



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TRANSMISION
DE VIDEO PARA OPERACIONES DE INFILTRACION Y RESCATE**

AUTOR(ES):

**PABLO ISRAEL INCA OROZCO
JESSICA ALEXANDRA PADILLA ADRIANO**

AÑO

2016

Los miembros de Tribunal de Graduación del proyecto de investigación con el título: **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TRANSMISION DE VIDEO PARA OPERACIONES DE INFILTRACION Y RESCATE** presentado por: **Pablo Israel Inca Orozco, Jessica Alexandra Padilla Adriano** y dirigida por: **Ingeniero Fabián Gunsha**.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite el presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Paulina Vélez
Presidente del Tribunal



Firma

Ing. Fabián Gunsha
Director del Proyecto



Firma

Ing. Jorge Hernández
Miembro de Tribunal



Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del grado de Ingeniero en ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES. Con el tema:

“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TRANSMISION DE VIDEO PARA OPERACIONES DE INFILTRACION Y RESCATE” ha sido elaborado por los estudiantes **Pablo Inca** y **Jessica Padilla**, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor por lo que se encuentran aptos para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor de la verdad.



Ing. Fabián Gunsha

C.I. 060260177-5

AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a **Pablo Inca, Jessica Padilla e Ingeniero Fabián Gunsha**; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Pablo Israel Inca Orozco

C.I 060423630-7



Jessica Alexandra Padilla Adriano

C.I 060410865-4

AGRADECIMIENTO

En mi vida universitaria pase por muchos percances que pudo cambiar el ritmo de mi vida, pero la constancia de mis padres a quien hago homenaje en este presente escrito, les voy agradecer mil veces por estar presentes en cada paso que di, a mi padre Pedro Inca que con sus sabias palabras me aconsejaba cuando los errores de mi vida se hacían presentes y con sus palabras de aliento “dale hijo no desmayes” Salí a delante, a mi madre Matilde Orozco quien me soporto y cuido en todos los peores y buenos momentos, estuvo ahí para ayudarme y darme aliento, a mis hermanas Mercedes y Mónica que estuvieron pendientes en los pasos que daba, a mi Cuñado José Jarrin que supo darme apoyo y darme algún consejo cuando me sentía solo, a mis sobrinos Josué, Mishell, Kathy, Ignacio, Gabriel y Pamela que llenaron esos días de cansancio por los estudios en días de alegría con sus locuras y ocurrencias, a mis amigos Guillermo, Jeka, , Fernando, Liz y Miguel que hicimos una amistad fuerte y siempre nos dimos la mano para no dejar atrás a uno de nosotros, a mi grupo de panas “LDM”, siempre estamos pendiente de lo que ocurre en nuestras vidas y sin duda a mi hija Lizeth y a mi novia Taty que han sido un punto fundamental e importante en mi vida a veces hemos llorado juntos pero siempre estuvieron para apoyarme y darme cada día la alegría de vivir.

Pablo Inca

AGRADECIMIENTO

A mis amados padres Carmen y Miguel quienes son la bendición más grande que Dios me ha dado, cuyo apoyo, ayuda y aliento diario que me han permitido llegar a la cima de una etapa de la vida, ejemplos de trabajo y esfuerzo constante, siempre protegiéndome y luchando por mi formación espiritual y académica, contando al cien por ciento con su confianza y amor, enseñándome que nunca deje de confiar en mis capacidades.

Mi amiga, mi confidente, mi todo, mi madre la mujer ideal mi luz al final del camino, la mujer que amo con todo mi corazón.

Mis hermanos que siempre supieron comprenderme y apoyarme en todas mis decisiones y preparación académica y tú mi gorda Cristel, mi princesa, dueña de la alegría de la casa.

A mis tíos y amigos que a pesar de la distancia recibí el apoyo incondicional, ese apoyo familiar que permite crecer como persona, como mujer y como amiga.

Jessica Padilla

DEDICATORIA

La sabiduría es algo que no se gana de un día para el otro sino con el pasar de los años.

Amados papá y mamá su esfuerzo constante, sus enseñanzas, sus largos días de trabajo dieron frutos, termine un ciclo más de mi vida gracias a Uds. y con ello me llevo grandes enseñanzas tanto académico, humano y espiritual que poder aplicar en mi vida cotidiana y en cada acción que realice siempre estarán presentes en mi mente y mi corazón. A mis hermanas y a mi cuñado que me brindaron su apoyo incondicional, a mis sobrinos les dejo una pequeña nuestra que con esfuerzo y tenacidad se puede llegar a cumplir los sueños y a mis dos corazones que me acompañan en mi nueva vida Taty y a mi hija Lizeth que vean en mi como una persona que nunca se rindió y siempre da lo mejor me si por conseguir y cumplir los sueños. Con estas pequeñas palabras, dedico este trabajo expuesto rindiendo homenaje a la dedicación es esfuerzo y al amor que pusimos en nuestra carrera y a nuestro trabajo de final de grado.

Pablo Inca

DEDICATORIA

A mis amados padres quienes son mi ejemplo de paciencia y sabiduría, quienes han luchado por mi prosperidad y educación, quienes han sido mi apoyo incondicional, mi madre amada Carmen pilar fundamental en mi vida, mi eje , mi ejemplo, mi amiga mi todo brindándome siempre su amor, su confianza y apoyo en todo momento y hermanos Jenny, Aracely y Jostin que son mi motivación de perseguir siempre mis sueños, quienes me alientan con sus deseos de superación, mi gorda Cristel, mi pequeña que siempre comparte esos pequeños detalles de amor y aventura, les dedico todo el trabajo y cariño que he puesto en la realización del trabajo final de grado.

Jessica Padilla

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DEL TUTOR...	iii
ÍNDICE DE FIGURAS...	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN...	xii
SUMMARY...	xiv

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	2
CAPITULO I.....	3
1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	3
1.1 Sistema de Transmisión	3
1.1.1 Introducción	3
1.1.2 Características	3
1.1.3 Ventajas según (Jairo, 2009).....	4
1.1.5 Desventajas según (CEDOM, 1990).....	5
1.1.6 Tipos de Dispositivos ZigBee	5
1.1.7 Topología	6
1.2 Giroscopio.....	7
1.2.1 Introducción	7
1.2.2 MPU-6050	8
1.2.3 Especificaciones según (ROBOLOGS, 2000).....	9
1.3 Servomotores	11
1.3.1 Introducción	11
1.3.2 Servomotor en la industria.....	12
1.3.3 Funcionamiento	12
1.3.4 Ventajas según (Adrian Burlacu, 2011).....	13
1.3.5 Tipos de servomotores	14
1.3.5.1 Clasificación según su topología	14
1.3.5.2 Clasificación según el tipo de movimiento.....	14
1.4 XBee	14
1.4.1 Introducción	14
1.4.2 Funcionamiento de los XBEE.....	16
1.4.3 Comunicación XBEE.....	17
1.4.4 Arquitectura del XBEE.....	18
1.5 CAMARA IP	19
1.5.1 Introducción	19
1.5.2 Función	20
1.5.4 CÁMARA IP EasyN MODELO F3-M137	20
2 METODOLOGIA.....	24
2.1 Tipo de estudio.....	24
2.1.1 Descriptivo.....	24
2.2 Métodos, Técnicas e Instrumentos.....	24

2.2.1 Métodos	24
2.2.1.1 Analítico/ Deductivo.....	24
2.3 Técnicas	25
2.3.1 Observación	25
2.3.2 Instrumentos.....	25
2.4 Población y muestra.....	25
2.4.1 Población	25
2.4.2 Muestra	25
2.5 Hipótesis	26
2.6 Operacionalización de variables	26
2.7 Procedimientos.....	27
2.8 Análisis	28
2.8.1 Estructura Mecánica	29
2.8.1.1 Estructura para los servos	29
2.8.1.2 Estructura del Transmisor.....	30
2.8.2 Diseño electrónico	31
2.8.2.1 Circuito electrónico del Transmisor	31
2.8.2.2 Circuito Electrónico del receptor.....	32
2.8.3 Sistema de comunicación.....	35
2.8.3.1 Transmisor	35
2.8.3.2 Receptor.....	37
2.8.3.3 App Inventor.....	40
2.8.4 Comprobación de Hipótesis.....	42
2.8.4.1 Planteamiento de la hipótesis estadística.....	42
CAPITULO III	45
3 RESULTADOS	45
CAPITULO IV	48
4 DISCUSIÓN	48
CAPITULO V.....	49
5 Conclusiones y Recomendaciones.....	49
5.1 Conclusiones	49
5.2 Recomendaciones	50
CAPITULO VI	51
6 PROPUESTA	51
6.1 Título de la propuesta.....	51
6.2 Introducción	51
6.3 Objetivos	52
6.3.1 Objetivo General.....	52
6.3.2 Objetivos Específicos	52
6.4 Fundamentación Científico-Técnico.....	52
6.5 Descripción de la propuesta	53
6.6 Diseño organizacional.....	54
6.7 Monitoreo y Evaluación de la propuesta	54
7 BIBLIOGRAFÍA	55
8 ENLACES WEB	56
9 ANEXOS	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Dispositivos ZigBee	5
Figura 2 Topologías de redes inalámbricas más usadas.	6
Figura 3 Los giroscopios eléctricos se utilizaron en los cohetes V-2.....	7
Figura 4 MPU-6050.....	9
Figura 5 Planos en la que trabaja la IMU	10
Figura 6 Medidas reales MPU-6050.....	11
Figura 7 Servomotor	13
Figura 8 Módulo XBee	15
Figura 9 Ventana del software X-CTU.....	17
Figura 10 Comunicación XBee	18
Figura 11 Distribución de los pines XBee.....	19
Figura 12 Cámara ip EasyN.....	21
Figura 13 Diagrama de bloques funcionales	28
Figura 14 Moldes para a base de servos	29
Figura 15 Servos montados en la base.....	30
Figura 16 Audífonos con el circuito electrónico transmisor	31
Figura 17 Circuito electrónico transmisor	32
Figura 18 Esquema Electrónico del circuito receptor	33
Figura 19 Circuito electrónica de Potencia.....	34
Figura 20 Circuito electrónica de Potencia en placa	34
Figura 21 Programación del transmisor.....	35
Figura 22 Programación del receptor	38
Figura 23 MIT App Inventor	40
Figura 24 Ventana inicial	41
Figura 25 Icono para ingresar los datos.....	41
Figura 26 Ingrese la clave correcta.....	41
Figura 27 Icono para la opcion salir	42
Figura 28 Movimientos del sensor en un campo real.....	45
Figura 29 Posición frontal del sistema de recepción	77
Figura 30 Posición lateral del sistema de recepción.....	77
Figura 31Circuito del sistema de transmisión	78
Figura 32 Posición frontal del MPU-6050 y su alimentación	78
Figura 33 Gafas de realidad virtual	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de escala y el valor máximo	9
Tabla 2 Características básicas EasyN MODELO F3-M137	21
Tabla 3 Operacionalización de variables.....	26
Tabla 4 Porcentajes de efectividad Esperadas.....	43
Tabla 5 Valores Críticos Método Chi-Cuadrado.....	43
Tabla 6 Resultados del método estadístico del CHI-CUADRADO.....	44
Tabla 7 Campo visual en un área abierta.....	46
Tabla 9 Campo visual en un área cerrada.....	47

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño y la implementación de un sistema de transmisión de video para operaciones de infiltración y rescate, basado en el control de una cámara ip Easyn modelo F3-M137 con movimientos de la cabeza.

La comunicación se realiza mediante módulos XBee, entre los servos que sostienen la cámara y el circuito electrónico de la cabeza que tiene un MPU-6050, este sensor contiene internamente un giroscopio y un acelerómetro, que determina la posición de la cabeza, y permita enviar el movimiento hacia los servos. Además el teléfono móvil recibe el video proveniente de la cámara con un programa desarrollado en App Inventor para sistema operativo Android mediante una WLAN.

El diseño mecánico y electrónico está construido para que la estructura pueda ser acoplada en robots de exploración, el sistema tiene una comunicación de 48m aproximadamente en el campo visual en una área abierta y 35m en área cerrada.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

CENTRO DE IDIOMAS

Lic. Geovanny Armas

06 de Septiembre del 2016

SUMMARY

This paper presents the design and implementation of a system for the transmission of video to infiltration operations and rescue, based on the control of an IP camera Easyn model F3-M137 with movements of the head.

The communication is done through modules XBee, between the servos that hold the camera and the electronic circuit of the head that has a MPU-6050, this sensor contains an internal gyroscope and an accelerometer, which determines the position of the head and to send the movement toward the servos. In addition the mobile phone receives the video from the camera with a program developed in App Inventor for Android operating system using a WLAN.

The mechanical and electronic design is built to the structure can be docked in robots of exploration, the system has a communication of 48m approximately in the visual field in an open area and



INTRODUCCIÓN

En el mundo de las telecomunicaciones existen sistemas de transmisión de video utilizado en operaciones de exploración y rescate, manipulados manualmente, con elementos como joystick, control remoto, etc. La flexibilidad y movilidad de dichos sistemas se han aplicado en tecnologías ya existentes y se ha generado nuevas necesidades para el control de los equipos de exploración.

Existen diversos sistemas de transmisión de video: por cable, inalámbrica, para trabajar con diseños de exploración el emisor como el receptor deben tener un sistema compatible de comunicación para que el equipo funcione adecuadamente, esta tecnología de video se ha vuelto indispensable en las instituciones dedicadas a los sistemas de rescate, por medio de la transmisión en vivo se ha abierto nuevas necesidades en la distribución de contenidos que están destinadas a dar soluciones eficientes.

Una investigación creativa es el diseño de un sistema de video para diversas operaciones de exploración que sea manipulado por movimientos, uno de los aspectos importantes dentro de este tipo de sistema, es la calidad de los contenidos, la cual está directamente relacionado con el sistema de comunicación.

Esta tesis se enfoca en el diseño e implementación de un sistema de transmisión de video, para operaciones de infiltración y rescate, consiste en controlar una cámara con movimientos de la cabeza, utilizando un sistema de comunicación ZigBee y una interfaz wifi, que permite controlar la posición de la cámara desde la posición de la cabeza a una distancia determinada, el video es receptado en un teléfono con sistema operativo Android, con la aplicación de App Inventor.

CAPITULO I

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Sistema de Transmisión ZigBee

1.1.1 Introducción

Transmisión de video se realiza mediante una red y permite que el usuario maneje la cámara mediante movimientos de la cabeza. Es de gran necesidad tener conocimientos básicos de los equipos necesarios para la transmisión de video. Después se aplica las instrucciones adquiridas en la Institución sobre los conceptos básicos de las telecomunicaciones y la robótica y se establece un plan de pruebas que se aplica a un dispositivo.

“Una de las prácticas actuales en la construcción y modernización de sitios Web, es el empleo de multimedia para hacer estos sitios más dinámicos y recreados. La transmisión de video es una percepción que hace referencia a material de audio y vídeo para poder ser visualizado en tiempo real a través de LAN.” (Cheah, 2012)

1.1.2 Características

Según (Herrera, Introducción a las telecomunicaciones modernas, 1998)

- ✓ ZigBee, también conocido como "HomeRF Lite", es una tecnología inalámbrica con velocidades comprendidas entre 20 kB/s y 250 kB/s.
- ✓ Los rangos de alcance son de 10 m a 75 m.
- ✓ Puede usar las bandas libres ISM (6) de 2,4 GHz (Mundial), 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU).

- ✓ Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transceiver ZigBee dormido con objeto de consumir menos que otras tecnologías inalámbricas.
- ✓ Un sensor equipado con un transceiver ZigBee pueda ser alimentado con dos pilas AA durante al menos 6 meses y hasta 2 años.
- ✓ La fabricación de un transmisor ZigBee consta de menos circuitos analógicos de los que se necesitan habitualmente.
- ✓ Diferentes tipos de topologías como estrella, punto a punto, malla, árbol.
- ✓ Un mejor soporte para las redes más grandes, ofreciendo más opciones de gestión, flexibilidad y desempeño.
- ✓ Capacidad para dividir mensajes más largos y permitir la interacción con otros protocolos y sistemas.
- ✓ Agilidad de frecuencia.
- ✓ Ofrece una optimización adicional de tráfico necesaria para las grandes redes.

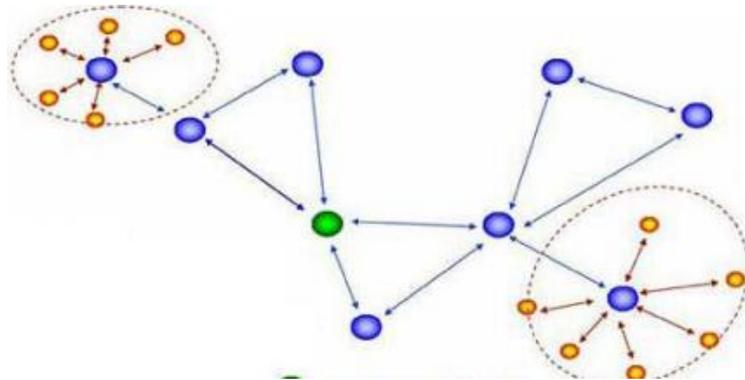
1.1.3 Ventajas según (Jairo, 2009)

- ✓ Ideal para conexiones punto a punto y punto a multipunto.
- ✓ Diseñado para el direccionamiento de información y el refrescamiento de la red.
- ✓ Opera en la banda libre de ISM 2.4 Ghz para conexiones inalámbricas.
- ✓ Óptimo para redes de baja tasa de transferencia de datos.
- ✓ Alojamiento de 16 bits a 64 bits de dirección extendida.
- ✓ Reduce tiempos de espera en el envío y recepción de paquetes.
- ✓ Detección de Energía (ED).
- ✓ Proporciona larga duración de la batería.
- ✓ Soporte para múltiples topologías de red: Estática, dinámica, estrella y malla.
- ✓ Son más baratos y de construcción más sencilla.

1.1.5 Desventajas según (CEDOM, 1990)

- ✓ La tasa de transferencia es muy baja.
- ✓ Solo manipula textos pequeños comparados con otras tecnologías.
- ✓ ZigBee trabaja de manera que no puede ser compatible con bluetooth en todos sus aspectos porque no llegan a tener las mismas tasas de transferencia, ni la misma capacidad de soporte para nodos.
- ✓ Tiene menor cobertura porque pertenece a redes inalámbricas de tipo WPAN.

1.1.6 Tipos de Dispositivos ZigBee



● Coordinador ZigBee, ● Router ZigBee, ● Dispositivo final

Figura 1 Dispositivos ZigBee

Fuente: <https://sites.google.com/site>

Tenemos los siguientes dispositivos ZigBee según (Domotica, 2008)

Coordinador ZigBee (ZC): Sus funciones son las de encargarse de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos, requiere memoria y capacidad de computación.

Router ZigBee (ZR): Interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario.

Dispositivo final ZigBee (ZED): Posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre (el coordinador o un router) como se ve en la figura 1, pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos.

1.1.7 Topología

En la figura 2 se muestra que la capa de red soporta múltiples configuraciones de red incluyendo estrella, árbol, punto a punto y rejilla o malla.

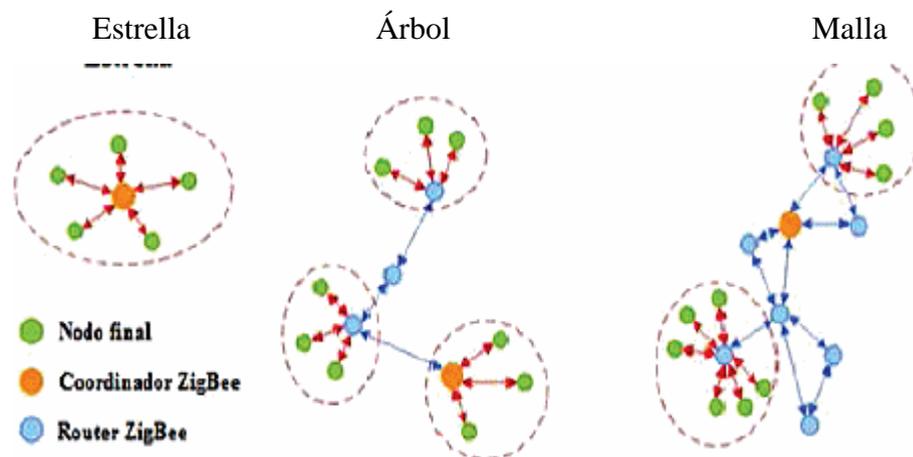


Figura 2 Topologías de redes inalámbricas más usadas.

Fuente: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php>

Topologías según (CEDOM, 1990)

Configuración en estrella: Uno de los dispositivos tipo FFD asume el rol de coordinador de red y es responsable de inicializar y mantener los dispositivos en la red. Todos los demás dispositivos zigbee finales hablan directamente con el coordinador.

Configuración de rejilla: El coordinador ZigBee es responsable de inicializar la red y de elegir los parámetros de la red, pero puede ser ampliada a través del uso de routers ZigBee.

Topología punto a punto: A diferencia con la topología estrella, cualquier dispositivo puede comunicarse con otro siempre y cuando estén en el mismo rango de alcance circundante.

Topología de árbol: Muchos dispositivos son FFDs y los RFD pueden conectarse como un nodo único al final de la red. Cualquiera de los FFDs restantes pueden actuar como coordinadores y proveer servicios de sincronización hacia otros dispositivos o coordinadores.

1.2 Giroscopio

1.2.1 Introducción

“Los giroscopios eléctricos eran unos voluminosos artefactos que valían la mayor parte del presupuesto militar de un estado. Más tarde, durante la segunda guerra mundial se emplearon para dirigir cohetes y torpedos. Por suerte, gracias la revolución digital y la miniaturización de circuitos, hoy en día cualquier aficionado a la electrónica puede permitirse uno. Aunque no para construir misiles.” (Teubi, 2012) Véase en la figura3



Figura 3 Los giroscopios eléctricos se utilizaron en los cohetes V-2

Fuente:(Share, 2016)

El giroscopio mide la velocidad angular, esta velocidad es el número de grados que gira en un segundo.

Al ángulo inicial del giroscopio se puede sumarle el valor que marca el giroscopio para saber el nuevo ángulo en un tiempo determinado y siempre sea iniciado a 0°. Si el giroscopio realiza una medida cada segundo, y marca 3 en el eje X, tendremos el ángulo con esta sencilla ecuación 1.

$$\mathbf{AnguloY} = \mathbf{AnguloY Anterior} + \mathbf{GiroscopioY} \cdot \mathbf{\Delta t} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Δt es el tiempo que transcurre, **AnguloYAnterior** es el último ángulo calculado y **GiroscopioY** es la lectura del ángulo Y del giroscopio.

El mismo procedimiento con los ejes X, Z. con la excepción del eje Z, porque no se puede calcular un ángulo Z con el Acelerómetro, no se puede aplicar un Filtro Complementario para el eje Z.

1.2.2 SENSOR MPU-6050

Es un una pieza de hardware sofisticada, funciona como un chip de 6 grados de libertad porque incluye un acelerómetro y un giróscopo de 3 ejes.

