

**Diseño Sistema Inalámbrico de Detección del Cierre de Cinturones
de Seguridad y Grado de Inclinación de Sillas en Aviones
Comerciales para la Prevención de Accidentes**

ANDRÉS FELIPE BULLA VARELA

**UNIVERSIDAD ECCI
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES INALÁMBRICAS
BOGOTÁ, 2016**

**Diseño Sistema Inalámbrico de Detección del Cierre de Cinturones
de Seguridad y Grado de Inclinación de Sillas en Aviones
Comerciales para la Prevención de Accidentes**

ANDRÉS FELIPE BULLA VARELA

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN TELECOMUNICACIONES INALÁMBRICAS**

**UNIVERSIDAD ECCI
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES INALÁMBRICAS
BOGOTÁ, 2016**

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, noviembre de 2016

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no habría sido posible desarrollarlo sin la ayuda de las personas que confiaron en el diseño de una idea innovadora que aportara a la seguridad de la sociedad; además que aportaron en el crecimiento educativo y profesional que hoy se refleja en el cumplimiento de mis metas.

Agradezco además a todos los docentes que a lo largo de la Ingeniería Electrónica y de la Especialización en Telecomunicaciones Inalámbricas, estuvieron conmigo demostrando por medio de su conocimiento que aún hay muchos ámbitos tecnológicos que explorar y que gracias a sus enseñanzas forjaron en mi la capacidad de obtención de un pensamiento crítico e innovador puesto al servicio de la sociedad.

Por ultimo dedico este proyecto a todos aquellos que en su momento y aún, confían en mí, debido a que este proyecto es el reflejo de un gran esfuerzo, dedicación y disciplina, gracias.

Andrés Felipe Bulla Varela

Diseño Sistema Inalámbrico de Detección del Cierre de Cinturones de Seguridad y Grado de Inclinación de Sillas en Aviones Comerciales para la Prevención de Accidentes

Universidad ECCI
Especialización en Telecomunicaciones Inalámbricas

Bogotá, Colombia.
2016

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2. OBJETIVOS.....	13
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.3. JUSTIFICACIÓN	14
1.3.1. DELIMITACIÓN	14
1.4. PREGUNTA PROBLEMA.....	15
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. ESTADO DEL ARTE.....	17
2.2. DESARROLLO INVESTIGATIVO.....	19
2.2.1. TECNOLOGIA BLUETOOTH	19
2.2.1.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE COMUNICACION TIPO BLUETOOTH.....	19
2.2.1.2. DESCRIPCION DE LA RED INALAMBRICA	20
2.2.2. DISPOSITIVO DE INTERCOMUNICACIÓN HC-05 TIPO BLUETOOTH ...	21
2.2.3. MICRO-CONTROLADOR – 16F877A	23
2.2.3.1. EL OSCILADOR EXTERNO	25
2.2.4. ARQUITECTURA ANDROID	25
2.3. MARCO LEGAL.....	27
2.3.1. AEROCIVIL	27
2.3.2. FAA	29
2.3.3. ACAA.....	30
2.4. REQUERIMIENTO DE MATERIALES PARA EL DISEÑO	31
3. DISEÑO METODOLÓGICO	36
4. RESULTADOS DEL DISEÑO PARA EL SISTEMA INALÁMBRICO	37
4.1. DESCRIPCIÓN Y CRITERIOS DEL CIRCUITO	37
4.1.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE MICRO-CONTROLADOR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO:.....	38
4.1.2. MÓDULO BLUETOOTH:	39
4.1.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL CIRCUITO.....	41
4.1.4. DETECCIÓN DE SEÑALES MEDIANTE SENSOR CAPACITIVO PP1	44
4.1.5. CRITERIOS DE FIRMWARE	47
4.1.6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	49
4.1.7. SISTEMA DE COMUNICACIÓN ALTERNO	50
4.1.7.1. ESPECIFICACIÓN ARINC 429.....	51
4.1.7.2. CARACTERÍSTICAS DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS DEL ESTÁNDAR ARINIC 429	51

4.2. CRITERIOS DEL SISTEMA DE ENVÍO	53
4.2.1. TOPOLOGÍA DE CONEXIÓN BLUETOOTH (WPAN).	54
4.3. CRITERIOS DEL SOFTWARE DE GESTIÓN.....	55
4.3.1. DISEÑO DE ENSAMBLE DEL SISTEMA INALÁMBRICO	58
5. COSTOS	61
5.1. RECURSOS DE MATERIALES Y ELEMENTOS PARA UN SOLO CIRCUITO 61	
5.2. MANO DE OBRA	62
5.3. RECURSOS FINANCIEROS TOTALES (PARA UNA SOLA INSTALACIÓN)	62
6. CONCLUSIONES.....	63
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
8. REFERENCIAS DE IMÁGENES.....	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Problema de desprendimiento de las sillas de aeronaves	16
Figura 2. Primeras Sillas en Aeronaves comerciales	18
Figura 3. Redes Bluetooth	20
Figura 4. Módulo HC 05	21
Figura 5. Módulo HC 05 con Adaptador Serial TTL	22
Figura 6. Configuración de Pines y Puertos del Pic 16F877A	24
Figura 7. Capacidad de corriente de los pines y puertos	24
Figura 8. Conexión de un oscilador XT	25
Figura 9. Arquitectura por capas usada en android	27
Figura 10. Cinturón de Seguridad Aeronáutica	32
Figura 11. Asientos avion comercial	35
Figura 12: Diagrama de procesos del diseño de seguridad	37
Figura 13: Diseño Proteus	39
Figura 14: Diseño en Proteus PIC16F877A con módulo Bluetooth HC 05	40
Figura 15: Circuito de distribución de energía eléctrica de aeronaves comerciales	42
Figura 16: Regulador de voltaje	43
Figura 17: Tablero de protecciones	44
Figura 18: Sensor capacitivo PP1 series	45
Figura 19: Medias en milímetros sensor capacitivo	45
Figura 20: Programa PIC 16F877A	47
Figura 21: Características de transmisión de datos ARINIC 429	52
Figura 22: ARINIC 429 en A/C Boeing 767	53
Figura 23: Topología de red	54
Figura 24: Diagrama de bloques appinventor2	56
Figura 25: Comunicación PIC 16F877A – Android	56
Figura 26: Recepción de datos	57
Figura 27: Desconexión comunicación Bluetooth	57
Figura 28: Diseño de programa para dispositivo tipo Tablet	57
Figura 29: Distribución de asientos en otro tipo de aeronaves	58
Figura 30: Ubicación sensores capacitivos	59
Figura 31: Simulación aplicativo Android	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas sillas	28
Tabla 2. Control de calidad y originalidad	29
Tabla 3. Tipos de sillas aeronaves comerciales.....	34
Tabla 4. Especificaciones Británicas FAR	34
Tabla 5 .Dimensiones asientos avión comercial	35
Tabla 6: Características Bluetooth.....	41
Tabla 7: Características sensor	46
Tabla 8. Recursos Materiales	61
Tabla 9. Recursos Financieros	62

RESUMEN

Las aeronaves en el despegue, crucero y aterrizaje en cada uno de sus vuelos, presentan turbulencias y dado a que las condiciones climatológicas en ocasiones son adversas se generan movimientos abruptos dentro de sí, lo que requiere el uso obligatorio de los cinturones de seguridad y la posición recta de los asientos como prevención de posibles accidentes, como golpes o caídas de los asientos de los pasajeros que no acaten las recomendaciones de abrochar los cinturones y de mantener las sillas en ciertas etapas del vuelo sin inclinación alguna, ya que algunos de estos, durante el vuelo y antes de alcanzar la línea de crucero, desabrochan sus cinturones o reclinan sus asientos sin que los auxiliares de vuelo se percaten, poniendo en riesgo sus vidas y las de otros pasajeros.

El propósito de la siguiente investigación es diseñar un sistema de comunicaciones inalámbricas que permita por medio de sensores instalados en el broche de los cinturones de seguridad y en el eje de inclinación de los asientos, mostrar en pantalla tanto a las auxiliares de vuelo como a los inspectores el uso adecuado de estos por parte de los pasajeros a bordo con el fin de prevenir accidentes por movimientos inesperados.

Este sistema de comunicación no requiere de entrenamiento especial por parte de los encargados de la tripulación para su entendimiento, ya que cuenta con un tablero de visualización en donde se registran los asientos de aquellos pasajeros que desabrochen sus cinturones o reclinan sus sillas sin previa autorización. Los resultados arrojados por este trabajo demuestran que es un proyecto viable debido a su economía y resultados y que no está establecido en la FAA como TSO ni como PMA, lo que indica que no posee hasta el momento estándares de aplicación, ni patentes.

Palabras claves: FAA, PMA, SISTEMAS INALAMBRICOS, TSO.

ABSTRACT

Aircraft on takeoff, cruise and landing on each of its flights, present turmoil and given the weather conditions are sometimes adverse abrupt movements are generated within itself, requiring the compulsory use of safety belts and upright position of the seats to prevent possible accidents such as bumps or falls seat passengers who do not follow the recommendations fasten the belts and keep the chairs at certain stages of flight without resting any, as some of these, during flight and before reaching the cruise line, unfasten their belts or recline their seats without flight attendants become aware, risking their lives and those of other passengers.

The purpose of this research is to design a wireless communications system that enables by sensors installed in the snap seat belts and shaft reclining seats, display both flight attendants as the inspectors appropriate use of these by passengers on board in order to prevent accidents by unexpected movements.

This communication system does not require special training for those in charge of the crew for their understanding, and which has a display board where the seats of those passengers unfasten their seat or recline their seats without permission are recorded. Results from this study show that it is a viable project because of its economy and results and is not established in the FAA TSO or as PMA, indicating that so far has no application standards or patents.

Keywords: FAA, PMA, TSO, WIRELESS SYSTEMS.

1. INTRODUCCIÓN

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El movimiento abrupto en los aviones es una condición normal que se presenta durante el vuelo, debido a las condiciones atmosféricas, la velocidad de la trayectoria, presencia de falencias mecánicas de la aeronave; lo que hace que el uso del cinturón de seguridad por parte de los pasajeros a bordo sea necesario desde el despegue hasta el aterrizaje, aun cuando la aeronave se encuentra en crucero debido a que se pueden presentar riesgo de accidentes, a lo cual la norma aeronáutica FAA, señala la posibilidad de aflojar el cinturón en ciertas partes de crucero pero no desabrocharlo en ningún momento y dentro de lo cual también se hace la recomendación de mantener en ciertos momentos de estabilización de la aeronave, la silla totalmente recta con el fin de prevenir rupturas de las mismas con el peso del pasajero.

Estas indicaciones por años han sido realizadas por parte de las personas encargadas del control y seguridad de los pasajeros y que hacen parte de la tripulación, llamadas auxiliares de vuelo, que por medio de entrenamientos y certificaciones de las Autoridades Civiles del Estado, realizan las recomendaciones antes del despegue; la problemática que se presenta a bordo es que existen pasajeros que no acatan estas recomendaciones y se desabrochan los cinturones una vez han pasado la revisión las auxiliares y reclinan sus sillas por comodidad sin analizar los riesgos que se podrían presentar durante su vuelo; unas de las personas que más lo realizan son adolescentes y niños que aún no miden los riesgos de accidente, por lo cual el presente proyecto pretende instalar una forma segura y económica que prevenga estas situaciones de riesgo. Por medio de un sistema inalámbrico de sensores que se instalara en el broche de los cinturones de seguridad y en los ejes de reclinación de las sillas que envíen una señal al tablero de verificación del inspector a bordo que permita visualizar por medio de una pantalla la ubicación

de aquellas sillas que aun previa recomendación han desabrochado sus cinturones y/o han reclinado sus sillas, con el fin de acudir a estos y prevenir accidentes.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de comunicación inalámbrico de detección del cierre de cinturones de seguridad y verticalidad de los asientos, que permita mejorar la seguridad de los pasajeros a bordo de un vuelo, adaptable a todo tipo de avión comercial.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado del arte de los sistemas de seguridad para las sillas de aviones comerciales, por medio del estudio de antecedentes.
- Identificar el tipo de alimentación para sistemas electrónicos permisibles a bordo de una aeronave, mediante una caracterización de los mismos.
- Gestionar una aplicación en ANDROID donde se verifique el estado de los cinturones y reclinación de las sillas, por parte del personal autorizado por la aerolínea.
- Analizar un sistema de comunicación alterno dejando puntos de conexión de salida para la implementación de la interfaz ARING 429, por parte de la aerolínea que lo requiera.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La seguridad aeronáutica es un tema de prioridad para la Aero-civil Colombiana y aunque la accidentalidad que se presenta dentro de un vuelo es de bajo porcentaje, es de importancia tomar medidas al respecto. En otros países como Estados Unidos presentan planes de seguridad a bordo con tecnologías de punta a grandes costos previniendo así que pasajeros sufran lesiones durante sus vuelos. En Colombia aún no se han instalados este tipo de planes debido al costo de estas tecnologías dejando así el trabajo a los operarios de vuelo u azafatas quienes se encargan de la revisión de los pasajeros, de los cinturones de seguridad abrochados y de la inclinación de las sillas en despegue, en partes del crucero donde se presentan perturbaciones de orden meteorológicas y en el aterrizaje para prevenir que los pasajeros se salgan de sus asientos y presenten lesiones o a su vez que las sillas se desprendan por fuertes sacudones en la estructura; este trabajo se vuelve pesado si en el vuelo existen pasajeros que no acatan las normas y más aún cuando los auxiliares de vuelo deben tomar la revisión dar parte a cabina y acomodarse también para el despegue, en este momento no se encuentran pendientes si algún pasajero desabrocha sus cinturones y no sigue las recomendaciones; por ende es tan importante implementar un sistema autónomo que le permita a los auxiliares de vuelo tener claro los pasajeros que no se encuentran en disposición para iniciar su transcurso en vuelo y referirse a ellos para tomar las medidas preventivas.

1.3.1. DELIMITACIÓN

La implementación de estos sistemas de seguridad deben llevar un proceso de aceptación por la FAA como un componente TSO de tecnologías nuevas implementadas, por lo cual es un proceso de larga duración en aceptación e implementación, debido a que se debe cumplir con las normas aeronáuticas y que no interfiera con el buen desarrollo del funcionamiento de las metodologías de vuelo; una de las delimitación es la implementación de baterías para las tarjetas de comunicación

que no produzcan explosión, otra es el peso de este sistema de comunicación que vaya con las normas establecidas en la FAA y además las frecuencias de comunicación inalámbrica que no produzcan interferencias con las señales de navegación. Por otra parte se encuentra el inconveniente en el momento que el usuario a bordo se siente encima del cinturón de seguridad y este se encuentre cerrado, debido a que arrojará la señal de que el usuario se encuentra asegurado; por ende en el manual de uso de este proyecto de comunicaciones, se determina que no existe ningún método de asegurar si se sentó el usuario encima del cinturón, solo que se dará la alarma si se encuentra desabrochado, lo que no sucederá con los grados de inclinación de la silla que se certifica totalmente que se encuentre a 90° en el despegue, aterrizaje y momentos de vuelo con perturbaciones.

La aceptación de este tipo de proyectos por parte de la Aero civil es un proceso dispendioso que requiere de tiempo y de certificaciones de originalidad y patente; cabe resaltar que su aplicación es de beneficio para la seguridad de los pasajeros a bordo de una avión pero es de un porcentaje muy bajo la necesidad de su utilización debido a que estas mismas funciones se hace de manera operativa por parte de las auxiliares de vuelo, además que el proyecto está enfocado en la entrega de los datos de seguridad de los asientos, pero el sistema ARINC 429 que es sistema eléctrico guiado alterno no se instalara dentro de este proyecto sino quedara como responsabilidad de los técnicos de la aerolínea si así lo requieren.

