductores:** Un tren de engranajes que se encarga de reducir la alta velocidad de giro del motor para incrementar su capacidad de torque.
- **Sensor de desplazamiento:** Suele ser un potenciómetro colocado en el eje de salida del servo que utiliza para conocer la posición angular del motor.
- **Circuito de control:** Es una placa electrónica que implementa una estrategia de control de la posición por alimentación. Para ello, este circuito compara la señal de entrada de referencia (posición deseada) con la posición actual media por el potenciómetro. La diferencia entre la posición actual y la deseada es amplificada y utilizada para mover el motor en la dirección necesaria para reducir el error.

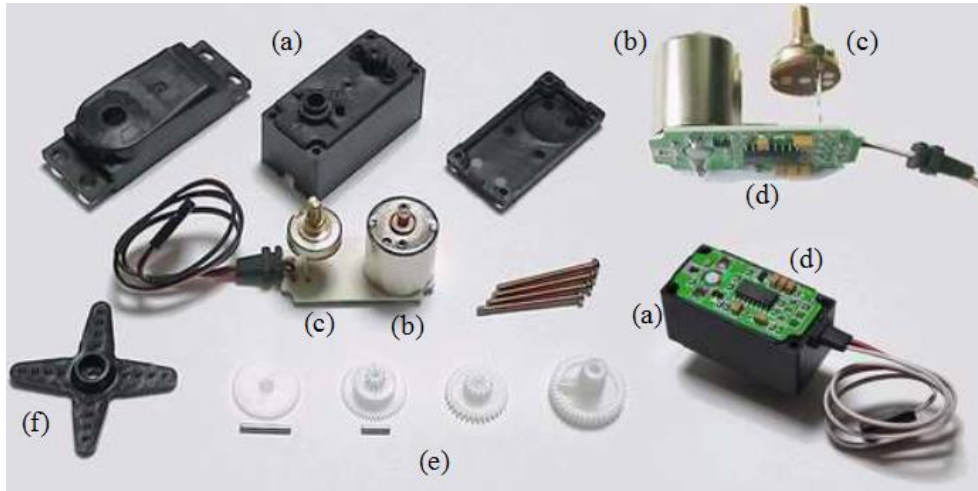


Figura 14: Componentes de un Servo: a) Carcasa, b) motor DC, c) Potenciómetro, d) Circuito de control, e) Tren reductor, f) brazo (elemento terminal del eje). [10]



Figura 15: Servomotor MG995. [12]

2.4.1.1 PWM

Síntesis de [26].

Es una técnica para simular una señal analógica. En este caso las muestras de la señal se emplean para variar la anchura o duración de los pulsos

A continuación se da un ejemplo de señal PWM con diferentes *duty cycles* que se refiere a la tasa de la parte positiva contra la negativa de la señal.

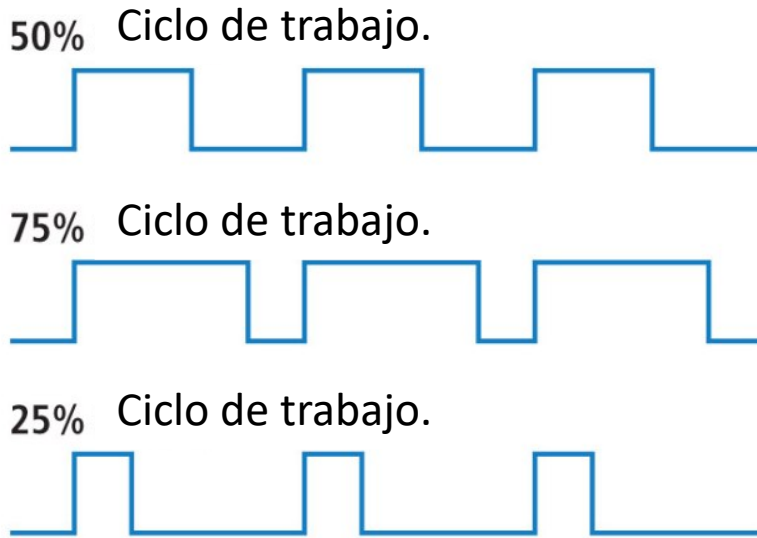


Figura 16: Duración de diferentes ciclos de trabajo.

En la señal PWM el ciclo de trabajo es el porcentaje de la frecuencia que va a estar en la parte positiva, en la imagen se observa que para el caso de 50% la señal permanece en la parte positiva la mitad de un ciclo y en la negativa la otra mitad, al 75% 3/4 del ciclo en la parte positiva y 1/4 en la negativa del ciclo y por último al 25 % un cuarto del periodo se queda en la parte positiva y 3/4 en la negativa.

Los servomotores tienen 3 cables donde dos son para el voltaje que varía usualmente entre 3 y 10 volts y un cable por donde se envían las señales PWM a 50Hz la posición del servo dependerá de la parte positiva de la señal PWM.

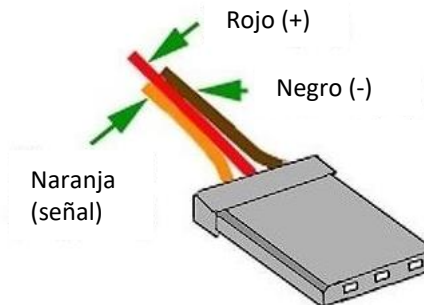


Figura 17: Cable conector Servomotor [13]

2.4.2 Motor de pasos

Síntesis de [5].

Los motores de pasos son motores de corriente directa que se mueven en pasos discretos. Tienen múltiples bobinas que al ser energizadas en una secuencia hacen que el motor de pasos gire de paso a paso.

2.4.2.1 Construcción:

Los Motores paso a paso están formados por dos partes:

-El estator es la parte fija del motor donde sus cavidades van depositadas las bobinas.

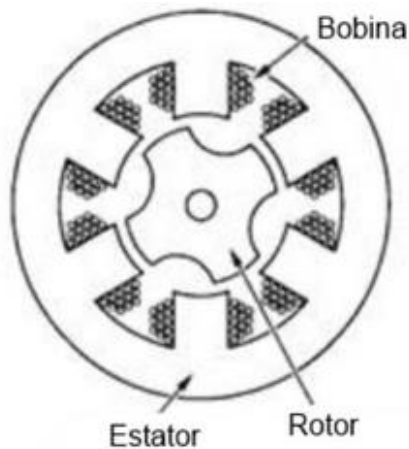


Figura 18: Motor de pasos [15]

-El rotor es la parte móvil del motor construido por un imán permanente.

2.4.2.2 Funcionamiento.

Cuando circula corriente por una o más bobinas del estator crea un campo magnético creando los polos Norte-Sur. Luego el rotor se equilibrará magnéticamente orientando sus polos Norte-Sur hacia los polos Sur-Norte del estator. Cuando el estator vuelva a cambiar la orientación de sus polos a través de un nuevo impulso recibido hacia sus bobinas, el rotor volverá a moverse para equilibrarse magnéticamente. Si se mantiene esta situación,

obtendremos un movimiento giratorio permanente del eje. El ángulo de paso depende de la relación entre el número de polos magnéticos del estator y el número de polos magnéticos del rotor.

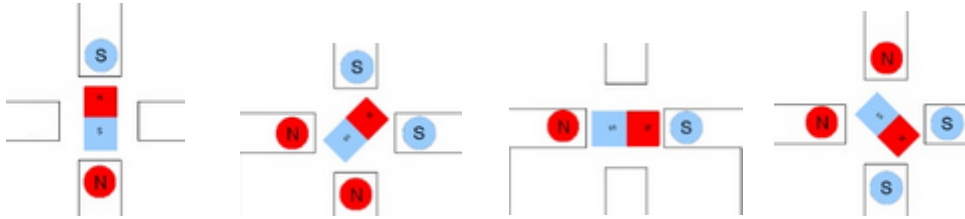


Figura 19: Funcionamiento del motor de pasos. [16]

2.4.2.3 Tipos de motores de paso: Unipolar y bipolar

Los bipolares se componen de 2 bobinas y los unipolares de 4 bobinas. Para diferenciarlos físicamente basta con observar el número de terminales de cada motor. Los bipolares siempre tienen 4 terminales, dos para cada bobina, y los unipolares normalmente tienen 6 terminales, dos para cada bobina y los otros dos son los comunes de estas. Hay motores unipolares con 5 terminales en que los dos comunes están unidos internamente.

La diferencia entre los dos es que un motor paso a paso unipolar se activa una bobina a la vez, mientras que en un motor bipolar se activa más de una bobina a la vez. Esto hace que un motor bipolar tenga más torque que un motor unipolar. Por contra, un motor bipolar es más complejo de controlar que un unipolar.

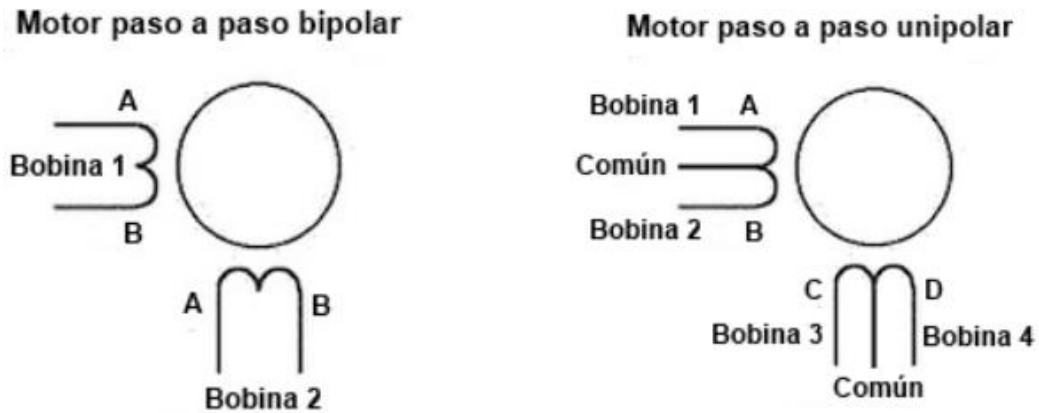


Figura 20: Motores Polares y Unipolares. [14]

2.4.2.4 Secuencias usadas en los motores de paso.

Para el caso de los motores bipolares es necesario invertir la corriente para generar el movimiento en un sentido, la tabla la tabla de pulsos que se le debe aplicar a estos motores es la siguiente:

Paso	Bobina 1A	Bobina 1B	Bobina 2A	Bobina 2B
1	1	0	1	0
2	1	0	0	1
3	0	1	0	1
4	0	1	1	0

Para el caso de los motores de paso unipolares hay 3 secuencias principales, la primera es: Simple o wave drive: Es una secuencia donde se activa una bobina a la vez. Esto hace que el motor tenga un paso más suave pero por el contrario tenga menos torque y menos retención.