Los sensores internos miden aceleraciones lineales y angulares, el procesador interno del **IMU** es capaz de realizar cálculos sobre la marcha para dar información de los ángulos de inclinación con respecto a los 3 ejes principales. Cuenta con una resolución de 16-bits, significa que divide el rango dinámico en 65536 fracciones, estos aplican para cada eje X, Y y Z al igual que en la velocidad angular. El sensor es ideal para diseñar control de robótica, medición de vibración, sistemas de medición inercial, detector de caídas, sensor de distancia y velocidad (Huidobro J, 2010)



Figura 4 MPU-6050

Fuente: (Teubi, 2012)

El circuito integrado MPU-6050 cuenta con una resolución de 16-bits, lo cual significa que divide el rango dinámico en 65536 fracciones, estos aplican para cada eje X, Y y Z al igual que en la velocidad angular.

A continuación se muestra la tabla 1 los rangos de escala y el valor máximo

Tabla 1 Rangos de escala y el valor máximo

Fuente: (Teubi, 2012)

Rango De Escala Completa Giroscopio	Sensibilidad del Giroscopio	Rango De Escala Completa Acelerómetro	Sensibilidad del Acelerómetro
±250	131	±2	16384
±500	65.5	±4	8192
±1000	32.8	±8	4096
±2000	16.4	±16	2048

1.2.3 Especificaciones según (ROBOLOGS, 2000)

- ✓ Salida digital de 6 ejes.
- ✓ Giroscopio con sensibilidad de ±250, ±500, ±1000, y ±2000dps
- ✓ Acelerómetro con sensibilidad de ±2g, ±4g, ±8g y ±16g
- ✓ Algoritmos embebidos para calibración
- ✓ Sensor de temperatura digital
- ✓ Entrada digital de video FSYNC

- ✓ Interrupciones programables
- ✓ Voltaje de alimentación: 2.37 a 3.46V
- ✓ Voltaje lógico: 1.8V±5% o VDD
- ✓ 10000g tolerancia de aceleración máxima

El acelerómetro mide la aceleración, que comúnmente se expresa en los 3 ejes: X, Y y Z, del plano, es decir si se mueve el sensor hacia arriba, el eje Z marca un valor, hacia delante marca el eje X, etc.

“La gravedad de la Tierra tiene una aceleración de aprox. 9.8 m/s², perpendicular al suelo. Así pues, la IMU también detecta la aceleración de la gravedad terrestre, gracias a esto se puede usar las lecturas del acelerómetro para saber cuál es el ángulo de inclinación respecto al eje X o eje Y.” (Tanenbaum, 2003)

En la figura 5 se muestra cuando el sensor esté perfectamente alineado con el suelo, el eje Z marcará 9.8, y los otros dos ejes marcarán 0 y cuando se gira 90 el eje X está perpendicular al suelo, es por eso que marca la aceleración de la gravedad.

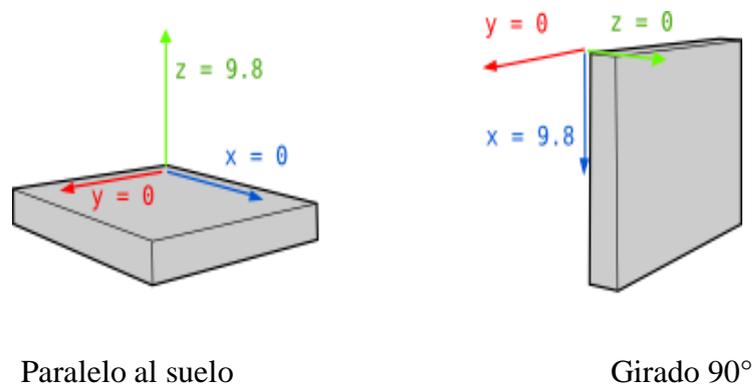


Figura 5 Planos en la que trabaja la IMU

Fuente: (Portadina, 2016)

Una buena fórmula para calcular el ángulo es:

$$\text{Angulo } Y = \text{atan}\left(\frac{x}{\sqrt{y^2 - z^2}}\right) \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Angulo } X = \text{atan}\left(\frac{y}{\sqrt{x^2 - z^2}}\right) \quad (\text{Ecuación 3})$$

El ángulo se calcula a partir de la gravedad, por lo tanto no se puede calcular el ángulo Z, es decir se necesita de un magnetómetro, como en el datasheet si no

contiene un magnetómetro nunca podrá calcular con precisión el ángulo Z. Sin embargo, por lo tanto la mayoría de aplicaciones sólo necesitan los ejes X e Y.

Los cálculos se muestran en el anexo 9.

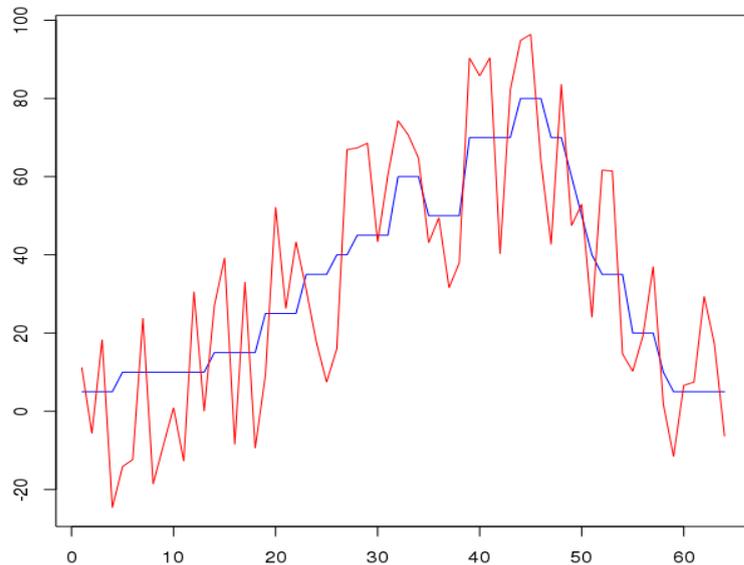


Figura 6 Medidas reales MPU-6050.

Fuente: (Teubi, 2012)

1.3 Servomotores

1.3.1 Introducción

Estos dispositivos son considerados una de las materias primas en el diseño y la construcción de los robots. Si se combina y administra los movimientos en un montaje mecánico adecuado, un grupo variable de servomotores puede dar motricidad y locomoción a sistemas controlados de manera lo diseño robótico.

“Un servomotor es básicamente un actuador mecánico basado en un motor y un conjunto de engranajes que permiten multiplicar el torque del sistema final, el cual posee elementos de control para monitorear de manera constante la posición de un elemento mecánico que será el enlace con el

mundo exterior. Es decir, ante una acción inducida electrónicamente a un servomotor, obtendremos por resultado una respuesta mecánica controlada.” (Garrec, 2013)

1.3.2 Servomotor en la industria

Un servomotor es un motor que básicamente puede ser controlado en su velocidad de funcionamiento y en la posición dentro de un rango de operación para poder llevar a cabo la actividad requerida. Este control es realizado mediante un dispositivo llamado encoder, que mediante una señal electrónicamente codificada, indica las acciones de velocidad y movimiento a ejecutar.

“La función de un servomotor en un equipo o máquina, permite que tenga control de la posición, dirección y velocidad de una carga o herramienta, mediante su utilización. Servo viene de siervo, que básicamente quiere decir que puede cumplir cualquier función que le sea programada desde un control maestro, teniendo siempre el mando de la posición en la que se encuentra.” (Cheah, 2012)

1.3.3 Funcionamiento

El servo se comunica mediante pulsos eléctricos a través de un circuito de control para determinar el ángulo de posición del motor, espera recibir un pulso cada 20 milisegundos, la longitud del pulso determinará los giros de motor; un pulso de 1.5 ms, por ejemplo, hará que el motor vaya a una posición de 90 grados posición neutra, si el pulso es menor de 1.5 m, entonces el motor se acercará a los 0 grados, si el pulso es mayor de 1.5ms, el eje se moverá acercándose a los 180 grados, luego de esto, al interior del controlador de movimiento o posicionador está un programa que tiene la capacidad de completar la tarea de una aplicación específica; el cual monitorea la posición del motor y comunica al accionamiento servocontrolado la necesidad de mover el servomotor hacia la posición deseada o

comandada. (Uppita, 2002) Véase en a figura 7



Figura 7 Servomotor

Fuente: (Maquinaria, 2016)

1.3.4 Ventajas según (Adrian Burlacu, 2011)

La energía utilizada y la cantidad de voltaje aplicado al servomotor es proporcional a la distancia que necesita desplazarse.

Un control proporcional de los servos significa emplear la energía necesaria sin pérdidas ni desperdicios. En este caso, si el eje requiere regresar una distancia amplia, el motor regresará a máxima velocidad, si sólo requiere regresar un pequeño trayecto, el motor circulará a velocidad lenta.

Tienen una capacidad de sobrecarga de trabajo de entre 300 y 400 por ciento más, lo que quiere decir que puede trabajar tres veces más rápido y potente que su velocidad y torque nominal al que puede trabajar el motor, sin que sufra daño alguno. Además, requieren menor mantenimiento porque es electrónico, a falta de fricción entre los elementos el deterioro es bajo.

Cuando el tamaño sea más reducido no incide en su potencia ya que una de sus características importantes de estos equipos es la capacidad de torque que tienen con una estructura física reducida, esto implica un menor peso dependiendo la aplicación se puede decir que en fuerza y potencia los servomotores igualan a los motores tanto mecánicos como hidráulicos, ya que tienen variadas posibilidades. (Adrian Burlacu, 2011)

1.3.5 Tipos de servomotores

1.3.5.1 Clasificación según su topología

- Motor Inducido de Tres fases AC
- Motor Tipo Brush DC
- Brushless Servo Motor (AC & DC)
- Motor Paso a Paso
- Switched Reluctance Motors
- Motor Lineal

1.3.5.2 Clasificación según el tipo de movimiento

- Motores rotativos
- Motores lineales
- Motores Angulares (Garrec, 2013)

1.4 XBee

1.4.1 Introducción

Lós módulos XBee utilizan el protocolo IEEE 802.15.4 mejor conocido como ZigBee, es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE_802.15.4. Creado por Zigbee Alliance, una organización, teóricamente sin ánimo de lucro, de más de 200 grandes empresas (destacan Mitsubishi, Honeywell, Philips, ODEMO, Invensys, entre otras), muchas de ellas fabricantes de semiconductores.

Zigbee permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y, sobre todo domóticos.” (CEDOM, 1990)

En la figura 8 se muestra un módulo XBee.



Figura 8 Módulo XBee

Fuente: (Domodesk, 2016)

“Los Xbee pueden comunicarse en arquitecturas punto a punto, punto a multi punto o en una red mesh. La elección del módulo XBee correcto pasa por escoger el tipo de antena (chip, alambre o conector SMA) y la potencia de transmisión (2mW para 300 pies o 60mW para hasta 1 milla).

El módulo requiere una alimentación desde 2.8 a 3.4 V, la conexión a tierra y las líneas de transmisión de datos por medio del UART (TXD y RXD) para

comunicarse con un microcontrolador, o directamente a un puerto serial utilizando algún conversor adecuado para los niveles de voltaje.” (Cheah, 2012)

1.4.2 Funcionamiento de los XBEE

Los módulos ofrecen una velocidad de comunicación desde 1200 hasta 115.200 baudios pasando por todos los valores convencionales, también disponen de varias I/O que pueden ser configuradas para diferentes funciones. Los módulos XBee pueden ser programados a través de una hyperterminal y una interface serial con un MAX3232 y una serie de comandos llamados AT. El fabricante de los módulos también facilita al usuario un software de programación llamado X-CTU. Existen dos tipos de interfaces, serial y USB que pueden ser utilizadas para programar los módulos XBee con un software propietario llamado X-CTU; con este software podemos definir de una forma rápida todos los parámetros que queramos modificar en nuestros módulos. (Obando, 2001)

En la figura9 se puede observar la ventana del software X-CTU, con el cual se programan los módulos XBee y XBee PRO, y se configura los parámetros requeridos para obtener el valor deseado.

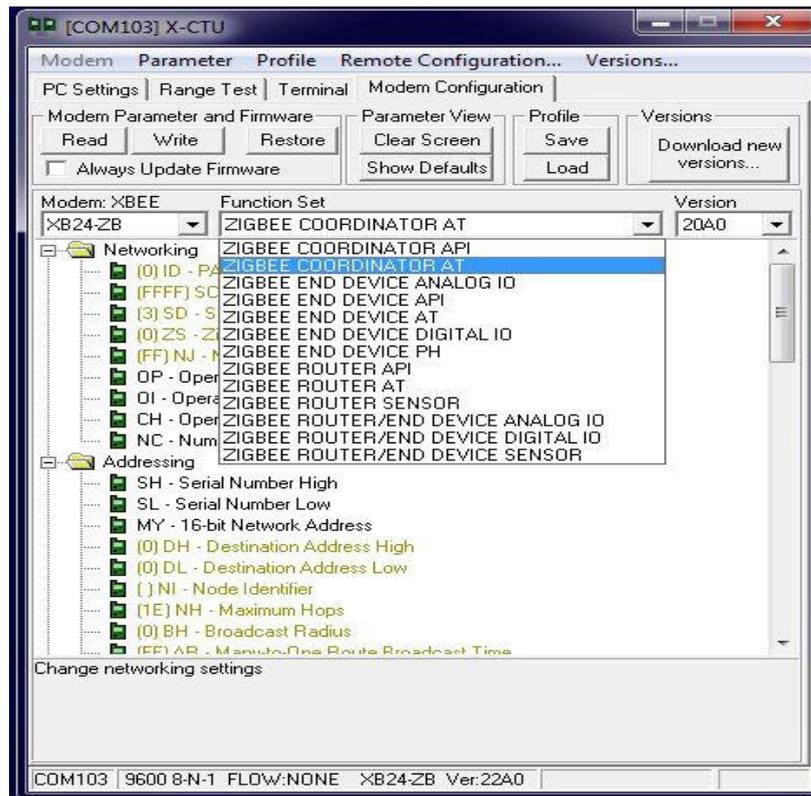


Figura 9 Ventana del software X-CTU

Fuente: Autores

1.4.3 Comunicación XBEE

Se configura un XBee para que trabaje como repetidor de señal hub además de otras funciones que permiten a los desarrolladores tener ventajas en los protocolos de comunicación.

“El modulo que se emplea como emisor/receptor, cuando se enlaza devuelve una respuesta cada vez que intentas comunicar con otro modulo. Toda la comunicación se hace por medio de comandos AT, por lo demás es mucho más potente y fiable que muchos módulos comerciales para comunicación serie.” (Obando, 2001) En la Figura 10 se muestra el circuito de comunicación XBee.

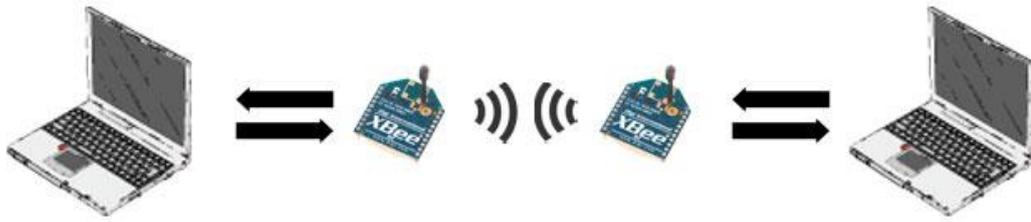


Figura 10 Comunicación XBee

Fuente: Autores

1.4.4 Arquitectura del XBEE

Conexiones mínimas: VCC, GND, DOUT y DIN. Como se ve en la Figura 11

- Conexiones mínimas para la actualización del firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS y DTR.
- La dirección de la señal es especificada con respecto al módulo.
- El módulo incluye una resistencia pull-up de 50 K Ω , adjunta para RESET (activación en bajo).
- Varias de las entradas pull-ups pueden ser configuradas utilizando el comando PR.
- Los pines libres deben dejarse desconectados



Figura 11 Distribución de los pines XBee

Fuente: <http://www.artinteractivo.com/xbee-y-arduino>

Según (Enrique, 2003) estos módulos tienen 6 convertidores analógico-digital y 8 entradas digitales además de Rx y Tx, trabajan a 2.4 GHz y generan una red propia a la que se puede conectar o desconectar, los módulos, se comunican con un dispositivo RS232 a niveles TTL con lo cual la comunicación necesita un adaptador intermedio en el caso de un PC, pero pueden conectarse directamente a una placa de desarrollo

1.5 CAMARA IP

1.5.1 Introducción

Las cámaras IP funcionan con un protocolo de Internet, se puede decir que es la unión de una cámara más un ordenador. Con respecto a la tecnología, estas cámaras mejoran esencialmente la calidad de imagen, el tratamiento de datos y el acceso remoto, tienen un inconveniente, la gran cantidad de información que generan y que necesita de un hardware apropiado para el almacenamiento de video es decir disco duro, de la misma

manera un tamaño excesivo de los archivos de imágenes dificulta su transmisión a través de Internet.

“Las cámaras IP pueden realizar análisis de seguridad, avisando el cambio de escena, liberando al personal de seguridad o al usuario de la continua monitorización del sistema” (Huidobro J, 2010)

1.5.2 Función

Capta y trasmite una señal de audio/video través de una red IP estándar u otro dispositivo de red.

Una Cámara IP también conocidas como cámaras Web o de Red son diseñadas para transmitir video a través de Internet desde un explorador a una aplicación Android con una Red Local (WLAN).

“Se pueden integrar aplicaciones tales como detección de movimiento, incluso el envío de mail si detectan presencia, grabación de imágenes o secuencias en equipos informáticos tanto en una red local o en una red externa (WAN), de manera que se pueda comprobar por qué ha saltado la detección de presencia y se graben imágenes de lo sucedido.” (Huidobro J, 2010)

1.5.4 CÁMARA IP EasyN MODELO F3-M137

La EasyN MODELO F3-M137 es una Cámara de Red que se conecta fácilmente a la red de hogar para la visualización remota a través de diferentes dispositivos móviles. Con la funcionalidad de Wi-Fi Extender para que sin mayor esfuerzo extienda el rango de cobertura inalámbrica, Detección de Movimiento y Sonido, para su tranquilidad mental y compresión de video en formato H.264 para una alta calidad de imagen. Y con su conectividad inalámbrica, usted puede ubicarla en prácticamente cualquier lugar de su hogar y mantener su vista en lo que más le importa. La EasyN MODELO F3-M137 , (véase en la figura 12) proporciona video remoto durante todo el día de manera que se puede visualizar el lugar que desee, estando en cualquier lugar. Simplemente

conéctese a su cuenta en <http://p2.easyn.com> desde un browser o dispositivo móvil, y comenzará a visualizar. (Daniweb, 2002)



Figura 12 Cámara ip EasyN

Fuente: Autores

En La tabla 2 se puede ver las características básicas de la cámara EasyN MODELO F3-M137.

Tabla 2 Características básicas EasyN MODELO F3-M137

Fuente: (García, 2010)

Modelo : F3-M137		
Características	Ventajas	Acceso de videovigilancia desde cualquier ordenador y la mayoría de los smartphones en el mercado (tales como Android, Iphone)
	Software para movil	Ofrecer software especial para iPhone o movil android
	DDNS (gratis)	Sistema de DDNS incorporado gratis, como http://demo.easyn.hk , 'demo' es el código de serie
	Software de CMS	Software de gestión de multi-ventanas de EasynN

	Seguridad del sistema	Admite cuenta de tres niveles de jerarquía, contraseña, gestión de autoridad de multi-niveles para usuarios
CPU	Sistema de operación	Embebido Linux OS
	Procesador Microcomputer	32Bit RSIC procesador embebido
Red	Interfaz de red	Interfaz RJ-45 10/100Mb auto-adaptable Ethernet
	Protocolo	Soporte de HTTP, UDP, SMTP, FTP, DHCP, DNS, DDNS, NTP, UPNP
	Inalambrica	Wifi802.11 b/g/n
	Modo IP	Dirección IP dinámica, dirección IP estática, PPPOE
	Visitor en línea	Corriente(640 * 480)conectado directamente , admite 4 visitantes simultaneamente
		Corriente(320*240)conectado directamente , admite 4 visitantes simultaneamente
Corriente (160* 120) conectado directamente, admite 4 visitantes simultaneamente		
Video	Formato de compresión	Motion-JPEG
	Señal del sistema	CMOS 300,000 pixel
	Fotogramas por segundo	1-25fps
	Resolución	VGA(640*480),QVGA(320*240),QQVGA(160*120)
	Ajuste de imagen	Luminosidad , contraste
	WB, BLC	Auto
	LUX	0.3LUX/F1.2
	SNR	>48dB
	Lente	Estándar : 3.6mm
	Audio	Formato de compresión
Entrada		1 canal lineal/entrada de microphone

	Salida	1 canal lineal de salida
PTZ	Motor	Motor de control incorporado
	Rotación de ángulo de giro	Horizontal:270° vertical: 90°
	Preestablecido	Soporte de 15 posiciones preestablecidas
	Protocolo PTZ	No
Visión nocturna	Interruptor de filtro	Corte de infrarrojos incorporado, con interruptor automático, sin dominante de color
	Visión nocturna	9Φ5LED lámparas distancia por infrarrojos: 10m
Alarma	Entrada/salida	Detección de movimiento, entrada de alarma / alarma de PTZ preestablecida, servidor FTP , notificación por email, HTTP
	Detección de alarma	Detector de movimiento; sensibilidad de detector ajustable
	Areas de detección	Uno
	Notificación de alarma	Enlace IO; servidor FTP , notificación por email, HTTP
Otros	Forma material	Tipo robot
	Entorno	Uso interior
	Energía	5V 2A
	Temperature en operación	-10~50°C
	Humedad en operación	10%~90%RH
	Dimensión	Tamaño de artículo: 110mm x 100mm x 125mm (L*W*H)
		Tamaño de embalaje: 170mm x 170mm x 170mm (L*W*H)
	Peso	Peso de artículo: 265g (Nota: para productos reales)
		Peso de embalaje: 625g
	Accesorios	Adaptador de corriente, CD, manual, tarjeta de garantía, tornillos ,soporte ,antena
Sistema	Requerimiento del sistema	Microsoft Win98 SE/ME/2000/XP,Vista, Win7,Internet

		Explorer8.0
Certificación	Certificado	CE FCC ROHS ISO

CAPITULO II

2 METODOLOGIA

2.1 Tipo de estudio

2.1.1 Descriptivo

El tipo de investigación es descriptiva, se implementa un sistema de transmisión de video y permite ser manipulado mediante movimientos de la cabeza, se desarrolla un circuito electrónico para el sensor MPU-6050, el sistema está basado en la recepción de video en un teléfono celular con una distancia aproximadamente 45 m.

2.2 Métodos, Técnicas e Instrumentos

2.2.1 Métodos

2.2.1.1 Analítico/ Deductivo

El método empleado es analítico-deductivo en el proyecto debido al

análisis particular que se realiza estudios científicos y técnicos en el desarrollo del sistema y en la forma de interactuar entre el transmisor y el sistema de recepción mediante movimientos de la cabeza, con el propósito a que desempeñe su función de manera eficiente.

2.3 Técnicas

2.3.1 Observación

La técnica es caracterizada por transmitir video en diferentes zonas de prueba controlando la cámara con movimientos de la cabeza, contribuyendo al desarrollo del proyecto, para el diseño e implementación de un sistema de transmisión de video para operaciones de infiltración y rescate.