1.4. PREGUNTA PROBLEMA

El presente proyecto pretende mitigar el problema de accidentalidad de pasajeros a bordo de una aeronave por golpes o caídas de los asientos, en relación a la siguiente pregunta: ¿Cómo prevenir que los pasajeros a bordo de un vuelo no sufran accidentes causados por, el uso indebido del cinturón de seguridad y el posicionamiento inequívoco de sus sillas? Los argumentos descritos sobre esta problemática en los párrafos anteriores y una investigación minuciosa apoyada en fuentes verificables, dan sustento al planteamiento del problema de la presente investigación. Las

personas han sufrido accidentes en pleno vuelo debido a no tener sus cinturones de seguridad abrochados y por tener sus sillas reclinadas en el despegue y aterrizaje provocando el desprendimiento de las mismas, debido a las altas velocidades y perturbaciones, según lo indica la FAA (Administración Federal de Aviación).

Es tal la preocupación por este tema, que en otros países se han tomado medidas de seguridad para los asientos, pero debido al costo de estas tecnologías de punta Colombia no cuenta con esos sistemas. En la siguiente figura (1), tomada en el 2003 en un accidente de un avión comercial que se dirigía de Indonesia a Australia, se denota el desprendimiento de un grupo de asientos de la aeronave que se encontraban reclinados en la presencia de turbulencias y la provocación de la muerte de los pasajeros que se encontraban allí dispuestos.



Figura 1. Problema de desprendimiento de las sillas de aeronaves.

Fuente: Juni Kriswanto – (2015) restos de vuelo QZ8501 que se recuperó en el mar de Java.

2. MARCO TEÓRICO

Los artículos que se han trabajado para el desarrollo del presente proyecto son nombrados a continuación, con el fin de diseñar un sistema de comunicación inalámbrico a bajo costo para implementación inicial en Colombia. A continuación se presenta la investigación realizada para obtener el diseño de este sistema:

2.1. ESTADO DEL ARTE

En el siglo XX se presentaban gran cantidad de accidentes en automóviles, lo cual generó la necesidad de utilizar un elemento de seguridad para los pasajeros, siendo este “el cinturón de seguridad”, capaz de prevenir golpes abruptos en caso de choques para prevenir consecuencias. Transcurrieron varios años para que este sistema de seguridad se implementara en sillas de aviones para la prevención de accidentes por turbulencias y demás factores atmosféricos.

La industria Volvo en 1958 diseñó los asientos de expulsión para aeronaves en donde se instauraban sistemas de cinturones que cumplían con las condiciones necesarias para mantener a la persona en su asiento dado un accidente y que a la vez pudiera liberarse de este cinturón de una forma fácil en caso de un rescate.

Con el transcurso del tiempo se diseñaron cinturones de tres puntos como se visualiza en la figura 2 el cual sujeta al pasajero tanto por el pecho de forma diagonal como por la cintura por medio de un broche; de esta forma la persona se encuentra protegida en momentos de impacto o de movimientos bruscos y se podía instalar tanto en automóviles como en aeronaves. Con el tiempo el diseño tuvo unas mejoras instalando las bandas del cinturón de seguridad en forma de “H” para la seguridad de mujeres embarazadas en automóviles a la espera de su futura implementación en asientos de vuelos comerciales



Figura 2. *Primeras Sillas en Aeronaves comerciales.*

Fuente: *Heudy Depaula – (2015) Interior de avión en viaje de Puerto Rico a Nueva York en 1946.*

Según estudios del 2011 de la universidad de Greenwich las personas que se encuentran sentadas en los asientos cercanos a las salidas de emergencia poseen más probabilidades de salvar sus vidas que las que se encuentran más alejados, y aún más si se mira desde la parte de rutas de evacuación.

En el 2012 la profesora Helen Muir de la universidad antes mencionada, aseguro que además de las personas cercanas a las rutas de evacuación, otro tipo de pasajeros que poseían más probabilidad de vida en caso de accidentes son aquellos que se encuentran cerca a los pasillos y no hacia las ventanas, debido al tiempo de evacuación. Estos sucesos llamados accidente, son sucesos de tipo impredecible, debido a que se presentan por fallas en motores, por afectaciones atmosféricas, entre otras.

En Estados Unidos desde el año de 1972 se hicieron estudios de accidentalidad y se descubrió que en un avión, el 40% de los pasajeros que se encuentran en las primeras filas tienen más probabilidad de salvarse de la muerte

Unas de las medidas de supervivencia en accidentes de aviones, es tener presente la ubicación de los chalecos salvavidas, llevar ropa cómoda, no quitarse los zapatos durante el vuelo, ya que en caso de evacuación de la aeronave hay que llevar los pies con protección; llevar el cinturón siempre abrochado y no retirarlo si no existe un caso de emergencia. (Escuela virtual volando sin miedo, 2015)

2.2. DESARROLLO INVESTIGATIVO

2.2.1. TECNOLOGIA BLUETOOTH

Es una tecnología que provee un camino fácil para la comunicación entre dispositivos, sin el uso de cables. Además, se busca facilitar la sincronización de datos entre dispositivos móviles y crear pequeñas redes inalámbricas.

La Tecnología Bluetooth se caracteriza por usar enlaces de radiofrecuencia de corto alcance y a bajo costo, simplifica las comunicaciones entre dispositivos, como teléfonos celulares, puntos de accesos de red. Esta tecnología opera en la banda de 2.4 GHz. Permite la comunicación a través de obstáculos a distancias aproximadas de 10 metros, por lo cual es ideal para la comunicación inalámbrica entre las sillas y el sistema ANDROID.

2.2.1.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE COMUNICACION TIPO BLUETOOTH

Las comunicaciones Bluetooth trabajan en un rango 2.4 a 2.48Ghz con transmisiones full dúplex con máximo 1600 saltos/Segundo, cada uno de 79 frecuencias de 1MHz

permitiendo la seguridad y la potencia de salida en la transmisión con una distancia de 10 metros con 0dBm, mientras que las de alcance mayor se encuentran transmitiendo entre 20dBm y 30dBm.

Según la norma ETSI EN 300 676 el rango de frecuencias de las aeronaves es de 8330Hz y 25000Hz, y aparte con una frecuencia de 121500KHz en VHF. (Helpy, 2016)

2.2.1.2. DESCRIPCION DE LA RED INALAMBRICA

Como se observa en la figura 3 Las topologías de las redes Bluetooth se pueden representar de dos maneras punto-a-punto o punto-a-multipunto.

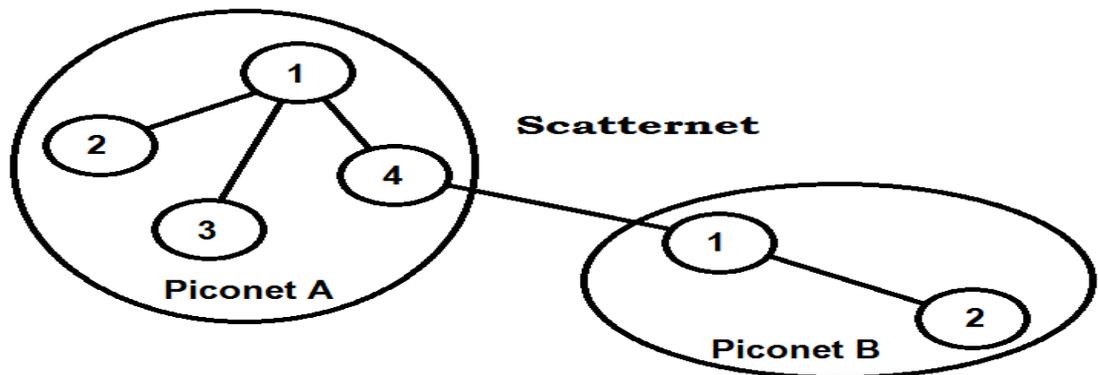


Figura 3. Redes Bluetooth.

Fuente: Autor.

Los dispositivos, se comunican en redes denominadas piconets. Estas redes tienden a crecer hasta tener 8 conexiones punto a punto. Además, se puede expandir la red mediante la formación de scatternets. Una scatternet es una red que se crea cuando dos dispositivos correspondientes a dos piconets distintas, se conectan.

En una piconet, un dispositivo debe operar como master, enviando la información del reloj en la cual se sincroniza al igual que la información de los saltos de frecuencia. El

resto de los dispositivos trabajan como slaves. (Manish Kalia, Sumit Garg, Rajeev Shorey, 2016)

2.2.2. DISPOSITIVO DE INTERCOMUNICACIÓN HC-05 TIPO BLUETOOTH

El módulo de comunicación Bluetooth HC-05 es un dispositivo muy popular y económico que se aplica en circuitos con micro-controladores que requieran un envío de datos inalámbrica.

Este dispositivo posee unas características de conexión tipo maestro – esclavo con intercomunicación hacia computadores, Tablet, u otros dispositivos de recepción; además posee la capacidad de comunicarse con cualquier dispositivo que maneje tecnología de enlace Bluetooth, para transmisión de datos punto a punto, como se pretende realizar en el diseño de sistemas de seguridad en asientos de aeronaves, teniendo en cuenta las dimensiones y la estructura física que se observa en la figura número 4.

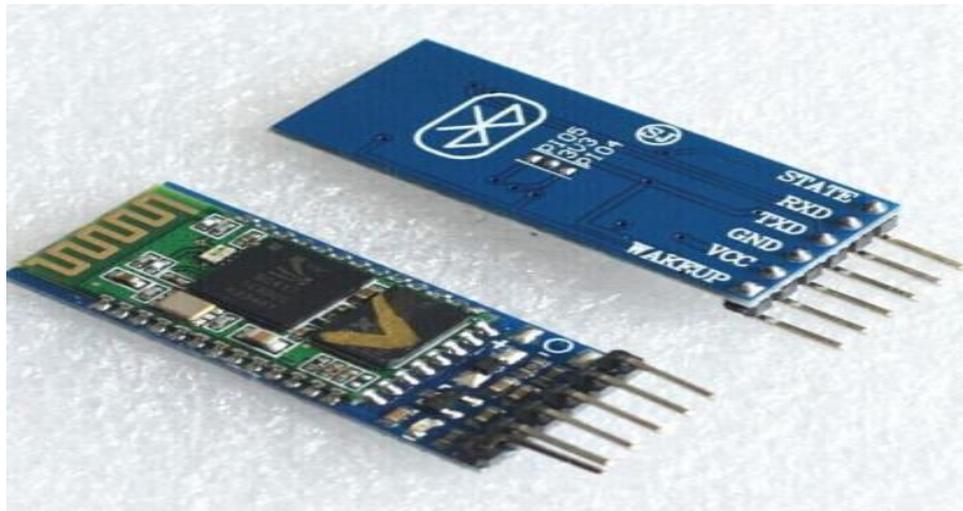


Figura 4. Módulo HC 05.

Fuente: Jesus Ruben, (2014) Bluetooth HC-05 y HC-06 Tutorial de Configuración.

El HC-05 contiene un modo de comandos AT en el cual se debe activar mediante un estado alto el PIN34 mientras se enciende (o se resetea) el módulo. Una vez está en el modo de comandos AT, podremos configurar el módulo Bluetooth y establecer parámetros como el nombre del dispositivo, modo maestro/esclavo, password, etc.

Para entablar la comunicación con el módulo y poderlo configurar, se necesita tener una interfaz serial para acceder al módulo. En este caso se podría utilizar arduino con un par de cables, un simple MAX3232 en el puerto serie de la PC o un kit para XBee. (Ruben, Jesus 2014)

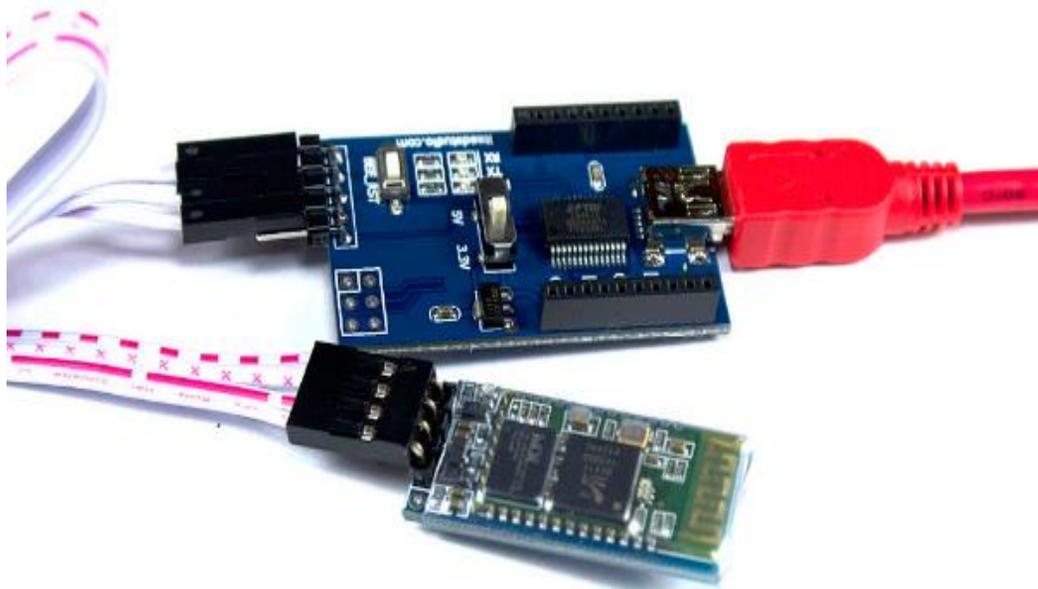


Figura 5. Módulo HC 05 con Adaptador Serial TTL.

Fuente: Jesus Ruben, (2014) Bluetooth HC-05 y HC-06 Tutorial de Configuración.

Para realizar diferentes pruebas y configuraciones necesarias del módulo Bluetooth es conveniente contar con un adaptador USB-Serial TTL como los basados en el FT232RL (figura 5) circuitos similares.

Para la configuración del puerto serie para el HC-05 se debe configurar de la siguiente manera: 8 bits de datos, Sin paridad, 34800 bps, Sin control de flujo. Para ingresar al modo de comandos AT nos basamos en los siguientes pasos:

1. Poner a estado alto en el pin 34 (PIO11).
2. Conectar la alimentación del módulo (o resetearlo de preferencia).
3. Enviar un comando AT\r\n para comprobar que estemos en modo de comando AT.

2.2.3. MICRO-CONTROLADOR – 16F877A

Un micro-controlador es un dispositivo programable el cual es capaz de realizar diferentes actividades que requieran del procesamiento de datos digitales y del control y comunicación digital de diferentes dispositivos.

El PIC 16F877A cuenta con una memoria interna la cual almacena dos tipos de datos; las instrucciones, son las que corresponden al programa que se ejecuta, y los registros, es decir, son datos que el usuario puede manejar, también los registros especiales para controlar las diferentes funciones del micro-controlador.

El PIC16F877 es un micro-controlador que contiene una memoria de programa tipo FLASH, lo que representa facilidad a la hora del desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no es necesario borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM, sino que permite reprogramarlo nuevamente sin necesidad de borrar la información con anterioridad.

El PIC16F877 es un micro-controlador de Microchip Technology fabricado en tecnología CMOS, su consumo de potencia es muy bajo y además es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden.