Paso	Bobina A	Bobina B	Bobina D	Bobina D
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

Normal: Es la secuencia más usada y la que recomiendan los fabricantes. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y siempre hay dos bobinas activadas. Con esto se obtiene un mayor torque y retención.

Paso	Bobina A	Bobina B	Bobina D	Bobina D
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

Medio paso: Se activan primero dos bobinas y después solo una y así sucesivamente. Esto provoca que el motor avance la mitad del paso real. Esto se traduce en un giro más suave y preciso

Paso	Bobina A	Bobina B	Bobina D	Bobina D
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

El método de medio paso requiere 8 ciclos para generar una revolución, el número de pasos estándar para completar una revolución es 32 pero para tener más resolución se reduce a 64, por lo tanto para el caso de medio paso $8 \times 64 = 512$ ciclos los que se necesitan para que complete una revolución.

2.4.3 Transistores Darlington

Síntesis de [9].

El transistor Darlington es un semiconductor que combina dos transistores bipolares en un único dispositivo. La configuración originalmente realizada con dos transistores separados fue inventada por el ingeniero Sidney Darlington de los laboratorios Bell. La idea de poner dos o tres transistores sobre un chip fue patentada por él. Esta configuración sirve para que el dispositivo sea capaz de proporcionar una mayor ganancia de corriente y, al juntar todo en un integrado, requiere menos espacio que dos transistores normales en la misma configuración.

La ganancia total del Darlington es el producto de la ganancia de los transistores individuales. Un dispositivo típico tiene una ganancia en corriente de 1000 o superior. También tienen un mayor desplazamiento de fase en altas frecuencias que un único transistor, de ahí que pueda convertirse fácilmente en inestable. La tensión base-emisor también es mayor, siendo la suma de ambas tensiones base-emisor. Y para transistores de silicio es superior a 1.2 Volts. La beta de un transistor o par Darlington se halla multiplicando las de los transistores individuales. La intensidad del colector se halla multiplicando la intensidad de la base por la beta total.

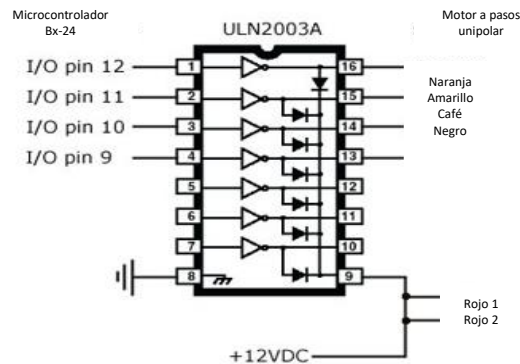


Figura 21: Darlington uln2003an. [17]

Para manejar un motor de pasos, se usa una interfaz que consta de un sistema secuencial y un driver, o manejador de potencia de salida, que tenga la capacidad de conducir la corriente necesaria en las bobinas del motor de pasos

2.5 Alarma y Cámara Pi.

2.5.1 Zumbador

Síntesis de [23].

Un zumbador es un dispositivo que puede generar sonido de tono generalmente agudo. Esto se logra al hacer circular una corriente eléctrica en la bobina dentro del zumbador que genera a su alrededor un campo magnético que hace vibrar un diafragma. Una bobina es un elemento formado por bobinas de alambre que almacena energía en forma de campo magnético.

Los zumbadores se pueden dividir en dos tipos:

- Zumbador Pasivo: Para generar sonidos requiere cambios en la frecuencia.
- Zumbador activo: Realiza sonidos simplemente conectándole voltaje.

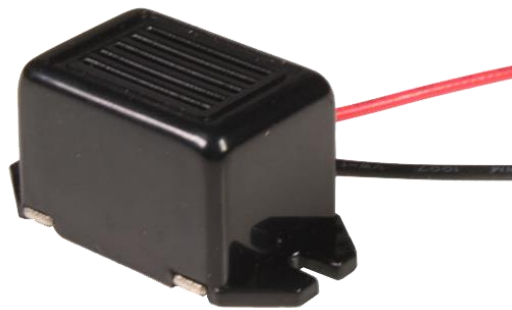


Figura 22: Zumbador electromagnético. [18]

2.5.2 Cámara Pi

Resumen de [4].

Desde el lanzamiento de la Raspberry Pi se ha incluido un conector para vincular una cámara a la unidad de procesamiento de gráficos (GPU). Es una conexión muy rápida, ya que la Raspberry es capaz de mandar imágenes de tamaño 1080p a 30 cuadros por segundo, o a

velocidades de cuadros más altas en menor resolución. Siempre se ha sido su propósito en algún punto lanzar un módulo de cámara que pueda usar este tipo de conexión, así como la posibilidad de transmitir video a altas velocidades a través del GPU sin la interacción del procesador ARM, lo que permitirá a la cámara ser mas mucho más eficiente que cualquier cámara conectada mediante USB. Esto también habilitará el uso de la habilidad del GPU para codificar video H264 o imágenes JPEG en su hardware.

Cámara	Resolución	Interfaz
Módulo de 5 MP	2592x1944 pixeles / 1080p (30cps)	CSI
Cámara Raspberry Pi NoIR	2592x1944 pixeles / 1080p (30cps)	CSI
Visión Nocturna SainSmart IR	2592x1944 pixeles/ 1080p (30cps)	CSI
Pixy (CMUcam5)	1280x800 pixeles / 720p (30cps)	SPI, 12C, UART, USB,...
Sony Playstation Eye PS3	640x480 pixeles / 640x480 (120cps)	USB
Webcam Logitech C525	1920x1080 pixeles / 720p (30cps)	USB
HP Webcam HD-2300	1280x720 Pixeles/720p (30cps)	USB

Tabla 3: Comparativa de cámaras (Introrobotics, 2015).



Figura 23: Conexión Cámara Pi en Raspberry Pi 3 [19]

Lo primero y más importante para empezar, este tipo de cámaras tienen sensibilidad estática, por lo que se tienen que manejar de manera cuidadosa y procurar estar aterrizados a tierra antes de tocar los bordes del PBC en dónde está.

Existen dos conexiones a hacer, el cable cinta necesita conectarse a la cámara y al PBC de la Raspberry Pi también. Es necesario acomodar la cámara del modo correcto o no funcionará. El soporte azul del cable debe de posicionarse del lado contrario al PBC; y sobre la Raspberry debe de estar hacia el conector de Ethernet.

A pesar de que los conectores del PBC y la Pi sean diferentes, funcionan de manera similar. En la Raspberry pi, es necesario abrir las pestañas en los extremos del conector.

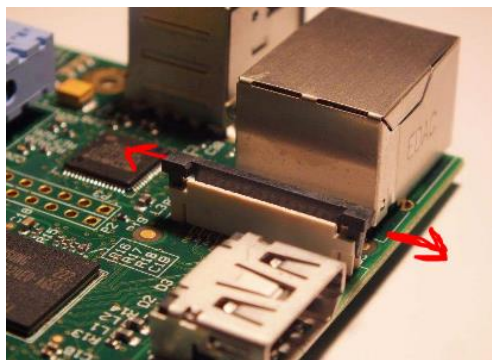


Figura 24: Extremos del conector para la cámara Pi.

Estas deben de abrirse fácilmente, y ser capaces de girar ligeramente hacia afuera. Después se inserta el extremo del cable cinta por completo, asegurándose de que entre derecho, posteriormente se presionan las pestañas hacia abajo para que sujetarlas en su lugar.

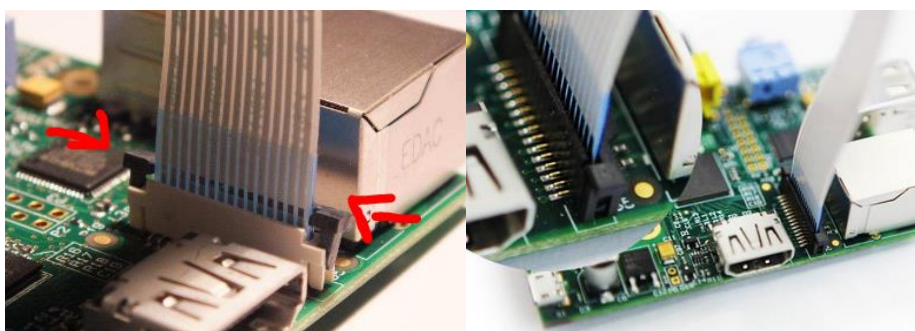


Figura 25: Cómo asegurar la cámara Pi dentro del conector. [20]

Una vez que se tiene el hardware conectado, solo tenemos que asegurarnos de que el software esté instalado correctamente. Existen líneas de comando para instalar la paquetería necesaria, con el driver de la cámara y las actualizaciones del Firmware.

Como cualquier cámara, ésta puede trabajar de dos maneras: puede capturar imágenes fijas, o capturar video de manera separada. Existen procesos y aplicaciones para poder combinar ambas tareas cuando es necesario utilizando un código de programación extenso y difícil de entender.

En caso de que la cámara no funcione debidamente, existen un número de cosas que revisar para asegurarse de que se ha instalado correctamente.

- 1) Los conectores del cable cinta deben estar firmemente situados y de la forma correcta.

- 2) ¿El conector del módulo de la cámara está conectado al PBC de la cámara?
- 3) Correr el comando *sudo apt-get*, para obtener las actualizaciones más recientes.
- 4) Correr el comando *raspi-config* para habilitar la cámara.

Si lo anterior no funciona, revisar las conexiones de los extremos de cada dispositivo y no descartar daño por manejo inapropiado de la cámara.