2.3.2 Instrumentos

Los instrumentos necesarios son libros, tesis, archivos, páginas web y datasheet.

2.4 Población y muestra

2.4.1 Población

La población consta de los diferentes tipos de sistemas de transmisión de video manipulados manualmente como jostin, control remoto, etc, y se comprueba su efectividad en el área deseada y siendo realizadas en tiempo real.

2.4.2 Muestra

La muestra tomada para el análisis del proyecto de tesis serán los sistemas de transmisión de video manejados manualmente.

2.5 Hipótesis

El diseño y la implementación de un sistema de transmisión de video permitirán mejorar el campo visual a través de movimientos de la cabeza.

2.6 Operacionalización de variables

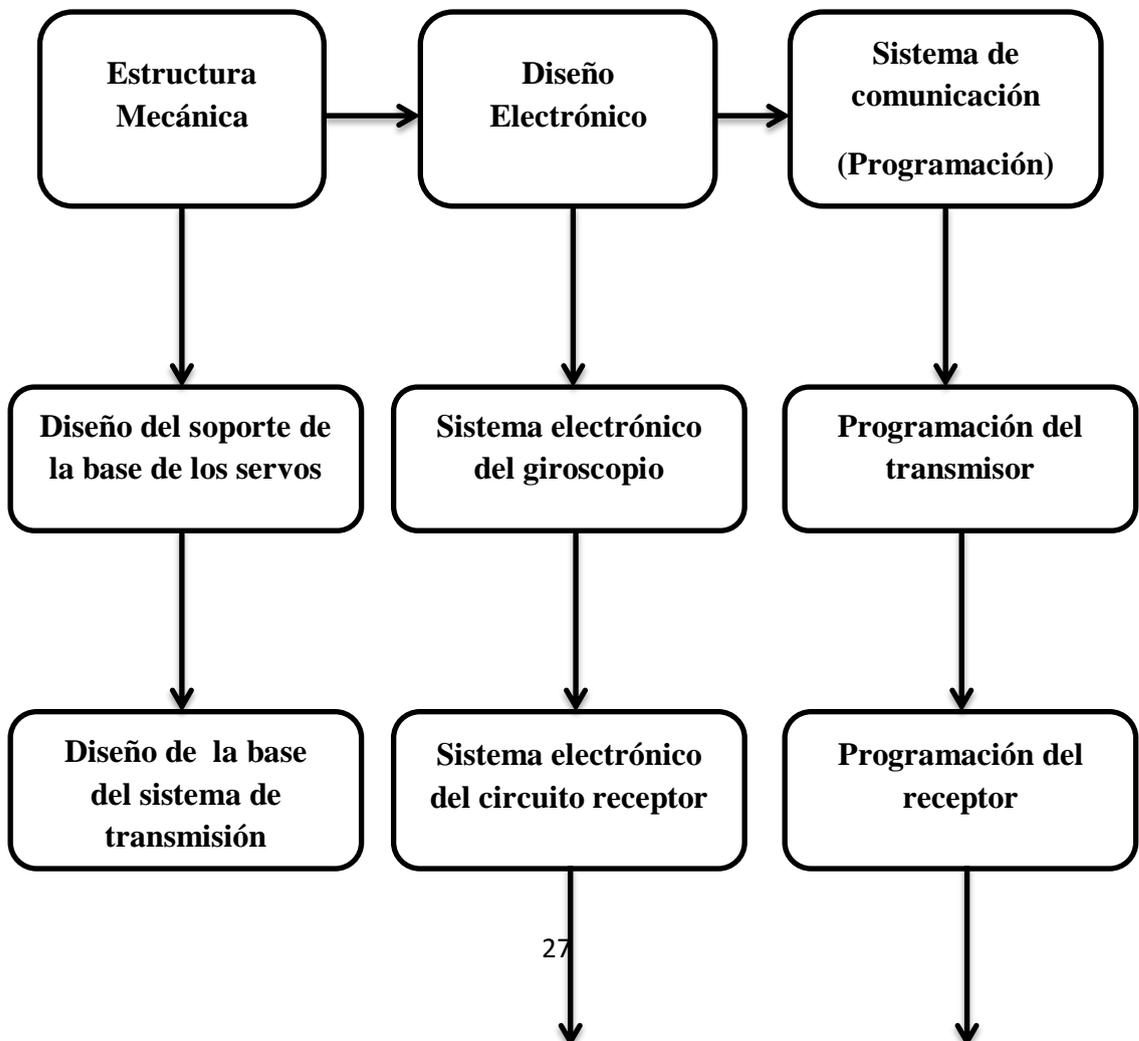
Tabla 3 Operacionalización de variables

Fuente: Autores

VARIABLE	CONCEPTO VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable dependiente Sistema de transmisión de video	Efectividad del sistema	Calidad de servicio en la transmisión de video	Velocidad de transmisión
Variable independiente Cámara de video, Giroscopio	Calidad de servicio	Manejo de la cámara mediante movimientos de la cabeza	Angulo de apertura

--	--	--	--

2.7 Procedimientos



Diseño electrónico
del regulador de 5 V

Programación en
App Inventor

2.8 Análisis

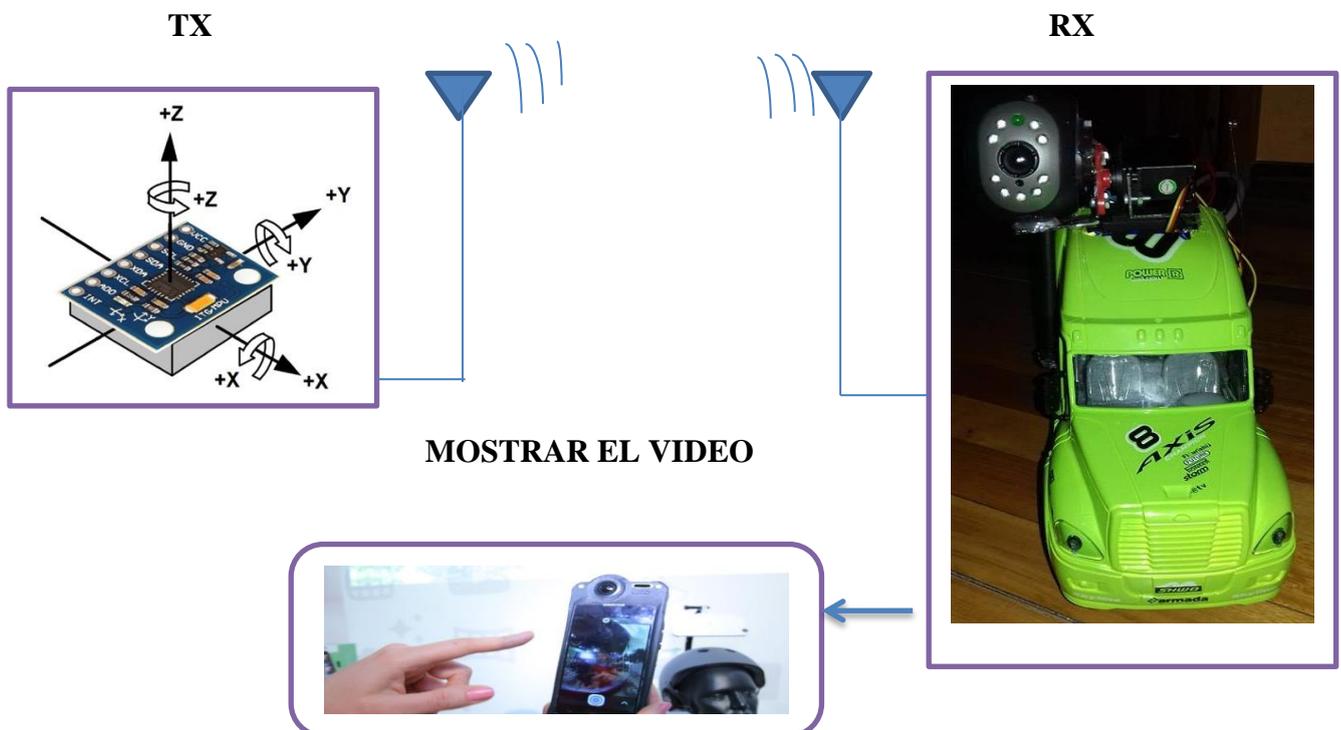


Figura 13 Diagrama de bloques funcionales

Fuente: Autores

2.8.1 Estructura Mecánica

2.8.1.1 Estructura para los servos

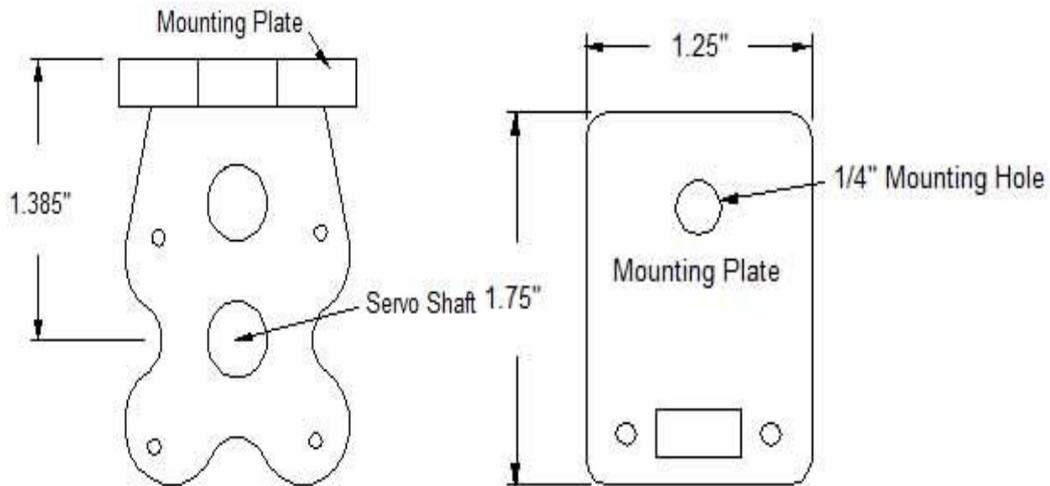


Figura 14 Moldes para a base de servos

(SERVOCITY, 2016)

Para la medición de cada pieza se utilizó el modelo y las medidas según (SERVOCITY, 2016) y como referencia adicional se tiene los planos de los dos modelos de servo motores como se muestra en la Figura 14. Se realiza dos adaptadores para el servo base y para el servo lateral, que sea de placa doble.

En la Figura 15 se observa el adaptador de servo base es capaz de girar con respecto al eje X mientras que la segunda exclusivamente lo hace con respecto al eje y. El adaptador 1 no se desplaza sobre el eje Z y adopta el ángulo y desplazamiento en el eje X del adaptador 2 se puede observar el resultado final de las piezas exactas que se realizan para la base del sistema de servos.

El reducir el peso de cada elemento ofrece una mejora en el rendimiento para la base de los servos, mejorando la movilidad.

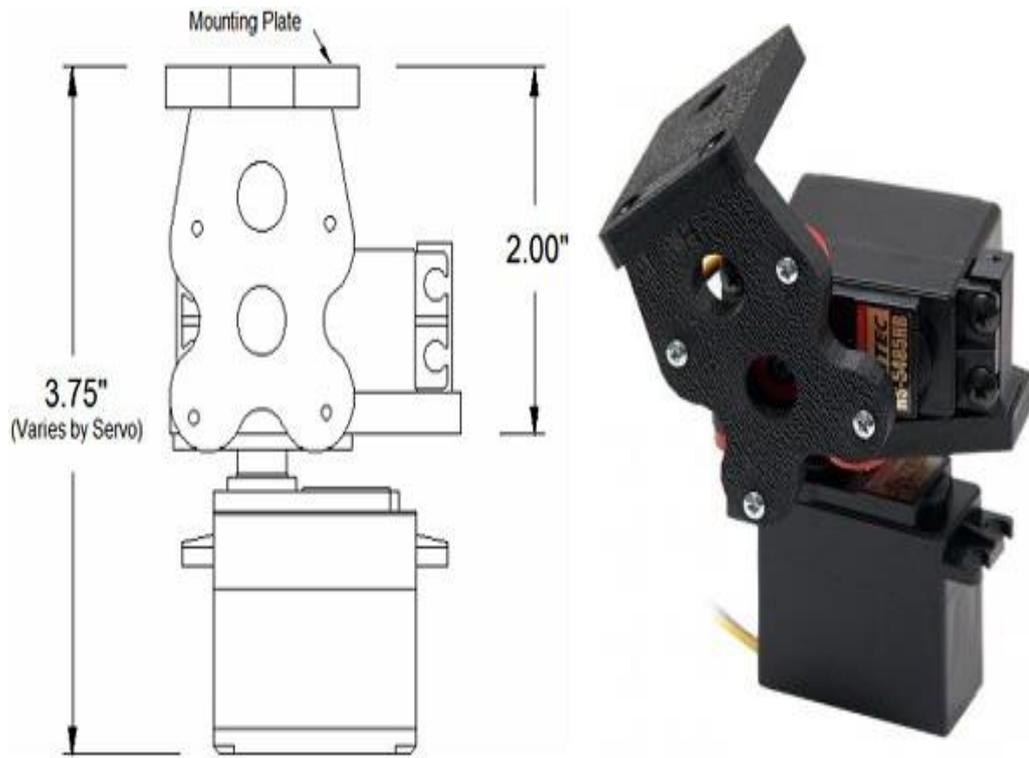


Figura 15 Servos montados en la base
(SERVOCITY, 2016)

2.8.1.2 Estructura del Transmisor



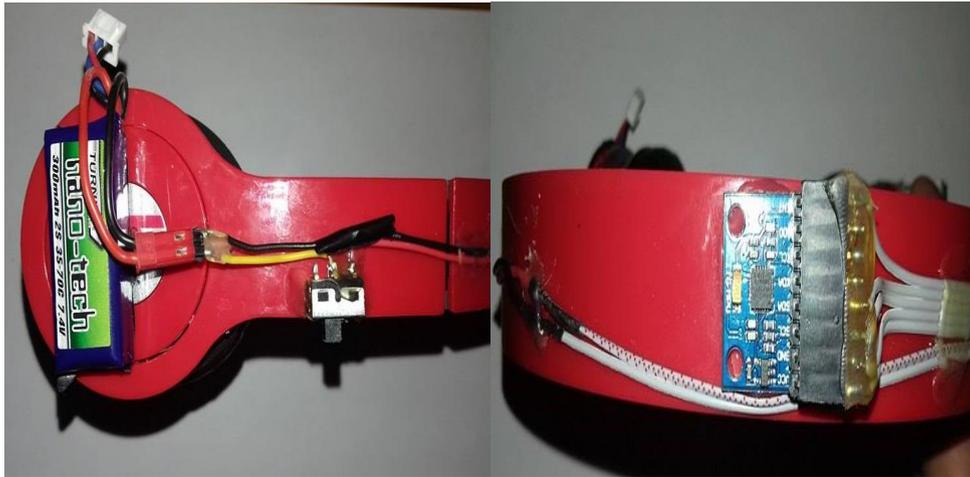


Figura 16 Audífonos con el circuito electrónico transmisor

Fuente: Autores

El sensor (MPU-6050) está ubicado en la parte central de los audífonos, en el auricular derecho está el Arduino uno el circuito es alimentado por una batería Lipo de 7.4v a 300mA, como se muestra en la figura 16

2.8.2 Diseño electrónico

2.8.2.1 Circuito electrónico del Transmisor

La alimentación de circuito de transmisión como el sensor MPU-6050, Arduino Uno y XBee tienen una alimentación de 3.3 V, pero tiene un regulador que permite conectar los 5 V fijos del Arduino.

El pin SCL del sensor es conectado al pin A5 del arduino y SDA a pin A4 del arduino, el A4 y A5 son los pines analógicos de Arduino Uno, XBee realiza la transmisión con los pines de los datos, es decir Data In permite la comunicación del Tx con la señal del MPU-6050 y Data Out con la señal de Rx del Arduino Uno.

Este sistema de transmisión es ubicado específicamente en la cabeza, los giros respectivos se transmiten mediante comunicación ZigBee a los movimientos de la cámara del sistema de transmisión.

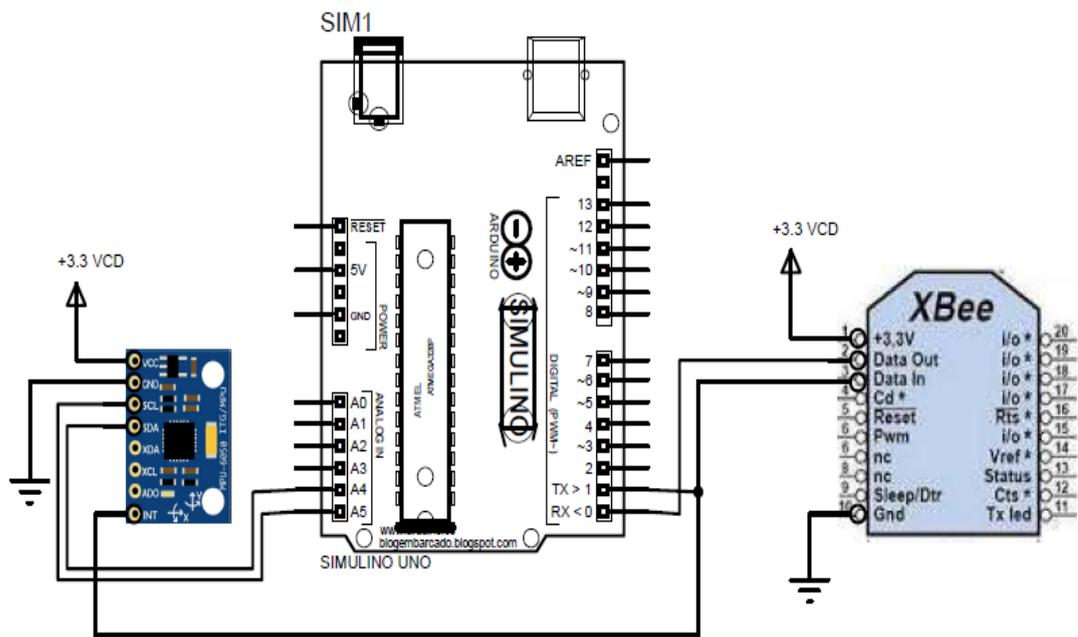


Figura 17 Circuito electrónico transmisor

Fuente: Autores

2.8.2.2 Circuito Electrónico del receptor

En el sistema de recepción se utiliza las dos fuentes de alimentación de Arduino, la fuente de 5V para lo que es la alimentación del XBee y el modem Tp-link y la fuente de 9 V para los servos.

Como se puede ver en a figura 18, los servos del sistema receptor se conectan la señal del servo base al pin 9 y la seña del servo lateral a pin 10 del Arduino para sus respectivos movimientos, la transmisión se realiza mediante el módulo XBee conectando los respectivos pines del Data Out para la señal de Rx de arduino y el pin Data In para la señal de Tx del arduino.

La trasmisión se la realiza mediante comunicación ZigBee ente el sistema de transmisión y el sistema de recepción, es decir los movimientos de los servos son de acuerdo a los movimientos de la cabeza del sistema de transmisión.

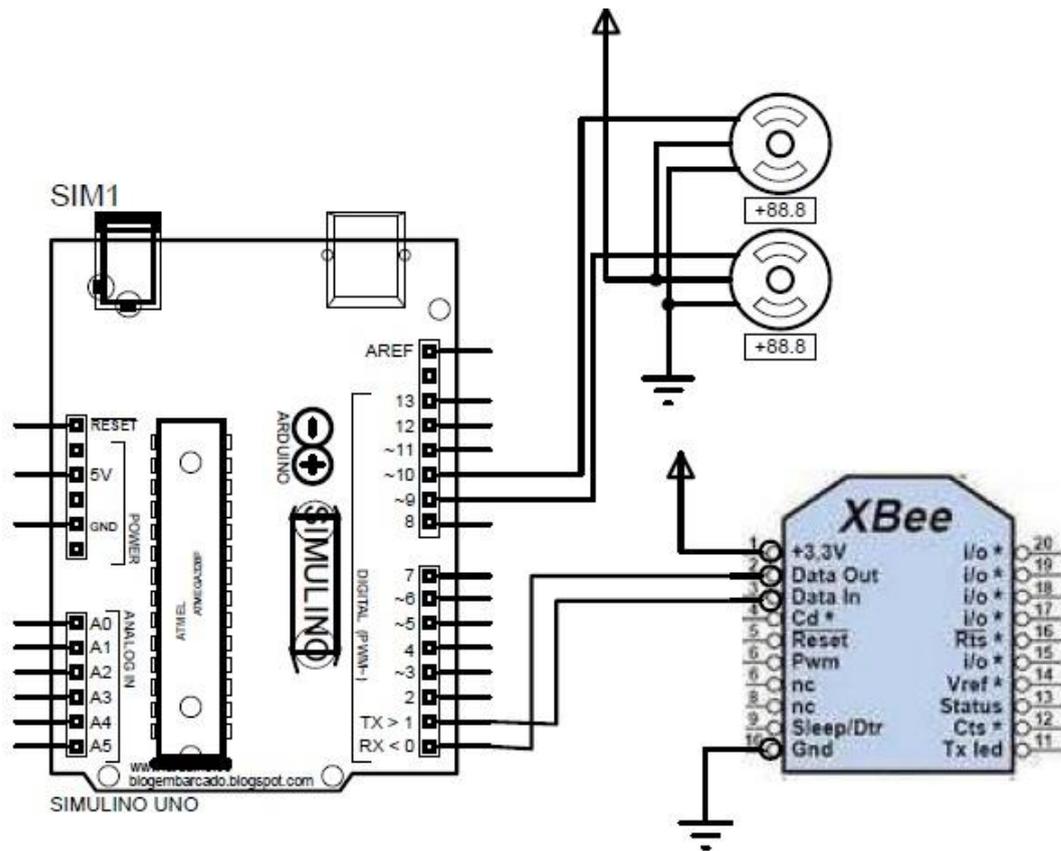


Figura 18 Esquema Electrónico del circuito receptor

Fuente: Autores

La alimentación del circuito receptor recomendada es de 5V, en este trabajo se ocupas una batería Lipo de 7.5 V a 3A para un óptimo funcionamiento, lo cual regulamos a 5V utilizando un regulador de voltaje variable LM338k a 5A con un potenciómetro para regular en voltaje requerido, capacitores que ayudan para el filtrado de ruido a la salida del regulador y un diodo de protección para evitar un retorno de corriente esta simulación se realizó en PROTEUS como se muestra en la Figura 19.