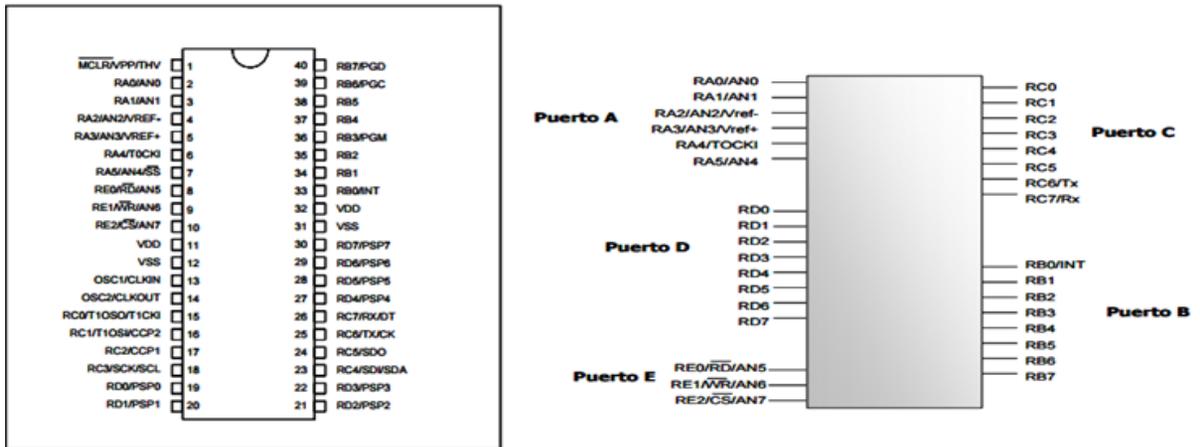


Figura 6. Configuración de Pines y Puertos del Pic 16F877A.

Fuente: Datasheet 16F877A, El Microcontrolador PIC16F877A.

Los pines de entrada/salida de este micro-controlador están organizados en cinco puertos, el puerto A con 6 líneas, el puerto B con 8 líneas, el puerto C con 8 líneas, el puerto D con 8 líneas y el puerto E con 3 líneas. Cada pin de esos puertos se puede configurar como entrada o como salida independiente programando un par de registros diseñados para tal fin. En ese registro un bit en “0” configura el pin del puerto correspondiente como salida y un bit en “1” lo configura como entrada. Dichos pines del micro-controlador también pueden cumplir otras funciones especiales, siempre y cuando se configuren para ello. (Figura 7)

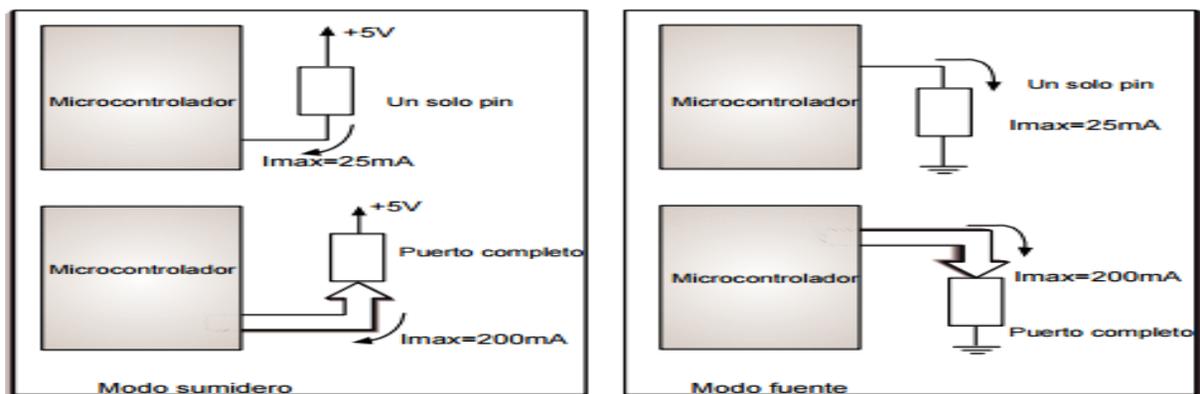


Figura 7. Capacidad de corriente de los pines y puertos.

Fuente: Datasheet 16F877A, El Microcontrolador PIC16F877A.

2.2.3.1. EL OSCILADOR EXTERNO

El micro-controlador 16F877A requiere un circuito externo el cual le indica a qué velocidad trabajar. Este circuito, se conoce como oscilador o reloj, es simple pero de gran importancia para el buen funcionamiento del sistema. El PIC16F877 puede utilizar cuatro tipos de oscilador diferentes. Estos tipos son:

- **XT.** Cristal (por ejemplo de 1 a 4 MHz).
- **LP.** Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia.
- **RC.** Oscilador con resistencia y condensador.
- **HS.** Cristal de alta frecuencia (por ejemplo 10 a 20 MHz).

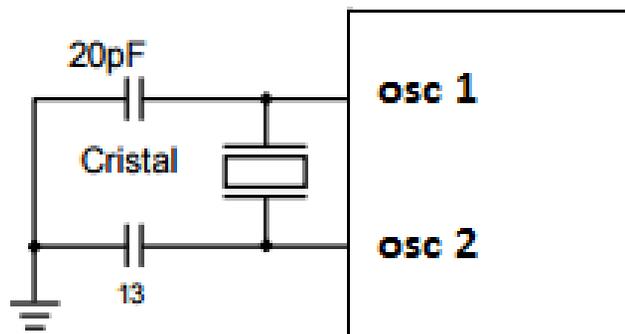


Figura 8. Conexión de un oscilador XT.

Fuente: Datasheet 16F877A, El Microcontrolador PIC16F877A.

2.2.4. ARQUITECTURA ANDROID

Es un sistema operativo orientado a dispositivos móviles, basado en una versión modificada del núcleo Linux. Inicialmente fue desarrollado por Android Inc., una pequeña empresa, que posteriormente fue comprada por Google; en la actualidad lo desarrollan los miembros de la Open Handset Alliance (liderada por Google).

Su presentación se realizó el 5 de noviembre de 2007 junto con la fundación Open Handset Alliance, en un consorcio de numerosas compañías de hardware, software y telecomunicaciones comprometidas con la promoción de estándares abiertos para dispositivos móviles.

El android se trata de un sistema abierto, multitarea, que permite a los desarrolladores acceder a las funcionalidades principales del dispositivo mediante aplicaciones, cualquier aplicación puede ser reemplazada libremente, además desarrollarlas por terceros, a través de herramientas proporcionadas por Google, y mediante los lenguajes de programación Java y C.

El código fuente de Android está disponible bajo diversas licencias de software libre y código abierto, Google liberó la mayoría del código de Android bajo la licencia Apache. Todo esto permite que un desarrollador no solo pueda modificar su código sino también mejorarlo. A través de esas mejoras puede publicar el nuevo código y con el ayudar a mejorar el sistema operativo para futuras versiones.

Android depende de Linux versión 2.6 para los servicios base del sistema como seguridad, gestión de memoria, gestión de procesos, stack de red, y modelo de drivers. El núcleo también actúa como una capa de abstracción entre el hardware y el resto del stack de software.

Otras características que presenta android es un navegador web integrado basado en el motor WebKit, soporte para gráfico 2D y 3D basado en la especificación OpenGL, soporte multimedia para audio, video e imágenes en varios formatos, conectividad Bluetooth, EDGE, 3G, Wi-Fi, entre otros.

Android es una plataforma para dispositivos móviles que contiene una pila de software donde se incluye un sistema operativo, middleware y aplicaciones básicas para el

usuario. A continuación en la figura 9 se muestra la arquitectura en capas de android. (Universidad Carlos III de Madrid, 2014)

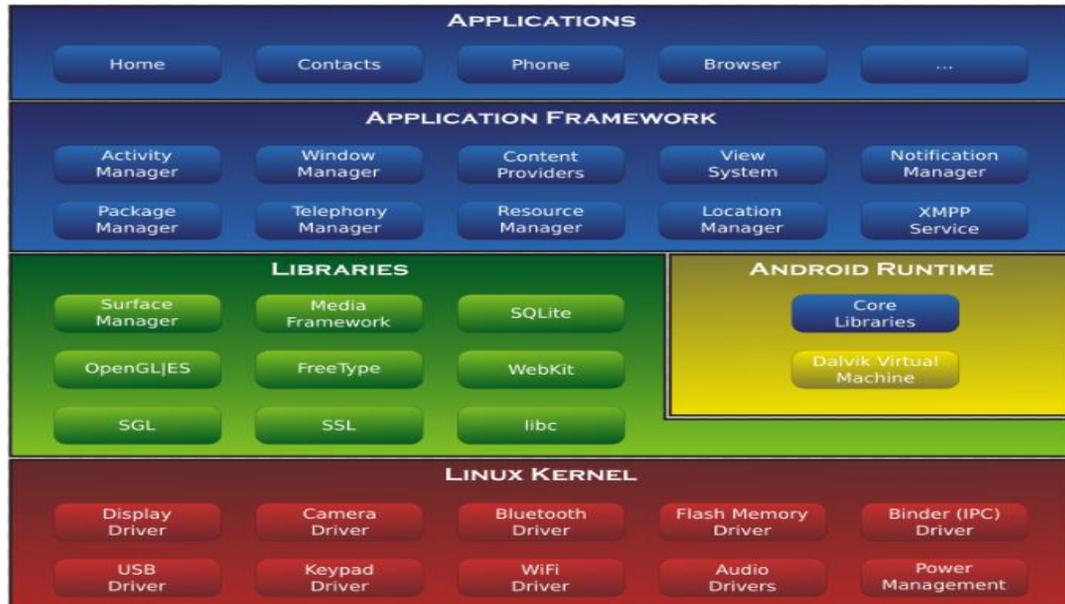


Figura 9. Arquitectura por capas usada en android.

Fuente: Software de Comunicaciones, Android.

2.3. MARCO LEGAL

2.3.1. AEROCIVIL

“La Aeronáutica Civil trabaja para garantizar el desarrollo ordenado de la aviación civil, de la industria aérea y la utilización segura del espacio aéreo colombiano, facilitando el transporte intermodal y contribuyendo al mejoramiento de la competitividad del país” (Mendoza Alejandra, Agosto 2012); propone las siguientes generalidades:

Las sillas deberán ser ergonómicamente contorneadas y tener la capacidad de adaptarse al cuerpo del usuario, mediante formas y tamaños correctos del asiento, el

espaldar y el tapizado, además permitirán un alineamiento apropiado de la columna vertebral, tendrán espaldar contorneado que delinee la anatomía de la misma. Todas las partes de las sillas tendrán bordes redondeados.

➤ especificaciones técnicas

Las características técnicas mínimas establecidas son:

Tabla 1. Características técnicas sillas.

SILLA	USUARIOS	PARAMETRO	DESCRIPCION
TANDEM 3 PUESTOS MAS MESA	USUARIOS DEL AEROPUERTO	SILLA	Asiento y espaldar en polipropileno inyectado con protección U.V.
			Soporte del espaldar en tubería ovalada de acero tipo C.R. calibre 16 de 30 x 15 mm, electro soldado por Mig.
			Soporte del asiento tubería redonda ¾ de pulgada en calibre 16, electro soldado por Mig.
			Tapones para travesaños del asiento interno ¾ de pulgada en polipropileno inyectado
		ACABADO	Los acabados de las partes metálicas tendrán una base anticorrosiva y acabado en pintura electrostática. En pintura expoxipoliéster color negro
		ESTRUCTURA	Estructura principal en tubería de sección rectangular de 3 x 1 ½ pulgadas, calibre 14, electro soldado por Mig.
		BASE	Base en tubería redonda de 1 ½ pulgadas, calibre 16 electro soldado por Mig. Con tapones deslizadores externos en polipropileno inyectado y niveladores plásticos 5/16" x 28 mm
MESA	Mesa en aglomerado enchapado con melaminico de alta presión, cantos en PVC		
OBSERVACIONES	Diseño ergonómico totalmente fabricadas en polipropileno		

➤ Características generales de los tandem 3 puestos con y sin mesa

Tabla 2. Control de calidad y originalidad

CONCHAS	Su concha será en fibra polipropileno o material superior apoyada en una estructura metálica de un solo cuerpo
ESPUMAS	Poliuretano expandido, densidad 30 calibre No.3
ACABADO	En pintura expoxipoliéster color negro
DIMENSIONES	Altura: 45 cm Ancho: 50 cm Profundidad: 45 cm Largo tándem: 3 puestos de 1.54 mts
Propiedades de los materiales para el acabado de las tandem	→ Resistencia al fuego → Resistencia a la abrasión → Resistencia a la tensión → Resistencia a la rotura → Resistencia al rasgado → Resistencia a los solventes → Resistencia a la luz → Resistencia al lavado → Resistencia a la decoloración

Con el objeto de verificar la calidad de los bienes entregados, la Unidad Administrativo Especial de Aeronáutica Civil, se reserva la facultad de rechazar los bienes que no reúnan las características, especificaciones y demás requisitos exigidos en el Pliego Definitivo de Condiciones. (Aeronáutica civil, 2016)

2.3.2. FAA

Es la Autoridad Federal de Aviación y es un órgano del gobierno que supervisa la industria de la aviación tanto para regularla como para promoverla. Forma parte del Departamento de Transporte y por eso es también responsable de la seguridad de la aviación civil; la FAA nombra los deberes de los pasajeros a continuación:

Los viajes aéreos son tan seguros que lo más probable es que nunca deba servirse de los consejos que se dan a continuación. No obstante, si algún día los necesita es posible que le salven la vida. Por lo general, los viajeros aéreos raramente piensan

en la seguridad cuando embarcan en una aeronave. No prestan atención a los anuncios de la tripulación antes de comenzar el vuelo o buscan una revista para leer en lugar de las fichas que señalan las salidas de emergencia y las instrucciones de las máscaras de oxígeno. Por estos motivos, las personas resultan heridas o pierden la vida inútilmente en accidentes que podrían haber sobrevivido. (Aeronáutica civil, 2016)

2.3.3. ACAA

La Ley de Accesibilidad en el Transporte Aéreo (Air Carrier Access Act, o ACAA por sus siglas en inglés) prohíbe la discriminación en el transporte aéreo por motivo de discapacidad y exige que los transportistas aéreos de Estados Unidos acomoden las necesidades de los pasajeros con discapacidad. El Departamento de Transporte (Department of Transportation, o DOT por sus siglas en inglés) ha establecido una reglamentación con el fin de definir los derechos de los pasajeros así como las obligaciones de los transportistas aéreos en virtud de dicha ley. A continuación se presenta un resumen de los principales puntos de la reglamentación de DOT (Título 14 CFR, Parte382). (Cancillería de la Republica de Colombia, 2016)

Prohibición de prácticas discriminatorias

- Los transportistas no podrán negar el transporte a ninguna persona por razón de su discapacidad. Las aerolíneas podrán excluir a una persona si el transporte de la misma podría comprometer la seguridad del vuelo. Si un transportista llegara a excluir a una persona con discapacidad por motivo de seguridad, el transportista se hallará obligado a entregar una explicación por escrito con respecto a la decisión.
- Las aerolíneas no podrán exigir que se brinde una notificación anticipada con respecto al viaje previsto por una persona con discapacidad. Los transportistas únicamente podrán exigir una notificación anticipada de hasta 48

horas en el caso de ciertas acomodaciones que requieran un tiempo de preparación (como, por ejemplo, la conexión de un respirador o el transporte de una silla de ruedas eléctrica en una aeronave de menos de 60 asientos).

