



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA EL ENVÍO DE NOTIFICACIONES DE  
FALLAS EN UN ASCENSOR DE LA SERIE VFGL INSTALADO POR LA  
EMPRESA COHECO S.A.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Redes y  
Telecomunicaciones.

Profesor Guía  
Ing. Enrique González Corrales, MSc.

Autor  
Emerson Renato Salvador Gordón

Año  
2016

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido el presente trabajo al señor estudiante Emerson Renato Salvador Gordón a través de reuniones constantes, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación.”

---

Enrique González Corrales  
Magister en Energía Renovable  
C.C.: 175647071-0

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

Emerson Renato Salvador Gordón

CI. 1711478501

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de las Américas por los conocimientos impartidos en el transcurso de la carrera de Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones, a sus docentes, administrativos y demás personal que han sido parte de mi estadía en esta prestigiosa Institución Educativa.

Al Ingeniero Enrique González Corrales quien ha estado como guía y consejero oportuno, para lograr el objetivo principal, culminar el proyecto de grado.

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme fortaleza para lograr una meta más en este período hermoso de mi vida.

A mis padres Marco y Martha por ese amor incondicional, a mi querida esposa Patricia que es el pilar fundamental en mi vida, fiel compañera, a mis queridos hijos Andrés y Sarahí que son mi mayor inspiración para esforzarme y enseñarles todos los principios que Dios manda, a mis familiares que han sido un infinito apoyo en estos momentos de mi vida.

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación se centra en el diseño, desarrollo e implementación de un prototipo para el envío de notificación de fallas de un ascensor de la serie VFGL instalado por la empresa COHECO S.A., tomando en consideración la necesidad de desarrollar un servicio de calidad para sus clientes, por tal motivo; se ha establecido el siguiente sistema. El prototipo propone minimizar tiempo de reacción en la corrección de daños generados en los equipos monitoreados, ya que el reporte se lo realiza por medio de la tarjeta de control que emite las señales de fallas hacia la tarjeta electrónica, la misma que recepta las señales del ascensor; de tal modo que, si es una señal de falla envía a través de una conexión de internet un mensaje de alerta a una base de datos creada en la nube. Adicionalmente a esto; se diseñó una aplicación web, para notificar las alarmas del ascensor al Técnico de turno y Supervisor simultáneamente, para que realicen la corrección inmediata de la falla en los equipos monitoreados. Los reportes, de igual manera; son almacenados en una base de datos en la nube para su consulta, control y análisis de la falla en tiempo real, cubriendo la necesidad inmediata del usuario del sistema.

El proyecto se desarrolló durante un período de aproximadamente 6 meses y medio, en el cual, se lograron los objetivos propuestos y la implementación deseada en un ascensor.

## ABSTRACT

This graduation project focuses on the design, development and implementation of a prototype for the sending of notification of faults of an elevator of the series VFGL installed by the company COHECO S.A., taking in consideration the need to develop a quality service for his clients, for such a motive; the following system has been established. The prototype proposes to minimize time of reaction in the correction of hurts generated in the monitored equipments, since the report realizes it by means of the card of control that issues the signs of faults towards the electronic card, the same one that receiver the signs of the elevator; in such a way that, if it is a sign of fault he sends across an Internet connection a message of alert to a database created in the cloud. Additional to this; a web application was designed, to notify the alarms of the elevator to the Technician of shift and Supervisor simultaneously, in order that they realize the immediate correction of the fault in the monitored equipments. The reports, of equal way; they are stored in a database in the cloud for his consultation, control and analysis of the real time fault, covering the immediate need of the user of the system.

The project developed during a period of approximately 6 months and a half, in which, there achieved the proposed aims and the implementation wished in an elevator.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
Alcance .....	2
Justificación .....	2
Objetivos.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Hipótesis.....	3
1. MARCO TEÓRICO .....	4
1.1 Fundamentos Teóricos .....	4
1.2 Sistemas Embebidos.....	4
1.3 Servidor Web .....	5
1.4 Capa de conexión segura SSL .....	5
1.5 Criterios de evaluación de tarjeta microcontroladora .....	5
1.5.1 Criterio Técnico .....	6
1.5.2 Criterio Económico.....	6
1.5.3 Criterio Contextual.....	7
1.6 Evaluación de tarjeta microcontroladora .....	7
1.6.1 Criterio Técnico .....	7
1.6.2 Criterio Económico.....	10
1.6.3 Criterio Contextual.....	10
1.6.4 Resultado de la evaluación de tarjeta microcontroladora.....	11
1.7 Especificación Componentes del Hardware .....	11
1.7.1 Tarjeta Intel Galileo Gen2 .....	11
1.7.2 Características del Galileo Gen 2.....	12
1.7.3 Conectores GPIO.....	15
1.8 Metodología para el desarrollo del sistema .....	15
1.8.1 Riesgos .....	17

1.9	Evaluación de tecnología de desarrollo .....	19
1.9.1	Tecnologías.....	21
1.10	Especificación del software.....	22
1.10.1	IDE Arduino para Intel Galileo Gen 2 .....	22
1.10.2	FireBase.....	23
1.10.3	Visual Studio .....	24
1.11	Protocolos y Conceptos de Comunicación .....	24
1.11.1	Protocolo de Red Ethernet/IP.....	24
1.11.2	Protocolo HTTPS .....	25
1.11.3	El Internet De Las Cosas IoT .....	25
1.12	Ascensor VFGL .....	26
1.12.1	Bloques de un ascensor Mitsubishi .....	26
1.12.2	Bloque de control .....	27
1.12.2.1	Circuitos de seguridades de emergencia .....	27
1.12.2.2	Circuitos de seguridades de puertas.....	28
1.12.3	Características de un ascensor Mitsubishi .....	28
1.12.4	Señales del ascensor a utilizar.....	30
1.13	Análisis de costo beneficio.....	30
2.	<b>ANÁLISIS DEL PROBLEMA</b> .....	32
2.1	Introducción .....	32
2.1.1	Propósito .....	33
2.1.2	Ámbito del Sistema .....	33
2.1.3	Definiciones, Siglas y Abreviaturas .....	33
2.1.4	Visión General del Documento.....	34
2.2	Descripción General .....	35
2.2.1	Perspectiva del producto.....	35
2.2.2	Funciones del producto .....	36
2.2.3	Características del Usuario .....	36
2.2.4	Limitaciones Generales.....	37
2.2.5	Supuestos y dependencias .....	38
2.2.6	Requisitos futuros.....	39

2.3	Requisitos específicos .....	39
2.3.1	Requisitos funcionales .....	39
2.3.1.1	Requisito: monitoreo de las señales de seguridad del ascensor .....	39
2.3.1.1.1	Introducción .....	39
2.3.1.1.2	Entradas.....	39
2.3.1.1.3	Procesamiento .....	40
2.3.1.1.4	Salidas .....	40
2.3.1.2	Requisito: notificación remota .....	40
2.3.1.2.1	Introducción .....	40
2.3.1.2.2	Entradas.....	41
2.3.1.2.3	Procesamiento .....	41
2.3.1.2.4	Salidas .....	42
2.3.1.3	Requisito: monitoreo simultáneo.....	42
2.3.1.3.1	Introducción .....	42
2.3.1.3.2	Entradas.....	42
2.3.1.3.3	Procesamiento .....	42
2.3.1.3.4	Salidas .....	43
2.3.1.4	Requisito: autenticación de usuarios del sistema.....	43
2.3.1.4.1	Introducción .....	43
2.3.1.4.2	Entradas.....	43
2.3.1.4.3	Procesamiento .....	43
2.3.1.4.4	Salidas .....	44
2.3.1.5	Requisito: directorio telefónico .....	44
2.3.1.5.1	Introducción .....	44
2.3.1.5.2	Entradas.....	44
2.3.1.5.3	Procesamiento .....	44
2.3.1.5.4	Salidas .....	45
2.3.1.6	Requisito: visualización de alarmas .....	45
2.3.1.6.1	Introducción .....	45
2.3.1.6.2	Entradas.....	45
2.3.1.6.3	Procesamiento .....	45

2.3.1.6.4	Salidas .....	46
2.3.1.7	Requisito: cambio de clave del usuario.....	46
2.3.1.7.1	Introducción .....	46
2.3.1.7.2	Entradas.....	46
2.3.1.7.3	Procesamiento .....	46
2.3.1.7.4	Salidas .....	46
2.3.1.8	Requisito: autenticación de usuarios.....	47
2.3.1.8.1	Introducción .....	47
2.3.1.8.2	Entradas.....	47
2.3.1.8.3	Procesamiento .....	47
2.3.1.8.4	Salidas .....	48
2.3.2	Requisitos de interface externa .....	48
2.3.2.1	Interfaces de usuario.....	48
2.3.2.2	Interfaces de hardware .....	49
2.3.2.3	Interfaces de software .....	49
2.3.2.4	Interfaces de comunicaciones.....	49
2.3.3	Requisitos de rendimiento.....	49
2.3.4	Restricciones de diseño .....	50
<b>3.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA E IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>51</b>
3.1	Introducción .....	51
3.1.1	Propósito .....	51
3.1.2	Objetivos de diseño.....	51
3.2	Diseño General del Sistema.....	51
3.2.1	Listado de Recursos.....	51
3.2.2	Esquema del Sistema .....	52
3.2.3	Diagrama de bloques .....	53
3.2.4	Descripción del funcionamiento del prototipo.....	54
3.3	Implementación del Hardware .....	54
3.3.1	Desarrollo en el IDE Arduino.....	54
3.3.2	Pines utilizados en la tarjeta.....	56
3.4	Diseño electrónico.....	56

3.5	Configuración del servidor web.....	57
3.5.1	Creación de una cuenta .....	57
3.5.2	Instalación de Firebase .....	59
3.5.3	Lectura y Escritura de Datos .....	60
3.5.4	Escritura de Datos.....	60
3.5.5	Lectura de Datos .....	61
3.5.6	Instalación de la aplicación en Firebase.....	62
3.5.7	Autenticación de Usuarios.....	63
3.5.8	Seguridad de los datos.....	65
3.6	Arquitectura del software propuesto .....	67
3.6.1	Descomposición en subsistemas .....	67
3.7	Servicios de subsistemas.....	68
3.8	Modelo de datos del sistema.....	69
3.9	Modelo de comportamiento del sistema .....	70
3.10	Diagrama de estados .....	72
3.11	Diseño de interface de usuario .....	73
3.11.1	Menú Principal.....	73
3.11.2	Ingreso al sistema de vigilancia de ascensores VIDA .....	74
3.11.3	Directorio del personal técnico .....	75
3.11.4	Datos del Ascensor .....	76
3.11.5	Ubicación del Cliente.....	76
3.11.6	Mensajes de Alarma.....	77
4.	PRUEBAS DEL SISTEMA .....	78
4.1	Introducción .....	78
4.2	Funcionalidades a probar.....	78
4.3	Criterios de aprobación.....	78
4.4	Estrategia de pruebas .....	78
4.5	Criterios de suspensión y reanudación .....	79
4.6	Requerimientos de hardware y software para la prueba ...	80
4.7	Pruebas de desempeño del sistema .....	80

4.7.1	Caso de prueba: corte del suministro eléctrico del ascensor. ....	80
4.7.1.1	Conceptos y funcionalidad a probar .....	80
4.7.1.2	Estradas de la prueba .....	81
4.7.1.3	Salidas de la prueba .....	81
4.7.1.4	Necesidades ambientales .....	82
4.7.1.5	Requerimientos procedurales especiales.....	82
4.7.1.6	Dependencia entre casos .....	83
4.7.2	Caso de prueba: corte del servicio de internet del edificio. ....	83
4.7.2.1	Conceptos y funcionalidad a probar .....	83
4.7.2.2	Estradas de la prueba .....	83
4.7.2.3	Salidas de la prueba .....	84
4.7.2.4	Necesidades ambientales .....	84
4.7.2.5	Requerimientos procedurales especiales.....	85
4.7.2.6	Dependencia entre casos .....	85
4.7.3	Caso de prueba: tiempo de respuesta en caso de falla del ascensor.....	86
4.7.3.1	Conceptos y funcionalidad a probar.....	86
4.7.3.2	Estradas de la prueba .....	86
4.7.3.3	Salidas de la prueba .....	86
4.7.3.4	Necesidades ambientales .....	87
4.7.3.5	Requerimientos procedurales especiales.....	87
4.7.3.6	Dependencia entre casos .....	87
4.7.4	Caso de prueba: tiempo de respuesta frente a carga máxima esperada .....	88
4.7.4.1	Conceptos y funcionalidad a probar .....	88
4.7.4.2	Entradas de la prueba.....	88
4.7.4.3	Salidas de la prueba .....	89
4.7.4.4	Necesidades ambientales .....	89
4.7.4.5	Requerimientos procedurales especiales.....	89
4.7.4.6	Dependencia entre casos .....	89
4.8	Pruebas de requerimientos funcionales del sistema .....	90
4.8.1	Caso de prueba: transacciones en la base de datos en la nube.	90

4.8.1.1	Conceptos y funcionalidad a probar .....	90
4.8.1.2	Entradas de la prueba .....	90
4.8.1.3	Salidas de la prueba .....	90
4.8.1.4	Necesidades ambientales .....	91
4.8.1.5	Requerimientos procedurales especiales.....	91
4.8.1.6	Dependencia entre casos .....	91
4.8.2	Caso de prueba: operación del sistema en múltiples plataformas .....	91
4.8.2.1	Conceptos y funcionalidad a probar .....	91
4.8.2.2	Entradas de la prueba .....	91
4.8.2.3	Salidas de la prueba .....	92
4.8.2.4	Necesidades ambientales .....	93
4.8.2.5	Requerimientos procedurales especiales.....	93
4.8.2.6	Dependencia entre casos .....	93
4.9	Reporte de incidentes de prueba .....	93
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	96
5.1	Conclusiones .....	96
5.2	Recomendaciones .....	97
	REFERENCIAS .....	98
	ANEXOS .....	100

## INTRODUCCIÓN

La producción digital en la última década ha experimentado un crecimiento exponencial sostenido, debido principalmente a la contribución del internet como una herramienta de trabajo y medio de comunicación que por su naturaleza tiene beneficios que concuerdan con el ritmo de desarrollo globalizado del mundo en la actualidad.

Debido al gran avance tecnológico que se está desarrollando en estos momentos muchas instituciones, fábricas, oficinas y casas tratan de aprovechar al máximo las bondades de la tecnología, por lo que; ahora, hablamos de edificios inteligentes, sistemas integrados de monitoreo, entre otros.

Siendo COHECO S.A. una empresa que se dedica a realizar la instalación y mantenimiento de ascensores y escaleras Mitsubishi, con una línea en la fabricación, instalación y monitoreo de controles de acceso y circuitos cerrados de televisión, se convierte en una institución idónea para gozar de dichos avances tecnológicos y presentar un servicio de calidad a sus clientes.

Es por esta razón que aprovechando que en el Ecuador cada vez son más utilizadas las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), se planteó la elaboración de un prototipo que contribuye al departamento de mantenimiento; apoyándose en un sistema que le proporciona rapidez y eficacia al momento de solucionar daños en los diferentes equipos que se encuentran a su cargo y al mismo tiempo reducir los costos de la mano de obra que se desembolsa actualmente.

Además, cabe resaltar que; COHECO S.A., es una organización que brinda la oportunidad al recurso humano nacional auspiciando proyectos tecnológicos que permitan, en un futuro, lograr la no dependencia de la tecnología extranjera; es así que; se ha brindado el apoyo íntegro para el desarrollo de este proyecto.

## **Alcance**

En este proyecto se realizará el diseño, desarrollo e implementación de un prototipo para el envío de fallas de un ascensor de la serie VFGL, que pretende; notificar los desperfectos hallados en los circuitos de seguridades, minimizar el tiempo de respuesta direccionando al técnico de forma inmediata hacia la ubicación del edificio afectado, agilizando así, la atención al cliente; mediante una aplicación web en un teléfono, tableta, computador con sistemas operativos Android, iOS Windows Phone o Windows.

En el sistema se desarrollarán las siguientes funcionalidades:

- Visualización de falla del circuito en serie (límite superior, gobernador run-stop sobre cabina safety y límite inferior) mediante una aplicación Web.
- Visualización de falla del circuito en serie (límite superior, gobernador run-stop sobre cabina safety y límite inferior) en un ascensor de la serie VFGL en tiempo real.
- Visualización de funciones menú principal (ingreso, técnico, ascensor, alarma, capacitación).

Finalmente, se implementará el prototipo diseñado, en un ascensor Mitsubishi instalado por la empresa COHECO S.A. en uno de sus clientes (edificio), además, se detallará el costo del mismo.

## **Justificación**

COHECO S.A. es una empresa que se encarga de la instalación y mantenimiento de elevadores Mitsubishi. La instalación es un rubro que va junto con la compra de los ascensores, mientras que el mantenimiento es un servicio que ofrece la empresa, donde el cliente realiza un pago mensual por la asistencia correctiva y preventiva.