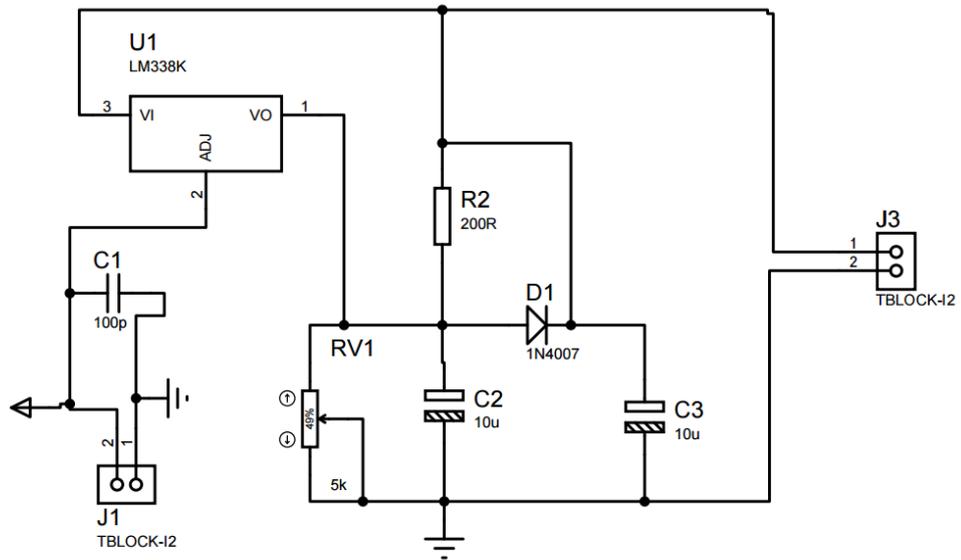


Figura 19 Circuito electrónica de Potencia

Fuente: Autores

En la figura 20 se tiene el diseño de la placa en ARES con el integrado LM338K. El propósito de este regulador de voltaje es mantener el voltaje en el circuito receptor relativamente cerca de un valor deseado de 5V.

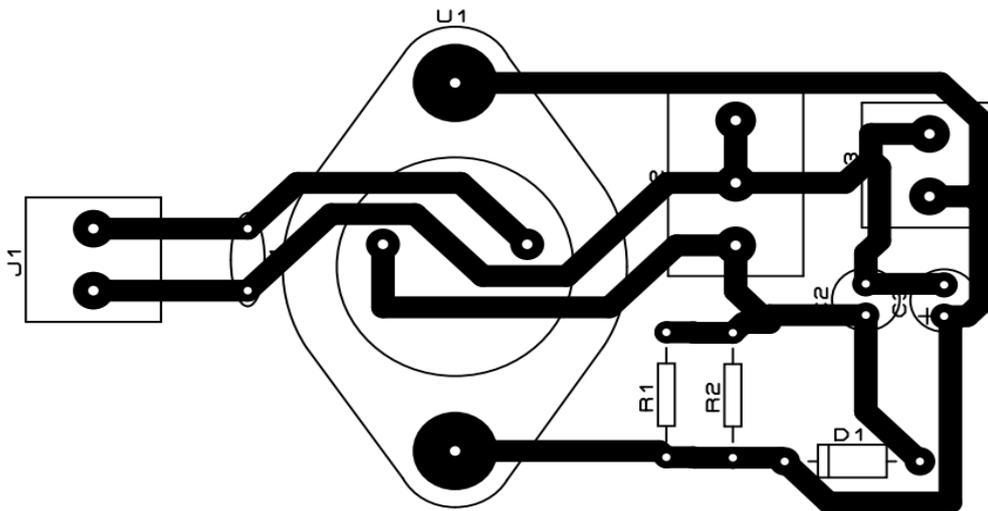


Figura 20 Circuito electrónica de Potencia en placa

Fuente: Autores

2.8.3 Sistema de comunicación

2.8.3.1 Transmisor

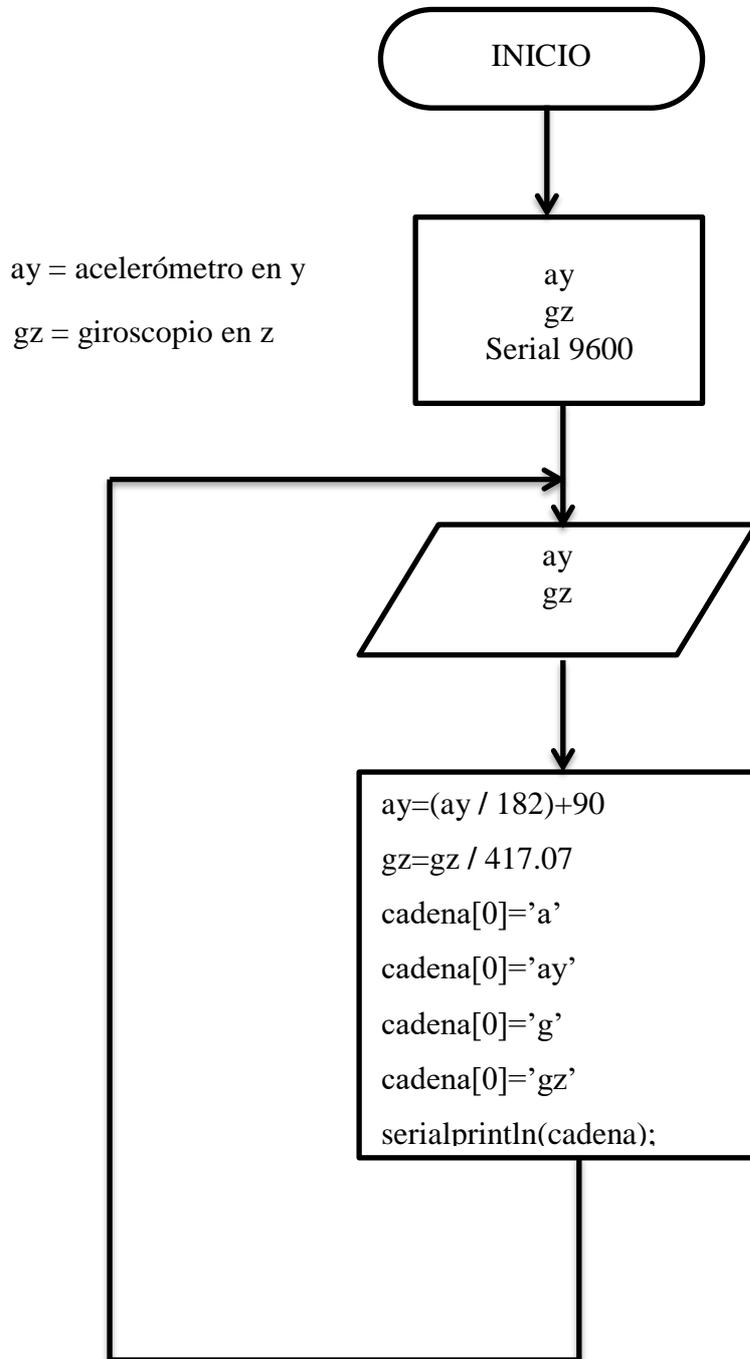


Figura 21 Programación del transmisor

Fuente: Autores

En la figura 21 se muestra el diagrama de flujo del sistema de transmisión.

La librería Wire.h, necesaria para la interacción vía protocolo I2C cuya declaración es `#include <Wire.h>`

La dirección de la IMU dada en el datasheet se define como

```
#define MPU 0x68
```

Los ratios de conversión son dados en el datasheet, se divide los valores que da el Giroscopio y el Acelerómetro entre estas constantes para obtener un valor con una conversión de radianes a grados.

Además tenemos un valor constante de conversión de radianes a grados $180/\pi$

```
#define RAD_A_DEG = 57.295779
```

El sensor MPU-6050 da valores enteros de 16 bits, arduino los guarda en menos bits, se declaran las variables que almacenarán los enteros que provienen del sensor como un tipo de enteros especiales.

```
int16_t ax, ay, az, gx, gy
```

```
MPU6050 accelgyro;
```

```
int ax, ay, az;
```

```
int16_t gx, gy, gz;
```

Cadena para ver los datos del giroscopio y acelerómetro

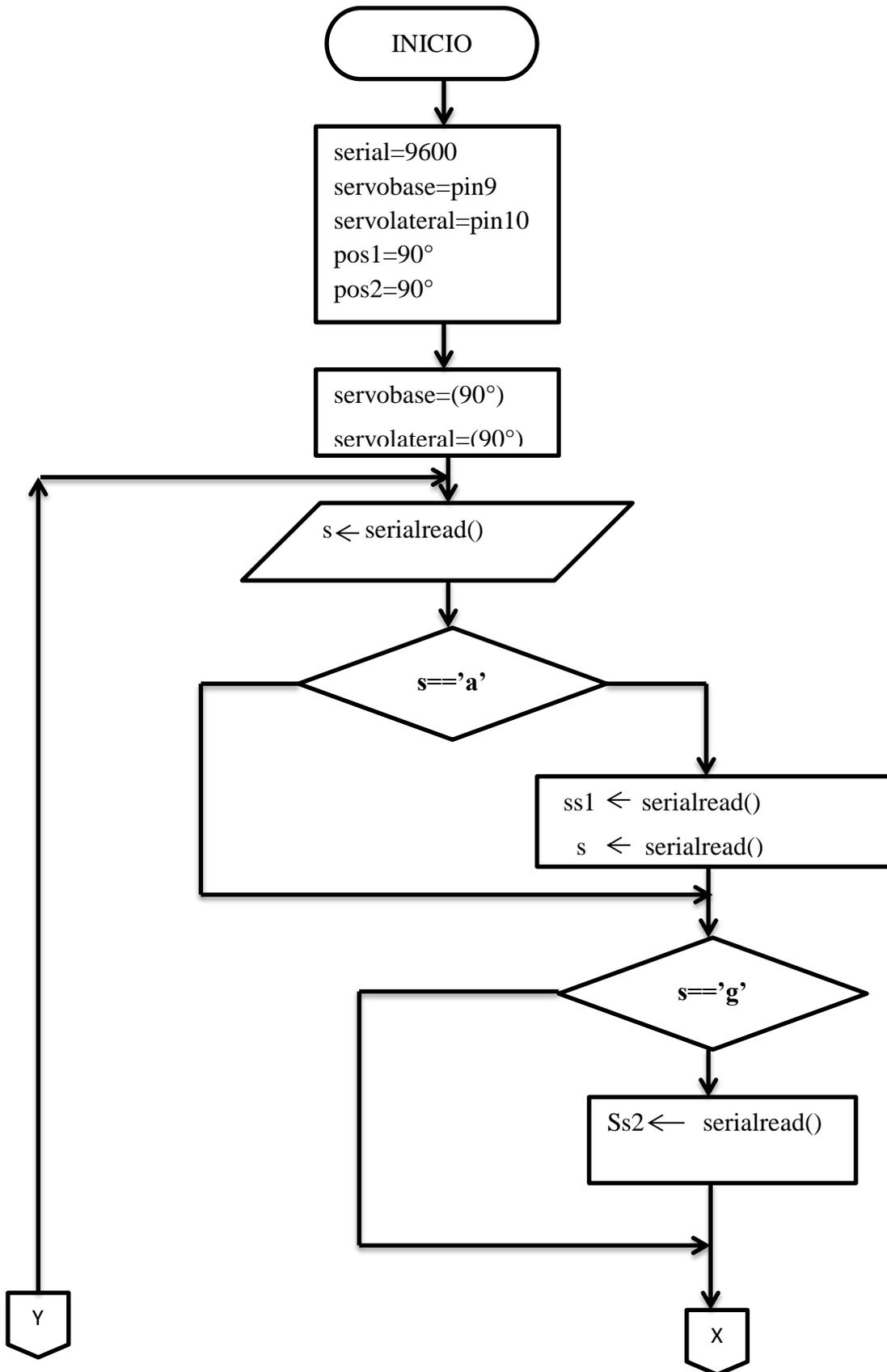
```
cadena="a"+String(ay)+"g"+String(gz);  
Serial.println(cadena);
```

Se inicia la comunicación por I2C con el dispositivo MPU, y se activa enviando el comando 0 y se inicia el puerto de serie para ver los resultados.

Se leen y guardan los datos del giroscopio y el acelerómetro, se calcula el ángulo y se imprime, con un delay de 50 que es el intervalo de tiempo.

La programación completa se muestra en el anexo 7.

2.8.3.2 Receptor



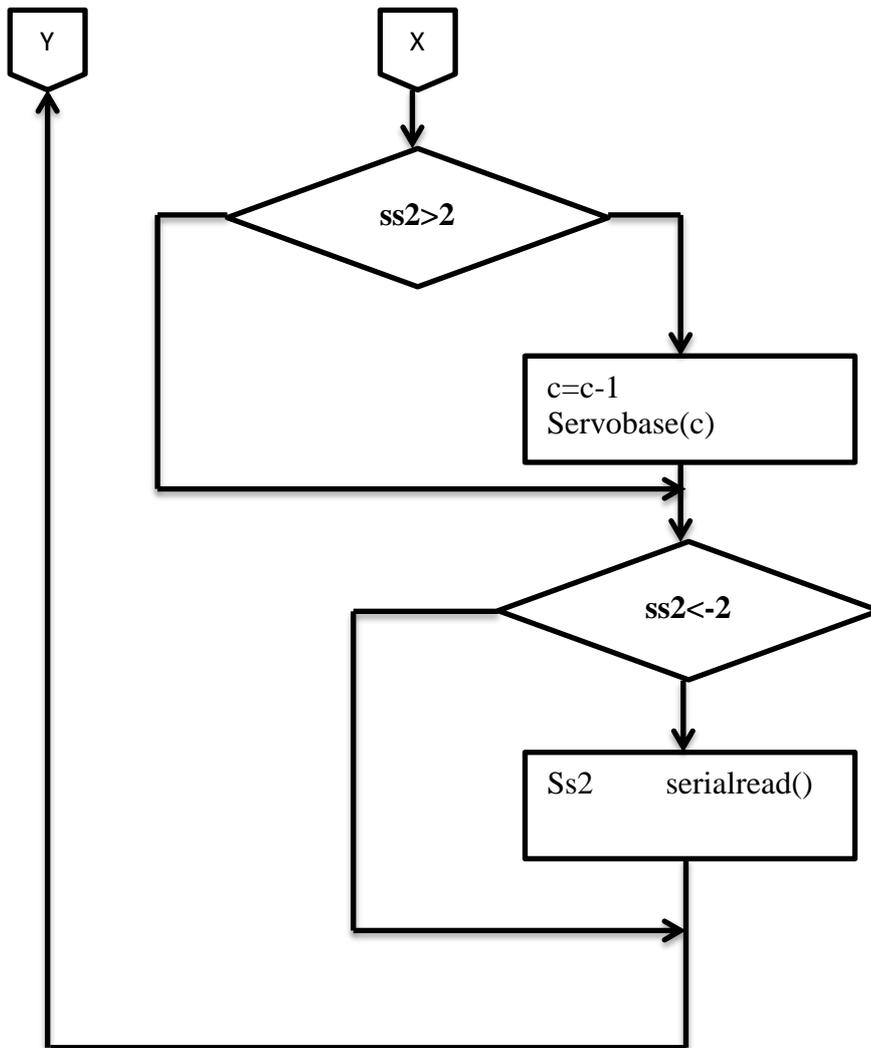


Figura 22 Programación del receptor

Fuente: Autores

En la Figura se muestra el diagrama de flujo des sistema de recepción.

Servo es una librería estándar en Arduino necesaria para utilizar las funciones de la librería.

```
#include <Servo.h>
```

La posición de los servos inicia en 90°

```
int posicioninical1=90;
int posicioninical2=90;
```

Se asocia la variable servo1 y servo2 a los pines 9 y 10

```
servo1.attach(9);
```

```
servo2.attach(10);
```

Se anuncia la velocidad de funcionamiento

```
Serial.begin(9600);
```

Arduino lee un numero entero por serial y se calcula su módulo por 10 (es el número del motor) y se divide el entero inicial por 10, el resultado es la posición del servomotor

```
enviado = Serial.parseInt();  
num = enviado%10;  
enviado = enviado/10;  
posicion = enviado;
```

Para los respectivos movimientos se realizan las siguientes sentencias

```
if(ss1 == "a")  
{  
  servobase.write(posicion);  
}  
else if(ss2 == "g")  
{  
  servolateral.write(posicion)
```

El tipo de señal que se le envía al servo desde la placa Arduino UNO es la señal de control que se utiliza en todos los mecanismos de radio control.

En el anexo 8 se muestra la programación completa del sistema de recepción

2.8.3.3 App Inventor

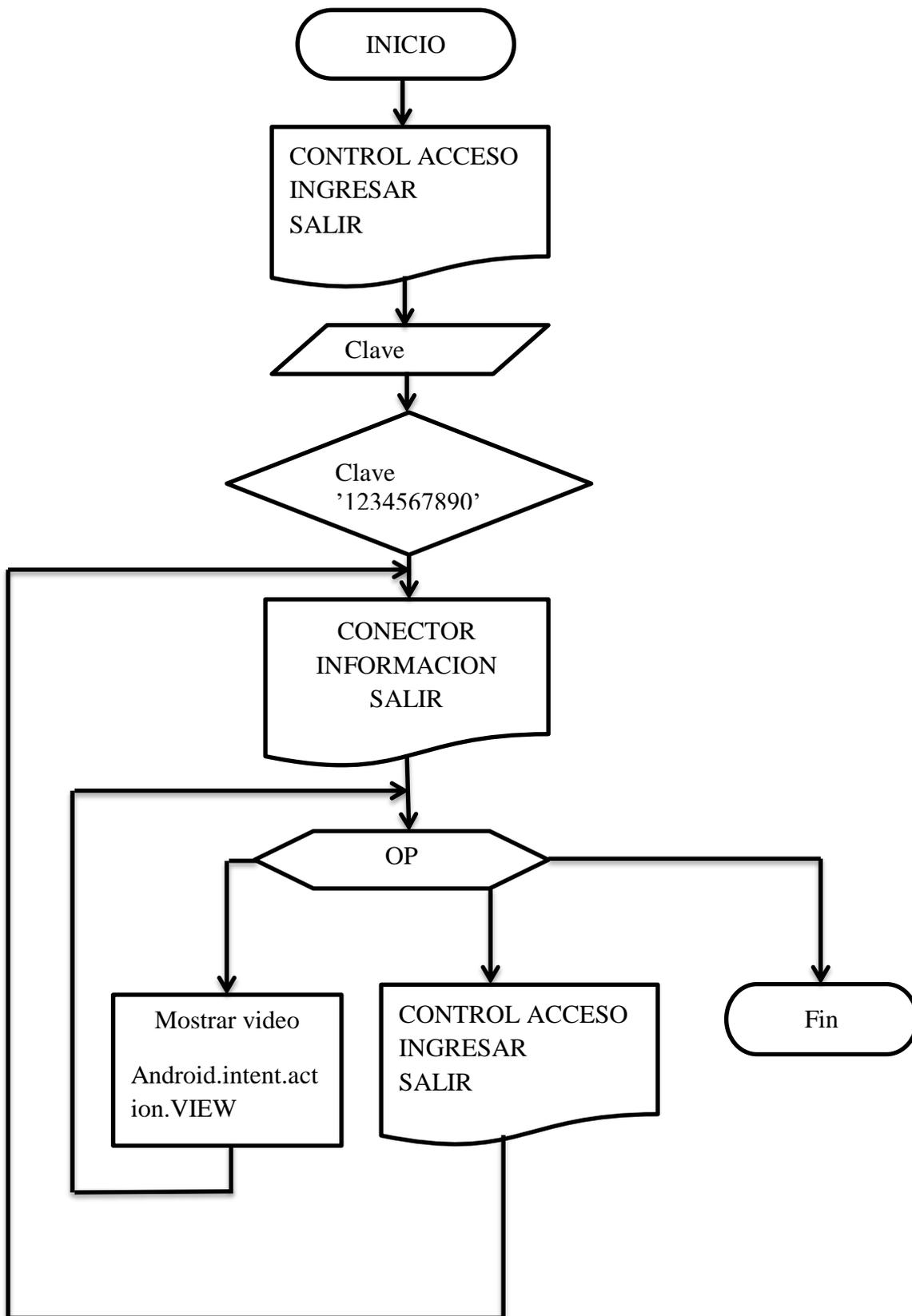


Figura 23 MIT App Inventor

Fuente: Autores

Se puede observar en la Figura 23 el diagrama de flujo de la programación de AppInventor.

Los elementos de disposición, o *Layout*, permiten modificar la forma en que se colocan los elementos, en este caso ordena los elementos colocándolos uno después de otro en orientación vertical.

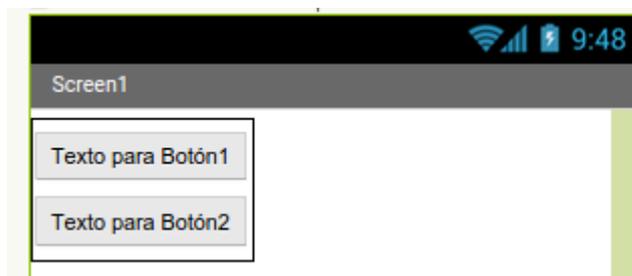


Figura 24 Ventana inicial

Fuente: Autores

En el modo Bloques se programa la aplicación, las variables globales datos personales de los autores, para ello, se arrastra el bloque inicializar global nombre como



Figura 25 Icono para ingresar los datos

Fuente: Autores

Se programa los botones entrar pidiendo como requisito una clave dado por los autores, se utiliza el siguiente orden:



Figura 26 Ingrese la clave correcta

Fuente: Autores

La siguiente sentencia permite salir de la aplicación

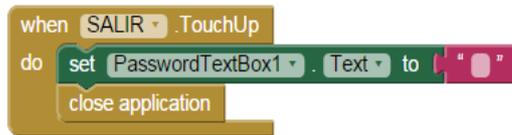


Figura 27 Icono para la opcion salir

Fuente: Autores

App inventor permite realizar la aplicación mediante internet la programación completa se muestra en el anexo 6.

2.8.4 Comprobación de Hipótesis

2.8.4.1 Planteamiento de la hipótesis estadística

Hipótesis nula (H₀): La implementación de un sistema de transmisión de video no significa que eliminará los problemas de comunicación a largas distancias.

Hipótesis alternativa (H₁): La implementación de un sistema de transmisión de video permitirá la manipulación de la cámara a una distancia máxima de 45 m en un área abierta mediante movimientos de la cabeza.

2.8.4.2 Establecimiento del nivel de significancia.

Las pruebas se realizaron con un 95% de confiabilidad, es decir, se trabajó con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

2.8.4.3 Determinación del valor estadístico de prueba.

Si el valor de CHI-CUADRADO es menor o igual que el CHI-CUADRADO critico entonces se acepta la hipótesis nula, caso contrario se la rechaza. $X^2 \leq \text{Valor Crítico}$

Para aceptar o rechazar esta hipótesis se tomaron en cuenta 2 escenarios, un campo visual en un área abierta, que muestra las interferencias a diferentes distancias de prueba y un campo visual en un área cerrada, que las interferencias de comunicación aumentan.

En la tabla 3 se muestran los valores obtenidos en cada uno de los escenarios en los cuales se realizaron las pruebas.