Para este proyecto se utiliza la Camara Pi v.1.3 que contiene las siguientes características:

- Compatibilidad con modelos A y B de la Raspberry Pi.
- Módulo de Cámara Omnivision 5647 de 5 MP.
- Resolución de imágenes fijas: 2592 x 1944.
- Video: Soporta 1080p a 30cps, 720p a 60cps y grabaciones de 640x480p 69/90.
- Interfaz serie para cámaras mini 15-pin que se conecta directamente a la placa Raspberry Pi.
- Tamaño: 20 x 25 x 9mm.
- Peso 3g.
- Compatibilidad con distintos estuches para Raspberry Pi.

Capítulo 3: Esquema de armado, montaje y programación del sistema.

3.1 Diseño de los mecanismos dosificadores

El diseño de los mecanismos dosificadores se divide en dos partes, uno para comida y uno para medicamento. A continuación se describen el material y las piezas que componen la estructura física:

- 1) Tabla de madera de 57x50cm.
- 2) Barra de contactos.
- 3) 2 Fuentes de alimentación de 5 volts para los motores y Cargador Raspberry Pi.
- 4) 1 metro de tubo de PVC de 2”.
- 5) 1 metro de manguera poliflex de 2”.
- 6) Conector de PVC en forma de “Y” para tubos de 2”.
- 7) Contenedor de plástico circular de 500ml.
- 8) Varios (pijas, tornillos, cables, contenedores PET, cartoncillo etc)
- 9) Válvula de torque de baja presión estilo mariposa prefabricada.
- 10) Transistor Darlington uln2004an.
- 11) Motor a pasos PM335L-48.
- 12) Servo Motor MG995.
- 13) Zumbador electromagnético de 6 V.
- 14) Cámara Pi v1.3.
- 15) Cables calibre 24AWG.
- 16) Raspberry Pi 3 modelo B.

Todas las piezas se encuentran montadas en una superficie de madera para posteriormente poder situar la estructura completa de manera fácil en cualquier lugar de la casa.

3.1.1 Dosificador de comida.

El mecanismo dispensador de comida funciona con un servomotor conectado a una válvula de torque de baja presión estilo mariposa prefabricada con materiales reciclados, dicho motor nos va a permitir ajustar su rotación para dosificar las porciones servidas mediante su sistema de engranes internos. Además su implementación es sencilla y no tiene problema de estancamiento debido a las instrucciones ingresadas para su operación, dicha programación será detallada más adelante.

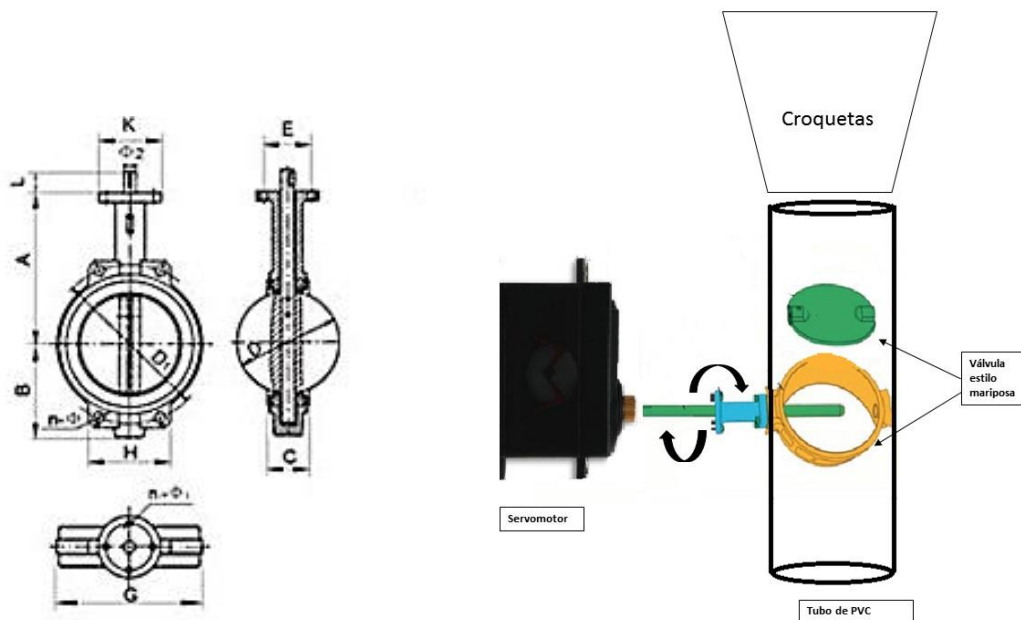


Figura 26: Diseño del dispensador de croquetas. [21] [22]

La válvula se encuentra insertada dentro de un tubo de PVC, éste sirve como guía para transportar las croquetas y que caigan directamente al plato de comida.

La válvula ésta fabricada con tapas de plástico y una varilla de metal. En la parte superior del tubo de PVC se encuentra el tanque de almacenamiento para comida. El servomotor es sujetado por dos pedazos de madera para evitar que el movimiento de los engranes mueva la estructura y pueda ocasionar desajustes.

El resultado es el siguiente:



Figura 27: Dispensador de croquetas

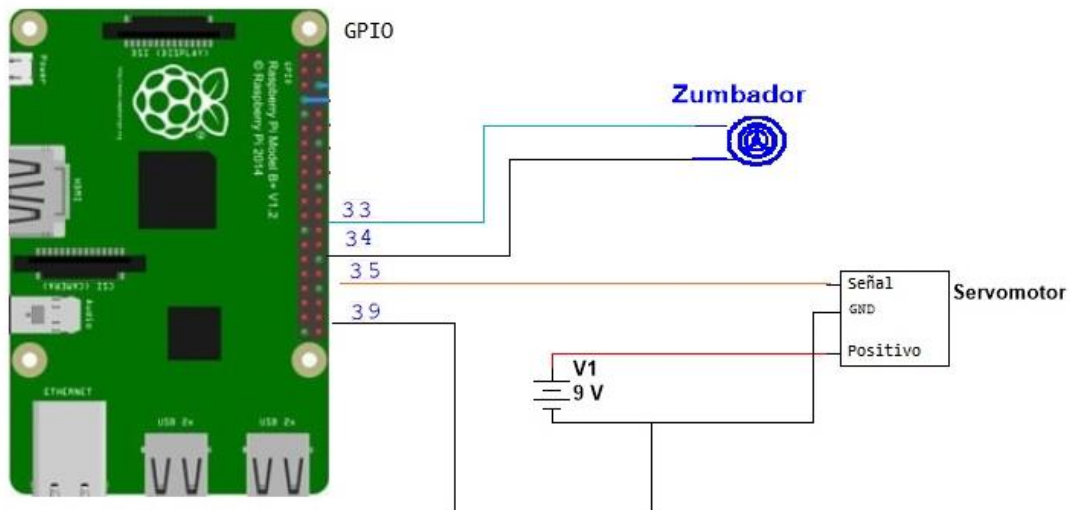


Figura 28: Diagrama de conexión del dispensador de croquetas. [23]

3.1.2 Dosificador de medicamento

A diferencia de del dosificador del alimentos, las medicinas necesitan un procesamiento diferente, ya que la cantidad de pastillas que se tienen que suministrar depende del tipo de la condición que se esté tratando, cada dueño debe saber las necesidades específicas de su mascota y por lo tanto la cantidad de comprimidos que tiene que tomar.

Este prototipo se basa en un tratamiento en el cual la mascota tiene que tomar dos pastillas, una en la mañana y una en noche.

En este dosificador se utiliza un motor a pasos conectado a un agitador radial hecho de cartoncillo, el cual va a girar cierto ángulo para permitir la caída de una pastilla a la vez.

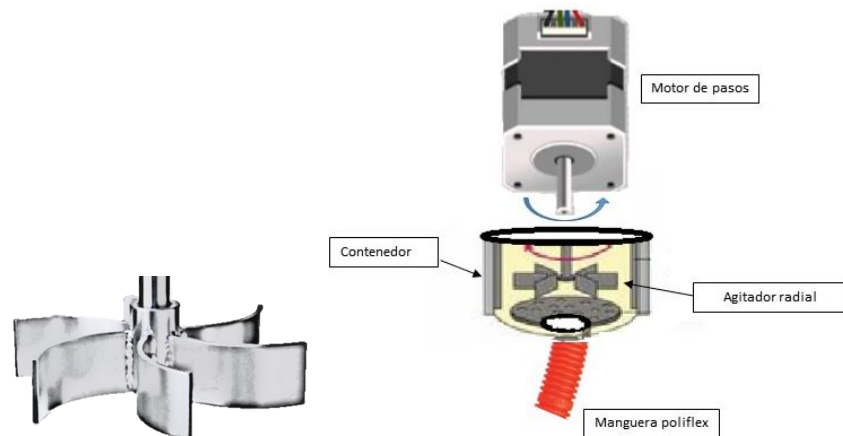


Figura 29: Diseño dispensador de medicamentos [11] [12]

El agitador se encuentra adentro de un recipiente de plástico circular con tapa, para evitar que agentes externos dañen la integridad del medicamento, no altera la consistencia de las pastillas y tiene la capacidad para 8 dosis. Se hizo un corte a la estructura de madera del tamaño del contenedor y se sujetó el motor de pasos con tornillos.

El motor a pasos está conectado al agitador y empuja una pastilla a la vez, ésta cae a través de una manguera hasta el plato de comida.

Un transistor Darlington está conectado entre el motor de pasos y las entradas GPIO de la Raspberry Pi, para asegurarnos de conducir la corriente necesaria a las bobinas del motor.

El resultado es el siguiente:



Figura 30: Dispensador de medicamentos.