- Los transportistas no podrán limitar el número de personas con discapacidad que viajen en un vuelo.
- Las aerolíneas no podrán impedir que una persona ocupe un asiento particular por motivo de la discapacidad, ni podrán exigir que una persona se sienta en un asiento particular por motivo de la discapacidad, salvo cuando así lo exija alguna regla de seguridad de la Administración de Aviación Federal (Federal Aviation Administration, o FAA por sus siglas en inglés). La regla emitida por la FAA referente a la asignación de asientos en la fila de salida establece que los transportistas podrán asignar asientos en las filas de salida únicamente a personas que puedan desempeñar una serie de funciones que sean necesarias en el curso de una evacuación de emergencia.

2.4. REQUERIMIENTO DE MATERIALES PARA EL DISEÑO

➤ CINTURONES DE SEGURIDAD:

Es un arnés que cumple como función mantener en su asiento a la persona que lo conlleva puesto; se iniciaron a utilizar en el año 1930 en la parte de automóviles y luego se vio la necesidad de utilizarlo en la parte de aeronavegación, junto con el airbag, o bolsa de aire contra choques.

Su función principal, es reducir al máximo la accidentalidad cuando se produzca una colisión, para las personas que se encuentran al interior de un vehículo o una aeronave. En la actualidad estos cinturones poseen sensores llamados pirotécnicos para asegurar el cuerpo de una manera cómoda pero preventiva.

Como se demuestra en la siguiente figura, el cinturón debe estar situado por delante de las caderas con el fin de que no toque el abdomen del usuario y pueda producir heridas en las mismas o en peores casos en mujeres embarazadas. (Descubre y aprende, 2015)



Figura 10. Cinturón de Seguridad Aeronáutica.

Fuente: Autor.

➤ **SILLAS DE AERONAVES:**

Los asientos en las aeronaves se encuentran clasificados de la siguiente manera:

- Sillas de Lujo: 37-42 pulgadas de espaciamiento.
- Sillas Normal: 32-36 pulgadas de espaciamiento.
- Silla Económica: 28-31 pulgadas de espaciamiento.

Los asientos de lujo se encuentran principalmente en la selección de primera clase, en cuanto a las sillas económicas son usadas para las aeronaves que transportan la mayor densidad de pasajeros.

Las medidas que a continuación se especifican, son extraídas del libro de (Torenbeek, 1976) y se aplican para casi todos los aviones de transporte pero también aplica para:

a. Aviones pequeños de pasajeros: commuters, third level, acrobáticos, normal, etc. en el que se justifica el uso de un diseño simple con sillas colocadas de forma bastante simple. Para estos diseños en especial el espaciamiento entre sillas debería estar entre 30-36 pulgadas (76-81) centímetros.

b. Aviones de negocios: estos son normalmente decorados con un estilo bastante notable (bonito) y las dimensiones de las sillas son bastante variadas. Así que uno puede encontrarse con asientos de 24 pulgadas de esparcimiento (60cm) y también se encuentran aviones con espaciamientos de hasta 36 pulgadas (86-92cm); pero cuando una avión de negocios se usa para transporte generalmente se reducen los pasillos a 30 pulgadas (76cm).

c. Aviones Privados: los aviones privados generalmente carecen de un pasillo entre las sillas y no hay mucha distancia entre estas. Tomando por ejemplo la distancia de los hombros de un ocupante normal, tenemos 20 pulgadas (51 centímetros) a veces hay que dejar solo cinco centímetros de separación entre los ocupantes. Quedando entonces la distancia total entre ellos de 46 pulgadas (117cm). ¿Bastante pequeño cierto? (Boeing, 2016)

A continuación se detallan las medidas para el diseño de los asientos con el peso promedio de cada una de ellos.

Tabla 3. Tipos de sillas aeronaves comerciales.

Clasificación de Sillas	Medianas / Grandes (Kg)	Pequeñas (Kg)
Luxe single aisle	21.3	18.1
Luxe double aisle	31.8	27.2
Normal single aisle	13.6	10.0
Normal double aisle	25.4	19.0
Normal Triple aisle	35.4	29.0
Economy Single	10.9	9.1
Economy double	21.3	17.7
Economy Triple	29.9	27.2
Commuter Single	-	7.7
Commuter Double	-	13.2
Lightweight seats	-	6.4
Attendants seats	8.2	6.4

Las sillas se diseñan normalmente para pesos de pasajeros de 170 libras (77kg) como todos sabemos estas sillas están sometidas a cargas normales, cortantes, y de torsión. Sin embargo en las normas FAR y las británicas no encontramos fuerzas de torsión. (Boeing, 2016)

En la siguiente tabla esta una recopilación sacada de las normas Británicas y las FAR.

Tabla 4. Especificaciones Británicas FAR

	Forward	Rearwards	Upwards	downwards	Sideways
FAR 25.561	9g	-	2g	4.5g	1.5g
BCAR D3-8	9g	1.5g	4.5g	4g	2.25g

En la siguiente tabla coloco una recopilación extraída del libro de (Torenbeek, 1976) para las sillas

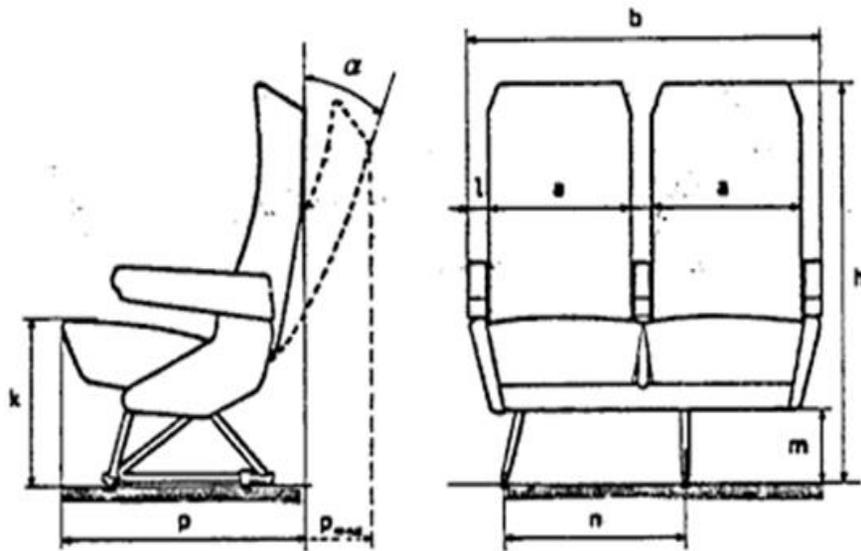


Figura 11. Asientos avion comercial.

Fuente: Alfredo ramirez (2010) Ergonomia y su aplicación en el diseño de aeronaves

Tabla 5 .Dimensiones asientos avión comercial

Símbolo	Asiento de Lujo	Asiento Normal	Asiento Económico
a	50 (47 - 53)	43,5 (42,5 - 45)	42 (40 - 43,5)
b dos sillas	120 (117 - 123)	102 (100-105)	99 (47-102)
b tres sillas	-	152 (150-160)	145
L	7	5.5	5
h	107 (104-112)	107 (104-112)	99 (92-104)
k	43	45	45
m	20	22	22
n	81 (61-86)	81 (61-86)	81 (61-86)
p/pmax	71/102	69/95	66/90
a/amax	15/45	15/38	15/38

3. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología en el proceso de investigación, se basa en el estudio de la población, materiales, técnicas de procedimientos, dirigidos al cumplimiento de los objetivos:

- Población: el tipo de población al cual va dirigido este proyecto, son usuarios de aerolíneas comerciales en Colombia, debido a que son personas que pueden llegar a sufrir algún accidente por culpa de no acatar las órdenes de abrochar sus cinturones o por motivo de un movimiento abrupto de sus asientos que pueda a llegar a provocar el desprendimiento del mismo al encontrarse inclinado en el momento inapropiado.
- Materiales: se requieren los siguientes elementos para el desarrollo del proyecto:
 - a) Desarrollo en software: para la realización del diseño de los planos del circuito y de comunicación se utilizó el programa de simulación Proteus, además las pruebas de comunicación inalámbrica se desarrollaron gracias al programa App inventor.
 - b) Desarrollo de hardware: se utilizó para el desarrollo del proyecto, una silla completa con cinturón de seguridad utilizada en aviación, un micro sensor de proximidad tipo inductivo, un módulo Bluetooth hc-05, un PIC 16f877a, un receptor tipo Tablet, cableado estructurado para la implementación del sistemas de alimentación eléctrica de los circuitos.
 - c) Desarrollo de las comunicaciones inalámbricas: para la parte de las comunicaciones vía Bluetooth del proyecto, se desarrollaron pruebas de transmisión y recepción de datos con el fin de que puedan ser mostradas en pantalla en sistema ANDROID, esta parte es esencial, debido a que debe contar con el seguimiento de las normas aeronáuticas con el fin de no producir interferencias con las señales internas del avión, sobre todo si se tratan de señales de detección de riegos.

4. RESULTADOS DEL DISEÑO PARA EL SISTEMA INALÁMBRICO

4.1. DESCRIPCIÓN Y CRITERIOS DEL CIRCUITO

El diseño de este proyecto se tiene enfocado inicialmente en un BOEING 767, debido a que es la aeronave comercial más vendida y utilizada a nivel mundial entregada al comercio no hace mucho tiempo, desde 1982, y gracias a su poca antigüedad cuenta con sistemas de tecnología avanzados; no se quiere descartar la idea de implementarla en otro tipo de aviones comerciales o privados. Este sistema tendrá el valor agregado de una capacitación de 20 horas para los auxiliares de vuelo; además debe contar con un mantenimiento preventivo de verificación de comunicaciones y toma de mediciones eléctricas que se debe realizar cada seis meses por parte de los técnicos operativos de la aerolínea.

En la siguiente figura se detalla el diagrama de procesos del diseño del sistema inalámbrico junto con el plan alternativo de instalación ARINC 429:



Figura 12: Diagrama de procesos del diseño de seguridad

Fuente: Autor.

4.1.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE MICRO-CONTROLADOR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO:

Se selecciona el PIC 16F877A, debido a que es un micro-controlador con memoria flash que permite fácil reprogramación para el soporte de varias pruebas, además cuenta con cinco puertos con 30 pines que se pueden programar como entradas y salidas en el caso de este proyecto se utilizaran en la línea de siete sillas de a una entrada y una salida por asiento lo que da un total de 14 señales, 7 de entrada y 7 de salida, y dos se utilizaran para la activación del sistema ARINC 429, los demás pines sobrantes se instalaran en la siguiente fila, es decir, que un solo micro-controlador y un solo módulo Bluetooth, servirá para la detección de los cinturones de seguridad y sillas de dos filas de 7 asientos, teniendo en cuenta que solo se envía una señal por asiento al PIC, esta puede ser del cinturón o de la inclinación de la silla, por lo cual se desprende la función para el auxiliar de vuelo que en el momento de una activación se dirija hasta el usuario y verifique cuál de los dos procedimientos de seguridad está incumpliendo el usuario, El diseño fue montado en *Proteus* como se demuestra en la siguiente figura:

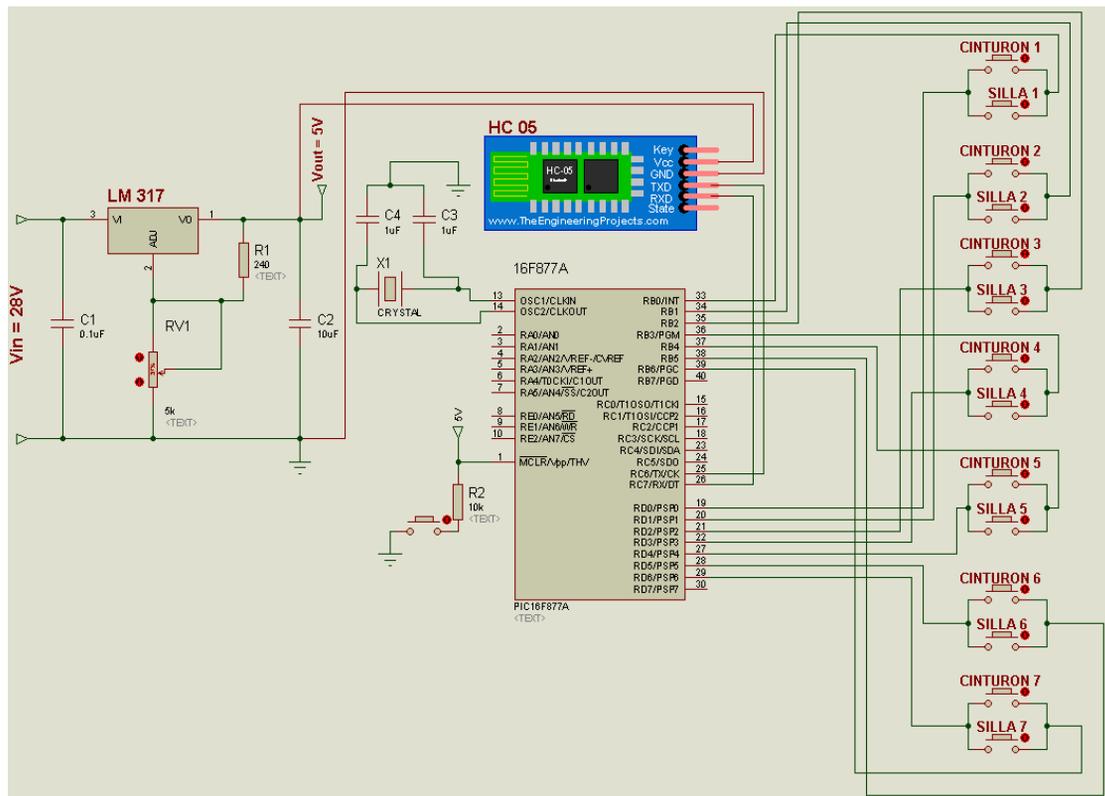


Figura 13: Diseño Proteus

Fuente: Autor – Proteus 7.

4.1.2. MÓDULO BLUETOOTH:

En el diseño del circuito que alimenta y activa el módulo HC-05, se debe implementar dos condensadores de cerámica 103 y un oscilador de cristal de 1 Mega Hertz, además de un pulsador conectado desde el pin 1 del pic como reset, el módulo HC-05, requiere de la conexión de un pin de transmisión, de recepción, de estado y los dos de alimentación junto con el pin de tierra.

Con respecto al módulo Bluetooth HC 05 es un dispositivo el cual ya viene configurado de fábrica para operar como maestro o esclavo, esta función es fundamental ya que al usarlo en modo esclavo tiene la posibilidad de enviar toda la información que recibe directamente al dispositivo tipo Tablet y en cuanto a la opción de modo maestro nos permite la conexión inalámbrica de varios dispositivos

Bluetooth permitiendo crear redes punto - multipunto para el correcto manejo de los datos que se van a transmitir, este módulo es ideal para aplicaciones inalámbricas. Para tener en cuenta los dispositivos tipo Tablet viene configurado el Bluetooth en modo maestro entonces para el envío de los datos se necesitara que el módulo final el que envía la información hacia Android este configurado en modo esclavo.