Tabla 4 Porcentajes de efectividad Esperadas

Fuente: Autores

Campo Visual	Distancia	Porcentaje esperado	Porcentaje de error	Porcentaje de salida
Área abierta	50m	99%	1%	95%
Área cerrada	50m	95%	5%	90%
Total	50m	97%	3%	92.5%

Tabla 5 Valores Críticos Método Chi-Cuadrado

Fuente: Autores

PROBABILIDAD				
Grados de libertad	0,995	0,990	0,975	0,950
1	0,000	0,000	0,001	0,004
2	0,010	0,020	0,051	0,103
3	0,720	0,115	0,216	0,352
4	0,207	0,297	0,484	0,711
5	0,412	0,554	0,831	1,145
6	0,676	0,872	1,237	1,635
7	0,989	1,239	1,690	2,167
8	1,344	1,646	2,180	2,733
9	1,735	2,088	2,700	3,325
10	2,156	2,558	3,247	3,940

Tabla 6 Resultados del método estadístico del CHI-CUADRADO
Fuente: Autores

# de filas	2
# de columnas	4
X²=	0,263
Grados de Libertad	2
Nivel de significación	0,05
Probabilidad	0,95
VALOR CRITICO	0.103

De acuerdo con el resultado se obtiene que X^2 es mayor que el valor crítico lo cual lleva a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, es decir: La implementación de un sistema de transmisión de video permitirá la manipulación de la cámara a una distancia máxima de 45 m en un área abierta mediante movimientos de la cabeza.

CAPITULO III

3 RESULTADOS

El resultado obtenido a partir de la interacción de los sistemas reciclados respondieron de manera efectiva en la interacción entre el movimiento de la cabeza y la posición de la cámara, es importante mencionar que ZigBee permitió una comunicación efectiva a una distancia máxima de 45 m entre el receptor y emisor, surgiendo problemas de recepción de $\pm 3^\circ$ cuando se transmite en una área cerrada existiendo mayor pérdida de transmisión, además cabe señalar ke la transmisión de video entre la cámara y el celular se realizó mediante wifi.

En las tablas 7 y 8 se muestran las pruebas realizadas tanto en campo abierto y campo cerrado con un error de $\pm 3^\circ$ tomando en cuenta que si la cabeza está en posición normal está en un Angulo de 90° en las cuales se puede ver las variaciones del ángulo.

En la figura 28 se muestra las posiciones iniciales del sistema Tx y Rx

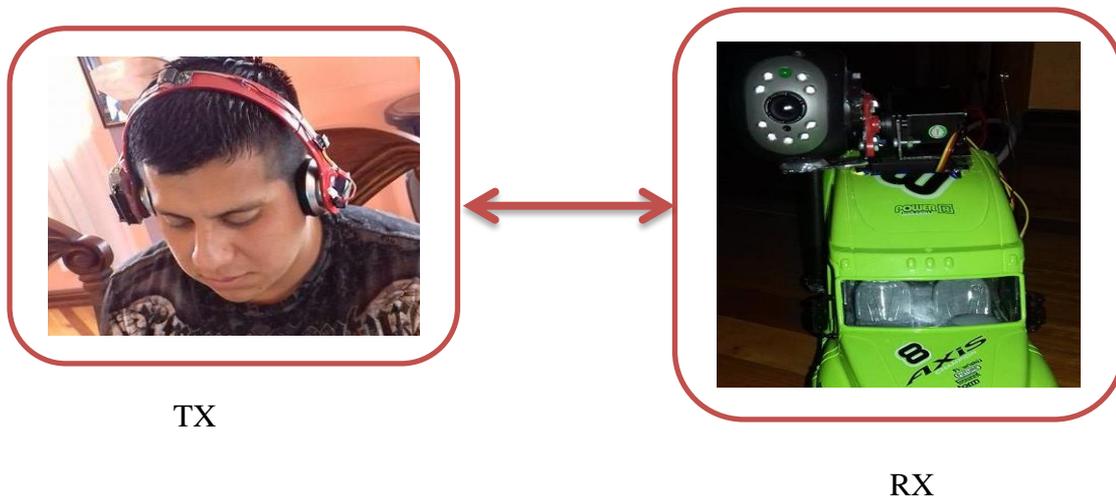


Figura 28 Movimientos del sensor en un campo real

Fuente: Autores

Campo visual en un área abierta.

Tabla 7 Campo visual en un área abierta.

Tabla 8 Campo visual en un área abierta.

Fuente: Autores

Distancia (m)	Movimientos de la cabeza eje x (Tx) horizontal	Movimientos de la cámara eje x (Rx) base	Movimientos de la cabeza eje y (Ty) vertical	Movimientos de la cámara eje y (Ry) lateral
5	+10°	+13°	+15°	14°
10	-20°	-25°	0°	0°
15	+30°	+28°	+30°	+28°
20	-45°	-45°	+45°	+45°
25	+50°	+52°	+70°	+72°
30	0°	0°	+85°	+86°
35	-70°	-74°	+100°	-101°
40	+80°	+69°	+115°	+108°
45	-90°	-72°	+130°	+115°
50	+180°	+154°	+145°	+124°

Campo visual en un área cerrada.

Tabla 8 Campo visual en un área cerrada.

Tabla 9 Campo visual en un área abierta.

Fuente: Autores

Distancia (m)	Movimientos de la cabeza eje x (Tx) horizontal	Movimientos de la cámara eje x (Rx) base	Movimientos de la cabeza eje y (Tx)vertical	Movimientos de la cámara eje y (Rx) lateral
5	+10°	+12°	+15°	14°
10	-20°	-24°	0°	0°
15	+30°	+27°	+30°	+28°
20	-45°	-37°	+45°	+45°
25	+50°	+45°	+70°	+72°
30	0°	0°	+85°	+59°
35	-70°	-30°	+100°	+60°
40	+80°	+6°	+115°	+5°
45	-90°	0°	+130°	0°
50	+180°	+0°	+145°	0°

En el anexo 10 se puede ver las fotos finales del trabajo realizado del campo visual tanto en campo abierto como en campo cerrado del diseño e implementación de un sistema de transmisión de video para operaciones de infiltración y rescate

CAPITULO IV

4 DISCUSIÓN

Este trabajo se enfoca en el diseño e implementación de un sistema de transmisión de video, para operaciones de infiltración y rescate, consiste en controlar una cámara con movimientos de la cabeza, utilizando un sistema de comunicación ZigBee y una interfaz wifi, que permite controlar la posición de la cámara desde la posición de la cabeza a una distancia determinada de 45m, el video es receptado en un teléfono con sistema operativo Android, con la aplicación de App Inventor.

El sistema consta de un sistema transmisor, y un sistema receptor para el control de la cámara mediante XBee y para la transmisión de video mediante una red WIFI.

En la actualidad la mayoría de los dispositivos poseen sistemas operativos Android por lo cual se nota que el desarrollo en aplicaciones Android son más generalizadas, por lo cual de desarrollo la aplicación para la cámara en este sistema operativo.

La mayoría de dispositivos tecnológicos contienen acelerómetro y giroscopio. Hoy en día se utilizan estos tipos de dispositivos para tener algún tipo de aplicación, lo que se vio en la necesidad que a esta aplicación darle una actividad diferente.

CAPITULO V

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Para mayor precisión se puede utilizar un giroscopio que tenga un magnetómetro para un funcionamiento adecuado con una mejor precisión.

Este proyecto fue factible reducir el costo, utilizando elementos reciclables tales como: auriculares, modem tp-link, cámara de video, etc. determinando que se pueden utilizar elementos que fueron desechados.

El MPU-6050 ubicado en head phone reciclable implementado, puede dar una trayectoria de movimientos de ángulos de la cabeza, adecuado para el movimiento de los servos con un grado de error de $\pm 3^\circ$.

En el análisis de los distintos dispositivos que comprenden el proyecto, el cálculo máximo de energía era de 2.5 A por las características técnicas de cada dispositivo reciclable pero al implementarlo u consumo real es de 1 A máximo, determinando que el circuito regulador debe ser un regulador de mediana potencia.

5.2 Recomendaciones

Si se desea realizar nuevamente este proyecto se pueden utilizar elementos reciclables que tengan concordancia para reducir costos, pero si se desea desarrollar un sistema más profesional se debe tomar en cuenta que el gasto va ser más elevado, por lo tanto se pueden ocupar dispositivos como: arduino, Raspberry pi, Beagleboard, etc, que tendrían resultados más eficientes y compacta.

Para trabajos futuros y modificaciones del prototipo se recomienda reducir el espacio para disminuir peso, además hacer mejoras en el sistema de transmisión ya que forma el prototipo es esencialmente práctica y aplicable para sistemas robóticos dedicados a operaciones de exploración, infiltración y rescate.

Las baterías de lipo pueden ser remplazadas por unas baterías de iones de litio de 6.4V debidas a que son más estables y no pueden provocar explosión con una excesiva carga.

CAPITULO VI

6 PROPUESTA

6.1 Título de la propuesta

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSMISION DE VIDEO PARA OPERACIONES DE INFILTRACIÓN Y RESCATE.

6.2 Introducción

En la actualidad el crecimiento tecnológico de los dispositivos móviles ha llegado a un punto que los habilita para la generación actual, y un fácil acceso para la distribución de contenidos multimedia. Así, se han aplicado buena parte de las tecnologías ya existentes y se han generado otras nuevas que aprovechan la flexibilidad y movilidad características del nuevo medio. Una captación recreativa es importante para conseguir material visual que se integre en este proyecto, de igual manera seleccionar el formato adecuado para su almacenamiento y posterior tratamiento digital. Así, se empieza construyendo el proyecto sobre los fundamentos básicos de la transmisión de video mediante comunicación ZigBee, definiendo los parámetros que los caracterizan, los estándares de interconexión y se termina viendo el sistema de comunicación. El sistema es especialmente práctico, nace la necesidad de introducir conceptos teóricos que se ilustran en las

actividades realizadas en el escrito. La transmisión de video en vivo es una herramienta muy útil y surge la necesidad de visualizar o escuchar contenidos como música y videos, al mismo tiempo existen gran cantidad de servidores de transmisión y en varias ocasiones no tenemos el conocimiento adecuado para poder escoger el servidor que se ajuste a nuestras necesidades. Esta tesis se enfoca en la transmisión de video, en la que la cámara es manipulada mediante movimientos de la cabeza con transmisión ZigBee y el video es receptado mediante el lenguaje app inventor en un teléfono con sistema operativo Android, que no es más que una transmisión multimedia que se realiza mediante una red LAN.

6.3 Objetivos

6.3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de transmisión de video para operaciones de infiltración y rescate que permita la interacción usuario-Cámara.

6.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un circuito de control para la detección de movimientos de la cabeza
- Controlar la cámara mediante movimientos de la cabeza
- Diseñar una estructura que sea capaz de integrarse a sistemas robóticos de rescate.

6.4 Fundamentación Científico-Técnico

El sistema de transmisión de video para operaciones de infiltración y rescate, tiene

una significativa representación en la manipulación de la cámara mediante movimientos de la cabeza, esto es de gran beneficio principalmente a la robótica, circuitos de comunicación, sistemas de vigilancia, limitándose a operaciones de infiltración y rescate mediante la capacidad de adaptabilidad aprovechando la velocidad del procesador.

6.5 Descripción de la propuesta

Este proyecto consiste en un sistema de transmisión de video para operaciones de infiltración y rescate, muchos sistemas que han trabajado hasta la actualidad tienen sus ventajas a igual que sus limitantes de acuerdo a la tecnología aplicada, sin embargo la mayoría de sistemas de transmisión de video son manejados manualmente.

Al desarrollar este sistema se ofrece un proyecto accesible con avances tecnológicos en el área de la robótica y permitirá a las Instituciones inmersas en operaciones de exploración adaptarse a las características propias de sus equipos de infiltración y rescate. En cuanto a hardware el sistema está conformado por una cámara que está sujeta a una base de servos que permite la movilidad para la exploración, por otro lado tenemos la diadema que consta del circuito electrónico del Giroscopio, teniendo una comunicación mediante transmisión ZigBee, la emisión del video es receptada en un celular Android, la exploración se realiza ubicando la cámara en un carro que se desplaza en un lugar determinado, la cámara es manipulada mediante el MPU5060 que está ubicada en la diadema, esta es sujeta en la cabeza y permitirá los diferentes movimientos en el eje x, y, z.

Por otro lado, el proyecto sirve de motivación e impulso a la investigación y desarrollo de otros proyectos; generación de artículos y fortalecimiento de los conocimientos en el área exploración y robótica

6.6 Diseño organizacional



Figura 6.1 Esquema organizacional

Fuente: Autores.

6.7 Monitoreo y Evaluación de la propuesta

La evaluación de la propuesta se realizará a través de pruebas, sometiendo a diferentes grabaciones de video en diferentes sitios.

El impacto que produce en la implementación de un sistema de transmisión de video es la manipulación de la cámara a una distancia aproximadamente de 40 m por medio de movimientos de la cabeza.

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] A, Tanenbaum. (2003). *Redes de computadoras* . Mexico: Pearson Educacion.
- [2] Adrian Burlacu, C. C. (2011). Real-Time Visual Predictive Control of Manipulation Systems. *Advanced Robotics* (págs. 383-388). IEEE.
- [3] Cheah, Xiang. L. (2012). Dynamic Region Control for Robot-Assisted Cell Manipulation Using Optical Tweezers. *IEEE*, 1057-1062.
- [4] Enrique, Herrera. (2003). *Tecnologías y redes de transmisión de datos*. Balderas.Mexico: Llimusa.
- [5] Fransisco, Garcia. (2010). *Video vigilancia:* . Malaga-España: Vertice.
- [6] Garrec, N. K. (2013). Dry friction modeling in dynamic identification for robot manipulators: theory and experiments. *Mechatronics* (págs. 422-429). IEEE.
- [7] Gil, P. P. (2010). *Redes y transmisión de datos*. España: Universidad de Alicante.
- [8] Gil, Salvador. y Eduardo, Rodriguez. (2001). *Fisica re-Creativa*. Buenos Aires: Prentice Hall.
- [9] Herrera, E. (1998). *Introducción a las telecomunicaciones modernas*. Balderas-Mexico: Llimusa.
- [10] Huidobro J, M. R. (2010). *Manual de Domotica*. España: Copyright.
- [11] J, Dordoigne. (2013). *Recursos Informáticos Redes informáticas* . Barcelona-España: ENI.
- [12] Juan, Martín. (2009). *Instalaciones de telecomunicaciones*. Madris-España: Editex.
- [14] Jairo, Amaya. (2009). *Sistemas de información gerenciales*. Bogota-Colombia: ECOE.
- [15] Pardo Camino, Rodil Irene (2010). *Operaciones auxiliares con tecnologías de la información y la comunicación*. Madrid-España: Paraninfo.
- [16] Patricio Burbano, A. R. (2013). Design and Automatic System Control Implementation for an Imitator Robot in a Humanoid Platform through Image and Video Acquiring and Processing. *Revista Politecnica*, 87-95.
- [17] Rodriguez, A. (2007). *Iniciación a la red Internet*. España: Ideas Propias.
- [18] Sears, Francis. (1999). *Fisica Universitaria*. Mexico: Addison Wealwy Longman.
- [19] Sebastian Erhart, D. S. (2013). An impedance- based control architecture for multi-robot cooperative dual-arm mobile manipulation". *Intelligent Robots and Systems* (págs. 315-322). IROS.

8 ENLACES WEB

- [1] Aballay, E. (04 de 08 de 2016). *Fisica Recreativa*. Obtenido de Giroscopio:
http://www.youtube.com/watch?v=TrC_8Re9e7c&feature=related,
- [2] CEDOM. (4 de 08 de 2016). *Domotica*. Obtenido de Que es Domotica:
<http://www.cedom.es/que-es-domotica.ph>,
- [3] Daniweb. (04 de 08 de 2016). *Network LAN*. Obtenido de Network LAN to be Enabled/
Disabled: <http://www.daniweb.com/forums/thread50255.html>
- [4] Di, L. (12 de 07 de 2016). *Daniel Comentario tecnico*. Obtenido de
electrocomponentes:
http://www.electrocomponentes.com/Ingenieria/Microcontroladores/Articulos_te
- [5] Domodesk. (04 de 08 de 2016). *ZigBee*. Obtenido de A fondo ZigBee:
<http://www.domodesk.com/content.aspx?co=97&t =21&c=47>
- [6] Domotica. (04 de 08 de 2016). *Domotica*. Obtenido de Camaras Ip:
http://www.youtube.com/watch?v=TrC_8Re9e7c&feature=related,
- [7] DSCS. (28 de 07 de 2016). *Servomotores*. Obtenido de Tipos de Servos:
<http://dscs.webcindario.com/Servos/Tipos%20de%20Servomotores.pdf>
- [8] Maquinaria. (28 de 07 de 2016). *Servos*. Obtenido de Servos:
http://www.metalactual.com/revista/25/maquinaria_servo.pdf
- [9] Monografias. (04 de 08 de 2016). *ZigBee*. Obtenido de ZigBee:
<http://www.monografias.com/trabajos61/zigbeeestandardomoticoinmótica/>
- [10] Obando, M. (01 de 08 de 2016). *Transmission*. Obtenido de XBEE:
<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1935/1/38T00288.pdf>
- [11] Portadina, C. (02 de 08 de 2016). *Publicaciones*. Obtenido de transmision de video:
http://www.itson.mx/publicaciones/rieeyc/Documents/v1/v1_art8.pdf
- [12] ROBOLOGS. (09 de 08 de 2016). *Tutorial*. Obtenido de Arduino y MPU:
<http://robologs.net/2014/10/15/tutorial-de-arduino-y-mpu-6050/>
- [13] Share, S. (02 de 08 de 2016). *Giroscopio*. Obtenido de Acelerometro:
<http://www.slideshare.net/berthatonks/acelermetro>
- [14] Teubi. (01 de 08 de 2016). *Giroscopio y acelerometro*. Obtenido de Programacion:
<http://fuenteabierta.teubi.co/2013/03/inclinometro-digital-con-arduino-uso-de.html>
- [15] Uppita, B. (01 de 08 de 2016). *Aplicaciones Mecatronicas*. Obtenido de Servomotores:
<http://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/577-cytnumero-44/1061-en-aplicaciones-mecatronicas-motor-o-servomotor>

9 ANEXOS

ANEXO 1

DATASHEET DE

ARDUINO 1

Technical Specification

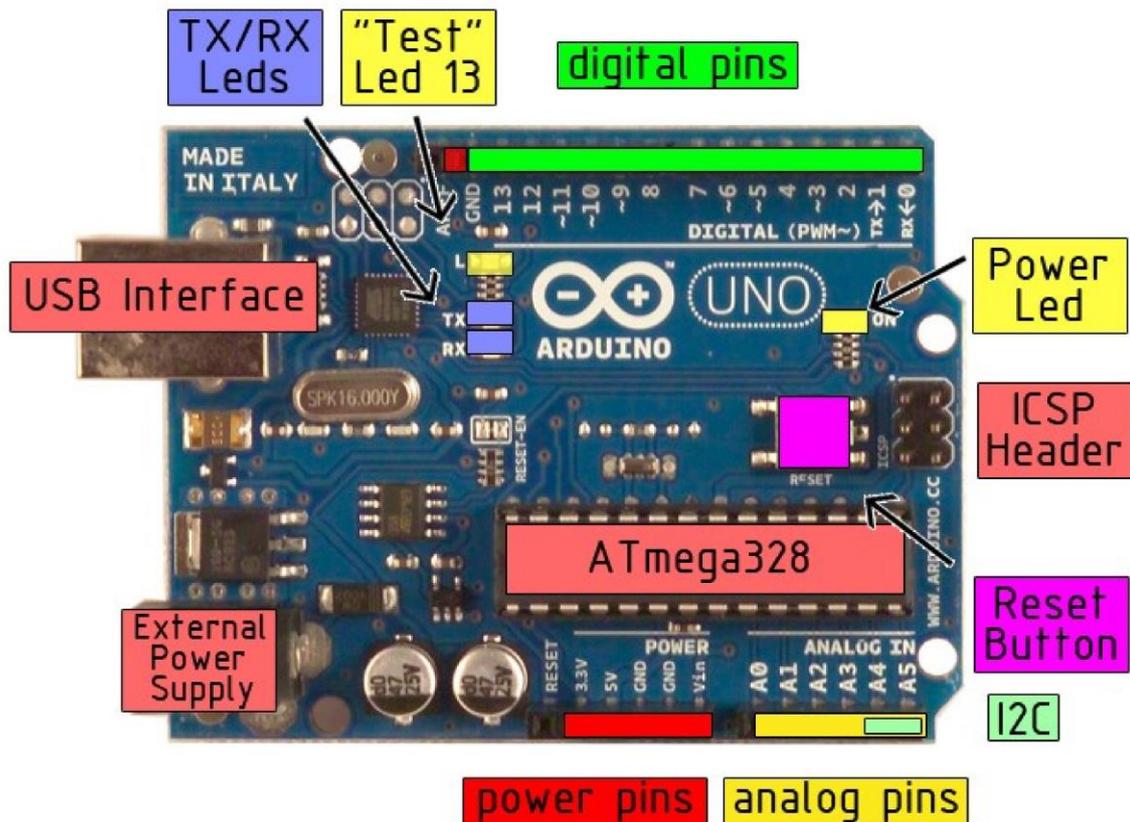


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS



Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0,5 KB is used for the bootloader); It has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip .
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.



radiospares

RADIONICS



How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](http://arduino.cc/en/Guide/HomePage) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink**

Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select

Now you have to go to **Tools>SerialPort**

and select the right serial port, the one ardu

```
int ledPin = 13; // LED connected to digital pin 13

// The setup() method runs once, when the sketch starts

void setup() {
  // initialize the digital pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

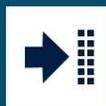
// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power

void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // set the LED on
  delay(1000);                // wait for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW);  // set the LED off
  delay(1000);                // wait for a second
}
```



Done compiling.