Actualmente el mantenimiento correctivo requiere que el cliente comunique la falla a la empresa cuando existe un daño repetitivo, por lo tanto; un sistema para notificación de fallas permitirá la optimización de tiempos de respuesta.

La creación de un prototipo para notificación de fallas de un ascensor que funcione exitosamente, podrá ser duplicada para una futura implementación masiva en la que involucre todos los ascensores instalados por la empresa COHECO S.A.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un prototipo para el envío de notificaciones de fallas en un ascensor de la serie VFGL, instalado por la empresa COHECO S.A. en uno de sus clientes.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar, diseñar e implementar una aplicación web, para notificación de alarmas de un ascensor.
- Diseñar el software de monitoreo de las señales del ascensor.
- Diseñar un circuito para adaptar las señales del ascensor con la tarjeta electrónica.
- Se realizará un análisis del costo beneficio en la implementación del sistema.

## **Hipótesis**

Se asume en el presente trabajo de investigación que si se construye un sistema de monitoreo de ascensores de bajo costo que notifique las fallas en tiempo real al técnico de turno de la compañía de mantenimiento entonces se reducirá el tiempo de atención al cliente mejorando la calidad del servicio y reduciendo el riesgo de daño a la integridad física del usuario.

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Fundamentos Teóricos**

La elección de las temáticas del presente trabajo de investigación se basó en la necesidad que tiene nuestro país de desarrollar productos tecnológicos comerciales que apoyen el cambio de la matriz productiva y nos vuelvan menos dependientes de tecnología importadas de muy alto costo para el país por la salida de divisas que provocan.

El problema de la dependencia tecnológica no ha sido y tampoco será solucionado por políticas del gobierno. Es responsabilidad de la universidad realizar la investigación de base que pueda ser utilizado por la empresa privada o pública para el desarrollo de productos comerciales además la universidad debe acelerar la transferencia de conocimiento a la sociedad que la sostiene para lograr un aumento sostenido de crecimiento de la comunidad

Para el desarrollo del prototipo VIDA (VIGILANCIA AUTOMÁTICA DE ASCENSORES) se utilizará metodologías de ingeniería de software y hardware iterativas para garantizar la calidad del producto.

### **1.2 Sistemas Embebidos**

Los sistemas embebidos son técnicas de computación diseñados para ejecutar funciones dedicadas y cubrir necesidades establecidas, poseen módulos estrictamente necesarios para su función, a diferencia de un computador, la mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la misma placa base.

En muchos lugares se pueden encontrar los sistemas embebidos, la mayoría en dispositivos que realizan tareas programadas, como en una industria controlando procesos de fabricación, existen máquinas que integran interfaz gráfica las cuales al pulsar realizan determinada orden, los sistemas embebidos se pueden encontrar en muchas aplicaciones.

### **1.3 Servidor Web**

Es un programa informático que ofrece servicios a otros dispositivos que se comunican con él por medio de una red.

Un servidor web o servidor HTTPS es un equipo donde físicamente se encuentran alojadas aplicaciones o páginas web, los clientes realizan peticiones al servidor y tienen como respuesta un código el cual suele ser compilado y ejecutado por un navegador web. Para la transmisión de todos estos datos se suele utilizar un protocolo. Generalmente se usa el protocolo HTTPS para estas comunicaciones, perteneciente a la capa de transporte del modelo OSI.

### **1.4 Capa de conexión segura SSL**

Es un protocolo, que permite a las aplicaciones que utilizan SSL trasladar su información de forma segura, estas aplicaciones envían y reciben claves de cifrado con otras aplicaciones para poder cifrar y descifrar los datos enviados entre ellos.

Primeramente entre el servidor y el cliente negocian el algoritmo criptográfico a utilizar para cifrar la información, rápidamente intercambian claves públicas y realizan autenticación establecida en certificados digitales.

### **1.5 Criterios de evaluación de tarjeta microcontroladora**

La gran diversidad de tarjetas microcontroladoras disponibles en el mercado nos obliga a establecer criterios de evaluación que nos permita comparar y seleccionar la tarjeta más adecuada para el sistema de monitoreo de ascensores considerando aspectos técnicos, económicos y contextuales.

### 1.5.1 Criterio Técnico

Evalúa aspectos relacionados con las características técnicas y funcionales atendiendo aspectos relacionados con la obsolescencia (arduino tiene un microprocesador de apenas 8 bits) y la estandarización (arduino es muy popular en el mercado). Las variables de evaluación son: memoria, velocidad de procesamiento, número de pines, compatibilidad con los shields de arduino, ambiente de desarrollo integrado (IDE siglas en ingles). Este último criterio técnico tendrá el mayor peso considerando que se deben construir una aplicación para dispositivos móviles y el firmware para la tarjeta microcontroladora.

Tabla 1. Criterio de evaluación técnico.

Variables	Ponderación (%)
Memoria	5
Velocidad de Procesamiento	5
Número de entradas/salidas	5
Compatibilidad con Shields Arduino Uno R3	5
Ambiente de desarrollo integrado.	40
Total criterio técnico:	60

### 1.5.2 Criterio Económico

Evalúa los aspectos relacionados con los costos implícitos en la presente investigación. Las variables son: el costo de la tarjeta (máximo 100 USD para no encarecer el producto final) y la disponibilidad en el país que nos permita un rápido y fácil remplazo en caso de daño.

Tabla 2. Ponderación del criterio de evaluación económico.

Variables	Ponderación (%)
Costo de la tarjeta	15
Disponibilidad en el país.	5
Total criterio económico:	20

### 1.5.3 Criterio Contextual

Evalúa los aspectos propios de la realidad de nuestro país donde se desarrolla el presente trabajo de investigación. Las variables son:

- **Calidad**, en el mercado nacional existen tarjetas originales de fabricación italiana e imitaciones de fabricación china.
- **Experiencia**, la experiencia previa en el uso de la tarjeta de un modelo en particular nos permitirá cumplir con las limitación de tiempo del presente trabajo de investigación.
- **Garantía**, la garantía que el proveedor brinda en la compra de la tarjeta.

Tabla 3. Ponderación del criterio de evaluación contextual.

Variables	Ponderación (%)
Calidad	5
Experiencia	10
Garantía	5
Total criterio contextual:	20

## 1.6 Evaluación de tarjeta microcontroladora

### 1.6.1 Criterio Técnico

Las tarjetas microcontroladoras que evaluamos son: Arduino Uno R3, Raspberry Pi-B, Galileo Gen-2. Las características técnicas que se comparan son las siguientes:

Tabla 4. Tarjetas evaluadas.

Característica	Arduino Uno	Raspberry Pi	Intel Galileo
Modelo	R3	Modelo B	Gen-2
Precio	30	35	80
Procesador	ATMega 328	ARM11	Intel® Quark X1000 – single core pentium
Velocidad	16MHz	700MHz	400MH
Reloj de tiempo real	No	No	Si
RAM	2KB	256MB	256MB DRAM / 512KB ON-CHIP
FLASH Memory	32KB	NO	8MB NOR Flash
Almacenamiento externo	N/A	SD-Card	32 GB Micro-SD Card
EEPROM	1KB	N/A	11KB
Voltaje entrada	7-12v	5v	5/3.3 v
Ambiente de desarrollo – IDE	Arduino Tool	Scratch, Squeak/Linux	Arduino Tool / Intel XDK / Linux
Ethernet	N/A	10/100	10/100
Full PCI Express mini-card slot	N/A	N/A	1
USB Master	N/A	2 USB-2.0	
Salida video	N/A	HDMI, Composite	N/A
Salida audio	N/A	HDMI, Analogo	N/A
Compatibilidad	N/A	Se conecta al Arduino via USB. Requiere una tarjeta de un tercero para soportar los shields de Arduino	Arduino Uno R3 Shields 3.3/ 5 V
I/O Analogas	6 de 10 bits	17 I/O de 8pósito general de 26 bits.	6 entradas análogas de 12 bits
I/O Digitales	14	8 GPIO programables como Estrada o Salida	14 I/O Digitales que puede ser usadas como Entrada o Salida
PWM	6	Una de los pines digitales de I/O puede ser designada como PWM	Hasta 6 de las I/O Digitales pueden configurarse omo Pulse With Modulation (PWM)
Compatibilidad Shilds Arduino	100%	Se requiere componente adicional	No requiere componente adicional

Adaptado de: (Mouser, s.f.) (Makezine, s.f.)

El resultado de la evaluación técnica considerando las características de cada tarjeta microcontroladora y los pesos de cada criterio es la siguiente:

Tabla 5. Resultado evaluación técnica.

Criterio Técnico	Arduino Uno	Raspberry Pi	Intel Galileo
Memoria.	1	3	5
Velocidad de Procesamiento.	1	5	3
Número de entradas/salidas.	5	2	5
Ambiente de desarrollo integrado.	20	30	40
Compatibilidad con Shields Arduino	5	1	5
Total criterio técnico sobre 60 puntos:	32	41	58

El ambiente de desarrollo integrado Intel-XDK (<https://software.intel.com/es-es/intel-xdk>) de propiedad del fabricante es totalmente gratuito y permite desarrollar aplicaciones más complejas integradas con dispositivos móviles porque tiene las siguientes características:

- Multiplataforma, porque nos permite programar en tecnologías de código abierto como HTML-5, JavaScript, NodeJS, ExpressJS, etc.
- Control de versiones, permite generar versiones de manera escalonada conforme se desarrolló el proyecto de investigación.
- Integración Teléfono y Tarjeta Microcontroladora, porque permite desarrollar en el mismo ambiente la aplicación móvil y el firmware para la tarjeta Galileo Gen-2.
- La tarjeta Intel Galileo Gen-2 tiene una mayor capacidad de hardware comparado con el Arduino Uno R3 y es compatible al 100% con todos los shields conforme se establece en el Intel Galileo Board, Intel Galileo Gen 2 Board, and Intel Edison Board Shield Testing Report de Octubre del 2014 la Revisión 002 con Nro. Documento: 330937-002.
- Incluye un sistema operativo Unix que permite el desarrollo de potentes aplicaciones con integrando los comandos del sistema operativo con el programa sketch que se ejecuta en la tarjeta microcontroladora.

- El tiempo de desarrollo y la complejidad del firmware que se pretende desarrollar es menor al utilizar las capacidades del sistema operativo Unix con la que opera la tarjeta Galileo Gen-2.
- El IDE de Arduino Uno R 3 puede ser utilizado para programar el Intel Galileo Gen-2 instalando el Intel i586 core reduciendo el tiempo de desarrollo porque no se requiere aprender una nueva herramienta de desarrollo.

### 1.6.2 Criterio Económico

El resultado de la evaluación económica considerando el precio y la disponibilidad en el país es el siguiente:

Tabla 6. Resultado evaluación económica.

Criterio Económico	Arduino Uno	Raspberry Pi	Intel Galileo
Costo de la tarjeta	5	3	1
Disponibilidad en el país.	15	12	8
Total criterio económico sobre 20 ptos:	20	15	9

La tarjeta Arduino Uno R3 es la más popular y económica en nuestro medio y la que más fácilmente se encuentra en nuestro país.

### 1.6.3 Criterio Contextual

El resultado de la evaluación contextual la calidad de los productos que se comercializan en el país, la garantía del proveedor y la experiencia previa en el uso de la tarjeta microcontroladora es el siguiente:

Tabla 7. Resultado evaluación contextual.

<b>Criterio Contextual</b>	<b>Arduino Uno</b>	<b>Raspberry Pi</b>	<b>Intel Galileo</b>
Calidad	5	5	5
Experiencia	10	5	8
Garantía	5	5	5
Total criterio contextual sobre 20 ptos:	20	15	18

Las tarjetas microcontroladoras originales que se comercializan en nuestro país son de muy buena calidad, el proveedor brinda garantía sobre defectos de fabricación en el producto o algún daño ocasionado en la manipulación del producto durante el transporte.

#### **1.6.4 Resultado de la evaluación de tarjeta microcontroladora**

El resultado de la evaluación aplicando todos y cada uno de los criterios de evaluación con sus respectivos pesos se muestra a continuación:

Tabla 8. Resultado evaluación global.

<b>Criterio Evaluado</b>	<b>Arduino Uno</b>	<b>Raspberry Pi</b>	<b>Intel Galileo</b>
Técnico	32	41	58
Económico	20	15	9
Contextual	20	15	18
Total evaluación sobre 100 ptos.:	72	71	85

La tarjeta microcontroladora Intel Galileo Gen-2 es la más adecuada por sus características técnicas, ambientes de desarrollo, precio en el país y la experiencia previa en el producto.

## **1.7 Especificación Componentes del Hardware**

### **1.7.1 Tarjeta Intel Galileo Gen2**

El Galileo Gen 2 es una tarjeta de microcontrolador con procesador de aplicaciones Intel Quark SoC X1000, con un sistema de marca en un chip (SoC) Intel Pentium de 32-bit.

Esta plataforma proporciona la facilidad del desarrollo de la arquitectura Intel a través de soporte para Microsoft Windows, Mac OS y los sistemas operativos de host, Linux. También trae la simplicidad del software de entorno de desarrollo integrado (IDE) Arduino.

La tarjeta Intel Galileo Gen 2 es también compatible con el software y hardware de entorno de desarrollo integrado Arduino, esto es una gran ventaja lo cual facilita su uso, además es importante indicar que tiene varios puertos de E/S para sus múltiples conexiones.

### **1.7.2 Características del Galileo Gen 2**

Dentro de las principales características y especificaciones técnicas que sustentan el por qué se eligió trabajar con la tarjeta Intel Galileo Gen 2, además de su costo con relación a la tarjeta microcontroladora Raspberry Pi que no dispone de memoria interna en el procesador, capacidad de almacenamiento de datos, memoria EEPROM, están las siguientes:

Características Básicas:

- En la tarjeta vienen incluidos una ranura mini PCI Express de tamaño completo, puerto Ethernet de 100 Mb, ranura Micro-SD, cabezal 3.3V USB TTL UART de 6 clavijas, puerto de host USB, puerto de cliente USB y NOR Flash de 8 MB.
- Intel Galileo Gen 2 supera a la Gen 1 pues reemplaza el puerto de consola RS-232 con un cabezal 3.3V USB TTL UART de 6 clavijas.
- Entre las nuevas incorporaciones de la tarjeta Intel Galileo Gen 2 se incluye la modulación por ancho de pulsos (PWM) de 12 bits, el re direccionamiento de la consola UART1 hacia los cabezales Arduino, alimentación a través de Ethernet (PoE) de 12 V y un sistema de control de energía que acepta suministros de energía de 7 V a 15 V.

- El procesador original Intel y las capacidades nativas de E/S circundantes del SoC proporcionan una oferta llena de funciones tanto para la comunidad de fabricantes y los estudiantes.
- También será útil para desarrolladores profesionales que buscan un ambiente de desarrollo simple y rentable para los diseños más complejos basados en un procesador Intel Atom e Intel Core.
- Las tarjetas Intel Galileo son de código abierto y hardware abierto; en decir, todo el código fuente y esquemas de hardware están disponibles en línea, que se puede descargar, utilizar, y modificar.

**Características físicas:**

- 10 cm de longitud y 7cm de ancho con los conectores USB, el conector UART, el conector Ethernet y el conector de corriente que es de mayor dimensión al anterior.
- Cuatro agujeros para tornillos permiten que la tarjeta pueda fijarse a una superficie o carcasa.
- Botón de restablecimiento para restableces el boceto y cualquier cubierta adjunta.

**Características del procesador:**

- Procesador Intel Pentium de 32-bit compatible con la arquitectura de conjunto de instrucciones (ISA).
- Caché L1 de 16 KB.
- 512 KB de SRAM integrada en la matriz.
- Fácil de programar: subproceso único, un núcleo, velocidad constante.
- Compatible con el estado de suspensión de CPU y con ACPI.
- Reloj de tiempo real (RTC) integrado con batería “tipo botón” de 3V opcional para operar entre los ciclos de encendido.

- Velocidad de reloj de 400MHz.

### Opciones de almacenamiento:

SPI Flash heredado de 8MB para el almacenamiento de firmware (cargador de arranque) y el boceto más reciente.

- Entre 256 KB y 512 KB dedicados a almacenamiento de bocetos.
- SRAM integrada de 512 KB.
- DRAM de 256 MB.
- Tarjeta microSD opcional que ofrece hasta 32 GB de almacenamiento.
- El almacenamiento USB funciona con cualquier unidad compatible con USB 2.0
- EEPROM de 11KB programada a través de la biblioteca EEPROM.