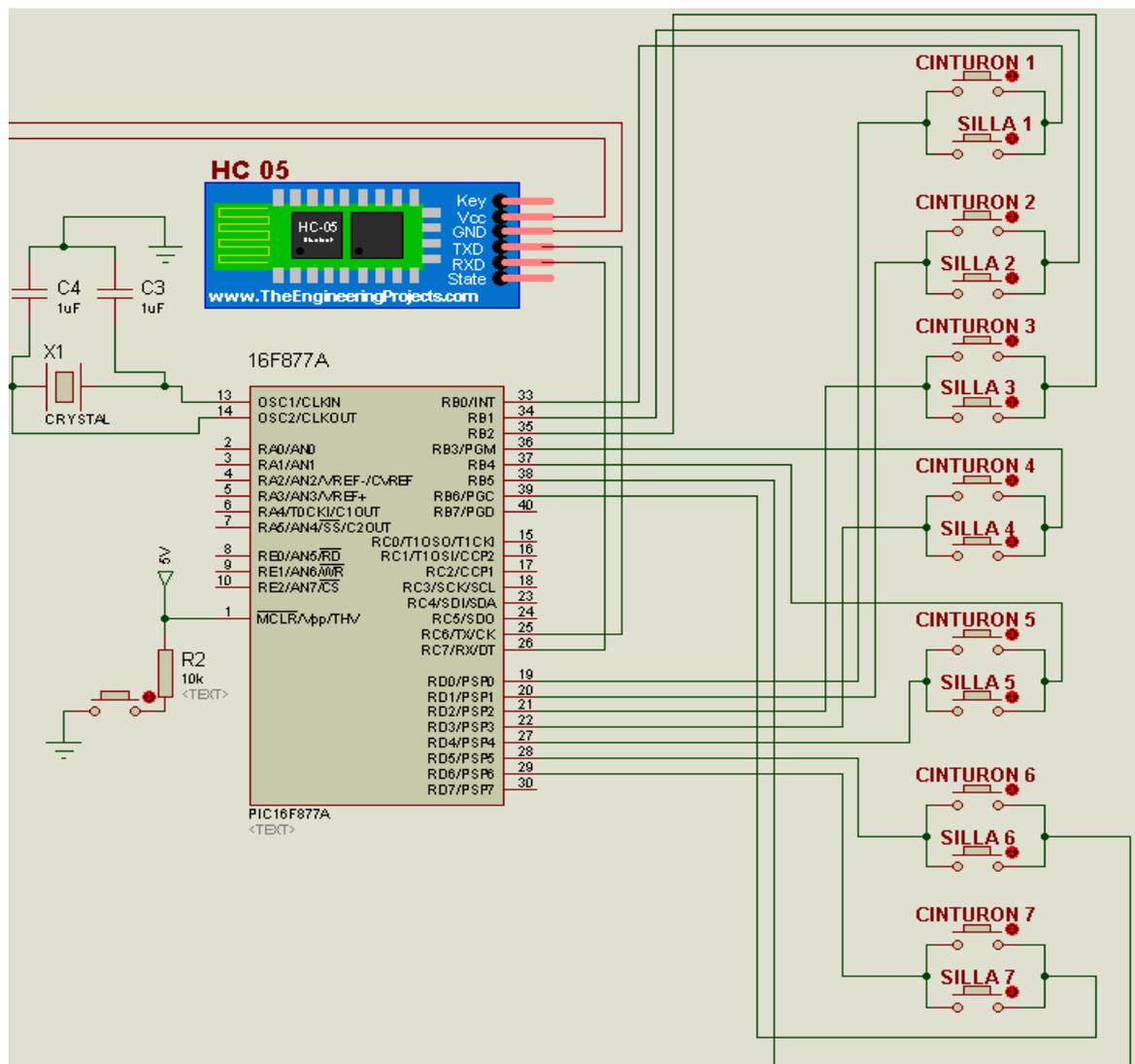


Figura 14: Diseño en Proteus PIC16F877A con módulo Bluetooth HC 05

Fuente: Autor - Proteus 7.

A continuación se detallan las especificaciones del módulo Bluetooth HC 05.

Tabla 6: Características Bluetooth

Especificación	Bluetooth v2.0 + EDR (Enhanced Data Rate)
Configuración	Puede configurarse como maestro, esclavo, y esclavo con auto-conexión (Loopback) mediante comandos AT
Frecuencia	2.4 GHz, banda ISM
Modulación	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
Tipo de antena	PCB incorporada
Potencia de emisión	≤ 4 dBm, Clase 2
Alcance	50 m a 100 m
Sensibilidad	≤ -84 dBm a 0.1% BER
Velocidad: Asíncrona	2.1 Mbps (max.)/160 kbps, síncrona: 1 Mbps/1 Mbps
Seguridad	Autenticación y encriptación (Password por defecto: 1234)
Perfiles	Puerto serial Bluetooth
Consumo de corriente	50 mA
Niveles lógicos	3.3 V. Conectarlos a señales con voltajes mayores, como por ej. 5 V, puede dañar el módulo
Voltaje de alimentación	3.6 V a 6 V
Dimensiones totales	1.7 cm x 4 cm aprox.
Temperatura de operación	-20 °C a +75 °C

4.1.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL CIRCUITO

La alimentación D.C. suministrada por las baterías en el Boeing, es de 28 V, con lo cual se diseña un circuito regulador de voltaje por medio de un LM317 y que arroje una salida de 5v para el funcionamiento del sistema inalámbrico.

En la siguiente imagen se determina el circuito de potencia desde las baterías y la distribución a los buses, salidas y fuentes de poder en corriente directa. (Plazas, Manuel, 1986)

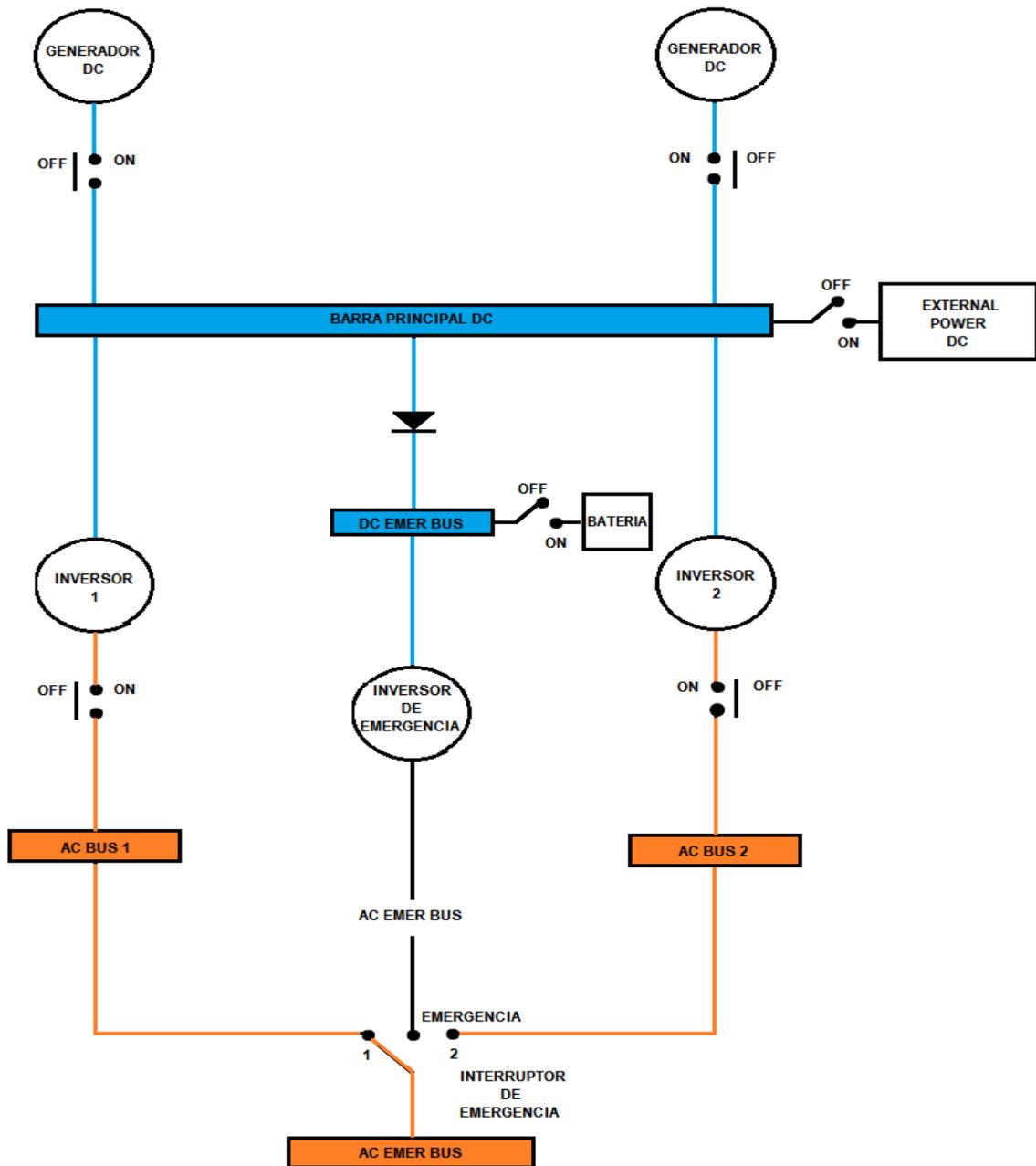


Figura 15: Circuito de distribución de energía eléctrica de aeronaves comerciales.

Fuente: Manuel Plazas – (1987) Libro electricidad en aviones, editorial casa libro.

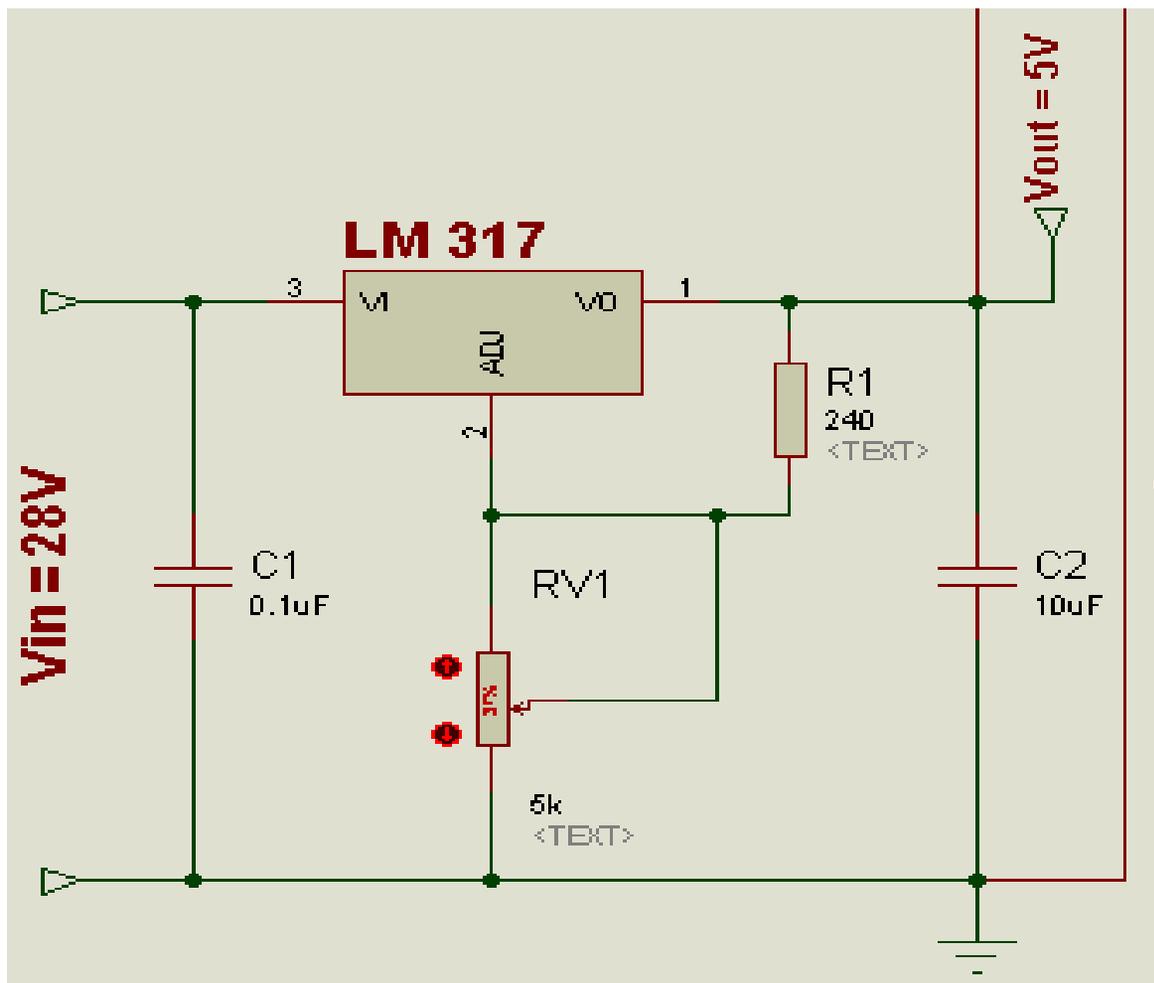


Figura 16: Regulador de voltaje.

Fuente: Autor – Proteus 7.

Este regulador también alimentara la batería de la Tablet de la marca que disponga la aerolínea, con la salvedad que debe manejar sistema ANDROID.

Los circuit breaker del sistema inalámbrico estarían dispuestos en el tablero de protecciones de la aeronave, como se detalla a continuación con el rotulo “safety seats” (seguridad en asientos):

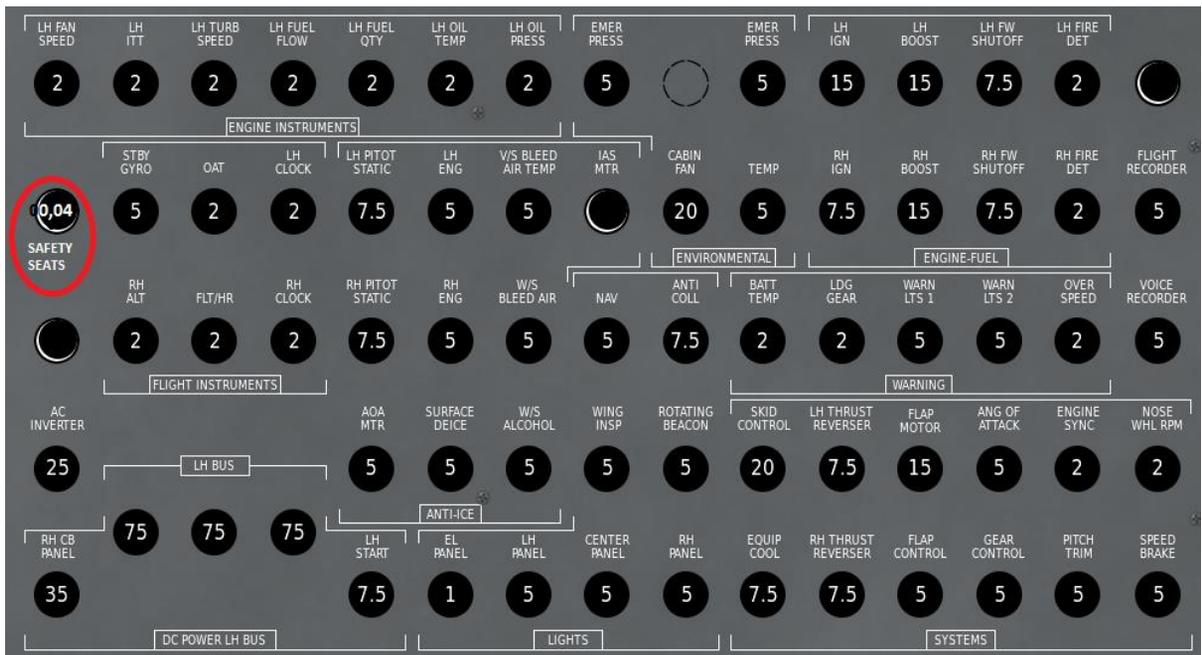


Figura 17: Tablero de protecciones.