Press Compile button
(to check for errors)



Upload

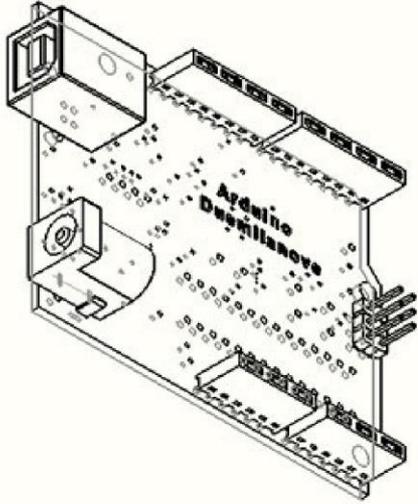
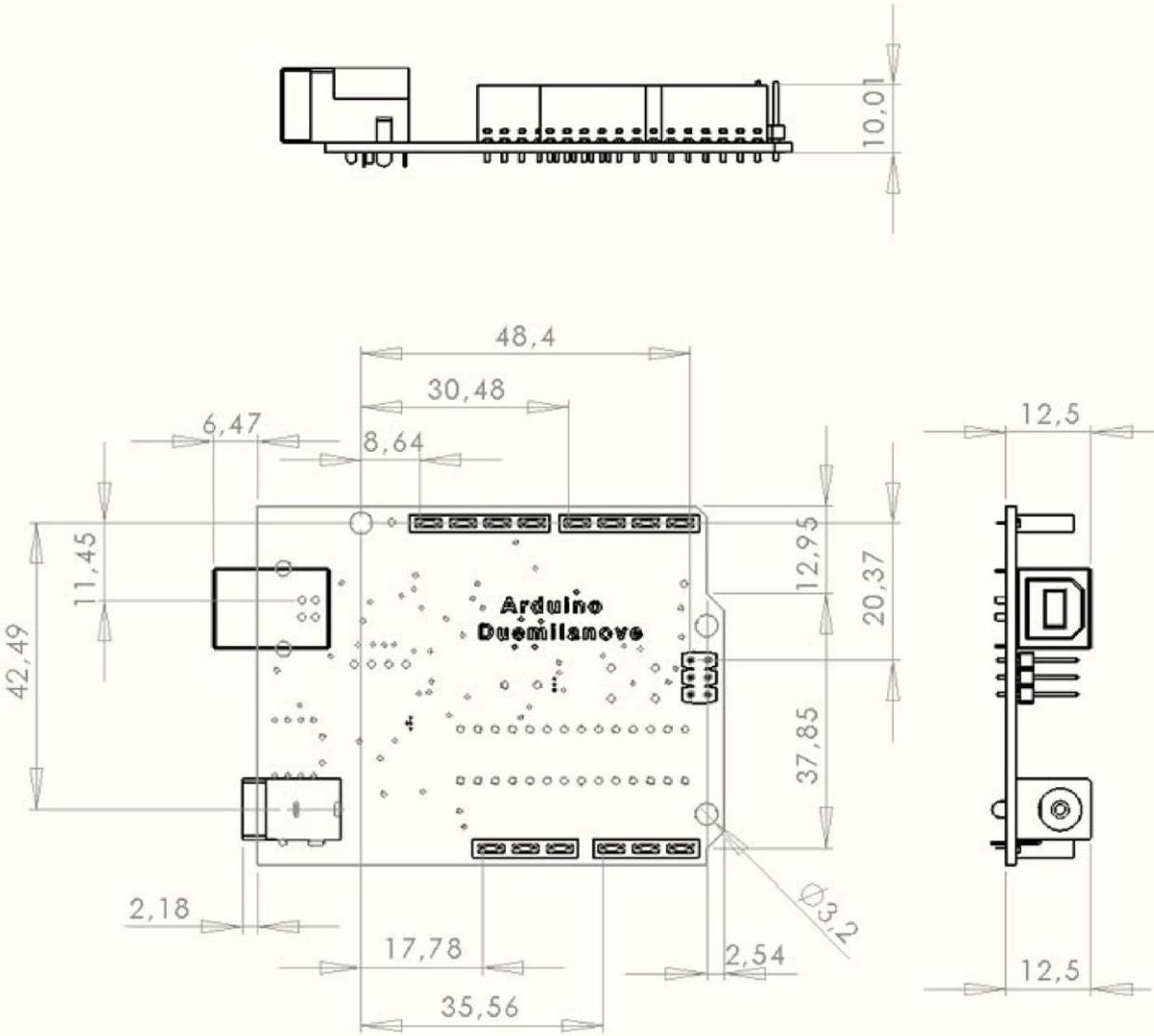


TX RX Flashing



Blinking Led!

Dimensioned Drawing



ANEXO 2
DATASHEET DE
XBEE

XBee®/XBee-PRO® RF Modules

The XBee and XBee-PRO RF Modules were engineered to meet IEEE 802.15.4 standards and support the unique needs of low-cost, low-power wireless sensor networks. The modules require minimal power and provide reliable delivery of data between devices.

The modules operate within the ISM 2.4 GHz frequency band and are pin-for-pin compatible with each other.



Key Features

Long Range Data Integrity XBee

- Indoor/Urban: up to 100' (30 m)
 - Outdoor line-of-sight: up to 300' (90 m)
 - Transmit Power: 1 mW (0 dBm)
 - Receiver Sensitivity: -92 dBm
- XBee-PRO**
- Indoor/Urban: up to 300' (90 m), 200' (60 m) for International variant
 - Outdoor line-of-sight: up to 1 mile (1600 m), 2500' (750 m) for International variant
 - Transmit Power: 63mW (18dBm), 10mW (10dBm) for International variant
 - Receiver Sensitivity: -100 dBm

RF Data Rate: 250,000 bps

Advanced Networking & Security

Retries and Acknowledgements

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Each direct sequence channels has over 65,000 unique network addresses available

Source/Destination Addressing Unicast & Broadcast Communications Point-to-point, point-to-multipoint and peer-to-peer topologies supported

Low Power XBee

- TX Peak Current: 45 mA (@3.3 V)
 - RX Current: 50 mA (@3.3 V)
 - Power-down Current: < 10 μ A
- XBee-PRO**

- TX Peak Current: 250mA (150mA for international variant)
 - TX Peak Current (RPSMA module only): 340mA (180mA for international variant)
 - RX Current: 55 mA (@3.3 V)
 - Power-down Current: < 10 μ A
- ADC and I/O line support**

Analog-to-digital conversion, Digital I/O I/O Line Passing

Easy-to-Use

No configuration necessary for out-of box RF communications

Free X-CTU Software (Testing and configuration software)

AT and API Command Modes for configuring module parameters

Extensive command set

Small form factor

Worldwide Acceptance

FCC Approval (USA) Refer to Appendix A [p64] for FCC Requirements.

Systems that contain XBee®/XBee-PRO® RF Modules inherit Digi Certifications. ISM (Industrial, Scientific & Medical) **2.4 GHz frequency band**

Manufactured under **ISO 9001:2000** registered standards

XBee®/XBee-PRO® RF Modules are optimized for use in the United States, Canada, Australia, Japan, and Europe. Contact Digi for complete list of government agency approvals.



Specifications

Table 1-01. Specifications of the XBee®/XBee-PRO® RF Modules

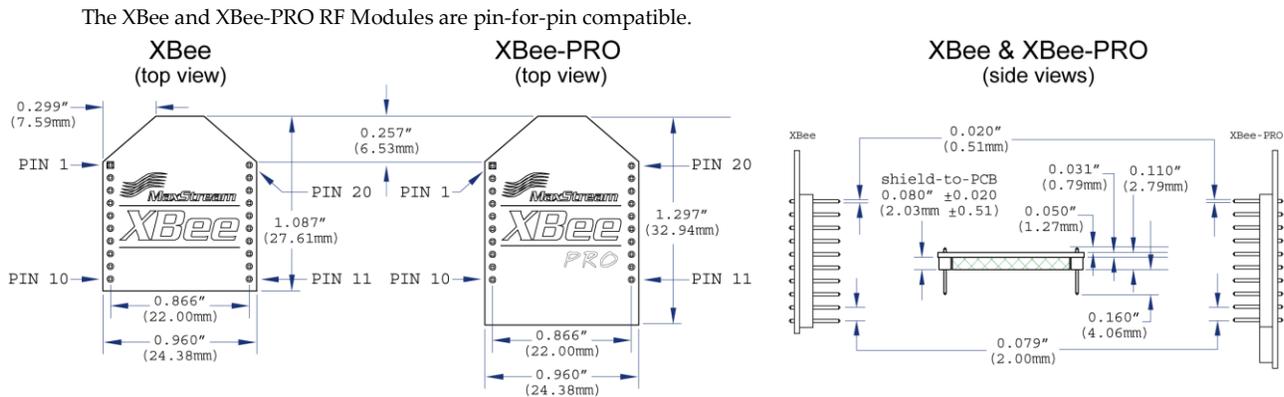
Specification	XBee	XBee-PRO
Performance		
Indoor/Urban Range	Up to 100 ft (30 m)	Up to 300 ft. (90 m), up to 200 ft (60 m) International variant
Outdoor RF line-of-sight Range	Up to 300 ft (90 m)	Up to 1 mile (1600 m), up to 2500 ft (750 m) international variant
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	63mW (18dBm)* 10mW (10 dBm) for International variant
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
Power Requirements		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	250mA (@3.3 V) (150mA for international variant) RPSMA module only: 340mA (@3.3 V) (180mA for international variant)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 µA	< 10 µA
General		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector
Networking & Security		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	PAN ID, Channel and Addresses
Agency Approvals		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	R201WW07215214	R201WW08215111 (Max. 10 dBm transmit power output)*
Australia	C-Tick	C-Tick

* See Appendix A for region-specific certification requirements.

Antenna Options: The ranges specified are typical when using the integrated Whip (1.5 dBi) and Dipole (2.1 dBi) antennas. The Chip antenna option provides advantages in its form factor; however, it typically yields shorter range than the Whip and Dipole antenna options when transmitting outdoors. For more information, refer to the "XBee Antennas" Knowl- edgebase Article located on Digi's Support Web site

Mechanical Drawings

Figure 1-01. Mechanical drawings of the XBee®/XBee-PRO® RF Modules (antenna options not shown)



Mounting Considerations

The XBee®/XBee-PRO® RF Module was designed to mount into a receptacle (socket) and therefore does not require any soldering when mounting it to a board. The XBee Development Kits contain RS-232 and USB interface boards which use two 20-pin receptacles to receive modules.

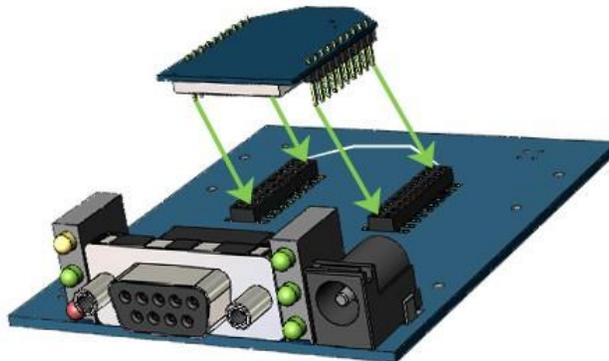


Figure 1-02. XBee Module Mounting to an RS-232 Interface Board.

The receptacles used on Digi development boards are manufactured by Century Interconnect. Several other manufacturers provide comparable mounting solutions; however, Digi currently uses the following receptacles:

- Through-hole single-row receptacles - Samtec P/N: MMS-110-01-L-SV (or equivalent)
- Surface-mount double-row receptacles - Century Interconnect P/N: CPRMSL20-D-0-1 (or equivalent)
- Surface-mount single-row receptacles - Samtec P/N: SMM-110-02-SM-S

Digi also recommends printing an outline of the module on the board to indicate the orientation the module should be mounted.

Pin Signals

Figure 1-03. XBee®/XBee-PRO® RF Module Pin Numbers

(top sides shown - shields on bottom)

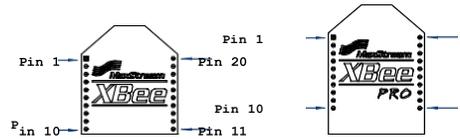


Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules

(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

	Name	D	Description
	VCC	-	Power supply
	DOUT	O	UART Data Out
	DIN /	I	UART Data In
	DO8*	O	Digital Output 8
	<u>RESET</u>	I	Module Reset (reset pulse must be at least
	PWM0 /	O	PWM Output 0 / RX Signal Strength
	PWM1	O	PWM Output 1
	[reserved]	-	Do not connect
	<u>DTR /</u>	I	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
	<u>GND</u>	-	Ground
	AD4 /	E	Analog Input 4 or Digital I/O 4
	<u>CTS /</u>	E	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
	ON /	O	Module Status Indicator
	VREF	I	Voltage Reference for A/D Inputs
	Associate	E	Associated Indicator, Analog Input 5 or
	<u>RTS /</u>	E	Request-to-Send Flow Control, Analog
	AD3 /	E	Analog Input 3 or Digital I/O 3
	AD2 /	E	Analog Input 2 or Digital I/O 2
	AD1 /	E	Analog Input 1 or Digital I/O 1
	AD0 /	E	Analog Input 0 or Digital I/O 0

* Function is not supported at the time of this release

Design Notes:

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections for updating firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes a 50k \wedge pull-up resistor attached to **RESET**
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected

Electrical Characteristics

Table 1-03. DC Characteristics (VCC = 2.8 - 3.4 VDC)

Characteristi	Condition	Ty
Input Low	All Digital Inputs	-
Input High	All Digital Inputs	-
Output Low	$I_{OL} = 2 \text{ mA}$, $V_{CC} \geq 2.7$	-
Output High	$I_{OH} = -2 \text{ mA}$, $V_{CC} \geq$	-
Input Leakage	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND, all	0
High	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND, all	0
Transmit Current	$V_{CC} = 3.3 \text{ V}$	
Receive Current	$V_{CC} = 3.3 \text{ V}$	
Power-down	SM parameter = 1	<

Table 1-04. ADC Characteristics (Operating)

Characteristi	Conditio	T
VREF - Analog-to-Digital		-
VREF - Reference	Enabled	2
Analogue Input	Disabled or	<
		-

1. Maximum electrical operating range, not valid conversion range.

* V_{DDAD} is connected to VCC.

Table 1-05. ADC Timing/Performance Characteristics¹

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
R_{AS}	Source Impedance at Input ²		-	-	10	k Ω
V_{AIN}	Analog Input Voltage ³		V_{REFL}		V_{REFH}	V
RES	Ideal Resolution (1 LSB) ⁴	$2.08\text{V} < V_{DDAD} < 3.6\text{V}$	2.031	-	3.516	mV
DNL	Differential Non-linearity ⁵		-	± 0.5	± 1.0	LSB
INL	Integral Non-linearity ⁶		-	± 0.5	± 1.0	LSB
E_{ZS}	Zero-scale Error ⁷		-	± 0.4	± 1.0	LSB
F_{FS}	Full-scale Error ⁸		-	± 0.4	± 1.0	LSB
E_{IL}	Input Leakage Error ⁹		-	± 0.05	± 5.0	LSB
E_{TU}	Total Unadjusted Error ¹⁰		-	± 1.1	± 2.5	LSB

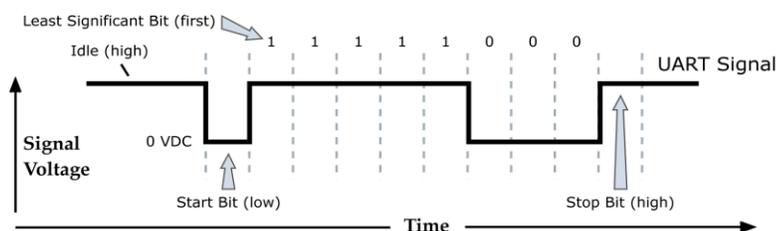
Serial Data

Data enters the module UART through the DI pin (pin 3) as an asynchronous serial signal. The signal should idle high when no data is being transmitted.

Each data byte consists of a start bit (low), 8 data bits (least significant bit first) and a stop bit (high). The following figure illustrates the serial bit pattern of data passing through the module.

Figure 2-02. UART data packet 0x1F (decimal number "31") as transmitted through the RF module

Example Data Format is 8-N-1 (bits - parity - # of stop bits)

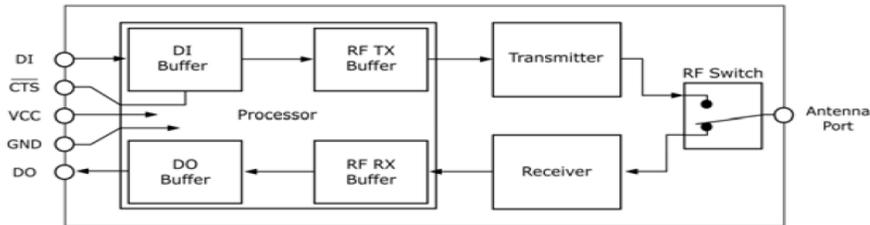


Serial communications depend on the two UARTs (the microcontroller's and the RF module's) to be configured with compatible settings (baud rate, parity, start bits, stop bits, databits).

The UART baud rate and parity settings on the XBee module can be configured with the BD and SB commands, respectively. See the command table in Chapter 3 for details.

Flow Control

Figure 2-03. Internal Data Flow Diagram



ADC and Digital I/O Line Support

The XBee®/XBee-PRO® RF Modules support ADC (Analog-to-digital conversion) and digital I/O line passing. The following pins support multiple functions:

Table 2-01. Pin functions and their associated pin numbers and commands

AD = Analog-to-Digital Converter, DIO = Digital Input/Output

Pin functions not applicable to this section are denoted within (parenthesis).

Pin Function	AT
AD0 / DIO0	D0
AD1 / DIO1	D1
AD2 / DIO2	D2
AD3 / DIO3 /	D3
AD4 / DIO4	D4
AD5 / DIO5 / (ASSOCIATE)	D5
DIO6 / (RTS)	D6
DIO7 / (CTS)	D7
DIO8 / (DTR) / (Sleep_RQ)	D8

To enable ADC and DIO pin functions:

For ADC Support:	Set ATDn = 2
For Digital Input support:	Set ATDn = 3
For Digital Output Low support:	Set ATDn = 4
For Digital Output High support:	Set ATDn = 5

Configuration Example As an example for a simple A/D link, a pair of RF modules could be set as follows:

Remote Configuration

DL = 0x1234 MY = 0x5678 D0 = 2
 D1 = 2 IR = 0x14
 IT = 5

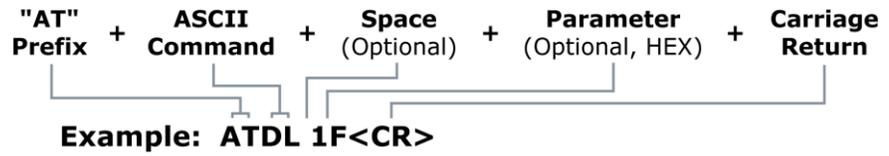
Base Configuration

DL =
 0x5678 MY
 = 0x1234
 P0 = 2
 P1 = 2
 IU = 1
 IA = 0x5678 (or
 0xFFFF)

To Send AT Commands:

Send AT commands and parameters using the syntax shown below.

Figure 2-08. Syntax for sending AT Commands



D0 - D4 (DIO_n Configuration) Commands

<I/O Settings> The D0, D1, D2, D3 and D4 commands are used to select/read the behavior of their respective AD/DIO lines (pins 20, 19, 18, 17 and 11 respectively). Options

include:

- Analog-to-digital converter
- Digital input
- Digital output

AT Commands:

ATD0, ATD1, ATD2, ATD3, ATD4

Parameter Range:0 - 5

Parameter	Configuration
0	Disabled
1	n/a
2	ADC
3	DI
4	DO low
5	DO high

Default Parameter Value:0

Minimum Firmware Version Required:

1.x.A0

D5 (DIO5 Configuration) Command

<I/O Settings> The D5 command is used to select/read the behavior of the DIO5 line (pin 15).

Options include:

- Associated Indicator (LED blinks when the module is associated)
- Analog-to-digital converter
- Digital input
- Digital output

AT

Command:

Parameter	Configuration
0	Disabled
1	Associated Indicator
2	ADC
3	DI
4	DO low
5	DO high

ANEXO 3

DATASHEET DEL

SENSOR MPU-6050

MPU-6000 and MPU-6050

Product Specification Revision 3.4

Primary Differences between MPU-6000 and MPU-6050

Part / Item	MPU-6000	MPU-6050
VDD	2.375V-	2.375V-
VLOGIC	n/a	1.71V to
Serial Interfaces Supported	I ² C, SPI	I ² C
Pin 8	/CS	VLOGIC
Pin 9	AD0/SDO	AD0
Pin 23	SCL/SCLK	SCL
Pin 24	SDA/SDI	SDA

Features

Gyroscope Features

The triple-axis MEMS gyroscope in the MPU-60X0 includes a wide range of features:

- Digital-output X-, Y-, and Z-Axis angular rate sensors (gyroscopes) with a user-programmable full-scale range of ± 250 , ± 500 , ± 1000 , and $\pm 2000^\circ/\text{sec}$
- External sync signal connected to the FSYNC pin supports image, video and GPS synchronization
- Integrated 16-bit ADCs enable simultaneous sampling of gyros
- Enhanced bias and sensitivity temperature stability reduces the need for user calibration
- Improved low-frequency noise performance
- Digitally-programmable low-pass filter
- Gyroscope operating current: 3.6mA
- Standby current: 5 μ A
- Factory calibrated sensitivity scale factor
- User self-test

Accelerometer Features

The triple-axis MEMS accelerometer in MPU-60X0 includes a wide range of features:

- Digital-output triple-axis accelerometer with a programmable full scale range of $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ and $\pm 16g$
 - Integrated 16-bit ADCs enable simultaneous sampling of accelerometers while requiring no external multiplexer
- Accelerometer normal operating current: 500 μ A
- Low power accelerometer mode current: 10 μ A at 1.25Hz, 20 μ A at 5Hz, 60 μ A at 20Hz, 110 μ A at 40Hz
- Orientation detection and signaling
- Tap detection

- User-programmable interrupts
- High-G interrupt
- User self-test

Additional Features

The MPU-60X0 includes the following additional features:

- 9-Axis MotionFusion by the on-chip Digital Motion Processor (DMP)
- Auxiliary master I²C bus for reading data from external sensors (e.g, magnetometer)
- 3.9mA operating current when all 6 motion sensing axes and the DMP are enabled
- VDD supply voltage range of 2.375V-3.46V
- Flexible VLOGIC reference voltage supports multiple I²C interface voltages (MPU-6050 only)
- Smallest and thinnest QFN package for portable devices: 4x4x0.9mm
- Minimal cross-axis sensitivity between the accelerometer and gyroscope axes
- 1024 byte FIFO buffer reduces power consumption by allowing host processor to read the data in bursts and then go into a low-power mode as the MPU collects more data
- Digital-output temperature sensor
- User-programmable digital filters for gyroscope, accelerometer, and temp sensor
- 10,000 g shock tolerant
- 400kHz Fast Mode I²C for communicating with all registers
- 1MHz SPI serial interface for communicating with all registers (MPU-6000 only)
- 20MHz SPI serial interface for reading sensor and interrupt registers (MPU-6000 only)

Electrical Characteristics

Gyroscope Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, T_A = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	M	TYP	MA	UNITS	N
GYROSCOPE SENSITIVITY						
Full-Scale Range	FS_SEL=0		±250		°/s	
	FS_SEL=1		±500		°/s	
	FS_SEL=2		±1000		°/s	
	FS_SEL=3		±2000		°/s	
Gyroscope ADC Word Length			16		bits	
Sensitivity Scale Factor	FS_SEL=0		131		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=1		65.5		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=2		32.8		LSB/(°/s)	
	FS_SEL=3		16.4		LSB/(°/s)	
Sensitivity Scale Factor Tolerance	25°C	-		+3	%	
Sensitivity Scale Factor Variation Over Temperature		3	±2		%	
Nonlinearity	Best fit straight line; 25°C		0.2		%	
Cross-Axis Sensitivity			±2		%	
GYROSCOPE ZERO-RATE OUTPUT (ZRO)						
Initial ZRO Tolerance	25°C		±20		°/s	
ZRO Variation Over Temperature	-40°C to +85°C		±20		°/s	
Power-Supply Sensitivity (1-10Hz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V		0.2		°/s	
Power-Supply Sensitivity (10 - 250Hz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V		0.2		°/s	
Power-Supply Sensitivity (250Hz - 100kHz)	Sine wave, 100mVpp; VDD=2.5V		4		°/s	
Linear Acceleration Sensitivity	Static		0.1		°/s/g	
SELF-TEST RESPONSE						
Relative	Change from factory trim	-		14	%	1
GYROSCOPE NOISE PERFORMANCE						
Total RMS Noise	FS_SEL=0 DLPFCFG=2 (100Hz)		0.05		°/s-rms	
Low-frequency RMS noise	Bandwidth 1Hz to 10Hz		0.033		°/s-rms	
Rate Noise Spectral Density	At 10Hz		0.005		°/s/√Hz	