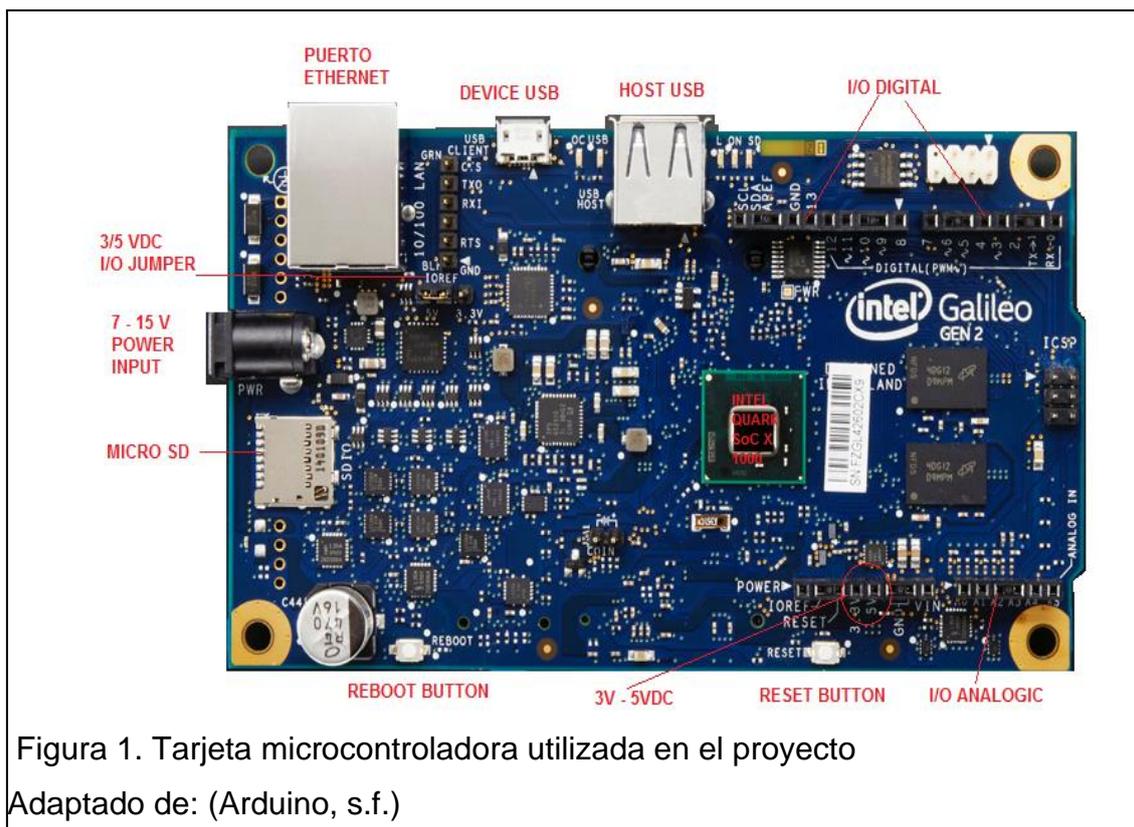


Figura 1. Tarjeta microcontroladora utilizada en el proyecto

Adaptado de: (Arduino, s.f.)

### 1.7.3 Conectores GPIO

La placa Intel Galileo Gen 2 posee 8 pines de voltajes (5V, 3V, GND, Reset), 14 I/O digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (modulación por ancho de pulso); Cada uno de los 14 pines digitales de Galileo se puede utilizar como una entrada o salida, el uso (funciones) `pinMode ()`, `digitalWrite ()`, y `digitalRead`,

Funcionan entre 3,3 a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar un máximo de 10 mA o recibir un máximo de 25 mA y tiene una resistencia de pull-up (desconectado por defecto) de 5,6 K a 10 kilo ohmios.

Además tiene 6 entradas analógicas (A0–A5), a través de un AD7298 convertidor analógico-digital con una resolución de 12 bit.

## 1.8 Metodología para el desarrollo del sistema

Las dificultades planteadas precisa usar una metodología que nos permita pasar eficazmente del problema a la definición de la solución. Además obtendremos el auspicio de la empresa de mantenimiento de ascensores para que el proyecto tenga viabilidad económica y técnica para garantizar la obtención de los resultados dentro de un año que es el marco temporal de la presente investigación.

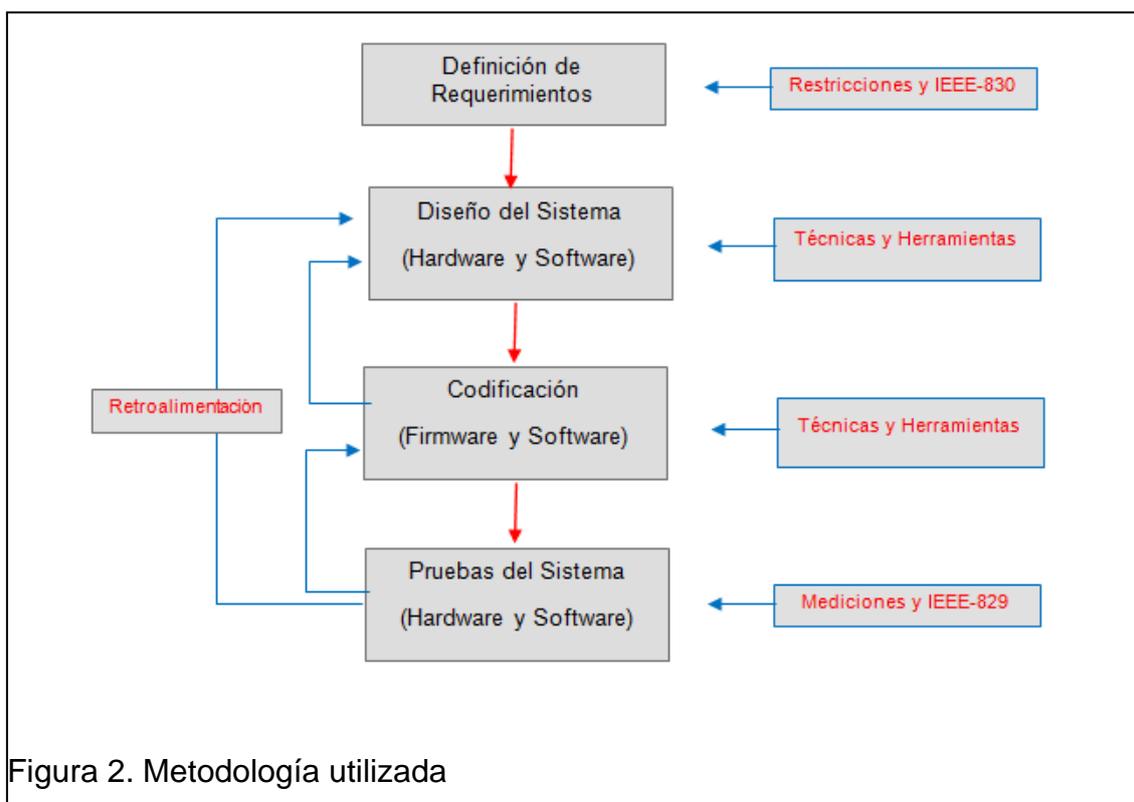
La investigación utilizará cuatro grandes componentes

- Modelo, es una forma de representar el problema para lograr su comprensión ejemplo: modelo entidad relación.
- Técnica, es un conjunto de procedimiento que nos permite crear un modelo ejemplo: diagrama de secuencia.
- Herramienta de software, es un programa informático que nos permite automatizar una o más técnicas para crear un modelo ejemplo: Visio.
- Documentación estándar, es una forma normalmente aceptada de presentar la información del sistema de manera precisa, correcta e

instructiva que permite a cualquier persona técnica conocer el funcionamiento del sistema (hardware y software). Los estándares que utilizaremos son:

- El estándar de la IEEE 830 para la Especificación de Requerimientos de Software.
- El estándar de la IEEE 829 para las Pruebas del Sistema.

En la presente investigación se utilizará una metodología de desarrollo iterativa como se muestra en el siguiente gráfico:



La metodología establece un ciclo de vida con fases bien definidas y separadas sin embargo la experiencia indica que estas fases se superponen es común por ejemplo una vez que nos encontramos en la fase de diseño volver atrás para incluir o modificar una especificación incompleta o ambigua, también las necesidades del cliente (la empresa de mantenimiento de ascensores) cambian ligeramente a lo largo del desarrollo del proyecto. Nuestro enfoque será construir pequeños prototipos funcionales que puedan ser probados por el

cliente para recibir su retroalimentación y obtener un mayor entendimiento de sus necesidades.

El proceso iterativo e incremental del desarrollo del sistema de monitoreo implica mayor tiempo y costo porque es necesario mostrar al cliente un prototipo funcional el propósito es entonces comprar las tarjetas micro controladoras para iniciar de inmediato su aprendizaje desarrollando pequeños proyectos que nos permite dominar esta área de conocimiento de tal manera que encontremos los errores en esta fase y evitar su detección en las fases finales del proyecto donde su corrección implica más tiempo y costo.

Los estándares para el desarrollo de sistemas de la IEEE utilizados son los más relevantes para el presente trabajo de investigación no se pretende aplicarlos todos por las restricciones de tiempo y costo propios de una tesis de grado.

### **1.8.1 Riesgos**

Las habilidades técnicas específicas (electrónica e informática) y recursos necesarios (ascensor y tarjeta micro controladora) para el desarrollo de la presente investigación implican tiempo y costo que están fuera de nuestro alcance personal y constituyen riesgos para el éxito de la investigación razón por la cual debemos considerar su impacto como paso previo a la realización del proyecto.

El riesgo es un evento o circunstancia cuya probabilidad de ocurrencia es incierta, pero que, en caso de aparecer, tiene un efecto (positivo o negativo) sobre los objetivos de un proyecto. La presente investigación tiene los siguientes riesgos:

Tabla 9. Factores de riesgo

Factores de Riesgo	Probabilidad de Ocurrencia	Impacto
Falta de experiencia en lenguajes de programación.	1	1
Extensión de tiempo de desarrollo de los sistemas por más de un año por la complejidad.	1	5
Falta de experiencia en base de datos en la nube.	3	5
Falta de experiencia en mantenimiento de ascensores.	1	5
Falta de experiencia en herramientas de desarrollo de software.	2	5
Falta de experiencia en metodologías de software	2	3
Falta de experiencia en tarjetas micro controladoras de bajo costo.	3	5
Incumplimiento de las restricciones de tiempo de respuesta del sistema frente a una falla	4	5
Falta de experiencias en estándares de la IEEE para el desarrollo de sistemas	3	3
Disponibilidad de un ascensor para pruebas.	5	5
Auspicio de la empresa de mantenimiento de ascensores.	5	5

Escala:

- Alto: 5
- Medio: 3 y 4
- Bajo: 1 y 2.

El proyecto enfrente un gran número de riesgos que tiene baja probabilidad de ocurrencia pero que tendrían un alto impacto negativo en el proyecto por ejemplo si no disponemos de un ascensor para pruebas de nada serviría construir el prototipo de monitoreo porque no se tendría la oportunidad de verificar su operación y realizar mediciones. Es por esta razón que la prevención frente a estos riesgos será evitarlos mediante la capacitación continua, atenuarlos mediante la construcción inmediata de prototipos que nos permita comprender la tecnología y aceptarlos de manera pasiva porque no podremos construir más de un prototipo que nos permitirá monitorear un solo ascensor limitaciones propias de una trabajo de investigación de tesis.

Las técnicas de respuesta frente al riesgo son evitar, transferir, atenuar o aceptarlos de manera pasiva o activa lo cual realizaremos con las siguientes actividades:

Tabla 10. Factores de riesgo (propuestas - respuestas).

<b>Factores de Riesgo</b>
Riesgo: falta de experiencia en lenguajes de programación. Respuesta: se contrataran cursos de capacitación en línea.
Riesgo: extensión de tiempo de desarrollo de los sistemas por más de un año por la complejidad. Respuesta: se reducirá el alcance del proyecto a la realización de un prototipo.
Riesgo: falta de experiencia en base de datos en la nube. Respuesta: se contrataran cursos de capacitación en línea.
Riesgo: falta de experiencia en mantenimiento de ascensores. Respuesta: se revisaran los cursos de capacitación de la compañía de mantenimiento de ascensores.
Riesgo: falta de experiencia en herramientas de desarrollo de software. Respuesta: se utilizará software libre o comercial al cual tenemos acceso
Riesgo: falta de experiencia en metodologías de desarrollo de software Respuesta: se revisará la bibliografía las metodologías de desarrollo.
Riesgo: falta de experiencia en tarjetas micro controladoras de bajo costo. Respuesta: se comprarán las tarjetas micro controladoras y componentes electrónicos para realizar pruebas en las fases iniciales del desarrollo de la presente investigación.
Riesgo: disponibilidad de un ascensor para pruebas. Respuesta: se obtendrá la autorización de la administración del edificio de la universidad.
Riesgo: auspicio de la empresa de mantenimiento de ascensores. Respuesta: se obtendrá el auspicio de la compañía de mantenimiento de ascensores.

## 1.9 Evaluación de tecnología de desarrollo

La tecnología es de naturaleza dinámica y la que hoy supone una ventaja es posible que mañana se convierta en una desventaja frente a otros desarrollos, es por esta razón que revisamos varias tecnologías que fueron descartadas utilizando los siguientes criterios de evaluación:

**Propiedad**, las herramientas de desarrollo deben estar catalogadas como software libre que nos permitan descargar y utilizar sin ningún pago por concepto de licencias de uso.

**Estándares**, la tecnología debe cumplir estándares para garantizar su operación en diferentes dispositivos móviles, computadores personales y tabletas.

**Herramientas**, evalúa las herramientas de software disponibles que utilizan un tipo de tecnología para el desarrollo de software.

**Costo**, el mantenimiento de la aplicación debe tener el menor costo posible para lo cual debe considerarse el conocimiento que se tiene de dicha tecnología por los profesionales en el Ecuador. Además es importante considerar el costo del entrenamiento para adquirir el conocimiento que nos permita construir el sistema de monitoreo de ascensores.

La ponderación de los criterios para evaluar la tecnología más apropiada para el desarrollo del sistema de monitoreo de ascensores es la siguiente:

Tabla 11. Ponderación de criterios de evaluación tecnológica

Criterio Evaluación	Ponderación (%)
Propiedad de la tecnología	20
Estándares internacionales	40
Herramientas de desarrollo - IDE	20
Costo de mantenimiento.	20
Total :	100

Las tecnologías más populares en nuestro país y que serán objeto de evaluación son las siguientes:

Tabla 12. Tecnologías evaluadas

Característica	Tecnología Propietaria	Tecnología Libre
Fabricante	Microsoft	La comunidad libre
Lenguaje de programación	C# / VB	Java Script / Java
Frameworks	Silverlight 5 / ASP.NET	HTML-5, JavaScript, CSS
Estándares	Parcialmente	Consortio W3C (World Wide Web)
Costo	Pago de licencia de uso	No tiene costo
Capacitación	Gratuito en <a href="https://channel9.msdn.com/">https://channel9.msdn.com/</a>	Gratuito en <a href="https://www.w3.org/">https://www.w3.org/</a>
Herramientas de desarrollo	Visual Studio 2012	Sublime Text
Sistema Operativo	Windows	Multiplataforma (Linux, Windows, MAC)
Base de datos	SqlServer-2012 (plan gratuito y pagado)	Firebase (plan gratuito y pagado)

El resultado de la evaluación considerando los criterios y sus ponderaciones es el siguiente:

Tabla 13. Resultado de evaluación de tecnologías de desarrollo.

Criterio Evaluado	Microsoft	Código Abierto
Propiedad	5	20
Estándares	10	40
Herramientas	20	10
Costo	20	20
Total evaluación sobre 100 pts:	55	90

### 1.9.1 Tecnologías

El desarrollo del prototipo de monitoreo de ascensores en la presente investigación utiliza un conjunto de tecnologías y herramientas de software que se resumen a continuación:

**HTML5 (HyperText Markup Lenguaje, versión 5)**, es la última versión de HTML, con nuevos elementos, atributos y comportamientos que permite el desarrollo de aplicaciones web interactivas con multimedia, almacenamiento local, mejor conectividad a servidores, rendimiento e integración.

**JavaScript**, es un lenguaje de programación orientado a objetos, basado en prototipo, imperativo, dinámico y débilmente tipado que es interpretado por un navegador web.

**ionic**, es un framework gratuito con tecnología de código abierto utilizado para desarrollar aplicaciones híbridas multiplataforma (iOS, Android, Windows, entre otros).

**AngularJS**, es un framework en JavaScript con arquitectura MVC (modelo vista controlador) que permite el desarrollo de la capa de presentación (Web Front End) en el desarrollo de aplicación de página única (Single-Page Applications).

## **1.10 Especificación del software**

El desarrollo del proyecto requiere el uso de los siguientes conceptos de comunicaciones necesarios que se deben conocer antes de elaborar el proyecto.

### **1.10.1 IDE Arduino para Intel Galileo Gen 2**

Contiene un editor código fuente de texto con algunas características útiles para la programación y un compilador que cambia el código que ha sido escrito en las instrucciones claras por código máquina.

El entorno de desarrollo integrado, es de código abierto, fácil escritura. Lo cual permite cargar a la placa el programa creado, por medio del puerto USB.