Fuente: Autor

4.1.4. DETECCIÓN DE SEÑALES MEDIANTE SENSOR CAPACITIVO PP1

Para este diseño se usan sensores capacitivos los cuales irían en los broches de los cinturones y en la parte del eje de reclinación mecánico de las sillas, es muy versátil ya que estos sensores reaccionan ante metales y no metales al aproximarse a la superficie activa. La distancia de conexión respecto a un determinado material sería mayor cuanto más alto sea su constante dieléctrica.



Figura 18: Sensor capacitivo PP1 series.

Fuente: Wick sensors - Sensor de proximidad.

A continuación se detallan las características del sensor capacitivo que cumplan con los niveles de voltaje de alimentación, la vida útil que se requiere para este tipo de trabajos mecánicos, entre otras características técnicas:

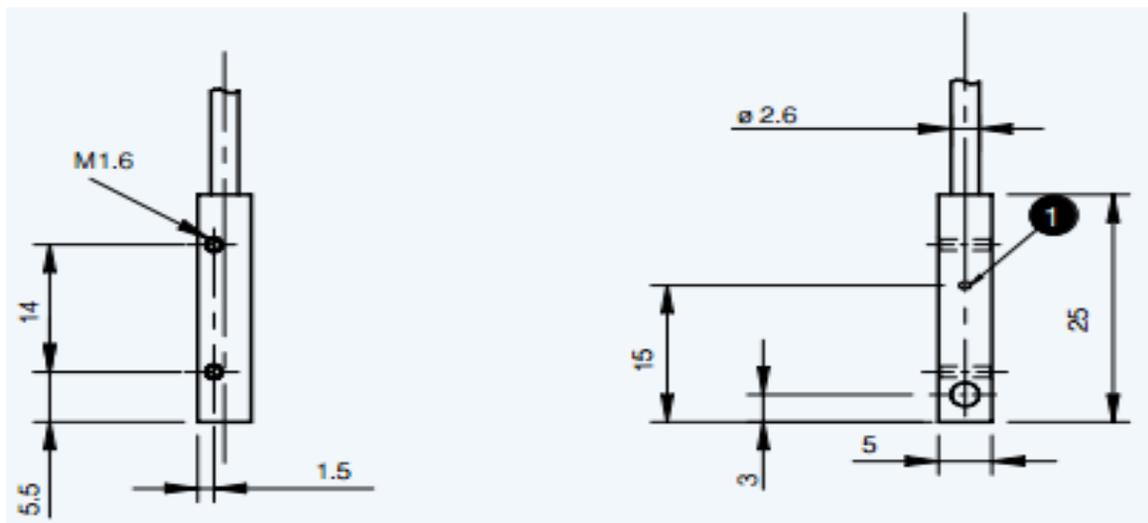


Figura 19: Medias en milímetros sensor capacitivo

Fuente: Wick sensors - Sensor de proximidad

Tabla 7: Características sensor

	PP1/**-1*	PP1/**-3*
Alcance nominal	0.8 mm	0.8 mm
histéresis	≤ 10% Sr	
medición normalizada	5 x 5 x 1 mm	
repetitividad	2%	
voltaje de operación	10 - 30 Vdc	
tipo de salida	NPN or PNP - NO or NC	
ondulación máxima	≤ 20%	
corriente de salida	≤ 200 Ma	
caída de tensión salida	≤ 2.0 V @ 100 mA	
suministro de corriente sin carga	≤ 10 mA	
corriente de fuga	≤ 0.1 mA	
frecuencia de conmutación	≤ 5,000 Hz	≤ 3,000 Hz
retraso de encendido	10 ms	
rango de temperatura ambiente	-25°C hasta +70 °C	
variación de temperatura Sr	≤ 10%	
protección contra cortocircuitos	✓	
protección contra inversión de voltaje	✓	
protección de inducción	✓	
golpes y vibraciones	IEC 60947-5-2 / 7.4	
peso	23 g	
grado de protección	IP 67	
material carcasa	Acero inoxidable V2A	
material cabeza activa	Poliéster	
conexión	cable PUR de 2 m	

4.1.5. CRITERIOS DE FIRMWARE

Para el desarrollo del sistema inalámbrico se realizó la programación del microcontrolador utilizando el programa PIC C con el objetivo de garantizar la correcta comunicación y lectura de los datos. La librería, los tiempos, las entradas y salidas se encuentran detallados a continuación:

```
48     }
49
50     if (input(pin_D3)==0)
51     {
52         DELAY_ms(30);
53         if(input(pin_D3)==0)           //Envia los datos al bluetooth despues que se
54         output_toggle(pin_B3);       // activa el sensor de la silla 4
55         while (input(pin_D3)==0);
56     }
57
58     if (input(pin_D4)==0)
59     {
60         DELAY_ms(30);
61         if(input(pin_D4)==0)           //Envia los datos al bluetooth despues que se
62         output_toggle(pin_B4);       // activa el sensor de la silla 5
63         while (input(pin_D4)==0);
64     }
65
66     if (input(pin_D5)==0)
67     {
68         DELAY_ms(30);
69         if(input(pin_D5)==0)           //Envia los datos al bluetooth despues que se
70         output_toggle(pin_B5);       // activa el sensor de la silla 6
71         while (input(pin_D5)==0);
72     }
73
74     if (input(pin_D6)==0)
75     {
76         DELAY_ms(30);
77         if(input(pin_D6)==0)           //Envia los datos al bluetooth despues que se
78         output_toggle(pin_B6);       // activa el sensor de la silla 7
79         while (input(pin_D6)==0);
80     }
81
82     }
83 }
84
```

Figura 20: Programa PIC 16F877A.

Fuente: Autor.

En el siguiente código se detallan los comentarios de la anterior imagen del programa del micro-controlador:

```
#include <16f877a.h>
#use delay (clock=4000000)
#fuses XT, NOWDT, NOPROTECT, NOPUT, NODEBUG, NOBROWNOUT, NOLVP, NOCPD, NOWRT
#use fast_io (B)
#use fast_io (C)
#use fast_io (D)

CHAR valor;

VOID main ()
{
set_tris_b(0b11111111); // se configura como salida todos los pines B
set_tris_d(0b00000000); // se configura como salida todos los pines D

Output_low(PIN_B0); // Los pines comienzan en estado bajo ya que es donde
Output_low (PIN_B1); // reciben la información y se la envían al módulo
Output_low(PIN_B2); // Bluetooth para realizar la comunicación
Output_low (PIN_B3);
Output_low (PIN_B4);
Output_low (PIN_B5);
Output_low (PIN_B6);

While (true)

{
If (input (pin_D0) ==0)
{
DELAY_ms (30);
If (input (pin_D0) ==0) //Envía los datos al Bluetooth después que se
output_toggle (pin_B0); // activa el sensor de la silla 1
While (input (pin_D0) ==0);
}

If (input (pin_D1) ==0)
{
DELAY_ms (30);
If (input (pin_D1) ==0) //Envía los datos al Bluetooth después que se
output_toggle (pin_B1); // activa el sensor de la silla 2
While (input (pin_D1) ==0);
}

If (input (pin_D2) ==0)
{
DELAY_ms (30);
If (input (pin_D2) ==0) //Envía los datos al Bluetooth después que se
output_toggle (pin_B2); // activa el sensor de la silla 3
While (input (pin_D2) ==0);
}
}
```

```

If (input (pin_D3) ==0)
{
DELAY_ms (30);
If (input (pin_D3) ==0) //Envía los datos al Bluetooth después que se
output_toggle (pin_B3); // activa el sensor de la silla 4
While (input (pin_D3) ==0);
}

If (input (pin_D4) ==0)
{
DELAY_ms (30);
If (input (pin_D4) ==0) //Envía los datos al Bluetooth después que se
output_toggle (pin_B4); // activa el sensor de la silla 5
While (input (pin_D4) ==0);
}
If (input (pin_D5) ==0)
{
DELAY_ms (30);
If (input (pin_D5) ==0) //Envía los datos al Bluetooth después que se
output_toggle (pin_B5); // activa el sensor de la silla 6
While (input (pin_D5) ==0);
}

If (input (pin_D6) ==0)
{
DELAY_ms (30);
If (input (pin_D6) ==0) //Envía los datos al Bluetooth después que se
output_toggle (pin_B6); // activa el sensor de la silla 7
While (input (pin_D6) ==0);
}

}
}

```

4.1.6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Se describen a continuación las especificaciones de energía, peso y dimensiones con las cuales contara la implementación final:

El proyecto de comunicaciones inalámbricas se encontrara alimentado con energía D.C. a 28v suministrada desde el circuito de generación de la aeronave, regulada a 5v por medio de un lm 317 para la activación del circuito del micro-controlador y sensores capacitivos; la corriente de circulación por el circuito entre micro-controlador y módulo Bluetooth conectados en paralelo es de 35mA, con circuit breaker de 40mA

a 30v, lo cual da una potencia activa de 175mw, aproximadamente el consumo de 1 led indicador, que sería un consumo mínimo. El consumo de energía de la Tablet dependerá de la marca y las características técnicas que discrimine la aerolínea e ira protegida con un circuit breaker independiente desde el tablero de protecciones de la aeronave.

Las características descritas a continuación se detallan para un solo sistema inalámbrico que controla una fila de tres sillas de un avión comercial:

-Peso de la tarjeta electrónica con módulo Bluetooth: 31 gramos.

-Frecuencias emitidas: 2.4 a 2.48Ghz.

-Voltaje de alimentación: 3.3V DC – 6V DC

-Corriente de operación: < 40mA

-Tasa de transferencia de datos: 721 Kbps en una solo dirección.

-Distancias de cableado eléctrico: mínimos 11 metros de cableado hasta la primera fila de asientos del Boeing 767.

-Velocidad: Asíncrona: 2.1 Mbps (max.)/160 kbps, síncrona: 1 Mbps/1 Mbps.

-Temperatura de operación: -20 °C a +75 °C

-Dimensiones de la tarjeta electrónica: 10 cm x 6 cm.

4.1.7. SISTEMA DE COMUNICACIÓN ALTERNO

Dando cumplimiento al último objetivo de analizar un sistema de comunicación alterno dejando puntos de conexión de salida para la implementación de la interfaz ARING 429, por parte de la aerolínea que lo requiera, se realizó una investigación de este sistema con el fin de que los técnicos operativos delegados por la aerolínea puedan alimentar de forma directa las señales de los cinturones de seguridad y la reclinación de las sillas y sean dirigidas estas señales a la Tablet por medio guiado.

4.1.7.1. ESPECIFICACIÓN ARINC 429

La especificación ARINC 429, llamada "MARK 33 DIGITAL INFORMATION TRANSFER SYSTEM" (DITS), establece los estándares para la industria del transporte aéreo; para la transferencia de información digital entre los componentes de los sistemas de aviónica. Las especificaciones ARINC, son publicadas por AERONAUTICAL RADIO INCORPORATED (ARINC). Aeronautical Radio Incorporated (ARINC), es una corporación que trabaja en conjunto con las líneas aéreas, compañías de transporte, fabricantes de aeronaves. Una de las actividades principales de ARINC es dar especificaciones con el propósito de indicar a los fabricantes los requisitos de los nuevos equipos, canalizar el diseño de los equipos nuevos, de modo que tienda hacia el máximo de estandarización.

4.1.7.2. CARACTERÍSTICAS DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS DEL ESTÁNDAR ARINC 429

Los cambios graduales desde los primeros métodos de transmisión de información análoga a transmisión digital fueron causados principalmente por dos factores: (1) el incremento del uso de procesamiento digital dentro de los componentes de aviónica (LRUs), y (2) la necesidad de reducir la cantidad de cables dentro del avión. Con el desarrollo de la técnica digital y el advenimiento de los microcomputadores, más componentes de aviónica están usando la técnica digital para implementar nuevas funciones o funciones antes efectuada por circuitos análogos. En las transmisiones analógicas es necesario efectuar las conversiones análogo a digital (A/D) y digital a análogo (D/A) en las entradas y salidas (I/O) de los componentes, imponiendo un alto costo y castigando la confiabilidad de los LRUs. El otro problema con las transmisiones análogas, es que requiere de un cable separado para cada parámetro, en comparación con una comunicación digital, que es capaz de manejar muchos parámetros diferenciados por su etiqueta (LABEL).

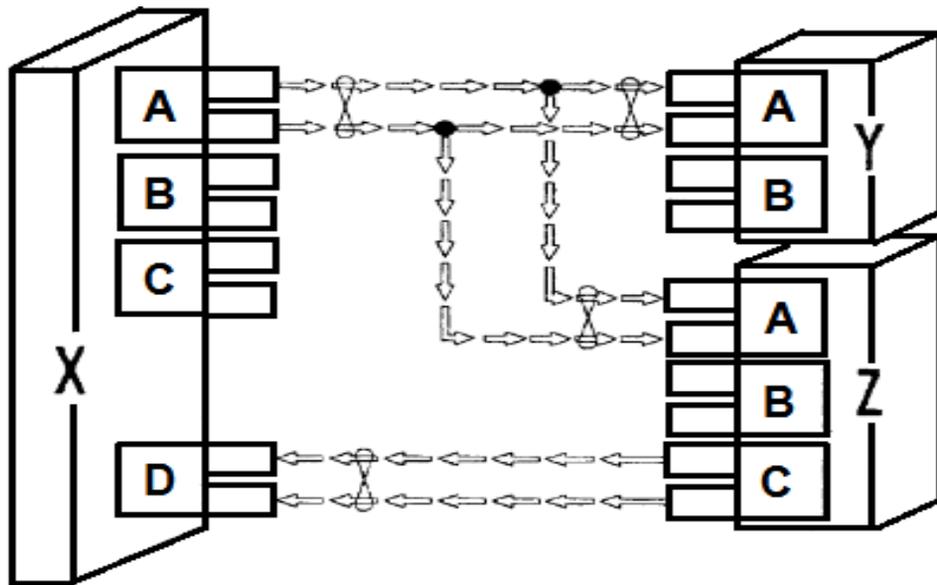


Figura 21: Características de transmisión de datos ARINC 429.

Fuente: Airlines Electronic Engineering Committee – Octubre 2001, ARINC SPECIFICATION 429P3-18

La información de salida de un elemento de aviónica es siempre transmitida desde una puerta designada a una puerta de recepción de otro sistema. En ningún caso la información fluye hacia el interior en una puerta de transmisión. Un bus de información separado (un par de cables trenzados y blindados) para cada dirección son usados, cuando la información es requerida para fluir en ambos sentidos, entre dos componentes de aviónica.