GYROSCOPE MECHANICAL FREQUENCIES						
X-Axis		3	33	36	kHz	
Y-Axis		2	30	33	kHz	
Z-Axis		2	27	30	kHz	
LOW PASS FILTER RESPONSE	Programmable Range	5		256	Hz	
OUTPUT DATA RATE	Programmable	4		8,0	Hz	
GYROSCOPE START-UP TIME ZRO Settling (from power-on)	DLPFCFG=0 to $\pm 1\%$ s of Final		30		ms	

Accelerometer Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V \pm 5% or VDD, T_A = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTE
ACCELEROMETER SENSITIVITY						
Full-Scale Range	AFS_SEL=0		± 2		<i>g</i>	
	AFS_SEL=1		± 4		<i>g</i>	
	AFS_SEL=2		± 8		<i>g</i>	
	AFS_SEL=3		± 16		<i>g</i>	
ADC Word Length	Output in two's complement format		16		bits	
Sensitivity Scale Factor	AFS_SEL=0		16,384		LSB/ <i>g</i>	
	AFS_SEL=1		8,192		LSB/ <i>g</i>	
	AFS_SEL=2		4,096		LSB/ <i>g</i>	
	AFS_SEL=3		2,048		LSB/ <i>g</i>	
Initial Calibration Tolerance			± 3		%	
Sensitivity Change vs. Temperature	AFS_SEL=0, -40°C to +85°C		± 0.02		%/°C	
Nonlinearity	Best Fit Straight Line		0.5		%	
Cross-Axis Sensitivity			± 2		%	
ZERO-G OUTPUT						
Initial Calibration Tolerance	X and Y axes		± 50		<i>mg</i>	1
	Z axis		± 80		<i>mg</i>	
Zero-G Level Change vs. Temperature	X and Y axes, 0°C to +70°C		± 35		<i>mg</i>	
	Z axis, 0°C to +70°C		± 60		<i>mg</i>	
SELF TEST RESPONSE						
Relative	Change from factory trim	-14		14	%	2
NOISE PERFORMANCE						
Power Spectral Density	@10Hz, AFS_SEL=0 & ODR=1kHz		400		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$	
LOW PASS FILTER RESPONSE						
	Programmable Range	5		260	Hz	
OUTPUT DATA RATE						
	Programmable Range	4		1,000	Hz	
INTELLIGENCE FUNCTION INCREMENT						
			32		<i>mg</i> /LSB	

Electrical and Other Common Specifications

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, T_A = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	M	Units
TEMPERATURE SENSOR					
Range			-40 to +85		°C
Sensitivity	Untrimmed		340		LSB/°C
Temperature Offset	35°C		-521		LSB
Linearity	Best fit straight line (-40°C to +85°C)		±1		°C
VDD POWER SUPPLY					
Operating Voltages		2.375		3.4	V
Normal Operating Current	Gyroscope + Accelerometer + DMP		3.9		mA
	Gyroscope + Accelerometer (DMP)		3.8		mA
	Gyroscope + DMP (Accelerometer)		3.7		mA
	Gyroscope only (DMP & Accelerometer disabled)		3.6		mA
	Accelerometer only (DMP & Gyroscope disabled)		500		µA
Accelerometer Low Power Mode Current	1.25 Hz update rate		10		µA
	5 Hz update rate		20		µA
	20 Hz update rate		70		µA
	40 Hz update rate		140		µA
Full-Chip Idle Mode Supply Current			5		µA
Power Supply Ramp Rate	Monotonic ramp. Ramp rate is 10% to 90% of the final value			10 0	ms
VLOGIC REFERENCE VOLTAGE					
Voltage Range	MPU-6050 only VLOGIC must be ≤VDD at all times	1.71		VD	V
Power Supply Ramp Rate	Monotonic ramp. Ramp rate is 10% to 90% of the final value			3	ms
Normal Operating Current			100		µA
TEMPERATURE RANGE					
Specified Temperature Range	Performance parameters are not applicable beyond Specified Temperature Range	-40		+8 5	°C

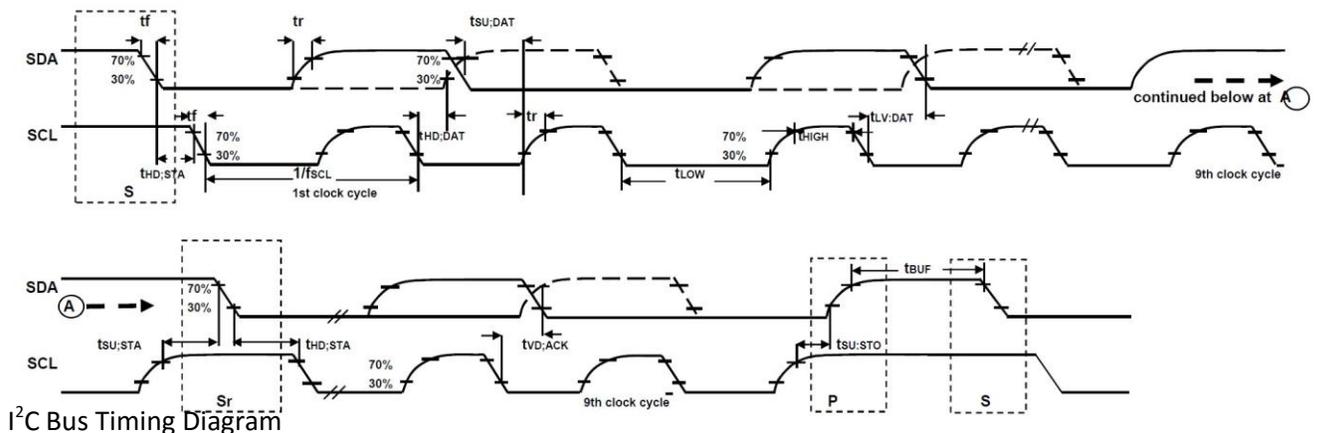
Electrical Specifications, Continued

VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, T_A = 25°C

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	Units
SERIAL INTERFACE					
SPI Operating Frequency, All Registers Read/Write	MPU-6000 only, Low Speed		100 ±10%		kHz
	MPU-6000 only, High Speed Characterization		1 ±10%		MHz
SPI Operating Frequency, Sensor and Interrupt Registers Read Only	MPU-6000 only		20 ±10%		MHz
I ² C Operating Frequency	All registers, Fast-			400	kHz
	All registers, Standard-mode			100	kHz
I²C ADDRESS		AD0 = 0		1101000	
		AD0 = 1		1101001	
DIGITAL INPUTS (SDI/SDA, AD0, SCLK/SCL, FSYNC, /CS, CLKIN)					
V _{IH} , High Level Input Voltage	MPU-6000	0.7*VDD			V
	MPU-6050	0.7*VLOGIC			V
V _{IL} , Low Level Input Voltage	MPU-6000			0.3*VDD	V
	MPU-6050			0.3*VLO	V
C _i , Input Capacitance			< 5		pF
DIGITAL OUTPUT (SDO, INT)					
V _{OH} , High Level Output Voltage	R _{LOAD} =1MΩ; MPU-6000	0.9*VDD			V
	R _{LOAD} =1MΩ; MPU-6050	0.9*VLOGIC			V
V _{OL1} , LOW-Level Output Voltage	R _{LOAD} =1MΩ; MPU-6000			0.1*VDD	V
	R _{LOAD} =1MΩ; MPU-6050			0.1*VLO	V
V _{OLINT1} , INT Low-Level Output Voltage	OPEN=1, 0.3mA sink			0.1	V
Output Leakage Current	OPEN=1		100		nA
t _{INT} , INT Pulse Width	LATCH_INT_EN=0		50		μs

I²C Timing Characterization

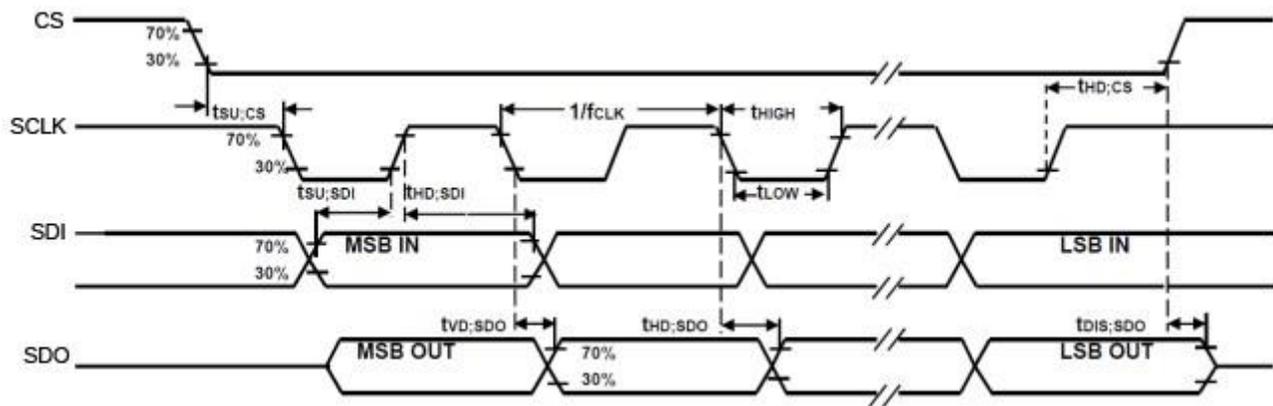
Typical Operating Circuit of Section 7.2, VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, T_A = 25°C



SPI Timing Characterization (MPU-6000 only)

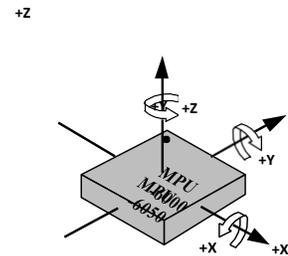
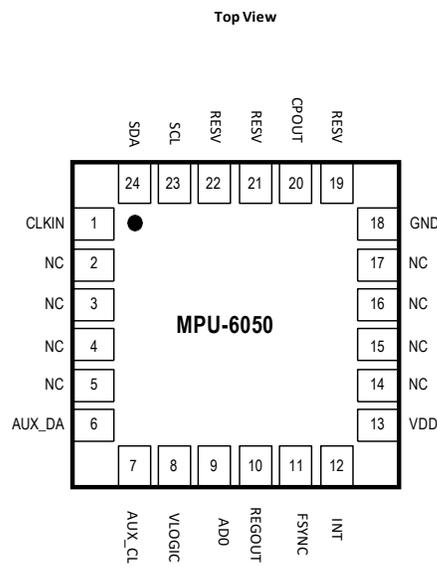
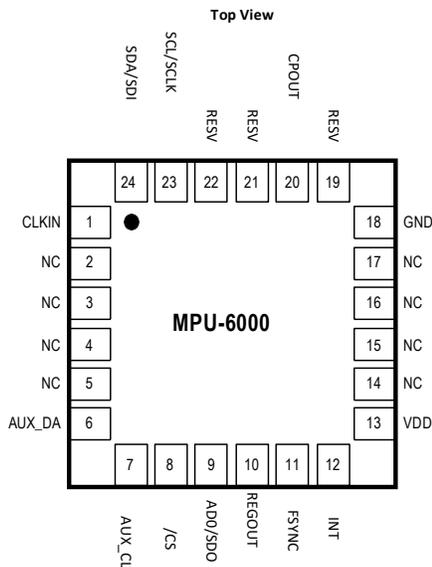
Typical Operating Circuit of Section 7.2, $V_{DD} = 2.375V-3.46V$, VLOGIC (MPU-6050 only) = $1.8V \pm 5\%$ or V_{DD} , $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise noted.

Parameters	Conditions	Min	Typical	Max	Units	Notes
SPI TIMING						
f_{SCLK} , SCLK Clock Frequency				1	MHz	
t_{LOW} , SCLK Low Period		400			ns	
t_{HIGH} , SCLK High Period		400			ns	
$t_{SU,CS}$, CS Setup Time		8			ns	
$t_{HD,CS}$, CS Hold Time		500			ns	
$t_{SU,SDI}$, SDI Setup Time		11			ns	
$t_{HD,SDI}$, SDI Hold Time		7			ns	
$t_{VD,SDO}$, SDO Valid Time	$C_{load} = 20pF$			100	ns	
$t_{HD,SDO}$, SDO Hold Time	$C_{load} = 20pF$	4			ns	
$t_{DIS,SDO}$, SDO Output Disable Time				10	ns	


SPI Bus Timing Diagram
Absolute Maximum Ratings

Stress above those listed as “Absolute Maximum Ratings” may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these conditions is not implied. Exposure to the absolute maximum ratings conditions for extended periods may affect device reliability.

Parameter	Rating
Supply Voltage, VDD	-0.5V to +6V
VLOGIC Input Voltage Level (MPU-6050)	-0.5V to VDD + 0.5V
REGOUT	-0.5V to 2V
Input Voltage Level (CLKIN, AUX_DA, AD0, FSYNC, INT, SCL, SDA)	-0.5V to VDD + 0.5V
CPOUT (2.5V ≤ VDD ≤ 3.6V)	-0.5V to 30V
Acceleration (Any Axis, unpowered)	10,000g for 0.2ms
Operating Temperature Range	-40°C to +105°C
Storage Temperature Range	-40°C to +125°C
Electrostatic Discharge (ESD) Protection	2kV (HBM); 250V (MM)
Latch-up	JEDEC Class II (2), 125°C ±100mA

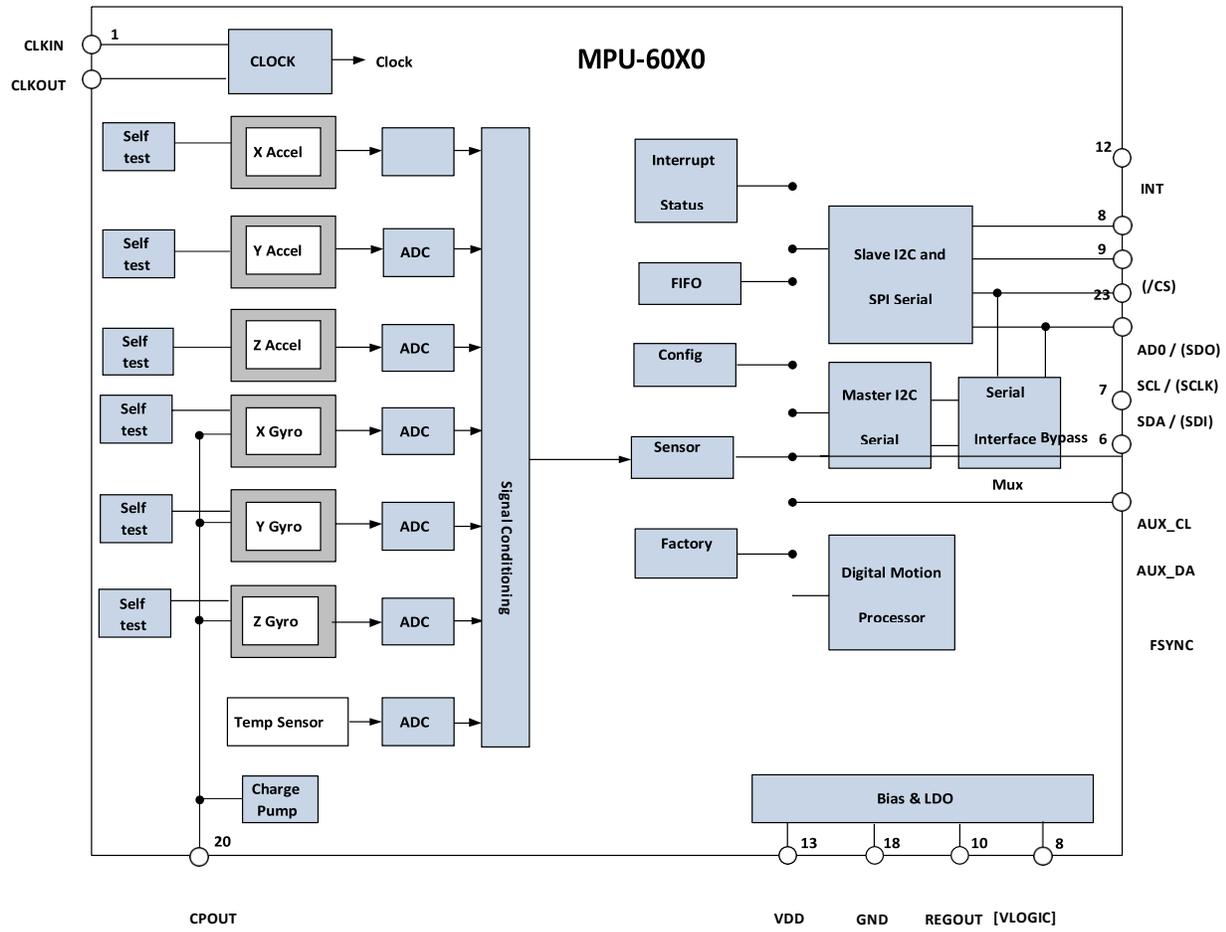


Bill of Materials for External Components

Component	Label	Specification	Quantity
Regulator Filter Capacitor (Pin 10)	C1	Ceramic, X7R, 0.1μF ±10%, 2V	1
VDD Bypass Capacitor (Pin 13)	C2	Ceramic, X7R, 0.1μF ±10%, 4V	1
Charge Pump Capacitor (Pin 20)	C3	Ceramic, X7R, 2.2nF ±10%, 50V	1
VLOGIC Bypass Capacitor (Pin 8)	C4*	Ceramic, X7R, 10nF ±10%, 4V	1

* MPU-6050 Only.

Block Diagram



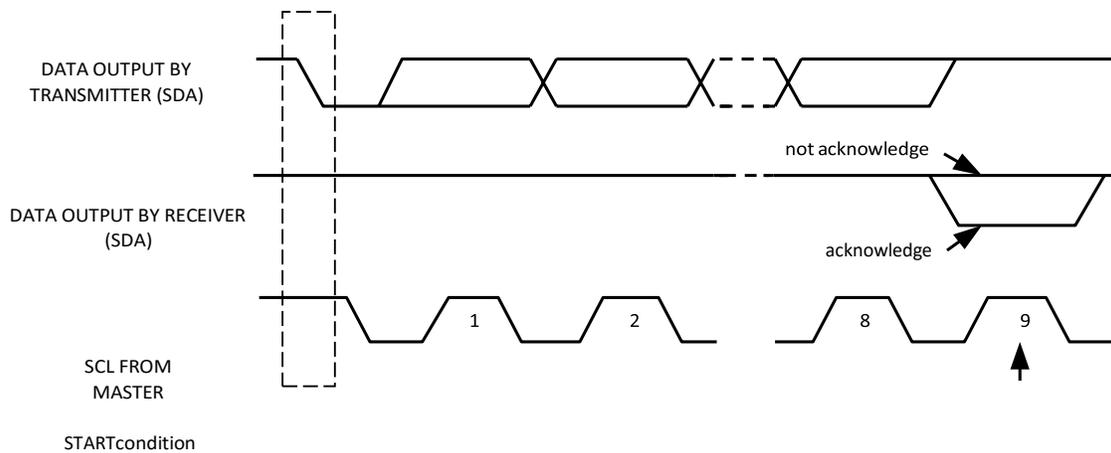
Digital Interface

I²C and SPI (MPU-6000 only) Serial Interfaces

The internal registers and memory of the MPU-6000/MPU-6050 can be accessed using either I²C at 400 kHz or SPI at 1MHz (MPU-6000 only). SPI operates in four-wire mode.

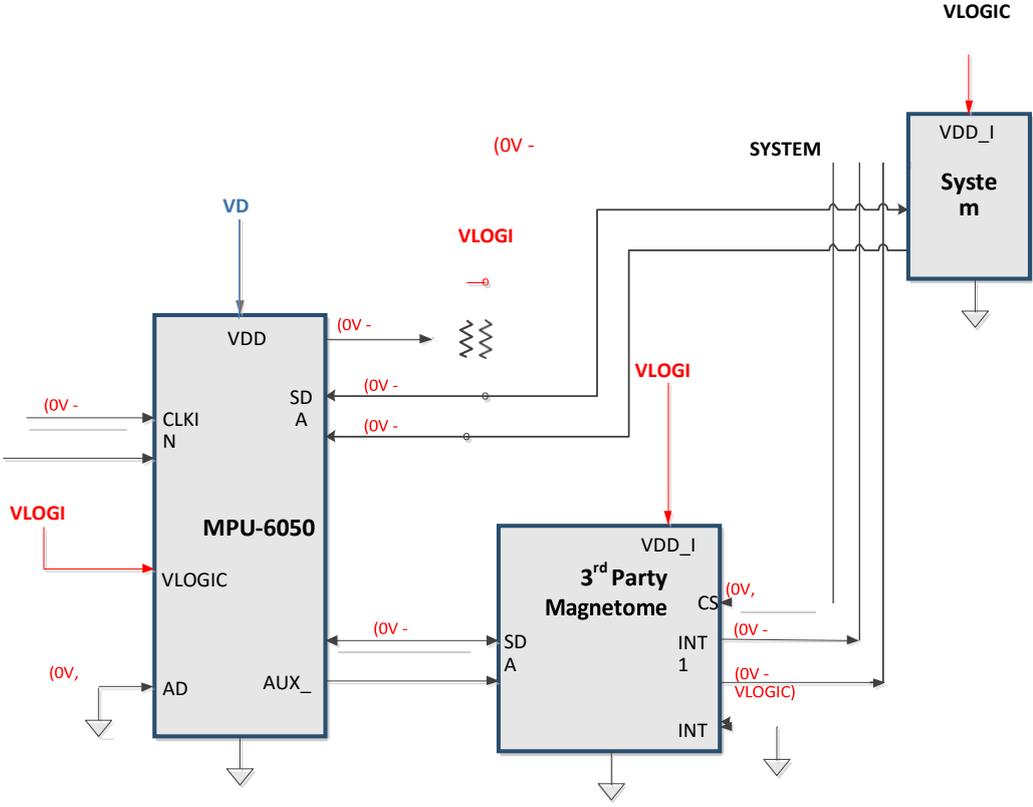
Serial Interface

Pin Number	MPU-6000	MPU-6050	Pin Name	Pin Description
8	Y		/CS	SPI chip select (0=SPI enable)
8		Y	VLOGIC	Digital I/O supply voltage. VLOGIC must be ≤ VDD at all times.
9	Y		AD0 / SDO	I ² C Slave Address LSB (AD0); SPI serial data output (SDO)
9		Y	AD0	I ² C Slave Address LSB
23	Y		SCL / SCLK	I ² C serial clock (SCL); SPI serial clock (SCLK)
23		Y	SCL	I ² C serial clock
24	Y		SDA / SDI	I ² C serial data (SDA); SPI serial data input (SDI)
24		Y	SDA	I ² C serial data

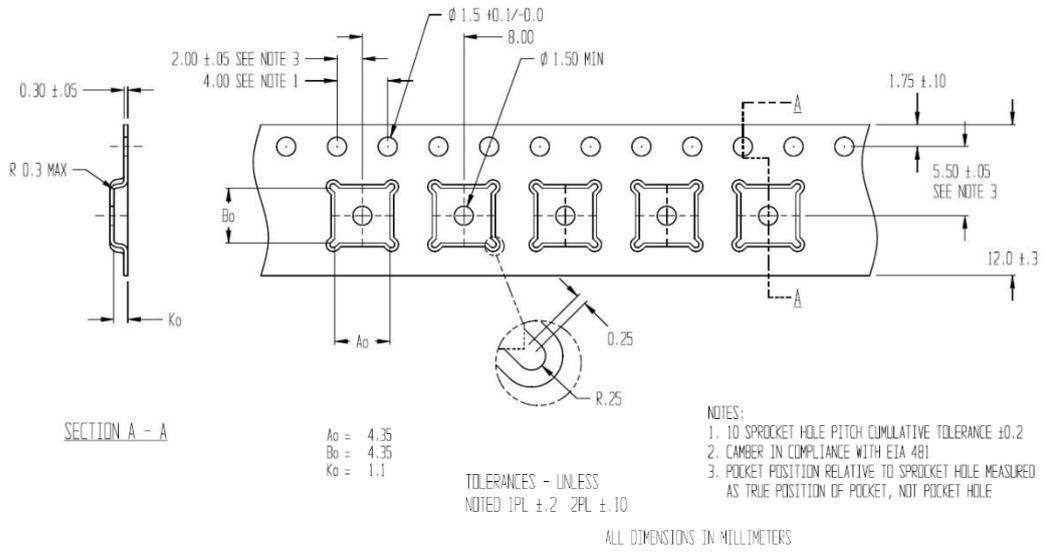


Acknowledge on the I²C Bus clock pulse for acknowledgement

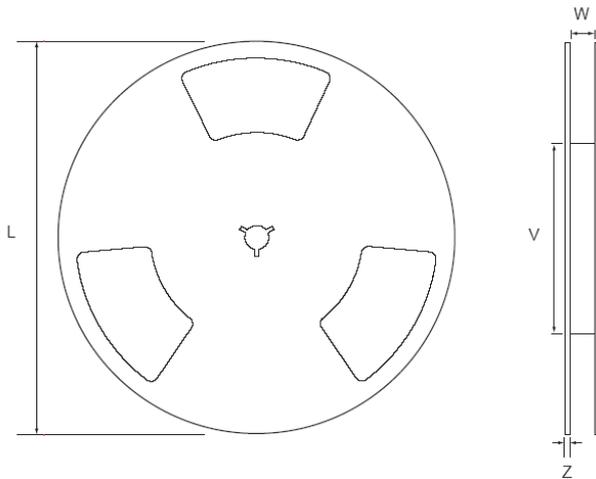
The figure below depicts a sample circuit with a third party magnetometer attached to the auxiliary I²C bus. It shows logic levels and voltage connections for *AUX_VDDIO* = 0. Note: Actual configuration will depend on the auxiliary sensors used.