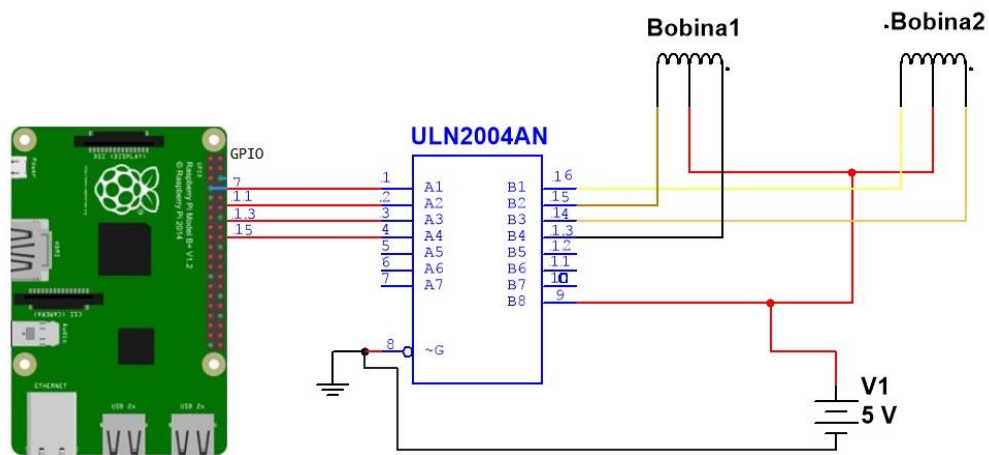


Figura 31: Diagrama de conexión del dispensador de medicamentos. [23]

Finalmente, ambos extremos de los dosificadores (tanto el tubo de PVC como la manguera poliflex) están unidos por una unión PVC “Y” de 45° para asegurar que ambos productos lleguen al plato de la mascota, en caso de que el medicamento tenga que estar mezclada con la comida, ambos caigan en el mismo lugar.



Figura 32: Unión de los dispensadores. [26]

3.2 Montaje Alarma, Cámara, Raspberry Pi y fuentes de alimentación.

Para completar la estructura física de nuestro proyecto, se monta sobre la base de madera el resto de los componentes como se muestra en la Figura 33.

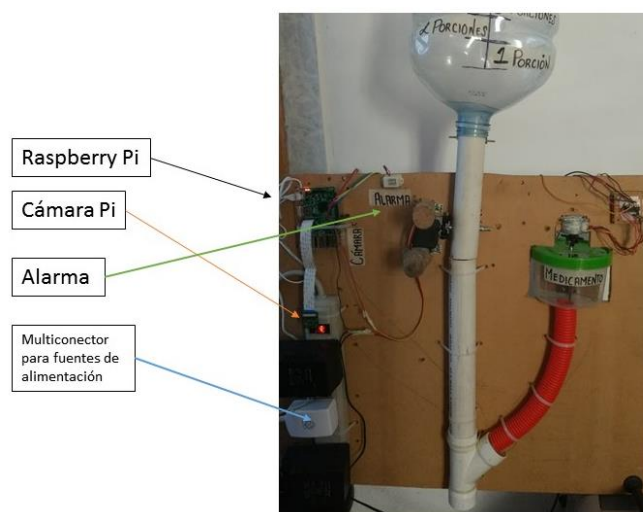


Figura 33: Montaje de los componentes restantes.

La Cámara Raspberry Pi está enfocada al plato del perro para vigilar cuánta comida existe y si el medicamento fue consumido.

El zumbador se activa a consideración de usuario, ya que puede ser activado antes o después de que la comida y el medicamento estén en el plato del perro, depende del adiestramiento de cada mascota.

Cada uno de los motores (Servomotor y motor a pasos) está alimentado con un cargador de 5 V a 1000mA, la Raspberry Pi tiene su propio alimentador de 5 V a 2Amp.

Las GPIO de la Raspberry Pi contienen tres salidas de alimentación, dos de ellas de 5V y una de 3V, una de ellas se utiliza para alimentar el zumbador. Al mismo tiempo la tarjeta también alimenta a la cámara Pi.

3.3 Programación del sistema.

En el Capítulo 2, sección 2.3, se vio la configuración de una Tarjeta Raspberry Pi desde cero, tanto requerimientos de software como hardware. Para ésta etapa del proyecto, se tiene una tarjeta con el Sistema Operativo Raspbian instalado y funcionando. A continuación se muestra la programación de los componentes restantes: Cámara Pi, motores y alarma.

3.3.1 Permisos de Super Usuario en las Raspberry Pi.

El sistema operativo Raspbian permite a varios usuarios conectarse en el equipo. Los privilegios de los usuarios dependen de la cuenta que esté en uso. Los usuarios estándar no tienen permitido editar o abrir archivos de otros, sin embargo el Super Usuario cuyo nombre generalmente es *root* tiene acceso sin restricción a casi todo el sistema.

En el caso de la Raspberry Pi, el usuario con el que se tiene acceso es *pi*, sin embargo por cuestiones del diseño de Raspbian éste necesita el comando *sudo* Super User Do (Super Usuario Hace) antes de ejecutar una instrucción para que el sistema lo ejecute con las propiedades de *root*.

3.3.2 Instalación de la cámara

Una vez instalada como se explicó anteriormente, se valida que la cámara esté habilitada usando el comando:

```
sudo raspi-config
```

Se actualizan los paquetes del sistema operativo Raspbian ejecutando los siguientes comandos:

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get upgrade
```

3.3.2.1 Motion

Cuando se utiliza una Cámara Pi para transmisión de video utilizando una Raspberry Pi, tenemos varias alternativas, una de ellas es utilizar la herramienta *Motion*.

Motion nos permite obtener archivos JPEG, PPM, secuencias de video en MPEG, y más importante, transmisión de video en tiempo real. Simplemente se necesita la instalación del software en la tarjeta, por lo que no requiere configuración extra.

Introducimos los siguientes comandos:

```
sudo apt-get install motion
sudo apt-get install libjpeg62
sudo apt-get install -y libjpeg-dev libavformat56 libavformat-dev
libavcodec56 libavcodec-dev libavutil54 libavutil-dev libc6-dev zlib1g-
dev libmysqlclient18 libmysqlclient-dev libpq5 libpq-dev
```

Establecemos las preferencias de video editando el archivo `motion.conf`

```
Sudo nano/etc/motion/motion.conf
```

- width 640
- height 480
- output_pictures off
- stream_maxrate 100

- framerate 100

Lo que se hace con esta configuración, es definir la resolución del video para monitorear a la mascota.

Hacemos la primera prueba de video introduciendo el siguiente comando:

```
./motion -c motion-mmalcam-both.conf
```

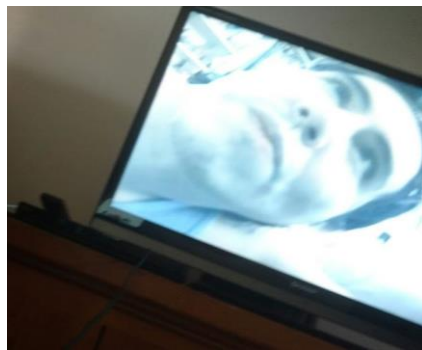


Figura 34: Prueba de la Cámara Pi.

Para que el programa Motion inicie la transmisión de video permanente cada vez que se enciende la Raspberry Pi, es necesario hacer lo siguiente:

Se edita Crontab con el comando `crontab -e`

Se usa nano para editarlo y le incluimos lo siguiente:

```
# m h dom mon dow   command
@reboot sudo /home/pi/./motion -c motion-mmalcam-both.conf &
```

El símbolo @ solicita que el programa se inicie al mismo tiempo que los programas predeterminados de la Raspberry Pi, es necesario ejecutarlo como super-usuario incluir la ruta del programa que queremos que se ejecute. Se incluye ampersand & para que la transmisión de video sea constante y evitar causar conflicto con el sistema operativo, enviar a segundo plano la ejecución del programa y dejar el suelo de raspberrian libre para ejecutar otras instrucciones.

3.3.3 Instalación del Servidor

3.3.3.1 Servidor Apache

Un servidor es una computadora que contiene varios programas que administran servicios centralizados que otros clientes (computadoras) usan para solicitar datos por medio de una conexión a internet generalmente. Cuando un cliente (en un navegador Web) accede a un servidor Web, envía una petición HTTP que recibe el servidor Web. Luego este envía la información a través de protocolo HTTP al cliente en formato HTML. Para más información [8].

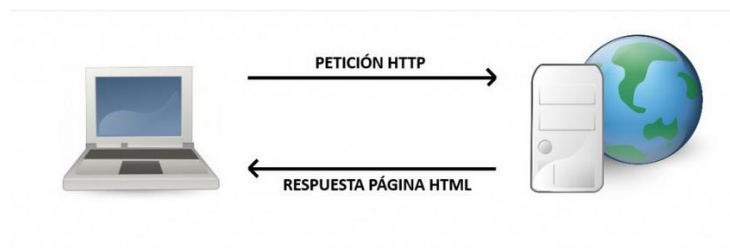


Figura 35: Estructura servidor. [27]

Apache es un servidor Web que puede ser instalado en la Raspberry Pi para alojar páginas Web. Por si mismo éste puede archivar documentos HTML sobre HTTP, y con módulos condicionales que pueden ser utilizados como páginas Web dinámicas usando secuencias de comandos escritas en lenguaje Perl, aunque algunas veces se emplea Python e incluso lenguajes compilados (C, C++, Java, etc.). Hacemos la instalación del servidor Apache para que funcione como alojamiento (host) de nuestra página Web. Primero se ejecutan los siguientes comandos:

```
sudo apt-get install apache2 php5 libapache2-mod-php5
```

Para verificar que efectivamente se ha instalado en la Raspberry Pi, basta con escribir la dirección IP de ésta en cualquier explorador dentro de nuestra red local (ya sea por medio de

una computadora o un teléfono móvil), el cual nos debe direccionar a la página predeterminada del servidor que se muestra a continuación

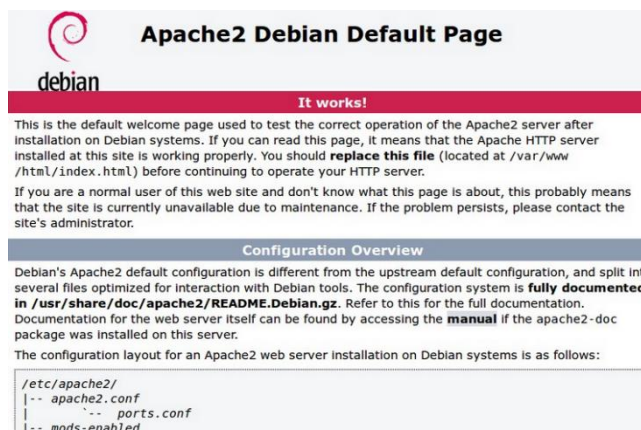


Figura 36: Página predeterminada para el SO Debian.

Si se logra ver la página, significa que el servidor Apache HTTP está instalado y funcionando correctamente. La locación del archivo de la página es:

`/var/www/html/index.php`).

Procedemos a eliminar el archivo HTML predeterminado del Apache para editar nuestra página después y que ésta sea la principal.