Un par de cables trenzados y blindados (un cable de color rojo denominado A y un cable de color azul denominado B) son utilizados como bus para la transmisión de datos ARINC 429 entre la puerta de salida del transmisor y la puerta de entrada del receptor. A continuación en la figura 22 se representa ARINC 429 en un avión comercial Boeing 767. (aerolínea LAN, 2011)

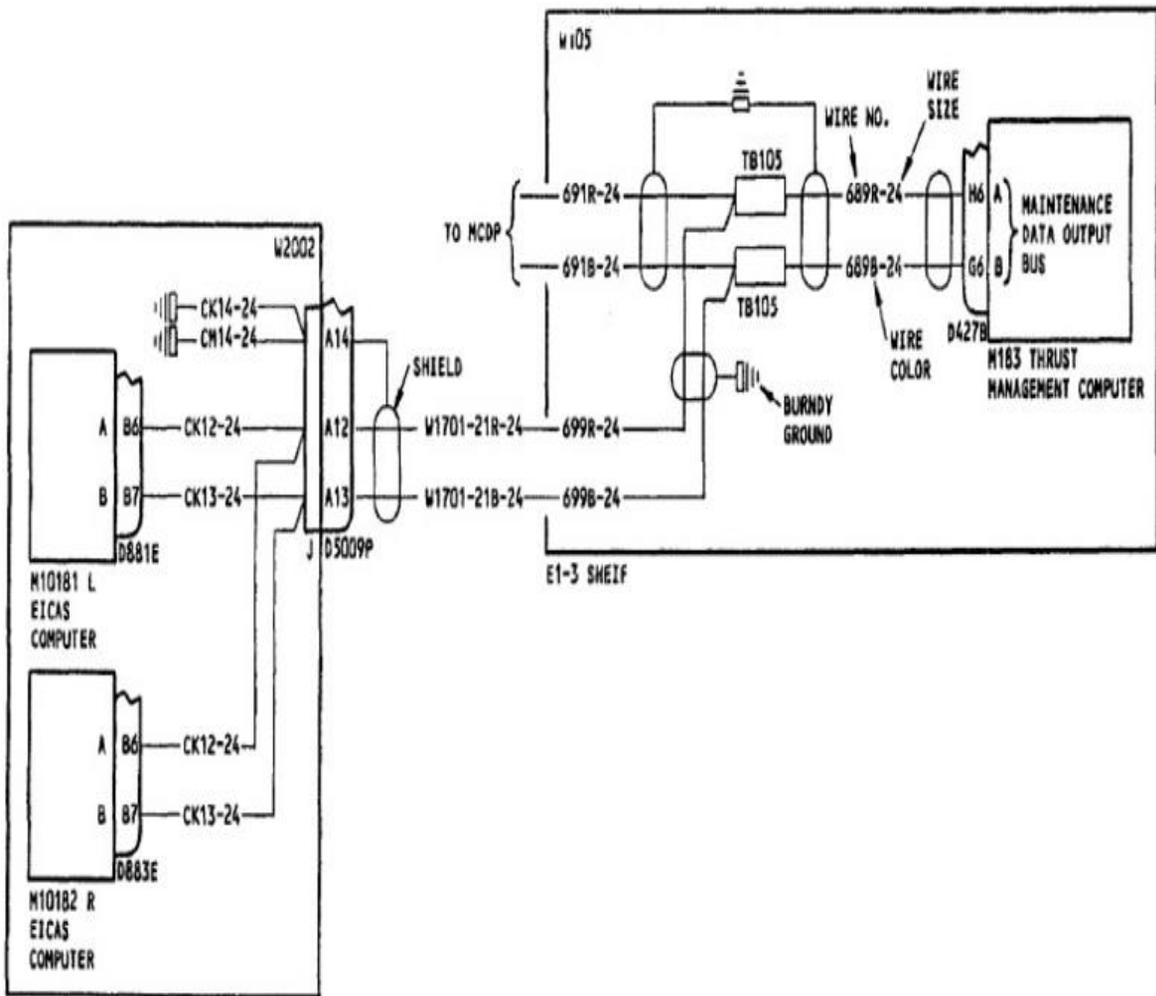


Figura 22: ARINC 429 en A/C Boeing 767

Fuente: Airlines Electronic Engineering Comittee – Octubre 2001, ARINC SPECIFICATION 429P3-18

4.2. CRITERIOS DEL SISTEMA DE ENVÍO

La tecnología Bluetooth se caracteriza por utilizar un radio de corto alcance y esta optimizado para el ahorro de energía, el Bluetooth se puede usar para configurar redes WPAN puede usar canales asíncronos para el envío de datos por la red. AL operar en la banda de 2.4 GHz usan transceptores de 1600 hops/s con el fin de evitar interferencias con otro tipo de señales.

4.2.1. TOPOLOGÍA DE CONEXIÓN BLUETOOTH (WPAN).

La tecnología tipo Bluetooth se ha optimizado para un tipo de ahorro de energía en las baterías cuando se es utilizada e dispositivos personales que trabajan con WPAN.

Una WPAN trabaja con una banda de 2,4GHz y con una técnica binaria FSK de transmisión de símbolos con una duración de 625us en un envío de una trama rápida. Los paquetes se transmiten en secuencias de manera unidireccional con un máximo de 723.22 Kbps. Para canales bidireccionales la transmisión se trabaja con una velocidad de 64Kbps entre dos dispositivos

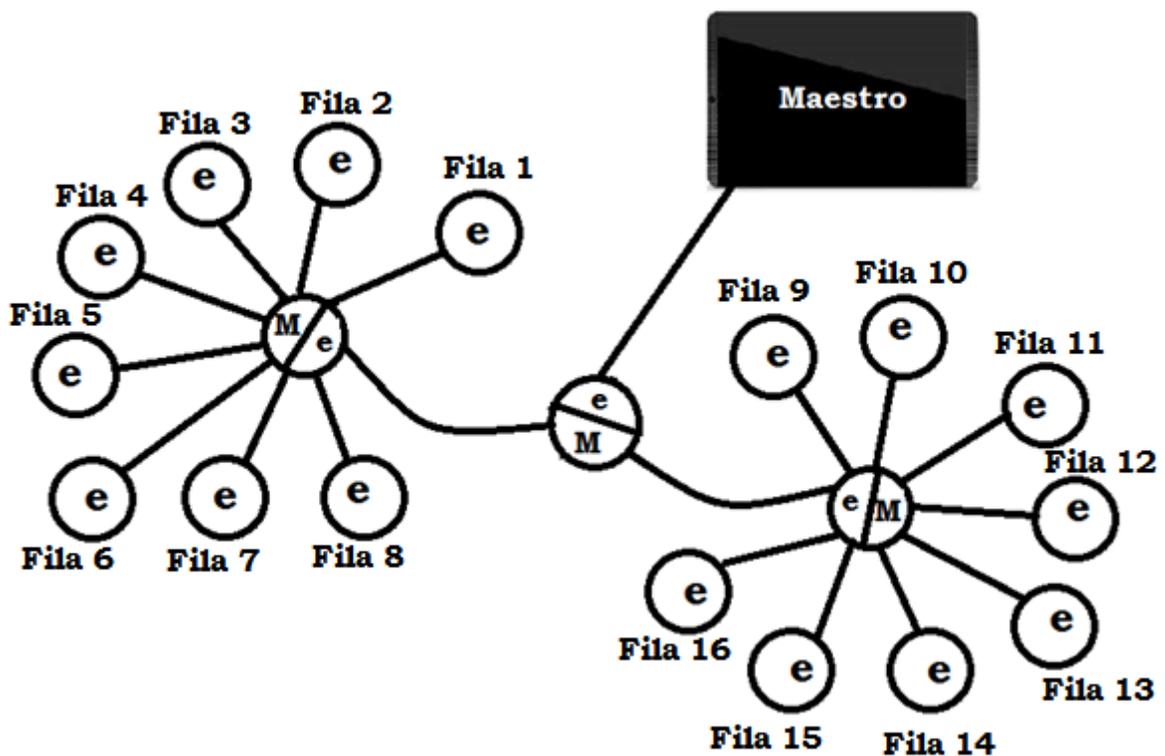


Figura 23: Topología de red.

Fuente: Autor.

Una piconet es un tipo de red WPAN que se construye por medio de dispositivos Bluetooth que se pueden configurar como maestros o como esclavos; sincronizados

por medio de un reloj del dispositivo maestro bajo una estructura punto a punto o punto a multipunto.

En la figura número 23 se especifica como realiza la transmisión de datos del sistema inalámbrico para las sillas de las aeronaves, por medio de una topología tipo árbol correspondiendo a los requerimientos de una red scartternet constituido por dos piconets, con dos dispositivos configurados como maestros pero a la vez como esclavos ya que esta función nos permite hacer la recepción y el envío de los datos.

4.3. CRITERIOS DEL SOFTWARE DE GESTIÓN

El programa para el dispositivo tipo Tablet se encuentra generado en appinventor2, la librería, los tiempos, activación de Bluetooth y demás, se encuentran detalladas a continuación:

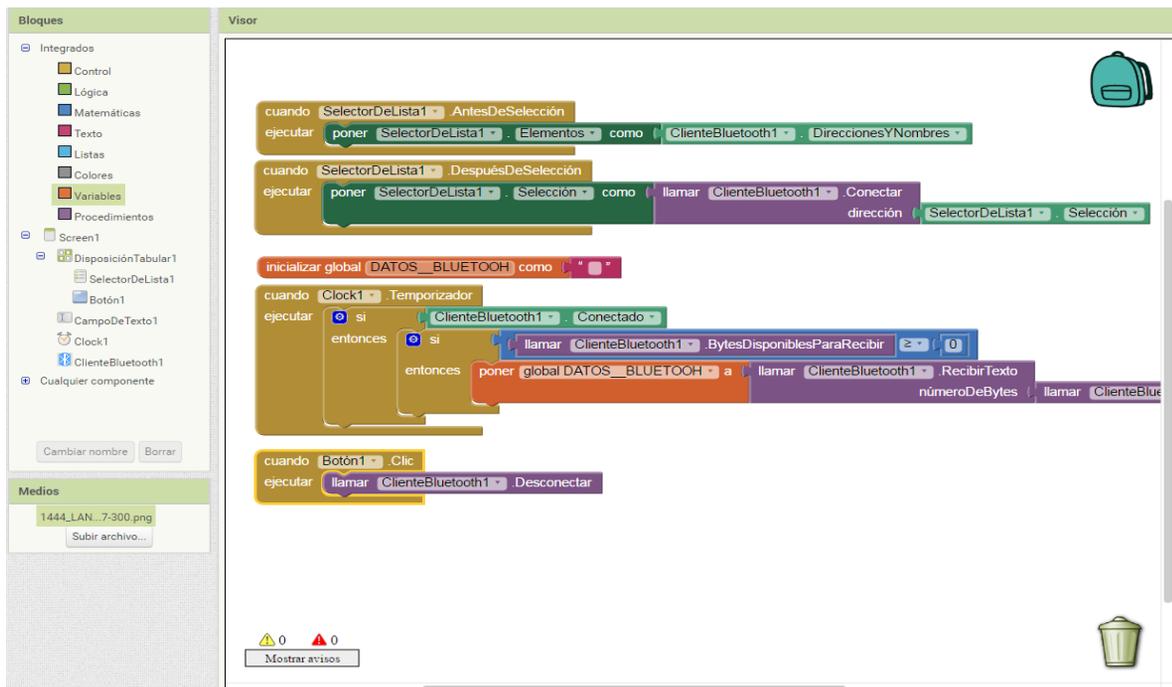


Figura 24: Diagrama de bloques appinventor2.

Fuente: Autor.

En la siguiente parte del programa se realiza la comunicación entre el PIC 16f877a y la aplicación ANDROID:



Figura 25: Comunicación PIC 16F877A – Android.

Fuente: Autor.

En la imagen siguiente se realiza la recepción de los datos que son enviados desde el módulo Bluetooth HC 05 hacia el dispositivo de recepción:

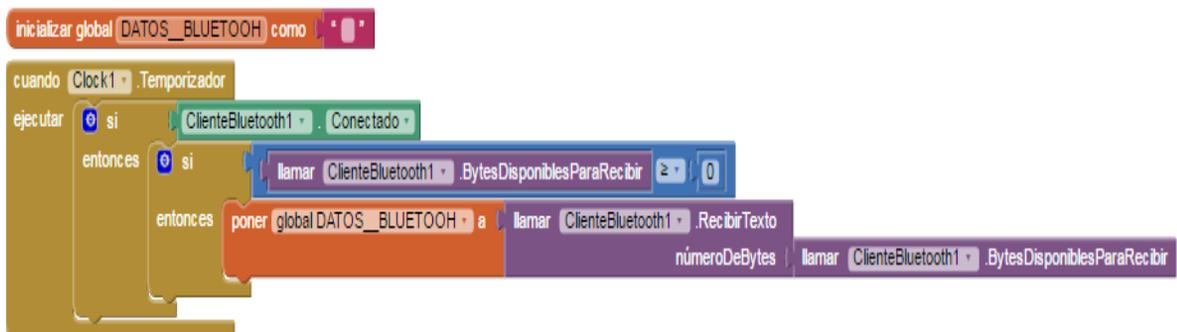


Figura 26: Recepción de datos.

Fuente: Autor.

En la siguiente figura se realiza la desconexión Bluetooth del sistema, en caso de fallas:



Figura 27: Desconexión comunicación Bluetooth.

Fuente: Autor.

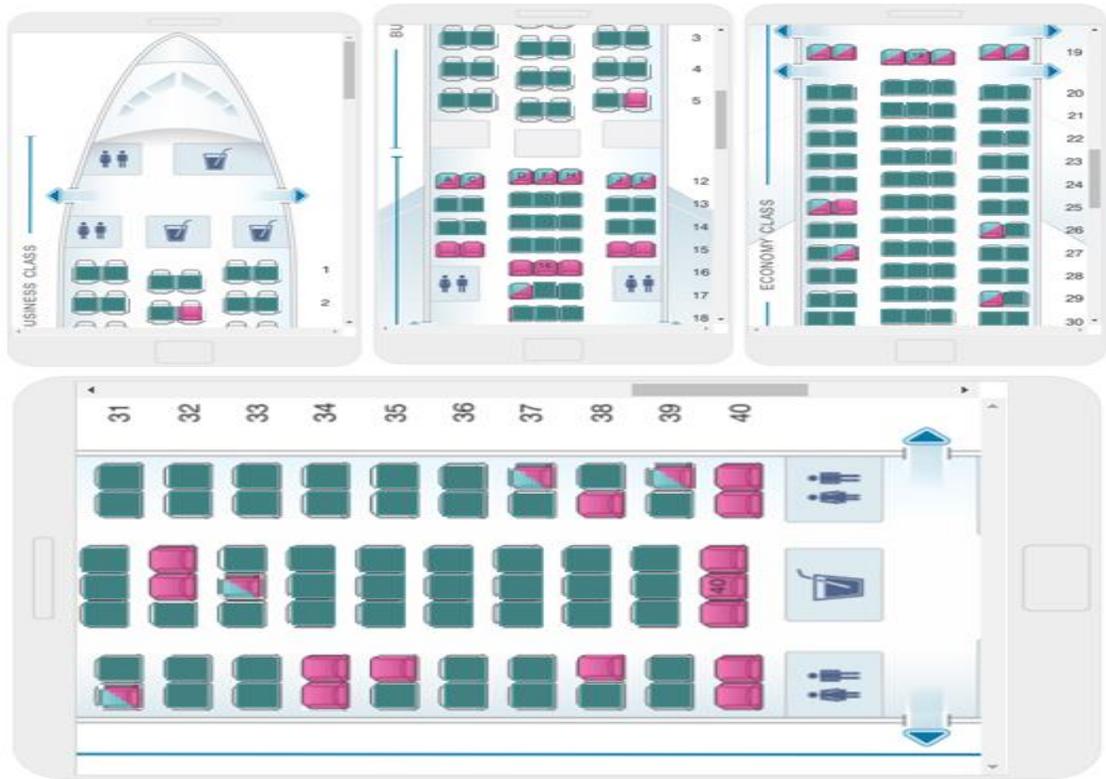


Figura 28: Diseño de programa para dispositivo tipo Tablet.