11.5 Tape & Reel Specification



Tape Dimensions



Reel Outline Drawing

ANEXO 4
TABLA
COMPARATIVA
DE LOS
GIRÓMETROS
MÁS USADOS.

Dispositivo	Ejes	Rango	Interfaz	Requerimientos de energía	Características
IDG1215	2 (X,Y)	$\pm 67^\circ/s$	Analógica	3V100 μ A	-Incluye amplificador y filtro paso bajo.
LPR503AL	2 (X,Y)	$\pm 30^\circ/s \pm 120^\circ/s$	Analógica	2.7V a 3.6 V 6.8 mA	- Filtro paso bajo. - SEFL-TEST. - Power down.
LPR5150AL	2 (X,Y)	$\pm 1500^\circ/s \pm 6000^\circ/s$	Analógica	2.7V a 3.6 V 6.8 mA	- Filtro paso bajo. - SEFL-TEST. - Power down.
ITG3200	3 (X,Y,Z)	$\pm 2000^\circ/s$	Digital I2C-16 bits	2.1V a 3.6V 6.5 mA	- Filtro paso bajo programable. - Sensor de temperatura.
MPU-6050	3 acelerómetro (X,Y,Z) 3 girómetro (X,Y,Z)	$\pm 250, \pm 500, \pm 1000$, and $\pm 2000^\circ/sec \pm 2g, \pm 4g, \pm 8g$ and $\pm 16g$	Digital I2C	2.375V-3.46VG-3.6 mAA-500 μ A	- Filtro paso bajo programable. - Detección de orientación. - Interrupciones programables. - Detección de caída libre. - SEL-TEST. - Detección de golpe.
LPY503AL	2 (X,Z) 	$\pm 30^\circ/s \pm 120^\circ/s$	Analógica	2.7 V a 3.6 V 6.8mA	- Filtro paso bajo. - SEFL-TEST. - Power down.
MPU-3050	3 (X,Y,Z)	$\pm 250, \pm 500, \pm 1000$, and $\pm 2000^\circ/sec$	Digital I2C	2.1V a 3.6V 6.1 mA	- Interrupciones programable soporta características tales como el reconocimiento de gestos, paneo, detección de cero movimiento, detección de golpe y sacudida. - Filtro paso bajo programable. - Funcionalidad podómetro.
MPU-6000	3 acelerómetro (X,Y,Z)	$\pm 250, \pm 500, \pm 1000$, and $\pm 2000^\circ/sec \pm 2g$,	Digital I2C	2.375V-3.46VG-3.6 mAA-500 μ A	- Filtro paso bajo programable. - Detección de orientación.

	3 girómetro (X,Y,Z)	±4g, ±8g and ±16g			- Interrupciones programables. - Detección de caída libre. - SEL-TEST. - Detección de golpe.
MAX-21000	3 (X,Y,Z)	±31.25/±62.50/±125/ ±250/±500/±1k/±2k °/s	Digital I2C,SPI	1.71V a 3.6V 5.4 mA	-Filtro paso bajo programable.(Interrupciones programable)
BMG160	3 (X,Y,Z)	±125°/s a ±2000°/s	Digital I2C, SPI	2.4V a 3.6V 5mA	- Filtro paso bajo. - Sensor de temperatura.

ANEXO 5

GUÍA DE CONFIGURACIÓN PARA CÁMARA IP EASYN MODELO F3- M137

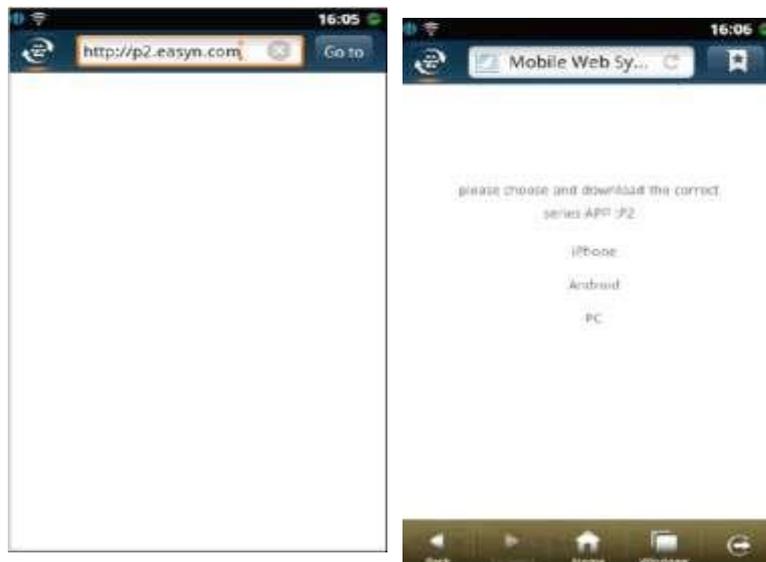
CONECTAR LA CÁMARA A LARED

Enchufar la cámara con el adaptador de corriente y conectarla al router con el cable de ethernet.

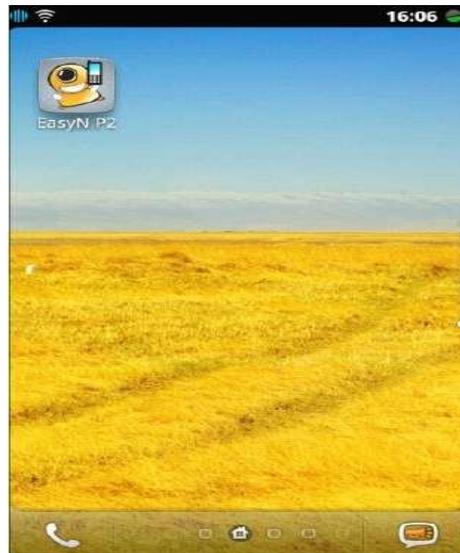


Descargar el software para móvil y su instalación.

Introduzca en la barra del navegador en el móvil <http://p2.easyn.com> y seleccionar lo correspondiente. Hay 4 bloques: APP para iPhone, para Android, para PC y el manual.



Aquí ponemos App de Android como ejemplo.



1. Abrir el App después de su instalación.





Método 2: Escanear el código de dos dimensiones (código QR) que viene indicado en la etiqueta de la cámara y la de la caja. Pulsar el botón “Scan ID” ajustándose el móvil hacia dicho código QR. Si lo consigue escanear con éxito, se ponen automáticamente los datos de la cámara por defecto en las casillas. Ahora pulsar el botón confirmar (“done” en inglés)



Método 3: Teclar a mano el número de identificación de la cámara que viene indicado en las etiquetas. En este caso, hay que poner en la casilla “Did” dicho número de identificación que también viene indicado en las etiquetas. Poner admin en la casilla “User”, sin contraseña. Luego pulsar “Done” para confirmarlo.



The screenshot shows a mobile application interface titled "Add Camera". At the top, there are "back" and "done" buttons. The interface contains several input fields: "Name" with the value "IPCAM", "Did" with the value "PSD-000000-MMXNE" (highlighted with a red box), "User" with the value "admin", and "Pwd" which is empty. Below the input fields are two buttons: "Scan ID" and "Search", both with right-pointing arrows.

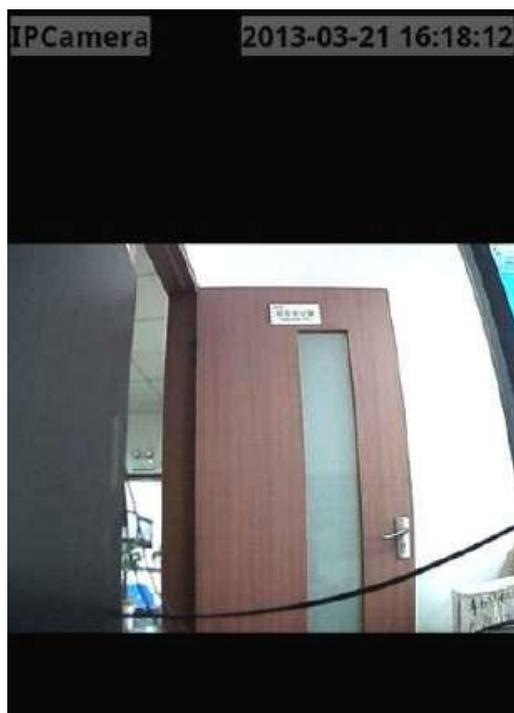


Al añadir con éxito la cámara, aparece como lo siguiente:



2. Visualizar y controlar la cámara a remoto

Pulsar(un click) “cámara en línea” para visualizar la imagen.



Dar un click en dicha pantalla para que salga los botones adicionales. Ya puedes grabar, escuchar, sacar fotos, hablar y modificar el calidad de la imagen como contrastes, luminosidad,etc. Cabe mencionar que para mover la escena, basta deslizar en la pantalla.



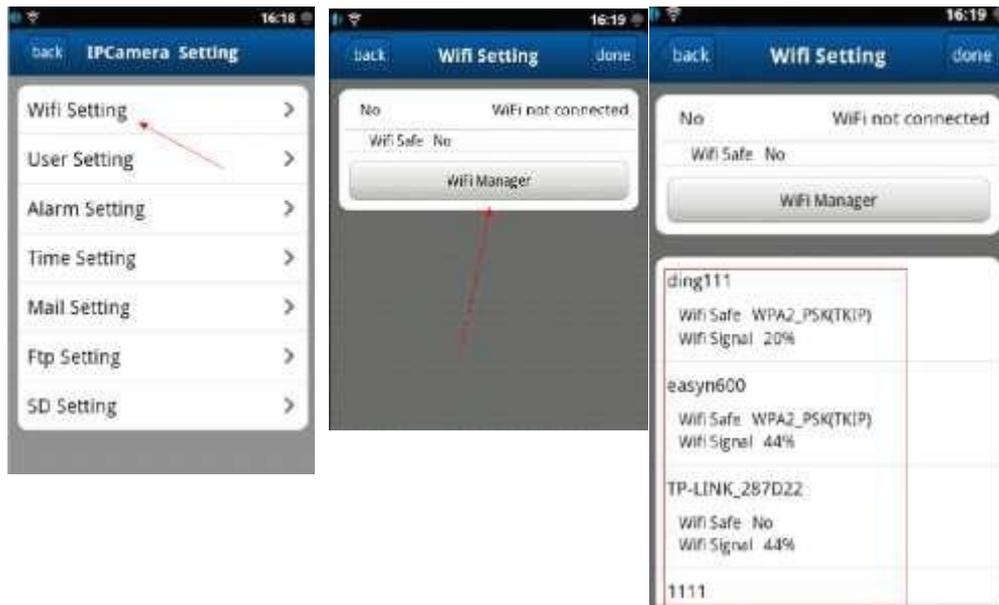
Configuración de la cámara ip

A) Configuración del wifi

En la lista de dispositivos, pulsar la flechita para entrar en la página de configuración como indica abajo.

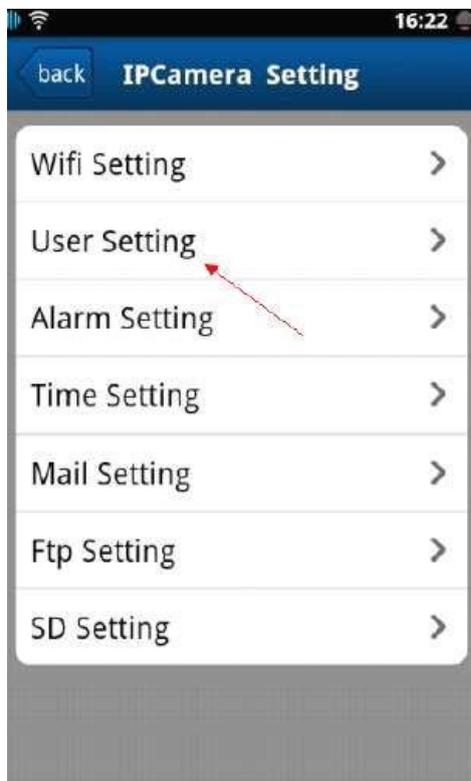


Pulsar “WIFI SETTING” y luego “WIFI MANAGER”, te sale una lista de wifi detectado. Seleccionar el wifi tuyo e introducir la contraseña de la misma. No se olvide pulsar “Done” para confirmarlo.



Después de pulsar el “Done”, la cámara se reinicia automáticamente y en este momento ya puedes quitar el cable de ethernet de la cámara. La cámara ya funciona con wifi !

B) configuración de la cuenta de usuario: Pulsar “User setting” para modificar el nombre de usuario y la contraseña. (Tanto los del administrador como los del operador) Es recomendable modificar la contraseña una vez iniciado el uso de la cámara para mantener la seguridad. Ojo: si por alguna razón, se olvida la contraseña, no se preocupe, pulse el botón “Reset” que se sitúa en la base de la cámara DURANTE 5 SEGUNDOS. (Invierte la cámara y ya se ve) Luego la cámara volverá al estado original.



ANEXO 6
PROGRAMAC
ION EN APP
INVENTOR

```
when INGRESAR .Click
do
  if PasswordTextBox1 .Text = "123456"
  then
    set MENSAJER .Text to "CLAVE CORRECTA"
    set MENSAJER .TextColor to blue
    open another screen screenName "Screen2"
  else if PasswordTextBox1 .Text ≠ "123456"
  then
    set MENSAJER .Text to "CLAVE INCORRECTA"
    set MENSAJER .TextColor to red
    set PasswordTextBox1 .Text to ""
```

```
when SALIR .TouchUp
do
  set PasswordTextBox1 .Text to ""
  close application
```

```
when Button1 .Click
do
  set ActivityStarter1 .DataUri to TextBox1 .Text
  set ActivityStarter1 .Action to "android.intent.action.VIEW"
  call ActivityStarter1 .StartActivity
```

ANEXO 7

PROGRAMACIÓN EN ARDUINO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

```
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050.h"

String datos;
String cadena;

#if I2CDEV_IMPLEMENTATION ==
I2CDEV_ARDUINO_WIRE
    #include "Wire.h"
#endif

MPU6050 accelgyro;

int ax, ay, az;
int16_t gx, gy, gz;

#define OUTPUT_READABLE_ACCELGYRO
#define LED_PIN 13

bool blinkState = false;
int d=0,e=0;

void setup()
{
    #if I2CDEV_IMPLEMENTATION ==
I2CDEV_ARDUINO_WIRE
        Wire.begin();
    #elif I2CDEV_IMPLEMENTATION ==
I2CDEV_BUILTIN_FASTWIRE
        Fastwire::setup(400, true);
    #endif
    Serial.begin(9600);
    accelgyro.initialize();
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
}
```

```

void loop()
{
    accelgyro.getAcceleration(&ax, &ay,
&az);
    accelgyro.getRotation(&gx, &gy, &gz);

//ax=(ax/182)+80;
ay=(ay/182)+90;
//az=az/182;
//gx=gx-299/417.07+110;
//gy=(gy-200)/417.07+110;
gz=gz/417.07;

cadena="a"+String(ay)+"g"+String(gz);
Serial.println(cadena);

/*
Serial.print("acelerometros: ");
Serial.print(" ");
Serial.print(ax);
Serial.print(" ");
Serial.print(ay);
Serial.print(" ");
Serial.println(az);
Serial.print("giroscopios: ");
Serial.print(" ");
Serial.print(gx);
Serial.print(" ");
Serial.print(gy);
Serial.print(" ");

```

ANEXO 8

PROGRAMACIÓN EN ARDUINO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN

```
#include <Servo.h>

Servo servobase;
Servo servolateral;

char s;
int c=90;
int t1=0,t2=0;
int ss1=0;
int ss2=0;
int posicioninicial1=90;
int posicioninicial2=90;
int i=0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  servobase.attach(9);
  servolateral.attach(10);

  for(i=0;i<=posicioninicial1;i++);
  {
    servobase.write(i);
    delay(500);
  }
  for(i=0;i<=posicioninicial2;i++);
  {
    servolateral.write(i);
    delay(500);
  }
  delay(100);
}

void loop()
{
  // s= Serial.read();
  s=Serial.read();
```

```
    if (s=='a')  ss1=Serial.parseInt();
s=Serial.read();
    if (s=='g')  ss2=Serial.parseInt();

    Serial.print(ss1);
    Serial.print(" ");
    Serial.println(ss2);
servolateral.write(ss1);
    if (ss2>2)
    {
        c=c-1;

        servobase.write(c);
        delay(10);
    }
    if (ss2<-2)
    {
        c=c+1;
        servobase.write(c);
        delay(10);
    }
    delay(10);

}

}
```

ANEXO 9

CALCULOS DEL

MPU-6050

Cálculos del MPU-6050

Datos

2,375V-3,46V-----1mg/LSB----- 16 Bits ADC

Cálculos

“A partir de los valores del acelerómetro, se calculan los ángulos Y, X respectivamente, con la fórmula de la tangente.

“ (ROBOLOGS, 2000)

Ratios de conversión para el acelerómetro y el giroscopio

A= 16384.0

G= 131.0

Conversión de radianes a grados $180/\text{PI}$

Resultado= 57.295779

$\text{Acc}[1] = \text{atan}(-1*(\text{AcX}/\text{A_R})/\text{sqrt}(\text{pow}((\text{AcY}/\text{A_R}),2) + \text{pow}((\text{AcZ}/\text{A_R}),2)))*\text{resultado};$

$\text{Acc}[0] = \text{atan}((\text{AcY}/\text{A_R})/\text{sqrt}(\text{pow}((\text{AcX}/\text{A_R}),2) + \text{pow}((\text{AcZ}/\text{A_R}),2)))*\text{resultado}$

Acy, Acx----- Angulo X y Y del acelerómetro.

Pow----- base exponente

A_R-----datos del acelerómetro en radianes

El cálculo se realiza de la siguiente manera según (Teubi, 2012)

Si el acelerómetro sin mover debe dar 1 entonces se divide 1 m=1182 es decir

Como se va obtener 2 la conversión es más simple simplemente se suma los grados que se desea poner de referencia.

$\text{ax}=\text{aX}182+80$; los 80 es por los grados cuando se pone 1 al acelerómetro

El giro cuando está en 0 se debe dividir para un número mayor ke la escala $\text{gz}=\text{gz}417.07$

El acelerómetro detecta cualquier aceleración que no sea la de la gravedad, si se mueve el sensor sin girarlo y aplicar una aceleración en otro eje del sensor lo detectará como un cambio de rotación. Véase las medidas en la figura 6, el ángulo real está marcado en azul, y las medidas reales están en rojo.

ANEXO 10

FOTOGRAFÍAS

FINALES DEL

SISTEMA DE

TRANSMISION DE

VIDEO



Figura 29 Posición frontal del sistema de recepción

Fuente: Autores



Figura 30 Posición lateral del sistema de recepción

Fuente: Autores



Figura 31 Circuito del sistema de transmisión

Fuente: Autores

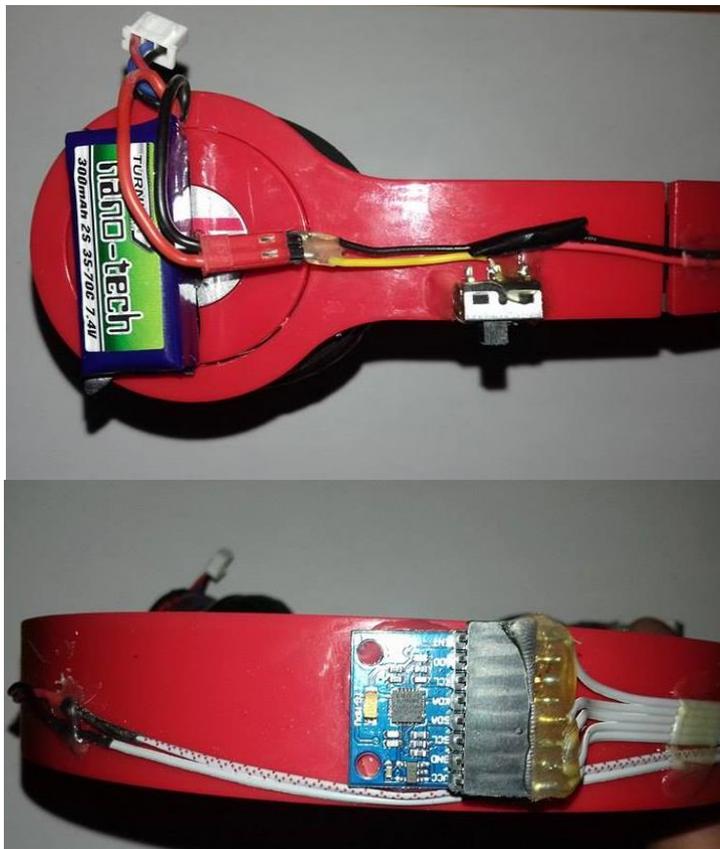


Figura 32 Posición frontal del MPU-6050 y su alimentación

Fuente: Autores