El entorno está escrito en Java y basado en Processing un lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto, de fácil utilización, y que sirve como medio para la enseñanza y elaboración de múltiples proyectos.

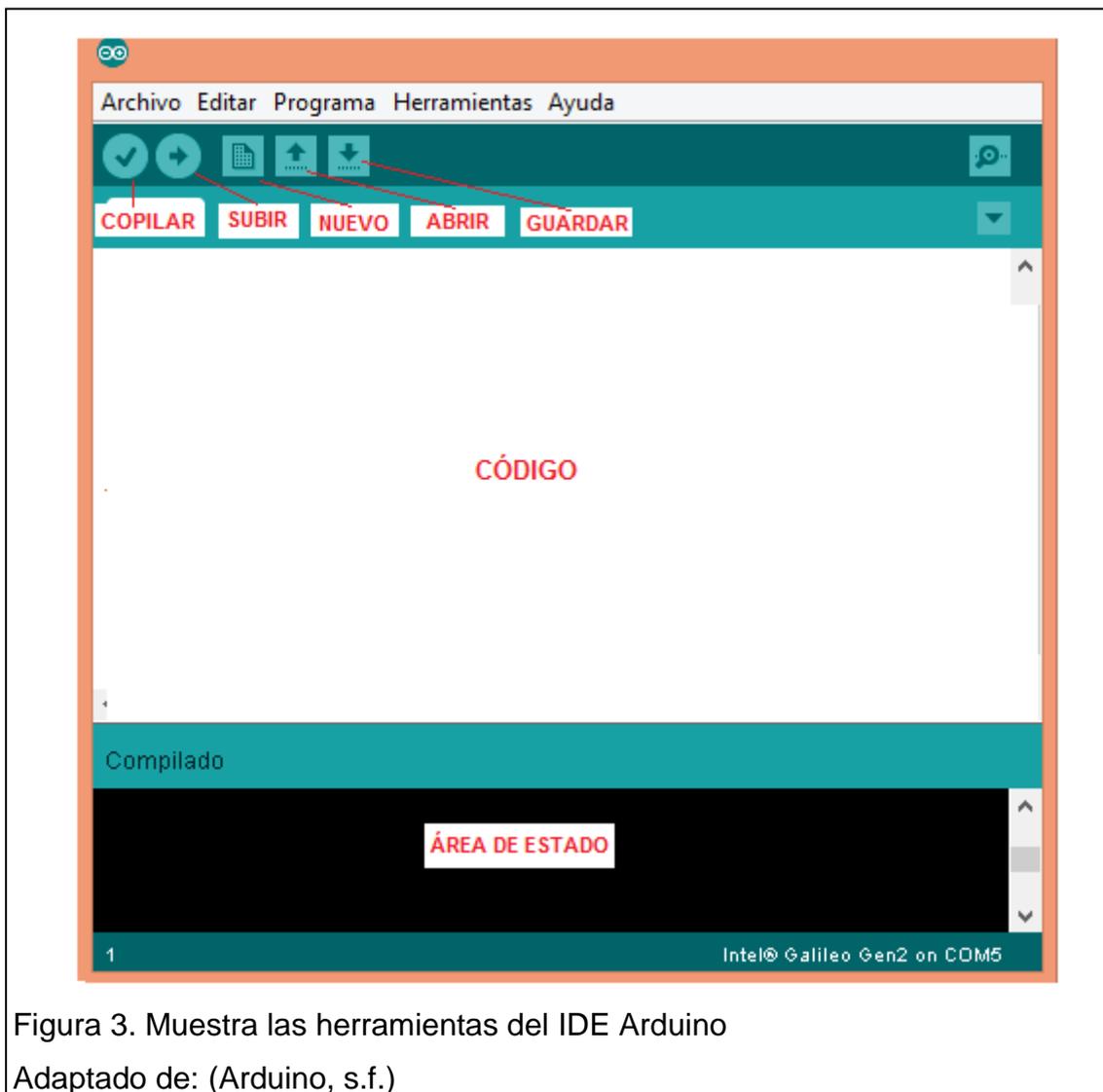


Figura 3. Muestra las herramientas del IDE Arduino

Adaptado de: (Arduino, s.f.)

### 1.10.2 FireBase

Es una extraordinaria API para almacenar y sincronizar datos en tiempo real, una base de datos de tipo NoSQL. Sin embargo Firebase es un servicio diferente a una simple base de datos NoSQL, un servicio dirigido tanto aplicaciones web como aplicaciones móviles, el cual permite realizar, además del almacenamiento de datos, una sincronización en directo de los mismos en cada uno de los dispositivos que se encuentran conectados a la aplicación. Además, permite el funcionamiento offline y una posterior sincronización de los datos cuando el dispositivo vuelve a tener conexión a internet. Además, cuenta con librerías para la mayoría de las plataformas web y móviles, y “bindings”

para la mayoría de frameworks, entre los que se encuentra Angular, haciendo de Firebase un candidato ideal para este proyecto. En cuanto a la seguridad de los datos, Firebase requiere encriptado SSL 2048-bit para toda la transferencia de datos.

### **1.10.3 Visual Studio**

Es un ambiente de desarrollo integrado de Microsoft. Se utiliza para desarrollar programas de computadora para el grupo de sistemas operativos Microsoft Windows, así como sitios web, aplicaciones web y servicios web. Visual Studio usa plataformas de desarrollos de software de Windows tales como las Windows API, Formas de Windows, entre otros. Visual Studio se utilizó para el desarrollo de una aplicación para el envío de notificación de fallas de un ascensor.

## **1.11 Protocolos y Conceptos de Comunicación**

En esta sección se especifican los conceptos de comunicaciones necesarios que se deben conocer antes de elaborar el proyecto.

### **1.11.1 Protocolo de Red Ethernet/IP**

EtherNet/IP es la abreviatura de “Ethernet Industrial Protocol” (Protocolo Industrial Ethernet) es una solución abierta estándar para la interconexión de redes industriales que aprovecha los medios físicos y los chips de comunicaciones Ethernet comerciales.

Esta tecnología utiliza todos los protocolos del Ethernet tradicional, incluso el Protocolo de Control de Transmisión (TCP), el Protocolo Internet (IP) y las tecnologías de acceso mediático y señalización disponibles en todas las tarjetas de interfaz de red (NICs) Ethernet.

Son muchas las ventajas del nivel del Protocolo de Control e Información (CIP) sobre Ethernet/IP. La oferta de un acceso consistente a aplicaciones físicas

significa que se puede utilizar una sola herramienta para configurar dispositivos CIP en distintas redes desde un único punto de acceso.

Ethernet/IP disminuye el tiempo de respuesta e incrementa la capacidad de transferencia de datos.

El análisis del problema será documentado utilizando el estándar de especificación de requerimientos de software IEEE Std. 830 que tiene la siguiente estructura.

### **1.11.2 Protocolo HTTPS**

Es un protocolo, que permite a las aplicaciones que utilizan SSL trasladen su información de forma segura, estas aplicaciones envían y reciben claves de cifrado con otras aplicaciones para poder cifrar y descifrar los datos enviados entre ellos.

Primeramente entre el servidor y el cliente negocian el algoritmo criptográfico a utilizar para cifrar la información, rápidamente intercambian claves públicas y realizan autenticación establecida en certificados digitales.

### **1.11.3 El Internet De Las Cosas IoT**

El abaratamiento de tarjetas micro controladoras, sistemas de base de datos en la nube, dispositivos móviles como teléfonos móviles, tabletas y computadores actualmente nos permiten conectar cualquier electrodoméstico al internet para censar su operación de manera remota. Además la nueva generación de electrodomésticos incorporara sensores que operaran dentro de una red personal sin la intervención del usuario final. Esto conlleva nuevos desafíos considerando que generara una enorme cantidad de datos que tienen que ser almacenados, procesados y presentados en una forma eficiente, y de fácil interpretación. Además deben ser transmitidos de manera inmediata para que el usuario pueda tomar una decisión oportuna.

## 1.12 Ascensor VFGL

### 1.12.1 Bloques de un ascensor Mitsubishi

Considerando que el presente estudio está enfocado a la creación de un prototipo que se adapte al control de un ascensor Mitsubishi, es necesario dar a conocer al lector en un conocimiento general básico pero capaz de entender el funcionamiento de un ascensor Mitsubishi y del tipo VFGL en particular.

Todo ascensor Mitsubishi independientemente de la serie o tipo y de todas aquellas características que lo diferencie de otros, está conformado por 3 bloques que gobiernan su funcionamiento:

- Bloque de Control

Este bloque básicamente se encarga de coordinar el funcionamiento del ascensor independientemente del grupo al que pueda pertenecer, e informar al bloque de supervisión sobre el estado actual del mismo para el análisis del funcionamiento del grupo.

- Bloque de Supervisión

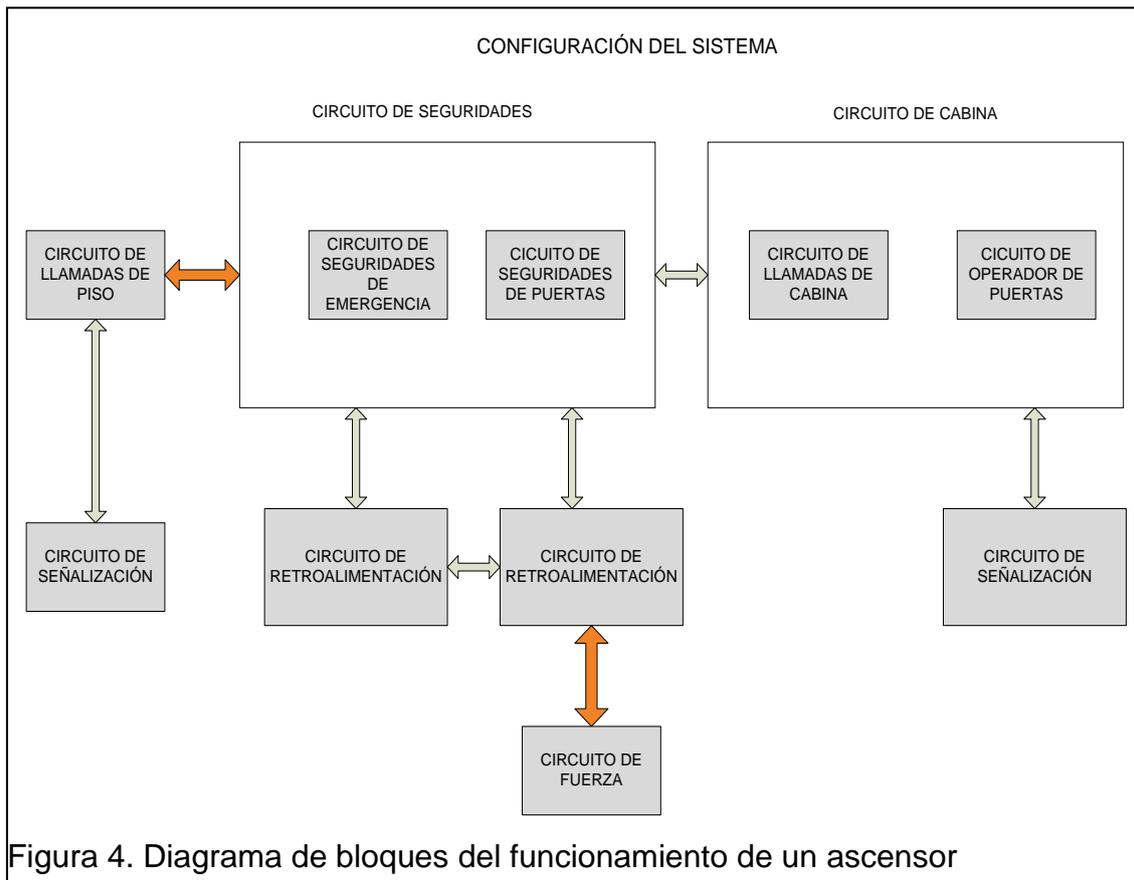
Con la información recibida desde el bloque de control de cada ascensor, y de las llamadas registradas en los diferentes pisos, designa el ascensor que debe dirigirse a atender la llamada a un piso determinado.

Bloque de Fuerza (motor de tracción)

- De acuerdo a las órdenes emitidas por el Bloque de Control, alimenta el motor de tracción. El tipo de alimentación depende de la serie.

Estos 3 bloques se relacionan directamente entre sí, de manera que cada uno de ellos alimenta con información a los otros, que la utilizarán para realizar un proceso específico definido en sus funciones.

La conformación de los diferentes bloques y su relación, pueden verse en la siguiente figura.



La instalación del prototipo se lo realizará en el Bloque de Control, puesto que es aquí donde se encuentran ubicadas las señales del circuito de seguridades. A continuación se detalla los elementos que conforman el bloque de control y sus funciones.

### 1.12.2 Bloque de control

Está constituido por los siguientes circuitos:

#### 1.12.2.1 Circuitos de seguridades de emergencia

Es el de mayor jerarquía y está conformado por interruptores de fin de carrera, interruptores de encendido y apagado controlados por el mismo usuario, interruptores de salidas de emergencia, gobernador de velocidad, detector de inversión y falta de fases. El segmento que lo representa es el 29.

### 1.12.2.2 Circuitos de seguridades de puertas

Está conformado por interruptores de puertas de pisos y cabina. Los segmentos que lo representan son el 41 y 41G.

Cuando cualquiera de estos circuitos se desactiva, el ascensor se paraliza inmediatamente; llegando incluso a apagarse todo el sistema si el circuito de seguridades que se ha desactivado es el de mayor jerarquía (de emergencia.)

### 1.12.3 Características de un ascensor Mitsubishi

Entre sus características se destacan las siguientes:

- Motor de inducción trifásico (1800 RPM a 60 HZ), cuya característica principal está dado por la Potencia (Kw).
- El Control de la aceleración, velocidad y nivelación se realiza mediante las características VVVF (Variación de Voltaje y Variación de Frecuencia del motor).
- Señales de Realimentación:
  - Velocidad (Encoder)
  - Consumo de Corriente y Voltaje (Transformador de Corriente)
  - Carga útil de la Cabina (Transformador diferencial).
- Se aplican en ascensores desde bajas a muy altas velocidades y capacidades.
- Sus diferentes bloques están conformados por los siguientes componentes:
  - Microprocesador
  - Micro-Relays (Bajo consumo de Corriente)
  - Contactores
  - Diodos
  - Tiristores
  - Transistores de Potencia
  - Circuitos Integrados
  - Condensadores de 300 VDC

- El voltaje de alimentación en el Control es de 208 VAC Fase-Fase (R-S-T), y 120 VAC Fase-Neutro (R-N, S-N, T-N).

Tabla 14. Niveles de Voltaje.

Circuito	Voltaje	Puntos de Medición
Freno, PAD	50 ~ 53 VDC	420-400
Contactores	125 VDC $\pm$ 10%	79-00
Car station	210 VAC	C10 - C20
Hall station	210 VAC	H10 - H20
Fuente	12 VDC $\pm$ 5%	+12 V – 0 V
Fuente	-12 VDC $\pm$ 5%	- 12 V – 0 V
Fuente	5 VDC $\pm$ 5%	+5V – 0 V
Luz	230 VAC	LG1 – LG2
Circuito carga baterías	55 VDC	BP + - BOON

Tabla 15. Descripción de los LED'S.

No.	Nombre	Función	Estado Normal
1	DCV	Indicador de Condensadores Cargados	Encendido
2	CWD	Auto-Chequeo de la CC-CPU	Encendido
3	DWD	Auto-Chequeo de la DR-CPU	Encendido
4	60	Operación Automática	Encendido
5	29	Circuito de Seguridades	Encendido
6	41DG	Circuito de Cerraduras de Pisos y Cabinas	Encendido
7	89	Circuito del 89	
8	PP	Detector de Fases	Encendido
9	DZ	Detección de Platinas	Encendido en Zona de Puertas

Adaptado de: (COHECO, 2004)

### 1.12.4 Señales del ascensor a utilizar

Se obtendrá las señales del circuito de seguridades desde la tarjeta principal del ascensor KCA- 94XX en los siguientes puntos:

Tabla 16. Señales del circuito de seguridades

Seguridades del ascensor	Puntos de conexión
Safety	79 – 73
Run stop sobre cabina	73 - 75
Límite inferior DOT	75 – 76
Límite superior UOT	76 – 77
Gobernador	77 – 78

Adaptado de: (COHECO, 2004)

### 1.13 Análisis de costo beneficio

Al momento de realizar el análisis de costo y beneficio se consideró, que los elementos utilizados en este prototipo sean de buena calidad y su costo sea accesible para competir en el mercado al momento que se lo comercialice.