```
pi@raspberrypi: /var/www/html $ sudo rm index.html  
pi@raspberrypi: /var/www/html $
```

Apache no tiene suficientes privilegios para modificar los GPIO de la Raspberry Pi, por lo que es necesario agregarle permisos

Se agrega al usuario `www-data` al grupo de Raspberry Pi para que pueda ejecutar los comandos que posteriormente manipularan los motores de los dispensadores por medio de las salidas GPIO.

```
usermod -a -G www-data pi
```

Después de agregar permisos a la carpeta HTML, cambiar al directorio `var/www` e ingresar

```
:/var/www# chmod 775 html
```

Se dan permisos de super usuario a **www-data** con los siguientes comandos:

Sudo visudo y por último añadimos NOPASSWD:ALL para evitar el ingreso de una contraseña cada vez que se inicie el servidor:

```
www-data ALL=(root) NOPASSWD:ALL
```

Por conveniencia la dirección IP asignada al servidor apache es fija y se establece al momento en que se configuran las propiedades de nuestro sistema. Por defecto la Raspberry Pi esta configurada con el protocolo DHCP que es un protocolo de red en donde un servidor asigna una IP de una lista de direcciones IP dinámicas a un servidor sabiendo en todo momento quién ha estado en posesión de esa IP, cuánto tiempo la ha tenido y a quién se le ha asignado después.

Configurando el sistema con una IP, a diferencia del DHCP, permite tener la misma IP cada vez que nuestro sistema se conecte a una red. La manera en que se hizo en la Raspberry Pi es la siguiente:

Se edita el archivo *dhcpcd.conf* ubicado en la dirección: */etc/dhcpcd.conf*

A este archivo se le agregan las siguientes líneas:

```
interface eth0
```

```
static ip_address=192.168.0.10/24
```

```
static routers=192.168.0.1
```

```
static domain_name_servers=192.168.0.1
```

```
interface wlan0
```

```
static ip_address=192.168.0.200/24
```

```
static routers=192.168.0.1
```

```
static domain_name_servers=192.168.0.1
```

En donde:

Interface: Esta define la interfaz de red.

static ip_address: Es la IP que se desea que tenga nuestro sistema como fija.

static routers: La IP de nuestro router.

static domain_name_servers: La IP de nuestro DNS.

3.3.4 Página Web

A continuación se muestra el código que contiene la página Web, la asignación de los botones que darán las instrucciones a los motores para su funcionamiento y activación de la alarma. Usando este código se conoce dónde están ubicados para poder correrlos cuando sea necesario.

Dentro de la carpeta `/var/www/html` se crea el archivo `ejemplo.php` que incluye lo siguiente:

```
<html>
<body bgcolor="#800000">
<br>
<head>
<link href="site.css" rel="stylesheet">
<h1 style="text-align:center;color:white;">Monitoreo de alimento y medicamento cánino</h1>
</div>
</head>
<?php
if (isset($_POST['Croquetas']))
{
exec("sudo python /home/pi/croquetas.py");
}
if (isset($_POST['Medicinas']))
{
exec("sudo python /home/pi/medicinas.py");
}
if (isset($_POST['Alarma']))
{
exec("sudo python /home/pi/dummy.py");
}
?>
<br>
<body>
<form method="post">
<h3 style="color:white;">Elige una opción:</h3> <button id="search" class="btn" name="Croquetas"><h3>Croquetas</h3>
</button>&nbsp;
<button id="search" class="btn" name="Medicinas"><h3>Medicinas</h3></button><br>
<button id="search" class="btn" name="Alarma"><h3>Alarma</h3></button><br>
</form>
<div>
</body>
</html>
```

3.3.4 Programación en Python de los motores dispensadores y alarma.

A continuación se explican los scripts programados para que se ejecuten las acciones requeridas usando las GPIO de la Raspberry Pi. El modelo usado es el de Board para enumerar los pines de la Raspberry directamente como se muestra en la Figura 11.

Los programas se encuentran en la ruta /home/pi como se muestra en la figura

```
pi@raspberrypi:~ $ ls
camera.py  Desktop  Downloads  ffmpeg_3.1.1-1_armhf.deb  medicinas.py  motion-mmalcam-both.conf
croquetas.py  Documents  dummy.py  ffmpeg_3.1.1-1_armhf.deb.1  motion  motion-mmalcam.conf
```

3.3.4.1 Alarma

El archivo dummy.py corresponde al programa que va a llamar al Zumbador que creara un sonido que va a llamar la atención de nuestra mascota.

El contenido del programa es el siguiente:

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time

GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setwarnings(False)

GPIO.setup(33, GPIO.OUT)

GPIO.output(33, GPIO.HIGH)
time.sleep(1)
GPIO.output(33, GPIO.LOW)
time.sleep(1)
```

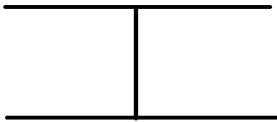
Poniendo el pin 33 como +3v o -3v dependiendo cuantas veces se queira que suene y al final siempre incluyendo *GPIO.cleanup()* para poder incluir otros procesos al término de la ejecución de este.

3.3.4.2 Servomotor

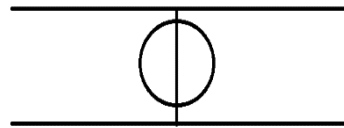
1

2

Finalmente el último ciclo *for*, da la orden de ir de 90 a 180 para después detenerse, debido a que cuando la válvula está en reposo sea cual sea su posición no fluirán croquetas, es el movimiento continuo de la válvula lo que hace que haya un flujo y las croquetas no se queden atoradas en el mecanismo, el último ciclo *for* se comporta así:



1

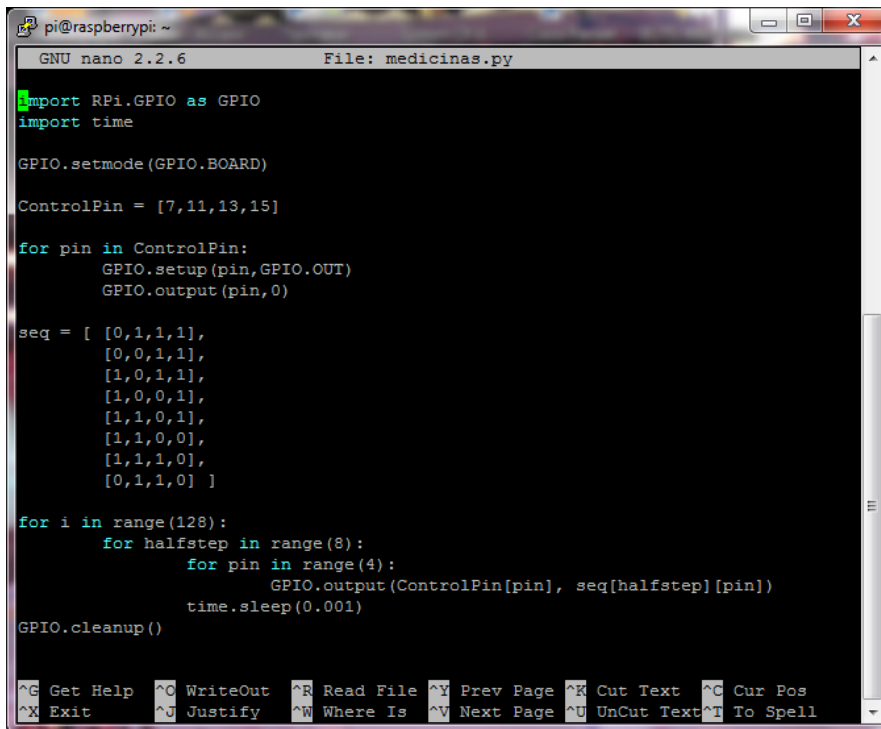


2

Como resultado obtenemos la porción deseada, si quisiéramos aumentar o disminuir el alimento existen dos formas en las que podemos cambiar el ciclo:

- 1) Incluir uno o más ciclos *for* al código para que se siga moviendo la válvula hasta cumplir con la porción.
- 2) Cambiar el valor de *time.sleep* ya que si lo hacemos más pequeño todo el ciclo durara menos tiempo y fluirá menos alimento, o si le asignamos un valor más grande el servo se moverá más lento lo que arrojará más comida.

3.3.4.3 Motor de pasos



```
pi@raspberrypi: ~
GNU nano 2.2.6 File: medicinas.py
import RPi.GPIO as GPIO
import time

GPIO.setmode(GPIO.BOARD)

ControlPin = [7,11,13,15]

for pin in ControlPin:
    GPIO.setup(pin,GPIO.OUT)
    GPIO.output(pin,0)

seq = [ [0,1,1,1],
        [0,0,1,1],
        [1,0,1,1],
        [1,0,0,1],
        [1,1,0,1],
        [1,1,0,0],
        [1,1,1,0],
        [0,1,1,0] ]

for i in range(128):
    for halfstep in range(8):
        for pin in range(4):
            GPIO.output(ControlPin[pin], seq[halfstep][pin])
            time.sleep(0.001)
GPIO.cleanup()
```

Primero declaramos los pines de las salidas que van a controlar al motor de pasos, después las secuencia que vamos a aplicar, en nuestro caso utilizaremos secuencias de medio paso para poder conseguir el nivel de torque que necesitamos.

El valor de rango de un ciclo completo es 512, pero para nuestro proyecto utilizamos un rango de valor 128 que se desplaza la distancia suficiente como para arrojar la medicina. Después declaramos las 8 secuencias que hacen girar al motor de pasos y asignamos 4 pines como salida. Finalmente ponemos un tiempo de espera *time sleep* para que haga una pausa después de cambiar de un estado a otro, de lo contrario los estados cambiarían demasiado rápido y el motor de pasos se comportaría errático.