Fuente: Autor

Las sillas de rojo indican que el pasajero aún no tiene puesto el cinturón y la silla no está a 90°, las sillas que tiene mitad verde y mitad rojo es que están incumpliendo uno de los dos procedimientos y las sillas de color verde indican que tanto el cinturón como la silla cumplen con los requerimientos.

Este micro-controlador servirá por línea de asientos en el caso del Boeing 767, si se instala en otro tipo de aeronave se debe tener cuenta que cada pic servirá para siete sillas y que si se requiere para menos o más asientos se debe analizar la escogencia de otro micro-controlador relacionada con la cantidad de pines de entrada y de salida, como es el caso de las siguientes aeronaves:

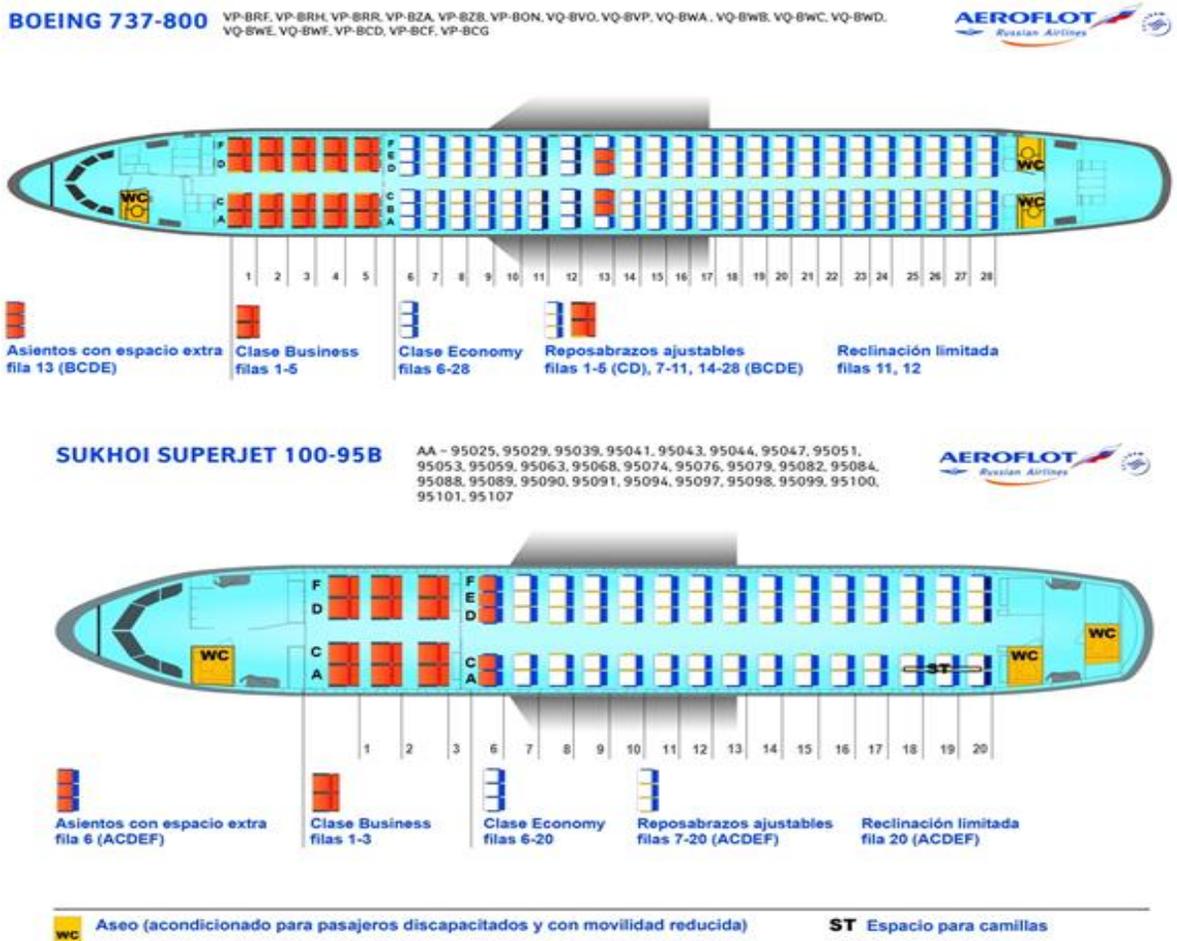


Figura 29: Distribución de asientos en otro tipo de aeronaves.

Fuente: Aeroflot - esquema de asientos.

4.3.1. DISEÑO DE ENSAMBLE DEL SISTEMA INALÁMBRICO

En la figura 30 se detalla cada parte de la instalación final del proyecto, con tentativa a modificaciones de espacios de instalación según el tipo de avión comercial, pero cumpliendo con los objetivos finales:

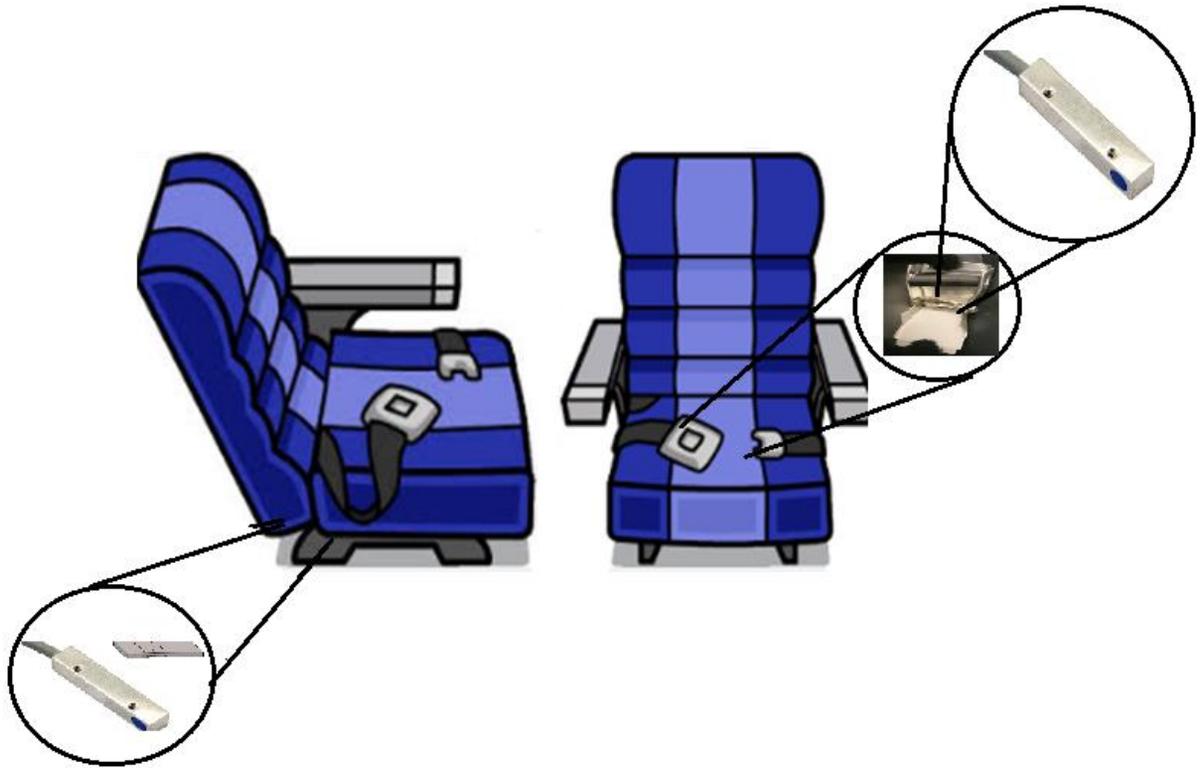


Figura 30: Ubicación sensores capacitivos.

Fuente: Autor.

La tarjeta donde se encuentra el micro-controlador estará instalada en la parte lateral derecho de las sillas en cuanto a la parte de la visualización de los asientos se pondría una un dispositivo Tablet que iría en la entrada izquierda detrás de la cabina como se puede observar en la figura 31.



Figura 31: Simulación aplicativo Android.

Fuente: Autor.

En la imagen anterior se realizaron pruebas en el Boeing 767 del programa ANDROID sin instalaciones eléctricas, con el fin de analizar la visualización en pantalla para auxiliares de vuelo.

5. COSTOS

La determinación de los costos establece la viabilidad del proyecto, por ende se hace necesario especificar cada precio de cada elemento, materia prima, servicios gastados y mano de obra, que se utilizara para el proyecto como se detalla a continuación; se realiza la acotación, que se realiza el análisis de costos de un solo circuito, debido a que dependiendo del avión comercial donde se implemente varían las medidas de distancias entre sillas y la cantidad de las mismas.

5.1. RECURSOS DE MATERIALES Y ELEMENTOS PARA UN SOLO CIRCUITO

Tabla 8. Recursos Materiales

RECURSOS	PRECIOS TOTALES
10 metros de cable AWG No. 20	\$9.000
2 Sensor pp1 series capacitivo	\$51.000
1 Estaño de 1 mm un rollo y pomada	\$ 7.000
1 Baquelita de cobre de 10x7 cm	\$9.000
1 PIC 16F877A	\$8.000
1 Cristal de 1MHz	\$800
2 resistencias de carbón de 10Kohm	\$100
1 pulsador tipo electrónico	\$200
1 Bluetooth HC-05	\$16.000
24 Terminales calibre No.20 enchufables	\$1.200
Condensador electrolítico de 1micro faradios	\$800
1 tarro de 150 ml Silicona de superficie para baquela	\$5.000
10 amarres plásticos pequeños	\$500
Quemador de pics-pickit 2	\$25.000
Cable microusb a usb de 3 m	\$15.000
Tablet genérica	\$150.000
Cable 3x20 5 m	\$12.500
Software diseño de impresos PCB	\$50.000
5 tornillos de 3mm de diámetro y 25.4 mm de largos tipo avellana	\$350

➤ **TOTAL DE RECURSOS DE MATERIALES Y ELEMENTOS: \$361.450**

Nota: la quemada de las baquetas es realizada por un tercero y cada baqueta posee un valor de \$20.000 sin materiales; las filas que se encuentran en amarillo son elementos y materiales que sirven para el montaje de más de un circuito.

5.2. MANO DE OBRA

La mano de obra por implementar un solo circuito inalámbrico para una silla, esta evaluada en \$20.000

5.3. RECURSOS FINANCIEROS TOTALES (para una sola instalación)

Tabla 9. Recursos Financieros

RECURSOS	VALOR EN \$
FISICOS	1.963.000
MATERIALES Y ELEMENTOS	361.450
MANO DE OBRA	20.000
IMPREVISTOS*	30.000
TOTAL	<u>\$2.374.450</u> <u>(los recursos físicos y elementos sirven para más de un circuito y sin tener en cuenta este valor el total sería de \$156.950)</u>

IMPREVISTOS: dentro del valor de imprevistos, se encuentran los equipos que hagan falta para el montaje del proyecto, papelería, impuestos, transportes, entre otros.

6. CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación presentada anteriormente, es posible concluir que el uso indebido del cinturón de seguridad a bordo de un vuelo comercial, puede provocar accidentes como golpes o afectaciones físicas a los pasajeros y más aún si la causa del accidente es por desprendimiento del espaldar de la silla del mismo, debido a no acatar las recomendaciones de mantener el asiento a 90 grados en algunos momentos del viaje. Por otro lado el diseño del sistema de comunicación inalámbrico presentado, pretende mitigar estos problemas de accidentalidad, que aunque no se presenten con altas frecuencias, se deben tener en cuenta como procedimientos llevados a cabo por los auxiliares de vuelo y que los análisis de implementación de este tipo de sistemas, en otros países poseen un costo relativamente alto, por lo cual en Colombia no ha llegado a implementarse.

Realizadas las pruebas descritas en el diseño metodológico, se llega a concluir que el sistema inalámbrico propuesto requiere de elementos electrónicos de fácil manejo, lo que permite que su instalación sea poco compleja; en donde un sensor capacitivo instalado en el broche del cinturón y uno en el eje de inclinación de la silla darán aviso en pantalla para los auxiliares de vuelo de aquellos pasajeros que no acaten las ordenes de seguridad durante el vuelo; el sistema pretende mitigar este tipo de accidentalidades, mas sin embargo se presenta la delimitación en su uso debido al cierre del cinturón de seguridad sin estar sujeta sobre el usuario, lo que acarrea un posible problema de seguridad para los auxiliares, que antes de la la verificación en pantalla de cada una de las sillas, deberá recorrer las líneas del avión, para certificar el buen uso del cinturón de seguridad y la no inclinación de las sillas como medida preventiva a parte del sistema inalámbrico.

Después de haber analizado las delimitaciones del diseño inalámbrico y las principales causas de accidentalidad por no tener instaurado este tipo de sistemas de seguridad en aviones comerciales en Colombia, se concluye que este proyecto es viable en cuanto a su economía y manejo, siempre cuando se cumpla con los estándares autorizados en la FAA, como elementos TSO y fuera de patentes.

Cabe resaltar que se pueden producir mejoras a futuro del diseño presentado, como lo es el alcance de la transmisión de datos, con el fin de reducir la cantidad de tarjetas por fila de asientos y así llevar a cabo esta implementación a todo tipo de avión comercial.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aerolínea LAN. (2011). *ARINC SPECIFICATION 429*. Airlines Electronic Engineering Comitte.
- Aeronáutica civil. (2016). *documentación de seguridad operacional*. Aeronáutica civil.
- Boeing. (2016). *Eficiencia y crecimiento NG 737*.
- Cancillería de la Republica de Colombia. (2016). *OACI organización de aviación civil internacional*. Colombia: gobierno de Colombia.
- Descubre y aprende. (2015). Por qué es importante el uso del cinturón de seguridad. *Descubre y aprende*.
- Escuela virtual volando sin miedo. (2015). *Introduccion a los aviones comerciales*.
- Fernandez, M. P. (1986). *Electricidad en los aviones*. paraninfo.
- Manish Kalia, Sumit Garg, Rajeev Shorey. (2016). *Scatternet Structure and Inter-Piconet Communication in the Bluetooth System*.
- Ruben, J. (2014). *Bluetooth HC-05 y HC-06 Tutorial de Configuración*.
- Torenbek. (1976). *sinthesis del diseño de un aeroplano*. Delf University press.
- Universidad Carlos III de Madrid. (2014). *software de comunicaciones*.

8. REFERENCIAS DE IMÁGENES

- Aeroflot. (2016). Distribución de asientos otros tipos de aeronaves. *Esquemas de asientos*.
- aerolínea LAN. (2011). *ARINC SPECIFICATION 429*. Airlines Electronic Engineering Comitte.
- Depaula, H. (2015). Interior de avión en viaje de Puerto Rico a Nueva York en 1946.
- Fernandez, M. P. (1986). *Electricidad en los aviones*. paraninfo.
- Kriswanto, J. (2015). restos de vuelo QZ8501 que se recuperó en el mar de Java.
- Ramirez, A. (2010). Ergonomia y aplicacion en aeronaves. *Blog pytoche ergonomia y aplicacion en aeronaves*.
- Ruben, J. (2014). *Bluetooth HC-05 y HC-06 Tutorial de Configuración*.
- Wick sensors. (2016). Sensor capacitivo PP1 series. *Sensor de proximidad*.
- Torenbek. (1976). *sinthesis del diseño de un aeroplano*. Delf University press.