A continuación se detalla los elementos a ser utilizados y su costo:

Tabla 17. 24 horas de monitoreo con Prototipo

CANTIDAD	ARTICULO	MES1	% DE UTILIDAD	UTILIDAD	TOTAL INVERSION FINAL
1	Tarjeta Galileo Gen 2	135,00	70%	94,50	<b>229,50</b>
1	Protoboard	12,00	70%	8,40	<b>20,40</b>
8	Resistencias de ¼ vatio	1,60	70%	1,12	<b>2,72</b>
6	Resistencias de 10 vatios	9,00	70%	6,3	<b>15,3</b>
6	Led's	7,20	70%	5,04	<b>12,24</b>
1	Tarjeta impresa	20,00	70%	14,00	<b>34,00</b>
1	UPS	35,00	70%	24,5	<b>59,50</b>
1	Instalación	50,00	70%	35,00	<b>85,00</b>
	Servicio de base de datos en la nube	5,00	70%	3,5	<b>8,50</b>
		<b>274,80</b>		192,36	<b>467,16</b>

Tabla 18. 24 horas de monitoreo con Prototipo

3	SUELDO	1.140,00	20%	228,00	<b>1.368,00</b>
3	DECIMO TERCERO	95,00	20%	19,00	<b>114,00</b>
3	DECIMO CUARTO	88,50	20%	17,70	<b>106,20</b>
3	VACACIONES	47,50	20%	9,50	<b>57,00</b>
					-
		<b>1.371,00</b>		274,20	<b>1.645,20</b>

El monitoreo de las fallas del ascensor utilizando una persona en tres turnos durante un mes tendría el siguiente costo:

Tabla 19. Costo Actual

<b>24 HORAS DE MONITOREO CON PERSONAL TECNICO (TRES TURNOS) UN MES</b>					
<b>CANTIDAD</b>	<b>ARTICULO</b>	<b>costo por mes</b>			
		<b>MES 1</b>	<b>% DE UTILIDAD</b>	<b>UTILIDAD RECIBIDA</b>	<b>TOTAL INVERSION MENSUAL</b>
3	SUELDO	1.140,00	20%	228,00	<b>1.368,00</b>
3	DECIMO TERCERO	95,00	20%	19,00	<b>114,00</b>
3	DECIMO CUARTO	88,50	20%	17,70	<b>106,20</b>
3	VACACIONES	47,50	20%	9,50	<b>57,00</b>
					-
		<b>1.371,00</b>		274,20	<b>1.645,20</b>

La implementación del sistema representa un ahorro de 1.178,04 USD por ascensor durante un mes.

Tabla 20. Análisis de costo beneficio 24 horas de monitoreo

COSTO TOTAL CON PROTOTIPO	1	467,16
COSTO TOTAL CON PERSONAL TECNICO	1	(1.645,20)
<b>AHORRO PARA CLIENTE CON PROTOTIPO</b>		<b>(1.178,04)</b>

## **2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

### **2.1 Introducción**

Al momento de realizar la investigación se detectan las siguientes necesidades: Si el ascensor falla el Administrador del Edificio debe contactarse con el Call Center de la compañía de mantenimiento para abrir un caso. El ejecutivo del Call-Center se comunica telefónicamente con el técnico de turno para notificarle el problema. La información que el ejecutivo entrega es la ubicación geográfica del edificio, el daño reportado por el cliente. El técnico de turno especifica el tiempo que le tomaría llegar al edificio desde donde se encuentra.

El técnico llega al ascensor para analizar el daño y establecer la causa del problema. En caso de requerir asistencia técnica se comunica con el Supervisor (Ingeniero o Técnico Experimentado). Una vez que el técnico soluciona el problema, se comunica con el ejecutivo del Call-Center para informar la reparación realizada y el cierre del caso asignado. Además se comunica al Administrador del Edificio (persona quien reportó el problema) que el problema con el ascensor ha sido solucionado, se llena y se entrega la forma denominada hoja de Llamada de Emergencia. Que es firmada por el Técnico y Administrador del Edificio como constancia de la solución del problema.

La cadena de comunicación entre la persona que reporta el problema, el ejecutivo del Call-Center, el técnico de turno y el supervisor toma mucho tiempo afectando la calidad del servicio al cliente.

El costo operativo para gestionar las llamadas de emergencia durante las 24 horas y los 7 días de la semana es costoso considerando que se debe contar con un Call-Center, un técnico y un supervisor de turno. La instalación de nuevos ascensores incrementa el número de llamadas de emergencia lo que a su vez incrementa el número de personas necesarias para coordinar el personal para solucionar el problema y cerrar el caso. Es necesaria entonces

rediseñar el proceso de la atención de llamadas para lograr atender un mayor número de casos con el uso de tecnología.

### **2.1.1 Propósito**

Reducir los costos operativos en la atención de las llamadas de emergencia del cliente reportados por fallas del ascensor.

Mejorar la calidad del servicio al cliente reduciendo el tiempo que transcurre entre la notificación del problema del cliente a la compañía de ascensores y el tiempo en que el técnico soluciona el problema.

### **2.1.2 Ámbito del Sistema**

El sistema de vigilancia de ascensores VIDA, estará constituido por un componente de software y una aplicación web residente en el internet. El prototipo será probado en un ascensor marca Mitsubishi de la serie VFGL.

En la tarjeta electrónica KCA-94X del control principal entre los puntos 79 – 00 se conectará el prototipo para monitorear todas las seguridades del ascensor. Por recomendación del fabricante no se realizarán más conexiones en la tarjeta principal.

De los resultados que se obtengan con este prototipo, en un futuro se controlaran otros dispositivos del ascensor como: Circuito del freno, PAD, voltajes al circuito de potencia entre otros.

### **2.1.3 Definiciones, Siglas y Abreviaturas**

AC/DC	Corriente Alterna/Corriente Directa
GPIO	Entrada/Salida de Propósito General
HTTPS	Protocolo de Transferencia de Hipertexto Seguro
IDE	Ambiente de Desarrollo Integrado

IP	Protocolo de Internet
LAN	Red de Área Local
API	Interfaz de Programación de Aplicaciones
OSI	Interconexión de Sistemas Abiertos
SSL	Capa de Conexión Segura
TCP	Protocolo de Control de Transmisión
USB	Bus Universal en Serie
UPS	Fuente de Suministro Eléctrico

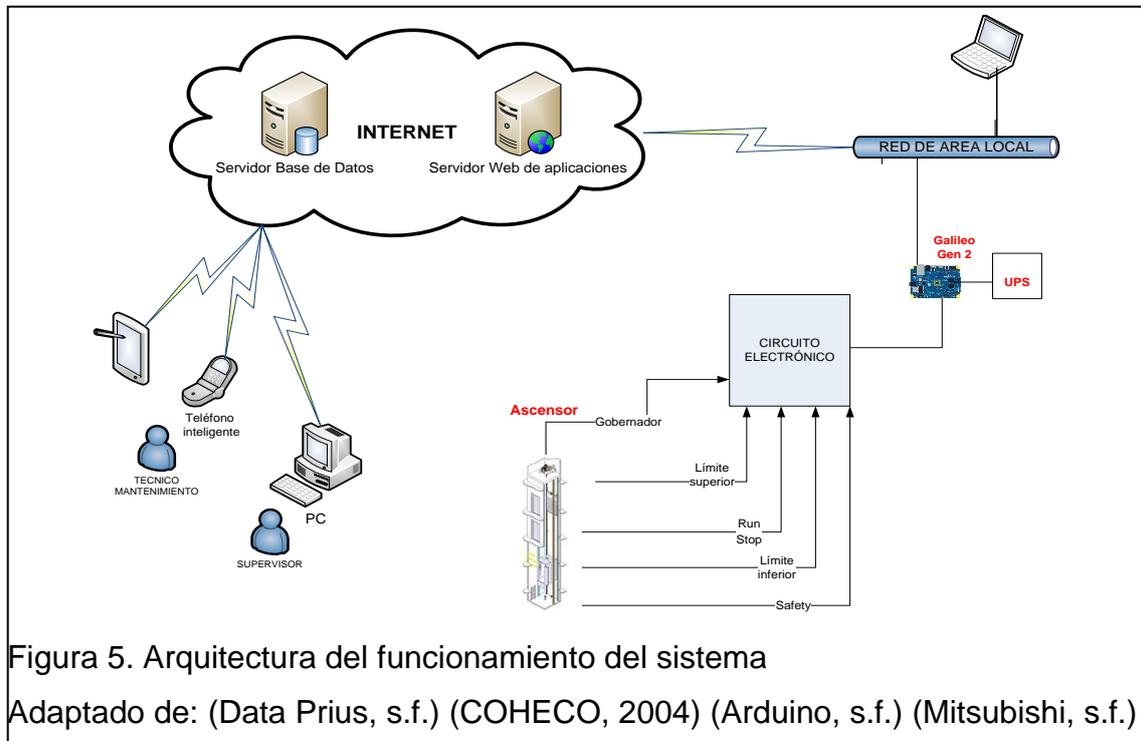
#### **2.1.4 Visión General del Documento**

El proyecto está orientado a dar solución a los actuales y futuros usuarios de las diferentes empresas de ascensores en el Ecuador que no cuentan con una herramienta de monitoreo de ascensores, de una manera centralizada.

Actualmente los usuarios reportan las llamadas de emergencia de una manera usual, identificando la paralización en uno de sus equipos y reportando a la empresa de mantenimiento. El prototipo a desarrollar permitirá identificar la paralización y falla del circuito de seguridades en el ascensor en tiempo real. Además incluirá una aplicación web para la visualización del estado de alarma, la ubicación del edificio, Supervisor a cargo y Técnicos de turno responsables. De esta manera se asegura que el tiempo de atención y solución sea el apropiado.

## 2.2 Descripción General

### 2.2.1 Perspectiva del producto



El prototipo del sistema de monitoreo de ascensores funcionará de la siguiente manera:

- 1.- El ascensor sufre una falla censada por uno de sus sensores por ejemplo la cabina excede el límite superior máximo. El sensor capta las señales y las envía al control principal.
- 2.- El sistema de monitoreo de ascensores VIDA recibe las señal de alarma del control principal del ascensor, registra los datos en la bitácora de eventos históricos y envía un mensaje de alarma al servidor de aplicaciones residente en el internet.
- 3.- El servidor de aplicación escucha un puerto de comunicaciones de manera permanente que está en espera permanente de mensajes de

alarma. Si un mensaje de alarma llega entonces lo recibe y almacena en una base de datos residentes en la nube. El sistema de gestión de base de datos almacena la información del cliente, ascensor y mensajes de alarma. Si se recibe un mensaje de alarma se comunica de manera inmediata a todos los dispositivos conectados (teléfono, tableta o computador).

- 4.- El técnico de mantenimiento o supervisor recibe de manera automática y al “mismo tiempo la notificación de alarma del ascensor”. La persona recibe la alarma en el dispositivo y visualiza la ubicación geográfica al cliente en un mapa e inicia su traslado donde se encuentra el ascensor en estado de alarma. El técnico de turno analiza y soluciona el problema poniendo a funcionar el ascensor. El técnico notifica al Administrador o encargado del edificio que el problema fue solucionado y realiza una hoja de llamada de emergencia como constancia del trabajo realizado.

### **2.2.2 Funciones del producto**

Entre las funciones del producto están las siguientes:

Captar las señales físicas del ascensor serie VFGL, por medio de una tarjeta micro controladora.

Enviar datos a la nube los mismos que serán procesados y enviados a un dispositivo móvil.

Visualizar en el dispositivo, el nombre del técnico de turno, la ubicación del cliente, el estado de alarma del ascensor.

### **2.2.3 Características del Usuario**

Las tareas de mantenimiento y reparación de ascensor requieren de la coordinación del siguiente personal técnico:

**Técnico de Mantenimiento de Ascensores**, es la persona de asegurar que el ascensor funcione correctamente realizando mantenimiento preventivo o correctivo en caso de presentarse una falla. Además debe escuchar las quejas del cliente y aceptar su sugerencias para mejorar el servicio prestado.

**Supervisor de Turno**, es una persona con mayor experiencia y/o formación que brinda soporte técnico al personal de mantenimiento con problemas de mayor complejidad. Además planifica las rutas del personal de mantenimiento e inspecciona y verifica el trabajo realizado por los mismos. Obtiene estadísticas de fallas de partes o piezas del ascensor reportándolos a fábrica para corregir sus causas. También planifica y coordina la realización de trabajos especiales (cambio de poleas en la máquina de tracción, corte de cables de tracción, corte de guías de carro y contrapeso entre otros.) y controla el horario laborable (ingreso o salida) del técnico de mantenimiento además de aprobar las notas de pedido del material solicitado por el técnico para realizar el mantenimiento del ascensor.

**Administrador del Edificio**, es la persona que analiza, identifica y recomienda el mantenimiento o remodelación del ascensor.

#### **2.2.4 Limitaciones Generales**

En base a la visión, estas serán las limitaciones que el sistema tendrá.

Tiempo de respuesta menor a 3 minutos.

El sistema debe permitir la operación simultánea de 10 usuarios sin interferencia o bloqueo entre los mismos.

La velocidad del canal de comunicación (red celular 3g, wifi, o LAN) limitará el tiempo de respuesta del sistema.

El sistema deberá tener las seguridades de autorización y autenticación necesarias para impedir la manipulación del ascensor a través del internet por personas no autorizadas.

El sistema deberá estar conectado al circuito de seguridades del ascensor donde llegan las señales de los sensores.

El sistema deberá tener una confiabilidad del 99% en el envío de las señales de alarma desde el ascensor hacia el teléfono del técnico de turno.

El sistema no debe interferir con la operación normal del ascensor.

El personal técnico que realice la instalación del sistema debe estar previamente capacitado y tener experiencia en la operación y mantenimiento de ascensores.

El sistema deberá ser instalado en la sala de máquinas del ascensor para evitar su manipulación por personal no autorizado.

En caso de fallar la alimentación eléctrica el sistema deberá operar de manera independiente por al menos una hora para garantizar el envío de señales de alarma al teléfono del supervisor de turno de la compañía de mantenimiento de ascensores.

Un sistema VIDA deberá ser instalado en un ascensor para garantizar que en caso de daño únicamente un ascensor quede fuera de la red de monitoreo.

El sistema debe utilizar componentes de hardware y software que juntos no sobrepasen los 500 dólares americanos.

### **2.2.5 Supuestos y dependencias**

La tarjeta KCA- 94XX del circuito de seguridades del ascensor deberá encontrarse funcionando en condiciones normales, es decir que no esté cortocircuitada.

La fuente de alimentación del prototipo deberá estar conectada a un UPS (fuente de energía eléctrica), en el caso que falle el servicio público de energía eléctrica (E.E.Q.).

Se deberá contratar el servicio de internet que garantice el 100% de funcionalidad, este será uno de los recursos que junto al anterior garanticen el buen funcionamiento del prototipo.

El teléfono del supervisor y técnicos de turno siempre deben tener encendido y con conexión a internet para que reciban los mensajes de alarma enviados desde el ascensor en caso de falla.

### **2.2.6 Requisitos futuros**

El hardware de monitoreo del ascensor no dispondrá de un módulo de comunicación a través de la red de telefonía celular que le permite funcionar como canal de comunicación alternativo en caso de fallar la red de área local por falta de energía eléctrica, este módulo se incluirá en versiones futuras del sistema de monitoreo de ascensores VIDA.

## **2.3 Requisitos específicos**

### **2.3.1 Requisitos funcionales**

#### **2.3.1.1 Requisito: monitoreo de las señales de seguridad del ascensor**

##### **2.3.1.1.1 Introducción**

El sistema de monitoreo VIDA debe reaccionar a todas las señales del circuito de seguridades del ascensor.

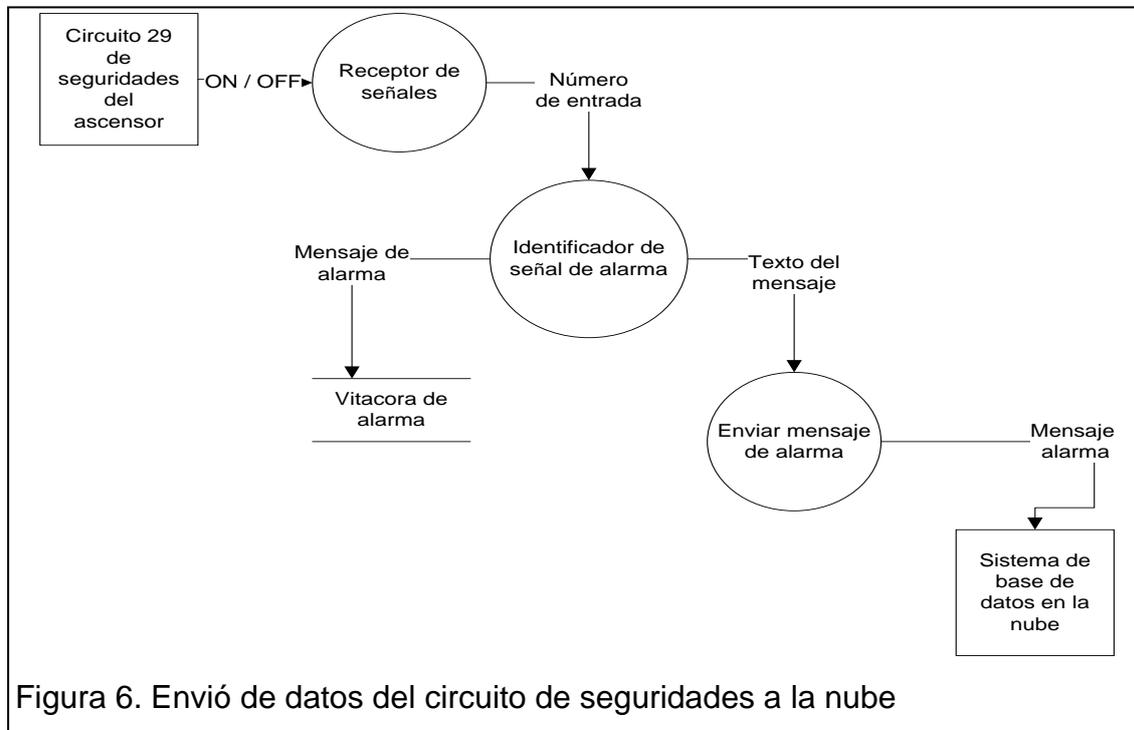
##### **2.3.1.1.2 Entradas**

Las señales de alarma del circuito de seguridades que se activaran en caso de emergencia en el ascensor son:

- Safety.
- Run – Stop sobre cabina.
- Límite superior.
- Límite inferior.