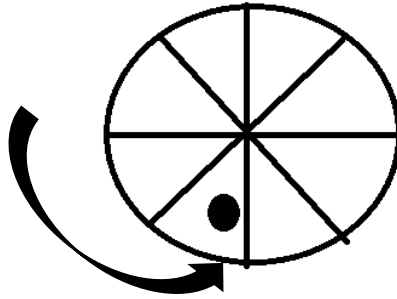


Figura 37: Funcionamiento de la programación en el motor de pasos

Visto desde arriba notamos que cada ejecución del código *medicinas.py* va a hacer girar el sistema lo suficiente como para que arroje una medicina a la vez.

Debido a que el motor de pasos es de alta precisión, cada que se ejecuta el comando, el agitador de la estructura se va a desplazar la misma distancia cada vez que se oprima el botón de “medicinas”.

Es improbable que la medicina se quede atorada debido a que se puso la pastilla dentro de un premio de carne en forma esférica y asegurando que caerá una sola de estas cada vez que se ejecute el comando de medicinas.

3.3.5 Ajustes finales

También creamos un archivo llamado *camara.html* en el que se establece la salida de la cámara con las configuraciones que se hicieron en Motion y asegurando que el video se muestre en un marco extendido al 100% para evitar que la imagen se contraiga y siempre veamos el cuadro completo.

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<body bgcolor="#800000">

<div id="Container"
  style="padding-bottom:56.25%; position:relative;
display:block; width: 100%">
  <iframe width="100%" height="100%"
    allowfullscreen webkitallowfullscreen
    src="http://192.168.0.85:8081"
    frameborder="0"
    style="position:absolute; top:0; left: 0">
  </iframe>
</div>
</body>

```

Ahora creamos el archivo index.php que se había borrado anteriormente, para poder editarlo conforme a nuestras necesidades.

```

pi@raspberrypi:~ $ cd /var/www/html/
pi@raspberrypi:/var/www/html $ ls
index.php

```

En este archivo simplemente incluimos el comando creado para la visualización de video en la página Web y un marco para separar las instrucciones y la imagen, el código se muestra a continuación:

```

<!DOCTYPE html>
<html>

<frameset cols="15%,25%">
  <frame src="ejemplo.php">
  <frame src="camara.html">
</frameset>