- Gobernador

### 2.3.1.1.3 Procesamiento



### 2.3.1.1.4 Salidas

El mensaje de notificación de alarma se almacenará en la bitácora de alarmas y en la base de datos residente en el internet.

### 2.3.1.2 Requisito: notificación remota

#### 2.3.1.2.1 Introducción

En caso de suscitarse una falla en el ascensor el sistema enviará de manera automática un mensaje de alarma desde la ubicación del ascensor hacia el teléfono móvil del técnico de turno de la compañía de mantenimiento de ascensores.

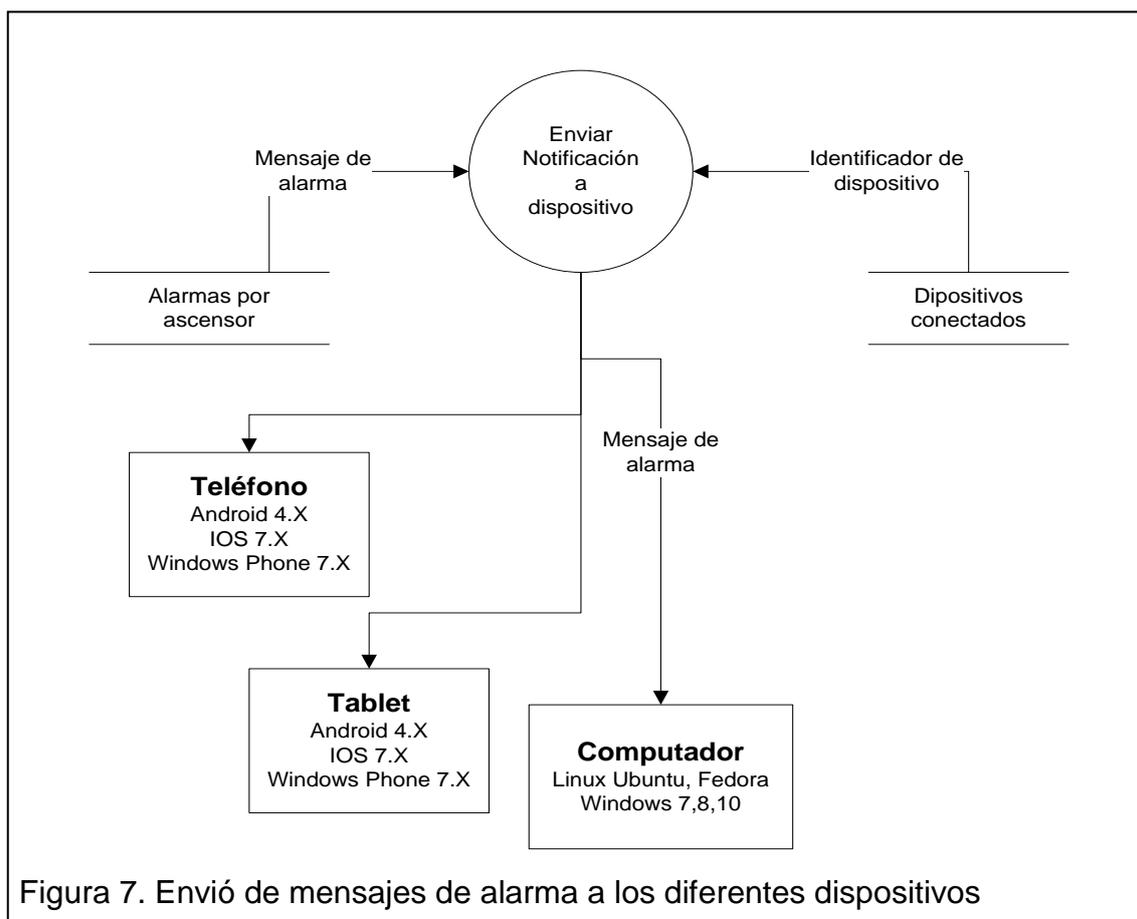
### 2.3.1.2.2 Entradas

Por medio de la integración de un circuito electrónico, una tarjeta micro controladora, una base de datos y servidor de aplicaciones en la nube, se debe lograr la comunicación entre el ascensor y el dispositivo móvil.

El mensaje de alarma debe incluir la información necesaria para identificar el ascensor y su ubicación geográfica.

La tarjeta micro controladora que monitorea la operación del ascensor.

### 2.3.1.2.3 Procesamiento



### 2.3.1.2.4 Salidas

El mensaje de notificación de alarma llega al teléfono o tableta Android 4.x, teléfono o tableta iOS 7.x, computador portátil o de escritorio con Windows Phone 7.x, computador portátil o escritorio Linux Ubuntu, Fedora Windows 7, 8,10.

### 2.3.1.3 Requisito: monitoreo simultáneo.

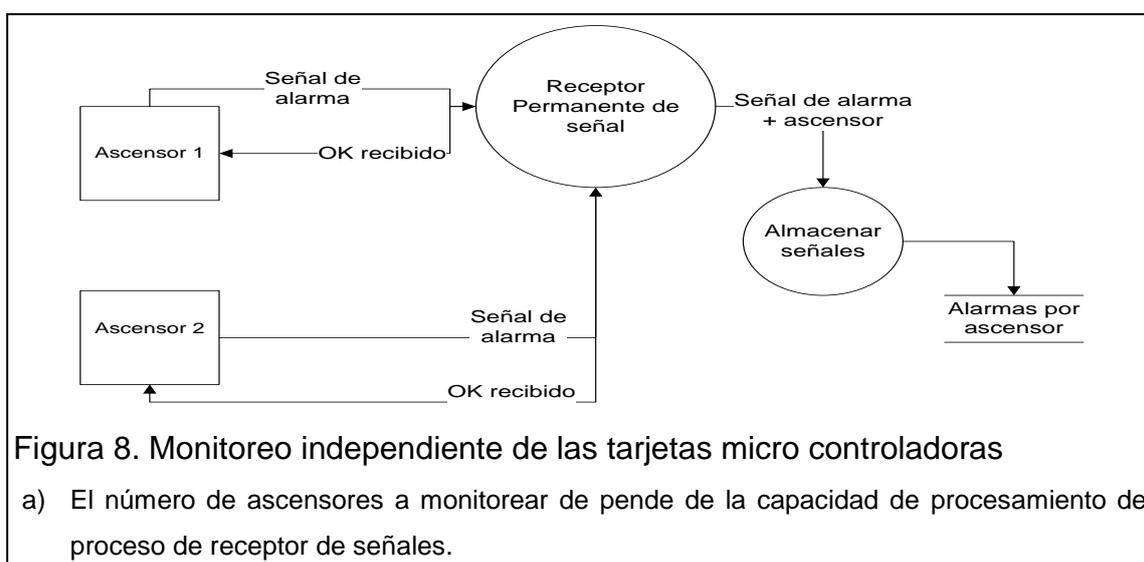
#### 2.3.1.3.1 Introducción

El sistema debe permitir el monitoreo simultáneo de varios ascensores ubicados en diferentes lugares centralizando la información para su visualización y control global. Si un ascensor queda fuera de servicio no debe interferir con el monitoreo de los demás ascensores que son parte de la red de monitoreo.

#### 2.3.1.3.2 Entradas

Se utilizará dos denominados: ascensor 1, ascensor 2

#### 2.3.1.3.3 Procesamiento



### 2.3.1.3.4 Salidas

El estado de alarmas del ascensor 1 y ascensor 2 debe visualizarse en el teléfono del técnico de turno.

### 2.3.1.4 Requisito: autenticación de usuarios del sistema

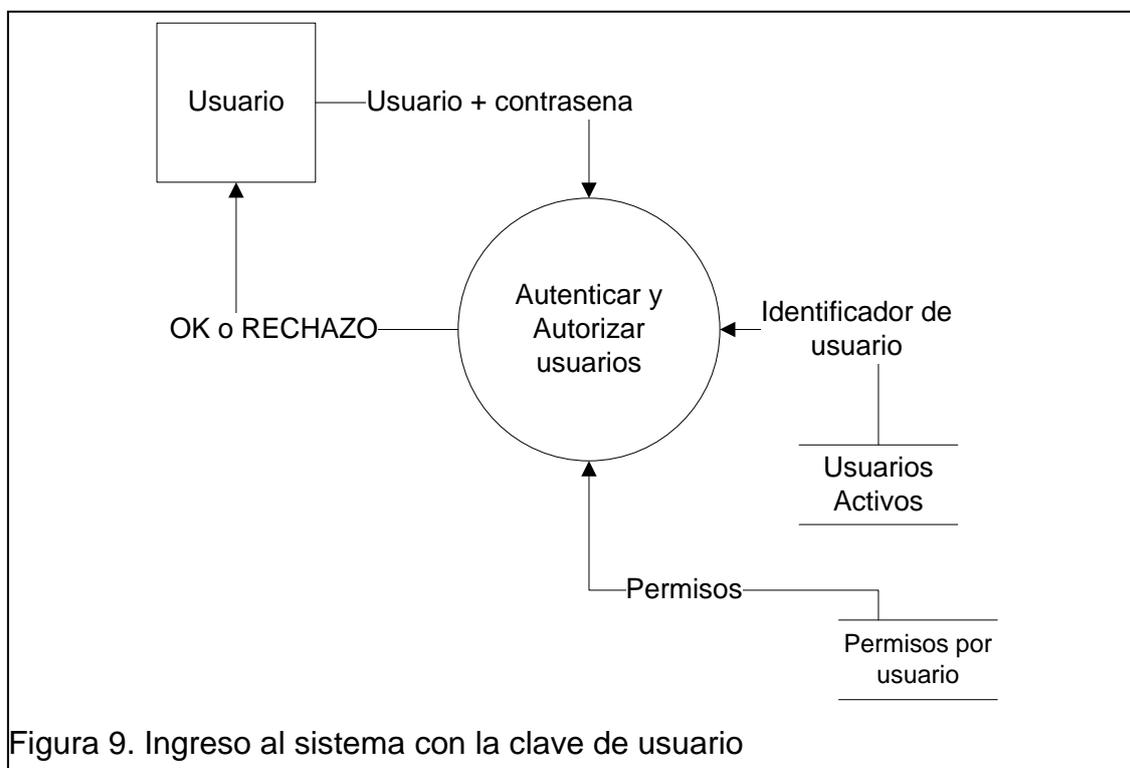
#### 2.3.1.4.1 Introducción

El circuito de seguridades del ascensor, es un mecanismo importante en la operación del ascensor en consecuencia el usuario deberá utilizar una clave y contraseña para el ingreso al sistema.

#### 2.3.1.4.2 Entradas

Se usará una clave y contraseña por cada usuario.

#### 2.3.1.4.3 Procesamiento



### 2.3.1.4.4 Salidas

El usuario ingresa al sistema.

### 2.3.1.5 Requisito: directorio telefónico

#### 2.3.1.5.1 Introducción

El sistema deberá tener el directorio telefónico del personal técnico de mantenimiento con propósito de ser contactado en caso de emergencia.

#### 2.3.1.5.2 Entradas

El directorio del personal técnico autorizado debe tener la siguiente información para cada técnico: nombre, apellido, teléfono celular.

#### 2.3.1.5.3 Procesamiento

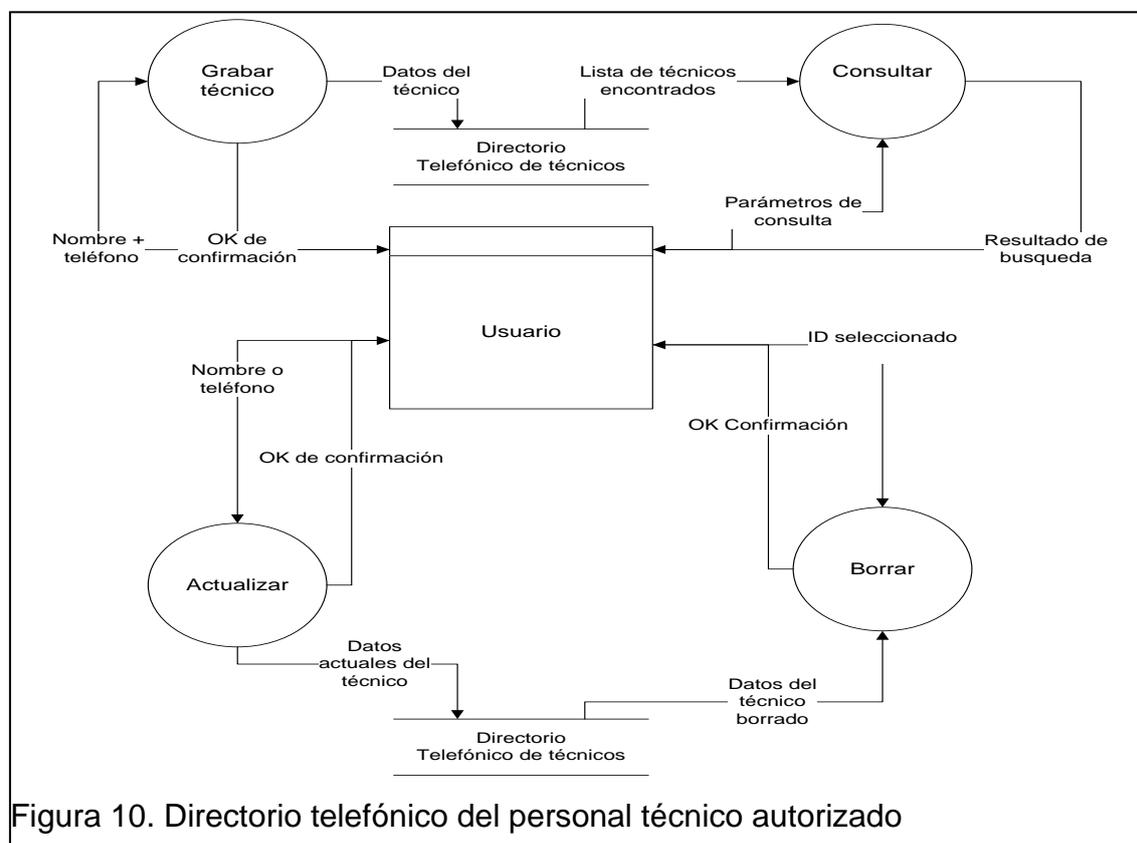


Figura 10. Directorio telefónico del personal técnico autorizado

### 2.3.1.5.4 Salidas

El directorio del personal técnico completo y actualizado.

### 2.3.1.6 Requisito: visualización de alarmas

#### 2.3.1.6.1 Introducción

La ubicación geográfica del ascensor en estado de alarma debe visualizarse en un mapa de la ciudad para facilitar su localización y el traslado del técnico para su reparación.

#### 2.3.1.6.2 Entradas

Las coordenadas de longitud y latitud del ascensor en estado de alarma.