</html>

```

Lo que da como resultado la página final deseada como se muestra a continuación.

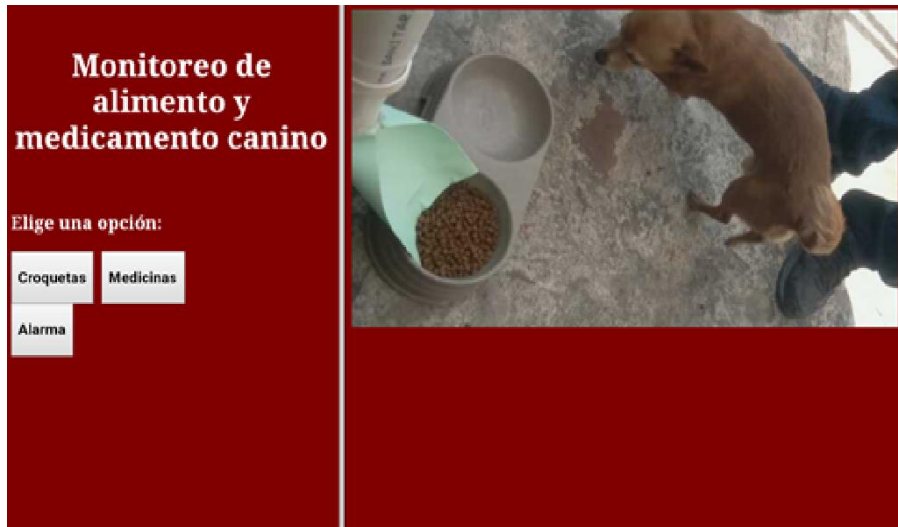


Figura 37: Página Web final completada.

Capítulo 4: Obtención y análisis de datos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas funcionales realizadas empleando la página Web para manipular los dispensadores y la alarma, así como el monitoreo de las variables.

4.1 Datos obtenidos

El día 19 de febrero del 2017 se realizó la primera prueba funcional en la que le presentamos el sistema completo a la mascota, en la cual estuvimos presentes para ver cómo se comportaba. Al principio la alarma sonora no hizo mucho efecto ya que no estaba familiarizado con el sonido.



Figura 38: Prueba 1 del sistema completo con mascota.

El perro comió las croquetas y el medicamento hasta que los mecanismos dejaron de hacer ruido. Repetimos la prueba 5 veces para ayudarlo a relacionar el sonido con los dispensadores. Como se puede ver en la Figura 38 el cuadro del video se ve al 100% sin importar si la página es monitoreada desde una computadora o un celular.

Posteriormente se realizaron distintas pruebas desde otro lugar de la casa para familiarizar al perro con los dispensadores y que este vaya a consumir el alimento dónde sea que se encuentre la estructura, de igual forma se incorporaron las pertenencias del animal para hacer

más agradable la convivencia con la estructura física del proyecto. La siguiente Figura 39 es evidencia es del 22 de Marzo del 2017:



Figura 39: Prueba del sistema ubicado en un lugar diferente.

Por último se realizó un último video para mostrar cómo se ve el proceso completo desde la Cámara Pi.

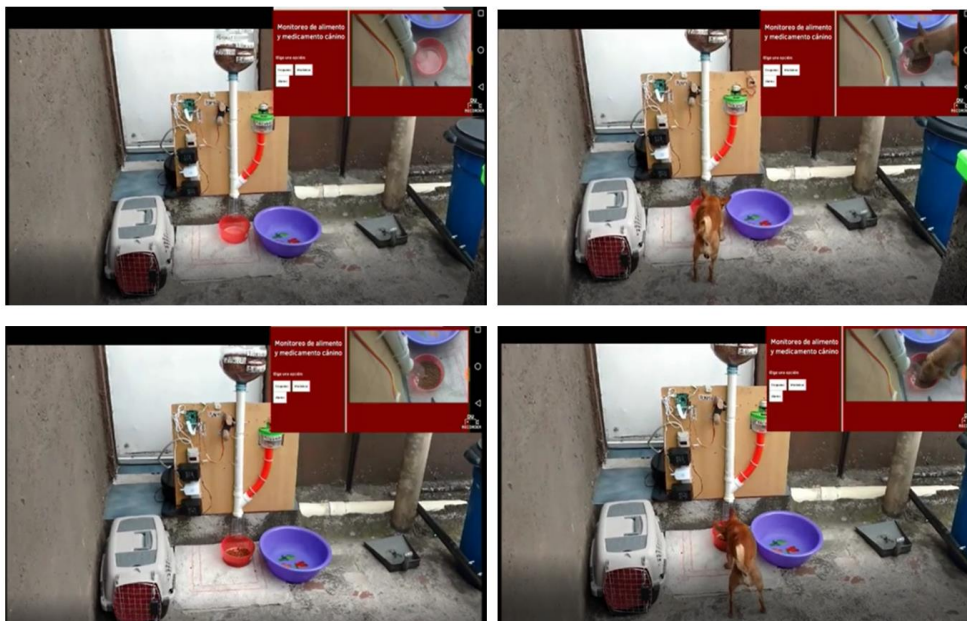


Figura 40: Prueba final

En la Figura 40 podemos ver que el perro sea familiarizado por completo con el mecanismo, identifica el sonido de la alarma y sabe que recibirá croquetas o medicamento.

4.2 Análisis de datos

La alarma sonora sirvió para condicionar positivamente a la mascota, la cual relaciona el sonido como la confirmación de que algo bueno va a pasar, una promesa de recompensa que se entregará de inmediato, es un proceso al que se acostumbra rápidamente.

“Muchos seres vivos pueden encontrar satisfactorio un sonido si lo asocian con comida [...] Estímulo neutro (un sonido, campana, alarma, etc.) más un estímulo positivo (comida)” [22]

De la misma forma suministrar el alimento por medio de premios que le gusten mucho al perro, facilita la toma de medicinas y lo convierte en una experiencia positiva.

Para que el dispensador remoto de alimento y medicina funcione correctamente hay consideraciones que se tienen que tomar en cuenta:

- Evitar sobrecargar el tanque de almacenamiento de croquetas y distribuir las mismas de manera uniforme para evitar problemas de estancamiento.
- Ubicar correctamente el plato de la mascota para que el alimento sea introducido correctamente y evitar desperdicio de alimento.
- Tener una toma de corriente exclusiva para el dispensador, i.e. evitar conectarlo a una extensión para evitar variaciones de luz que puedan afectar los componentes.
- El desempeño del dosificador depende de la configuración inicial, en caso de incrementar o disminuir ciclos para personalizar la dosis de alimento, es necesario hacer pruebas que garanticen el funcionamiento y con esto evitar sobrecargar el sistema con las variaciones de respuesta y velocidad.
- La página Web está diseñada para que el usuario interactúe de manera remota con su mascota, los botones de manejo se deben de ejecutar uno a la vez, ya que al hacer la elección de alguna tarea, ya sea sonar la alarma o servir comida, el sistema lleva a cabo la instrucción y no es posible ingresar otra hasta que se termine de ejecutar el comando en curso.

- Se debe asegurar que la calidad de la señal de Internet llegue al módulo WiFi de la Raspberry Pi para su funcionamiento de manera remota.

4.3 Futuro de la solución

4.3.1 ¿Cómo puede ayudar a otras personas?

Este prototipo fue diseñado para el uso doméstico en donde se atienden las necesidades de un solo perro el cual permanece solo durante largos periodos de tiempo y que padece una condición tratable con pastillas. Ya que la asociación sonido-comida implementado en este proyecto fue aceptada satisfactoriamente por un canino adulto, sin adiestramiento previo, podemos proponer que la solución sea fabricada para atender a cualquier raza y edad de perro con la capacidad de escuchar.

Este prototipo tiene un costo de fabricación aproximado de \$1,580 pesos mexicanos. En comparación con los alimentadores de perros con un precio mayor a \$5,000 pesos mexicanos encontrados en las páginas de:

- www.mercadolibre.com
- http://www.ebay.com/?_ul=MX



Figura 41: Alimentador para mascota, ejemplo 1. [28]

Ventaja: A diferencia de nuestro proyecto, este alimentador incluye un micrófono que funciona como alarma sonora para llamar la atención del perro.

Desventaja: No incluye compartimento extra para la administración de medicamento.



Figura 42: Alimentador para mascota, ejemplo 2. [29]

Ventaja: Servicio de nube para guardar los datos de alimentación, guarda fotos y videos.

Desventaja: No incluye compartimento extra para la administración de medicamento.

Estimado del costo de materiales del proyecto de esta Tesis:

PIEZA	COSTO
1 Raspberry Pi 3 modelo B	\$950.00
1 Servomotor	\$105.00
1 Motor de pasos	\$37.00
1 Cámara para Raspberry Pi.	\$220.00
Materiales de maqueta (PVC, madera, cables, zumbador, etc...)	\$85.00
1 Circuito Darlington	\$20.00
1 Eliminador para Raspberry Pi	\$95.00
1 Eliminador para servo	\$65.00
TOTAL	\$1,577.00

Con el precio del alimentador más caro (\$8,499 MNX), podemos construir aproximadamente 5 dispensadores con las mismas características.

Con lo que podemos proponer el uso de este prototipo en lugares como:

- **Refugios de animales:** donde cada animal se encuentra dentro de una jaula, o en caso de que exista un animal enfermo en cuarentena, éste puede estar aislado y recibir comida y medicamento sin necesidad de que alguien entre constantemente a atenderlo, y todo monitoreado con la ayuda de la cámara.
- **Pensiones caninas:** De acuerdo con la encuesta “México: Las mascotas en nuestros hogares” realizada por Consulta Mitofsky en marzo del 2011, del total de personas entrevistadas, 57.6% mencionó tener mascotas. De los animales de compañía, el perro es de los preferidos (83.6%), seguido por el gato (29.6%) y las aves (27.1%), entre otros.

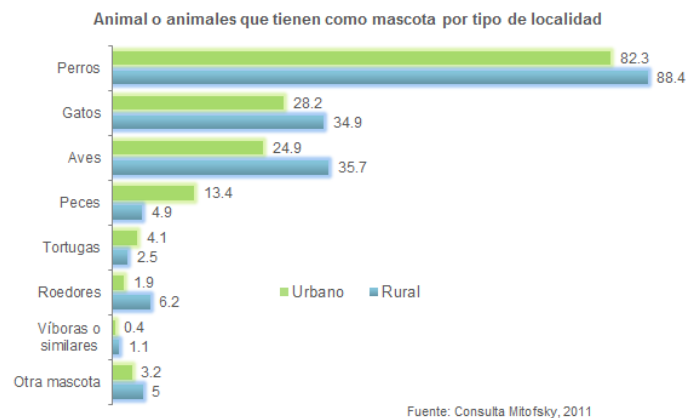


Figura 43: Tipo de mascota según la localidad. [30]

En el mercado se encuentran pensiones para perros, establecimientos que brindan el servicio de guarda y custodia temporal, con fines de alojamiento y alimentación, de un animal de compañía o animal de servicio (animales que previo adiestramiento obedecen instrucciones o están condicionados para lograr fines específicos), excluyendo toda clase de atención o servicio médico veterinario, aunque éste puede ofrecerse con costo adicional. Para más información [1]

Para este tipo de lugares puede ser de gran utilidad un dispensador que además de alimentar a sus “huéspedes” también les proporcione alimento en caso de necesitarlo y además los dueños puedan ver la actividad del perro desde la cámara.

4.3.2 Mejoras futuras:

- Con una inversión mayor, podemos construir nuestro prototipo con materiales más resistentes y de ser posible incluir todos sus componentes dentro de una pieza para portabilidad, así como ofrecer variedad de diseño.
- Buscar métodos para alimentar el sistema de manera autosustentable para eliminar la toma de luz y descartar el uso de baterías desechables o recargables.
- Configurar más de una cámara por medio de IP para ofrecer un circuito cerrado de que permita supervisar la actividad desde diferentes puntos.

Conclusiones

Con el desarrollo de este proyecto se puede ver que el monitoreo remoto pueden tener aplicaciones prácticas más allá de sólo supervisar la actividad de un lugar en particular. La implementación del dosificador de comida y en especial el de medicamento cubre una necesidad real.

Con la implementación de las cámaras se logró el objetivo de poder supervisar la cantidad real de comida que consume la mascota, así como si ingiere o no los medicamentos en caso de necesitarlos, como cualquier sistema de monitoreo que se adquiere, éste permite obtener seguridad y tranquilidad para los usuarios al poder atender las necesidades alimentarias y médicas de sus mascotas desde el lugar en dónde se encuentren.

Se obtuvo un sistema funcional de bajo costo, ya que fueron utilizados materiales reciclados y componentes accesibles, como la Raspberry Pi 3, que en comparación de una computadora convencional, es más económica y capaz de realizar tareas similares. La elección de un Sistema Operativo como Raspbian también permitió reducir el precio de la construcción del sistema evitando el pago de licencias. Es posible construir dispensadores con las mismas características en cuanto a precio y tipo de servicios ofrecidos para competir con los ya existentes.

Se logró diseñar un sistema de fácil construcción en el cual se pueden conectar los periféricos necesarios directamente a la Raspberry Pi 3 para el control de los motores dispensadores, la alarma sonora y la instalación de la cámara.

Un proyecto como este, puede ser utilizado no solo para usuarios particulares, sino también en albergues o pensiones para perros.

Como primer prototipo, también tiene sus limitaciones:

Debido a la naturaleza de su construcción, se sabe que no es un prototipo portable, es necesario que le sea signado un lugar específico en donde la señal de Internet tenga alcance al módulo WiFi de la Raspberry Pi, así como su propio contacto para la alimentación. Para algunas mascotas, la cantidad de comida que puede almacenar el contenedor tal vez no sea

suficiente para cubrir una semana completa y el tipo de medicamento para poder suministrar se reduce a comprimidos o cápsulas.

Índice de Figuras

FIGURA 1: PROPUESTA DE SOLUCIÓN. [1]	2
FIGURA 2: CANTIDAD NECESARIA DE ALIMENTO DIARIA.	14
FIGURA 3: PREMIOS PARA MEDICAMENTO.	15
TABLA 1: ALIMENTADORES PARA PERROS EXISTENTES. (GOOGLE SHOPING)	17
FIGURA 4: MECANISMO DE TORNILLO SIN FIN. [2]	18