#### 2.3.1.6.3 Procesamiento

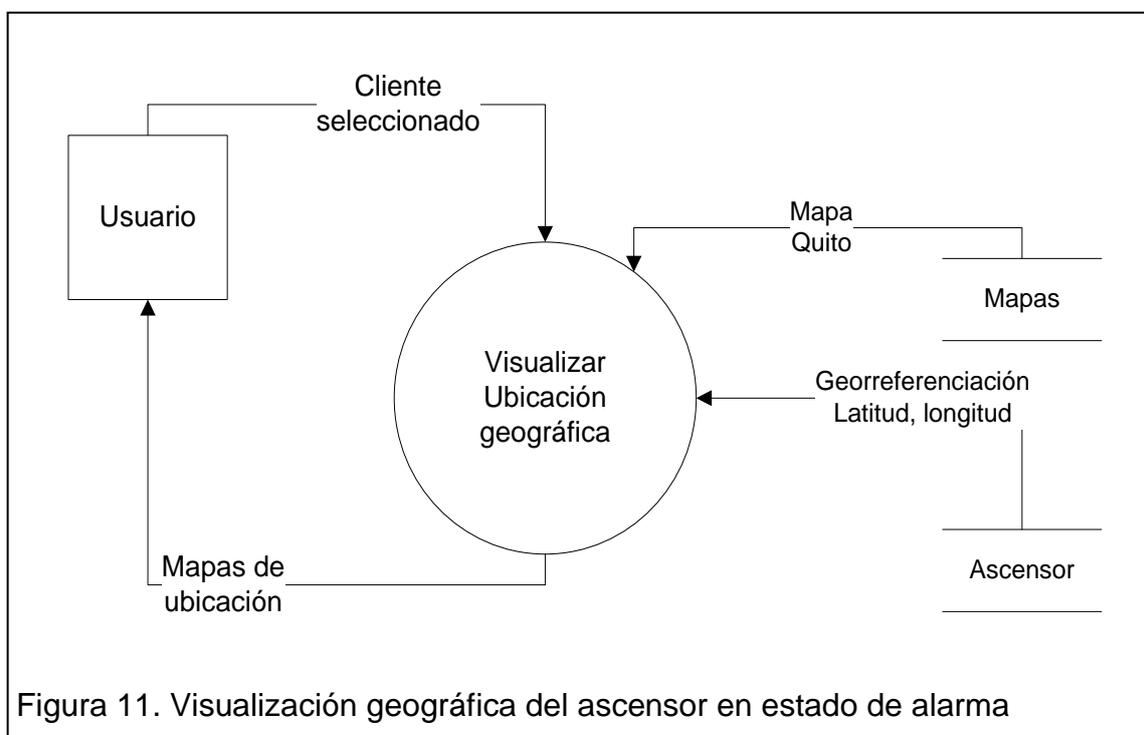


Figura 11. Visualización geográfica del ascensor en estado de alarma

### 2.3.1.6.4 Salidas

El mapa con la ubicación del ascensor.

### 2.3.1.7 Requisito: cambio de clave del usuario.

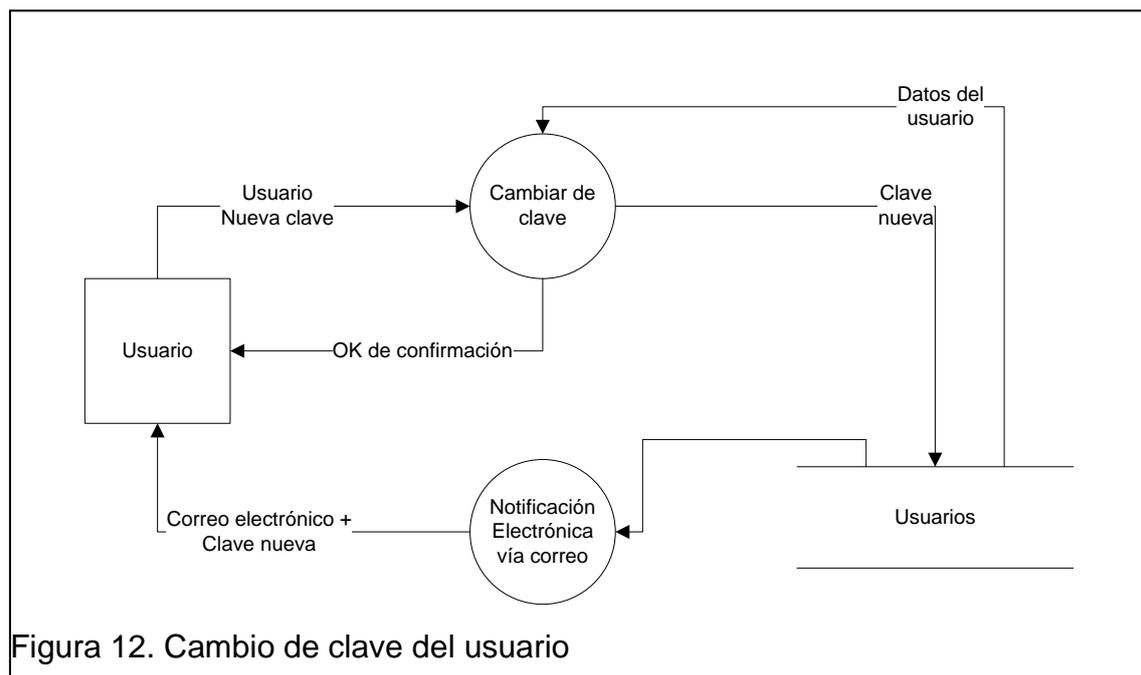
#### 2.3.1.7.1 Introducción

Una vez que el usuario se registre, el sistema enviara al correo electrónico registrado la clave de ingreso al sistema.

#### 2.3.1.7.2 Entradas

Los datos del usuario. El equipo (teléfono, tableta o computador) utilizado para realizar el registro.

#### 2.3.1.7.3 Procesamiento



#### 2.3.1.7.4 Salidas

La clave automática generada por el sistema para cada usuario.

### 2.3.1.8 Requisito: autenticación de usuarios

#### 2.3.1.8.1 Introducción

El usuario mediante un usuario/ clave podrá acceder al sistema desde cualquier lugar y en cualquier momento a través de internet.

#### 2.3.1.8.2 Entradas

**Usuario**, nombre asignado a la persona para hacer uso del sistema

**Clave**, palabra secreta formada por la combinación de números y letras utilizada para ingresar al sistema.

#### 2.3.1.8.3 Procesamiento

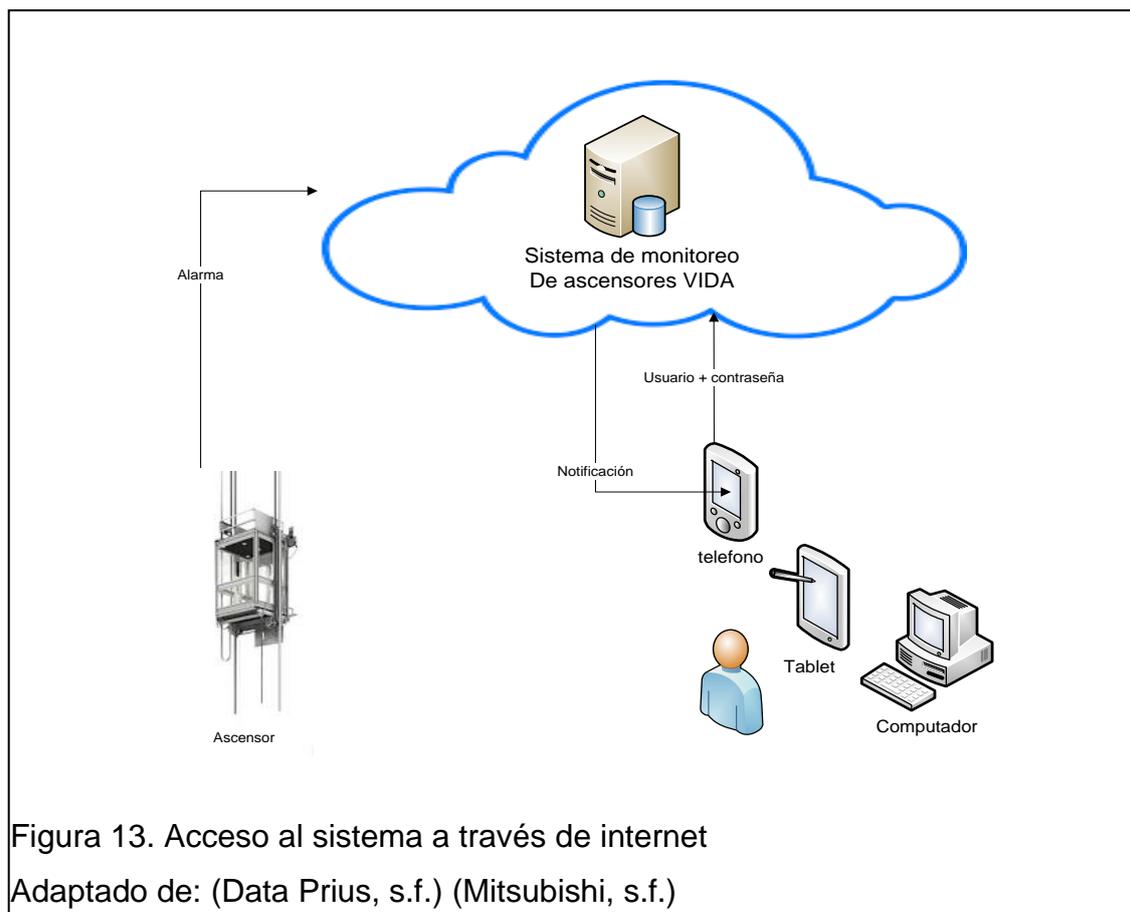


Figura 13. Acceso al sistema a través de internet

Adaptado de: (Data Prius, s.f.) (Mitsubishi, s.f.)

El usuario puede ingresar al sistema desde cualquier lugar y a cualquier hora mediante un teléfono, tableta o computador. El usuario y la clave son únicos, personales e intransferibles y es su responsabilidad salvaguardar la clave.

#### **2.3.1.8.4 Salidas**

El usuario que ingresa al sistema se encuentra autenticado.

### **2.3.2 Requisitos de interface externa**

El software se conectará al sistema de seguridades del ascensor para tomar las señales envidas por los sensores.

Tabla 21. Señales físicas del circuito de seguridades.

<b>Seguridades del ascensor</b>	<b>Puntos de conexión</b>
Safety	79 - 73
Run stop sobre cabina	73 - 75
Límite inferior DOT	75 - 76
Límite superior UOT	76 - 77
Gobernador	77 - 78

#### **2.3.2.1 Interfaces de usuario**

El contenido de la aplicación web debe adaptarse automáticamente al tamaño y resolución de la pantalla del dispositivo: teléfono, tableta, computador personal de escritorio o computador portátil.

El usuario debería estar en capacidad de operar la aplicación web mediante el tacto, mouse o el teclado.

### 2.3.2.2 Interfaces de hardware

El firmware para monitorear el ascensor deberá funcionar en cualquier tarjeta compatible con Arduino.

### 2.3.2.3 Interfaces de software

La información del sistema de monitoreo debe estar accesible a una aplicación de hoja de cálculo para propósitos de reportes.

### 2.3.2.4 Interfaces de comunicaciones

El sistema deberá usar protocolos de comunicación estándar y abierta ampliamente utilizados como TCP/IP.

La información sensible del ascensor debe transmitirse a través de internet utilizando un protocolo de comunicación seguro como HTTPS.

### 2.3.3 Requisitos de rendimiento

El sistema debe ser escalable es decir que se mantendrá el tiempo de respuesta a pesar de aumentar un mayor número de dispositivos de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 22. Análisis de respuesta

Cantidad de ascensores	Cantidad de dispositivos móviles	Tiempo de respuesta
1	1	45 segundos
1	5	60 segundos
1	10	75 segundos

### 2.3.4 Restricciones de diseño

El diseño de interface de usuario debe ser consistente o similar en las diferentes plataformas donde se ejecutan considerando que no se realizará el desarrollo de software para cada plataforma.

El sistema debe ejecutarse en versiones del sistema operativo iOS y Android más difundidos en el mercado, considerando el siguiente análisis de distribución en el mercado.

Tabla 23. Análisis de distribución en el mercado (Android)

Versión	Nombre	Participación del Mercado
4.0.3 – 4.0.4	Ice Cream Sandwich	4.1 %
4.1.x – 4.2.X – 4.3	Jelly Bean	33.6 %
4.4	KitKat	39.3 %
5.0 – 5.1	Lollipop	18.1 %
<b>Total:</b>		<b>95.1 %</b>

Tomado de: (Android, s.f.)

Tabla 24. Análisis de distribución en el mercado (Apple)

Versión	Nombre	Participación del Mercado
5.x – 6.x	iOS	3.8 %
7.x	iOS	15.1 %
8.x	iOS	80.1 %
9.x	iOS	0.8 %
<b>Total:</b>		<b>99.8 %</b>

Tomado de: (Apple, s.f.)

### **3. Diseño del Sistema e Implementación**

#### **3.1 Introducción**

Se muestra el desarrollo detallado del diseño, implementación y ensamblaje del prototipo dividido en las siguientes secciones:

##### **3.1.1 Propósito**

El presente documento describe el comportamiento del sistema visto desde diferentes perspectivas para modelar el funcionamiento del sistema en un ambiente real. Se utilizan diferentes diagramas donde se verifica, que el diseño satisface las necesidades definidas en capítulo de especificación de requerimientos del sistema del presente trabajo de investigación.

##### **3.1.2 Objetivos de diseño**

Integrar los elementos de hardware y software de una manera detallada para mostrar el funcionamiento del prototipo.

#### **3.2 Diseño General del Sistema**

Esta sección muestra lista de recursos utilizados, el esquema del sistema, descripción del funcionamiento del sistema, diseño electrónico, servicios de subsistemas, modelos de datos del sistema, modelos de comportamiento, diagramas de estados, diseño de interface de usuario diagrama funcional.

##### **3.2.1 Listado de Recursos**

Los materiales que se utilizaron son los siguientes:

- 1 Tarjeta Intel Galileo Gen 2
- 2 C.I. 74LS86 Or Exclusive
- 6 Optoacopladores 4N25

- 6 Resistencias de 220 ohmios
- 6 Resistencias de 5 kilo ohmios 10 vatios
- 5 Diodo led
- 1 Teléfono inteligente
- 1 Computador
- 1 Protoboard
- 1 Tarjeta micro SD 4 GB
- 1 Cable de alimentación 3 en 1
- 1 UPS
- 1 Cable para conexión Ethernet directo
- 1 Servicio de Internet
- 1 Caja metálica

Las entradas y salidas utilizadas en la tarjeta Galileo Gen 2 son:

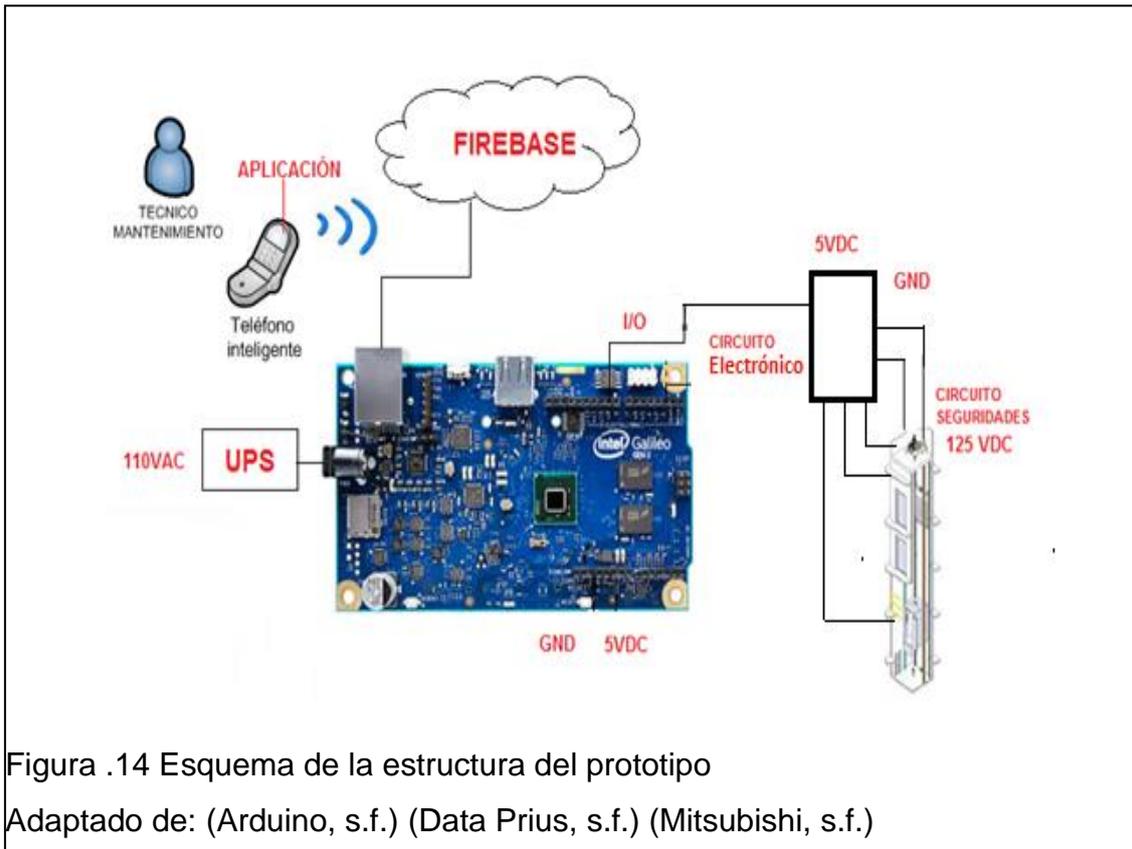
- 1 Pin digital (D2)
- 1 Pin digital (D9)
- 1 Pin de alimentación de 5VDC
- 1 Pin de GND
- Puerto Ethernet 10/100