FIGURA 5: MECANISMO VÁLVULA ROTATIVA. [3].....	19
FIGURA 6: MECANISMO BANDA. [4].....	19
FIGURA 7: ALMACENAMIENTO DE CROQUETAS.....	21
FIGURA 8: DIAGRAMA GENERAL	22
FIGURA 9: COMPONENTES INTERNOS DE UN MICROCONTROLADOR. [5].....	24
FIGURA 10: ESQUEMA DE PLACA RASPBERRY PI MODELO B [6]	25
FIGURA 11: COMPARATIVA RASPBERRY PI [7]	26
FIGURA 12: SALIDAS GPIO [8].....	32
FIGURA 13: ANTENA WI-FI INCLUIDA EN RASPBERRY PI 3. [9]	33
TABLA 2. DISEÑO DE ACTUADORES ROTATORIOS	35
FIGURA 14: COMPONENTES DE UN SERVO: A) CARCASA, B)MOTOR DC, C) POTENCIOMETRO, D) CIRCUITO DE CONTROL, E) TREN REDUCTOR, F) BRAZO (ELEMENTO TERMINAL DEL EJE). [10]	36
FIGURA 15:SERVOMOTOR MG995. [12]	36
FIGURA 16: DURACIÓN DE DIFERENTES CICLOS DE TRABAJO.	37
FIGURA 17: CABLE CONECTOR SERVOMOTOR [13].....	37
FIGURA 18: MOTOR DE PASOS [15].....	38
FIGURA 19: FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE PASOS. [16].....	39
FIGURA 20: MOTORES POLARES Y UNIPOLARES. [14]	40
FIGURA 21: DARLINGTON ULN2003AN. [17].....	42
FIGURA 22: ZUMBADOR ELECTROMAGNÉTICO. [18]	43
TABLA 3: COMPARATIVA DE CÁMARAS (INTROROBOTICS, 2015).	44
FIGURA 23: CONEXIÓN CÁMARA PI EN RASPBERRY PI 3 [19].....	45
FIGURA 24: EXTREMOS DEL CONECTOR PARA LA CÁMARA PI.....	46

FIGURA 25: CÓMO ASEGURAR LA CÁMARA PI DENTRO DEL CONECTOR. [20].....	46
FIGURA 26: DISEÑO DEL DISPENSADOR DE CROQUETAS. [21] [22].....	49
FIGURA 27: DISPENSADOR DE CROQUETAS	50
FIGURA 28: DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL DISPENSADOR DE CROQUETAS. [23]	50
FIGURA 29: DISEÑO DISPENSADOR DE MEDICAMENTOS [11].....	51
FIGURA 30: DISPENSADOR DE MEDICAMENTOS.	52
FIGURA 31: DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL DISPENSADOR DE MEDICAMENTOS. [23].....	52
FIGURA 32: UNIÓN DE LOS DISPENSADORES. [26]	53
FIGURA 33: MONTAJE DE LOS COMPONENTES RESTANTES.	53
FIGURA 34: PRUEBA DE LA CÁMARA PI.	56
FIGURA 35: ESTRUCTURA SERVIDOR. [27].....	57
FIGURA 36: PÁGINA PREDETERMINADA PARA EL SO DEBIAN.....	58
FIGURA 37: FUNCIONAMIENTO DE LA PROGRAMACIÓN EN EL MOTOR DE PASOS	65
FIGURA 37: PÁGINA WEB FINAL COMPLETADA.....	67
FIGURA 38: PRUEBA 1 DEL SISTEMA COMPLETO CON MASCOTA.....	68
FIGURA 39: PRUEBA DEL SISTEMA UBICADO EN UN LUGAR DIFERENTE.	69
FIGURA 40: PRUEBA FINAL	69
FIGURA 41: ALIMENTADOR PARA MASCOTA, EJEMPLO 1. [28].....	71
FIGURA 42: ALIMENTADOR PARA MASCOTA, EJEMPLO 2. [29].....	72
FIGURA 43: TIPO DE MASCOTA SEGÚN LA LOCALIDAD. [30]	73

Bibliografía

1. Beade Ruelas, A., & García Soto, C. (11 de agosto de 2014). *Pensiones caninas ¿Con quién se queda el perro?*. Obtenido de Profeco.: http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2014/bol286_Pensiones_caninas%20.asp
2. *Alimento Animal*. (15 de Febrero de 2012). Obtenido de WordPress.com: www.alimentoanimal.com
3. Aranda , D. (2014). *Electrónica: Plataformas Arduino y Raspberry Pi*. Buneos Aires, Dalaga: 2014.
4. Ashton , S. (Julio de 2013). *The Mag Pi*. Obtenido de Raspberry Pi Org.: <https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/MagPi14.pdf>
5. *Asociación de la Industria Eléctrica-Electrónica, AIE*. (2013). Obtenido de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>
6. *Ateuves*. (12 de agosto de 2015). Obtenido de <http://ateuves.es/premios-para-cuidar-la-dentadura-de-las-mascotas-y-administrar-medicamentos/>
7. *Criadero Von Osten*. (2006). Obtenido de <http://www.criaderovonosten.com>
8. *DiyMakers*. (7 de agosto de 2014). Obtenido de <http://diymakers.es/raspberry-pi-como-servidor-web/>
9. *estuelectronic*. (28 de diciembre de 2011). Obtenido de <https://estuelectronic.wordpress.com/2011/12/28/transistor/>
10. Eugenio, V. (s.f.). Recuperado el 13 de abril de 2015, de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>.
11. Fidalgo Álvares , L. E., Rejas López, J., Ruiz de Gopegui Fernandez, R., & Ramons Antón, J. (2003). *Patología médica veterinaria*. León: Salamanca.
12. Gonzales, D. (20 de diciembre de 2013). *Slideshare*. Recuperado el 3 de mayo de 2015, de <http://es.slideshare.net/rayback58/curso-de-microcontroladores-pic18-f4550>
13. *Google Shopping*. (s.f.). Obtenido de https://www.google.com/search?hl=en&output=search&tbm=shop&q=dog+feeder&oq=dog+feeder&gs_l=products-cc.3..0110.37204.38657.0.38825.10.8.0.0.0.0.345.608.2-1j1.2.0...0...1.1.64.products-cc..8.2.604.tHK0ry1WMeM#q=dog+feeder&hl=en&tbs=vw:l,ss:44,p_ord:pd&tbm
14. *Guía de productos industriales*. (2007). Obtenido de <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/rosca%20helicodal.htm>
15. *Informática hoy*. (10 de mayo de 2013). Obtenido de <http://www.informatica-hoy.com.ar/aprender-informatica/Que-es-el-sistema-operativo.php>
16. *Instituto Mexicano de Registro Canino*. (s.f.). Obtenido de [imrc: https://www.registro-canino.org/](https://www.registro-canino.org/)

17. *Introrobotics*. (24 de Febrero de 2015). Obtenido de Into Robotics: <https://www.intorobotics.com/raspberry-pi-camera-guide/>
18. *issu*. (14 de marzo de 2015). Obtenido de https://issuu.com/susanaoubina/docs/pr__ctica_7_control_de_giro_y_veloc
19. Knowles , G. (2016). *Cocina sana para tu perro*. La Esfera de los Libros S.L.
20. Kruegle, H. (2007). *CCTV Surveillance*. Burlington MA: ELSERVIER.
21. Lloret Mauri, J., García Pineda, M., & Borornat Seguí, F. (2008). *IPTV: La televisión por Internet*. Málaga: Publiaciones Vértice S.L.
22. Nick, O. (2014). *Cómo adiestrar a tu perro en 4 semanas*. Editorial HISPANO EUROPEA, 2014.
23. *Panamahitek*. (3 de febrero de 2014). Obtenido de <http://panamahitek.com/generar-distintos-tonos-con-un-buzzer/>
24. SAMIRA, G., & ALBERTO, J. (5 de diciembre de 2008). *Microcontroladores*. Recuperado el 2 de mayo de 2015, de <http://losmicrocontroladores.blogspot.mx/2008/12/microcontroladores-historias.html>
25. Tanenbaum, A. (2003). *Computer Networks*. Prentice Hall PTR.
26. *unican.es*. (s.f.). Obtenido de http://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH7ST_Web.pdf
27. Urroz Madrigal, C. (2000). *Farmacología y manejo de productos veterinarios*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
28. VDM, I. (27 de julio de 2016). *VDM soluciones para la industria*. Obtenido de <http://www.vdm.cl/pdf/Catalogo.pdf>
29. *WeXionGan*. (2010). Obtenido de <http://spanish.weixongan.com/059012/b%C3%A1sculas-transportadoras-para-agregados>

Referencias de Imágenes.

1. <https://i.blogs.es/177f8b/navegadoreslogo/original.png>, <http://www.web-robotica.com/wp-content/uploads/2015/09/motor-paso-a-paso-28byj-para-arduino-604x270.jpg>
2. <http://lorenzobasurto.tripod.com/tornillo.html>
3. <http://www.avac.ind.br/Images/Produtos/ValvulasDosagem/Rotativas/Diagramas/Ac05.jpg>
4. http://www.coperionktron.com.es/images/imagelib//graphics/ControlLoop_WBF_EN.jpg
5. https://jonybattery7.files.wordpress.com/2010/10/eluc_01.png
6. Aranda , D. (2014). *Electrónica: Plataformas Arduino y Raspberry Pi*. Buneos Aires, Dalaga: 2014. Pág 151.
7. <https://i1.wp.com/comohacer.eu/wp-content/uploads/comparativa-raspberry-pi-2.png>
8. <http://www.toptechboy.com/wp-content/uploads/2015/06/raspberry-pi-2-pinout.jpg>
9. <http://www.wirelesshack.org/wp-content/uploads/2016/03/Raspberry-Pi-3-Vs-Raspberry-Pi-2.jpg>
10. <http://www.aurova.ua.es/previo/dpi2005/docs/publicaciones/pub09-ServoMotores/servos.pdf>
11. http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/24564-5366409.jpg
12. <http://www.coldfire-electronica.com/mystore/item/26/b/servomotor-towerprog995-15kg-cm>
13. <http://www.fatlion.com/sailplanes/images/jrconnector.png>
14. <http://diymakers.es/wp-content/uploads/2013/12/bipolar-unipolar.png>
15. <http://diymakers.es/wp-content/uploads/2013/12/Stepper-partes.jpg>
16. <http://diymakers.es/wp-content/uploads/2013/12/PASOS-STEPPER.jpg>
17. <http://www.jasonbabcock.com/computing/breadboard/pantable1/ULN2004A.gif>
18. http://www.compics.es/2112-thickbox_default/zumbador-electromagnetico-tipo-chicharra.jpg
19. <https://www.amazon.com/SainSmart-Camera-Module-Webcam-Raspberry/dp/B00FGKYHXA>
20. <https://i1.wp.com/www.pi-supply.com/wp-content/uploads/2013/07/raspberry-pi-camera-board-installation-800x800.jpg?resize=90%2C90&ssl=1>
21. <http://g03.s.alicdn.com/kf/HTB1Jau6LXXXXXXXXZpXXq6xXFXXXw/225647387/HTB1Jau6LXXXXXXXXZpXXq6xXFXXXw.jpg>
22. http://newimg.globalmarket.com/PicLib/714/2917714/prod/0479cc192200d9099295a47d6192e901_1.jpg
23. <http://fritzing.org/media/fritzing-repo/projects/r/raspberry-pi-3/images/Capture2.PNG>
24. <http://rufianenlared.com/wp-content/uploads/2016/02/circuito-1-1024x931.png>
25. <http://www.proconstruye.net/wp-content/uploads/2015/08/Poliflex-con-guia.jpg>
26. https://www.yervaguena.com/4218-large_default/union-y-pvc.jpg
27. <http://diymakers.es/wp-content/uploads/2014/08/SERVER-1024x322.jpg>

28. http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-581937588-alimentador-automatico-perro-gato-camara-wifi-_JM
29. <http://i.ebayimg.com/images/g/-0MAAOSwZ8ZXBh2M/s-l300.jpg>
30. https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2014/Imagen%20.%20Mascotas%20por%20tipo%20de%20localidad.png

A Especificaciones Raspberry Pi 3 Modelo B

Especificaciones técnicas:

- Broadcom BCM2837, procesador Quad Core ARMv7 de 64bits, computadora de una sola placa que corre a 1.2Hz.
- 1GB RAM.
- Módulo WiFi BCM43143.
- Bluetooth de bajo consumo BLE (Bluetooth Low Energy).
- GPIO extendidas a 40 pines.
- 4 puertos USB 2.
- Salida sonido stereo y Puerto de Video Compuesto.
- HDMI de tamaño completo.
- Puerto para cámara Pi CSI.
- Puerto para monitor DSI, puede conectar una pantalla táctil.
- Puerto para tarjeta Micro SD, carga el sistema operativo y almacena información.
- Conector para fuente de alimentación Micro USB mejorado (Ahora soporta hasta más de 2.4 Amp).
- Se espera que tenga la misma forma que la versión Pi 2 Modelo B, sin embargo los LEDs se encuentran en un lugar diferente.

B Especificaciones Cámara Pi v1.3

Especificaciones técnicas:

- Compatibilidad completa con Raspberry Pi modelos A y B.
- Módulo de Cámara Omnivision 5647 de 5MP.
- Resolución de imagen estática: 2594 x 1944.
- Video: Soporta 1080p a 30fps (cuadros por segundo), 720p a 60fps y 640x480p en grabaciones.
- Interfaz en serie de 15 pines MIPI que se conecta directamente a la tarjeta Raspberry Pi 3.
- Tamaño: 20 x 25 x 9 mm.
- Peso: 3g.
- Consumo eléctrico 1.5 V.