En el prototipo se utilizó el paquete de software

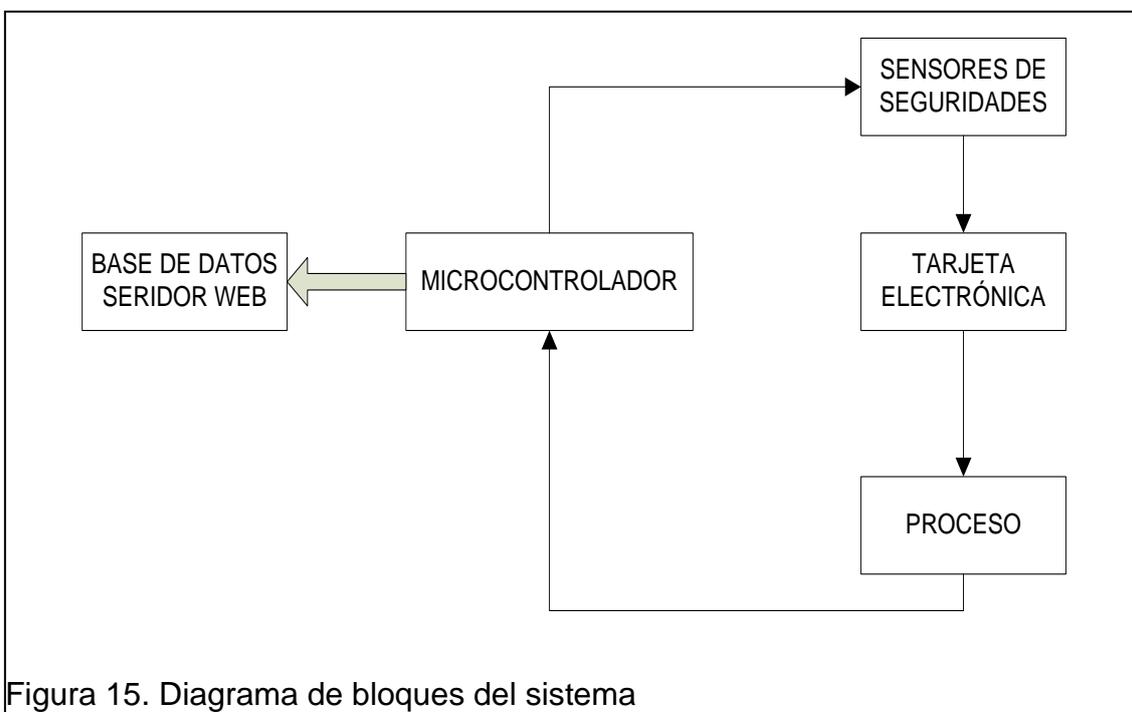
- Arduino - Intel Galileo

### **3.2.2 Esquema del Sistema**

El esquema contiene la estructura del sistema, donde se muestra todos los dispositivos que intervienen en el funcionamiento del prototipo:



### 3.2.3 Diagrama de bloques



### **3.2.4 Descripción del funcionamiento del prototipo**

A continuación se describe el funcionamiento del prototipo de monitoreo de ascensores:

El prototipo cuenta con un circuito electrónico que se encuentra alimentado por el voltaje del circuito de seguridades, cuando el ascensor en el cual se encuentra instalado el prototipo presenta alguna falla, el circuito electrónico deja de recibir voltaje del circuito de seguridades permitiendo que el optoacoplador sirva para aislar la parte de control del ascensor con la parte de monitoreo evitando inconvenientes de impedancia. El circuito integrado or exclusive indica cual es la señal que se está activando en el circuito electrónico enviando un 1 lógico a la tarjeta microcontroladora.

Una vez recibido el dato lógico en la tarjeta galileo se ejecuta el sketch diseñado previamente en el IDE de Arduino, el mismo que envía comandos a través del protocolo HTTP al servidor remoto Firebase.

Una vez recibido los comandos en Firebase, este procesa toda la información previamente ingresada en el servidor web de aplicaciones y bases de datos y envía el estado de alarma a la aplicación Web del teléfono, computador, tableta entre otros del técnico encargado del monitoreo.

## **3.3 Implementación del Hardware**

### **3.3.1 Desarrollo en el IDE Arduino**

El IDE de Arduino fue utilizado como software para el desarrollo del sistema, el cual se puede descargar desde la página web de Arduino.

Crear un nuevo proyecto con iniciar el software, en el siguiente gráfico se muestra la interfaz del IDE de Arduino

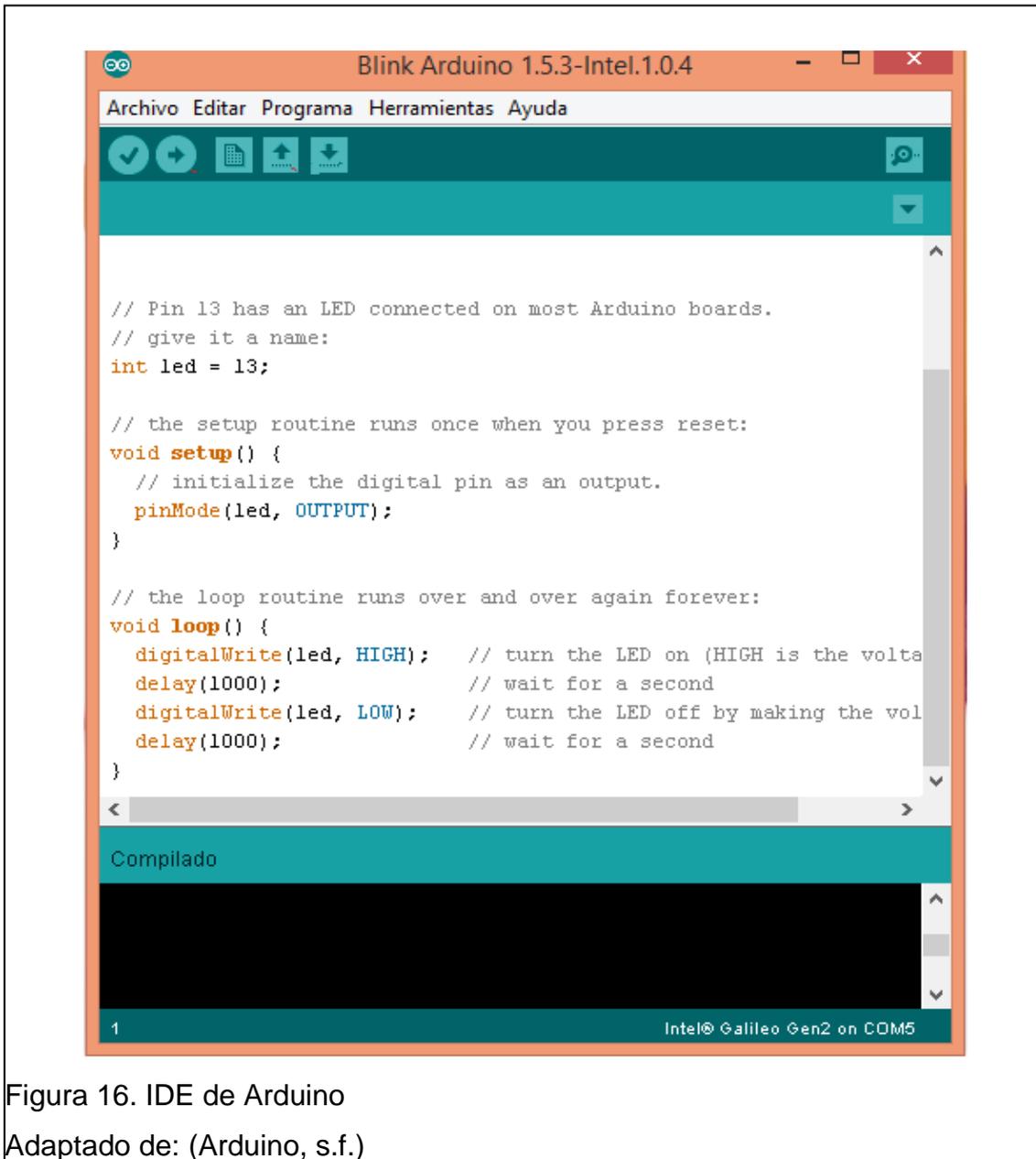


Figura 16. IDE de Arduino

Adaptado de: (Arduino, s.f.)

Las librerías que se utilizaron en el desarrollo del sistema son las siguientes:

**Unistd:** Contiene contantes para el funcionamiento de Arduino.

**Stdio:** Esta librería permite controlar las entradas y salidas estándar.

**Stdlib:** Permite realizar varias funciones para manejar caracteres.

**Ys/wait:** La librería ys/wait contiene las declaraciones para manejar el comando de espera wait.

### 3.3.2 Pines utilizados en la tarjeta

La tarjeta Intel Galileo Gen 2 dispone de 14 pines digitales. La asignación de los pines digitales se muestra a continuación:

Tabla 25. Pines digitales utilizados en la tarjeta Galileo Gen 2

Pin 2	NO
Pin 3	1 lógico desde circuito electrónico
Pin 4	NO
Pin 5	NO
Pin 6	NO
Pin 7	NO
Pin 8	NO
Pin 9	Led
Pin 10	NO
Pin 11	NO
Pin 12	NO
Pin 13	NO

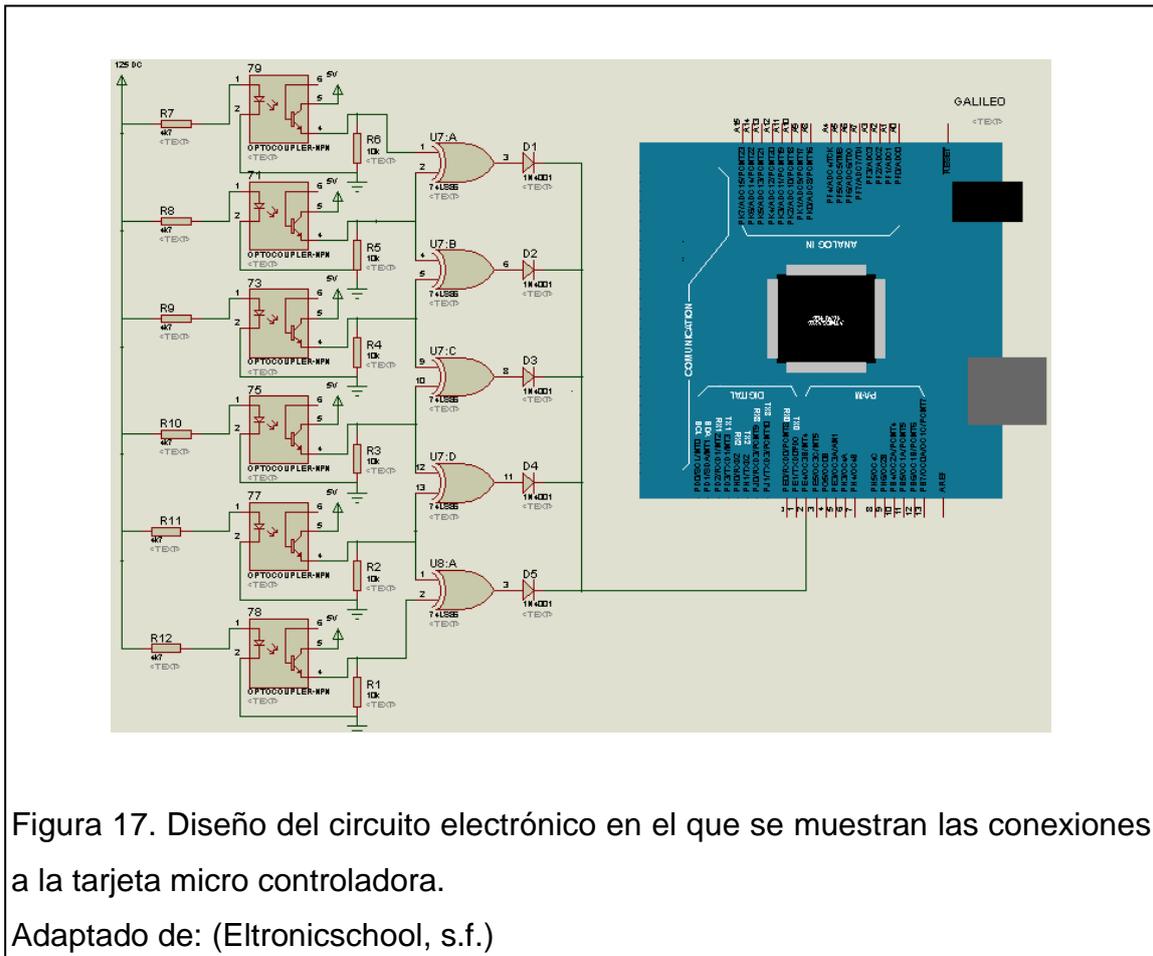
Tabla 26. Asignación de pines para obtener el voltaje de 5VDC

Pin 5	5 VDC
Pin 6	GND

La conexión del pin 3 (D2) se conectará a las salidas de las compuertas lógicas las que envían un 1 lógico como se muestran a continuación:

### 3.4 Diseño electrónico

En el siguiente gráfico se muestra como el circuito electrónico recepta las señales físicas del circuito de seguridades de un ascensor, y estas sean enviadas de manera independiente a la entrada digital de la tarjeta microcontroladora, hay que considerar que el circuito de seguridades del ascensor está conectado en serie, (gobernador, run stop sobre cabina, límite superior e inferior y safety), a continuación de detalla el diseño de las conexiones de la siguiente manera.



### 3.5 Configuración del servidor web

#### 3.5.1 Creación de una cuenta

EL primer paso del proceso es crear una cuenta en la plataforma firebase en el sitio web <https://www.firebase.com/> para la cual se necesita una cuenta de correo electrónico de gmail considerando que se trata de tecnología creada por Google.

La plataforma Firebase es un servicio de software que se paga por uso, para propósito de la presente investigación se creará una cuenta de prueba gratuita, sin embargo se pueden contratar diferentes planes que se pagan mediante tarjeta de crédito internacional como se muestra a continuación:

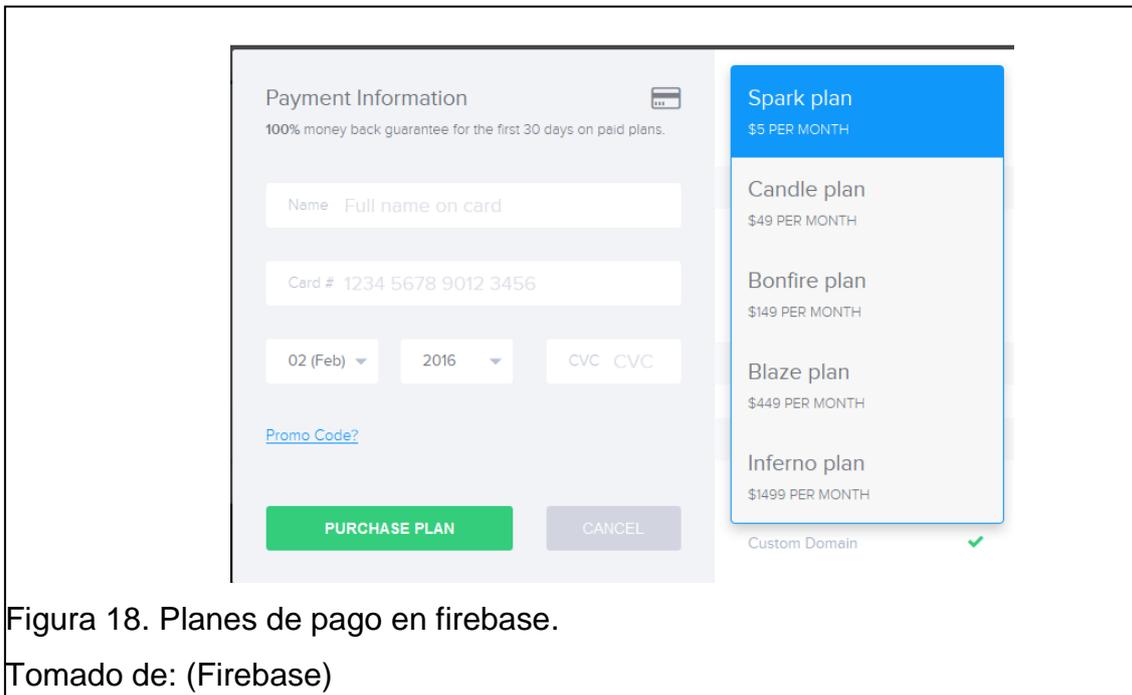


Figura 18. Planes de pago en firebase.

Tomado de: (Firebase)

El nombre de la aplicación será ascensor y se debe crear utilizando la siguiente pantalla en la plataforma Firebase:

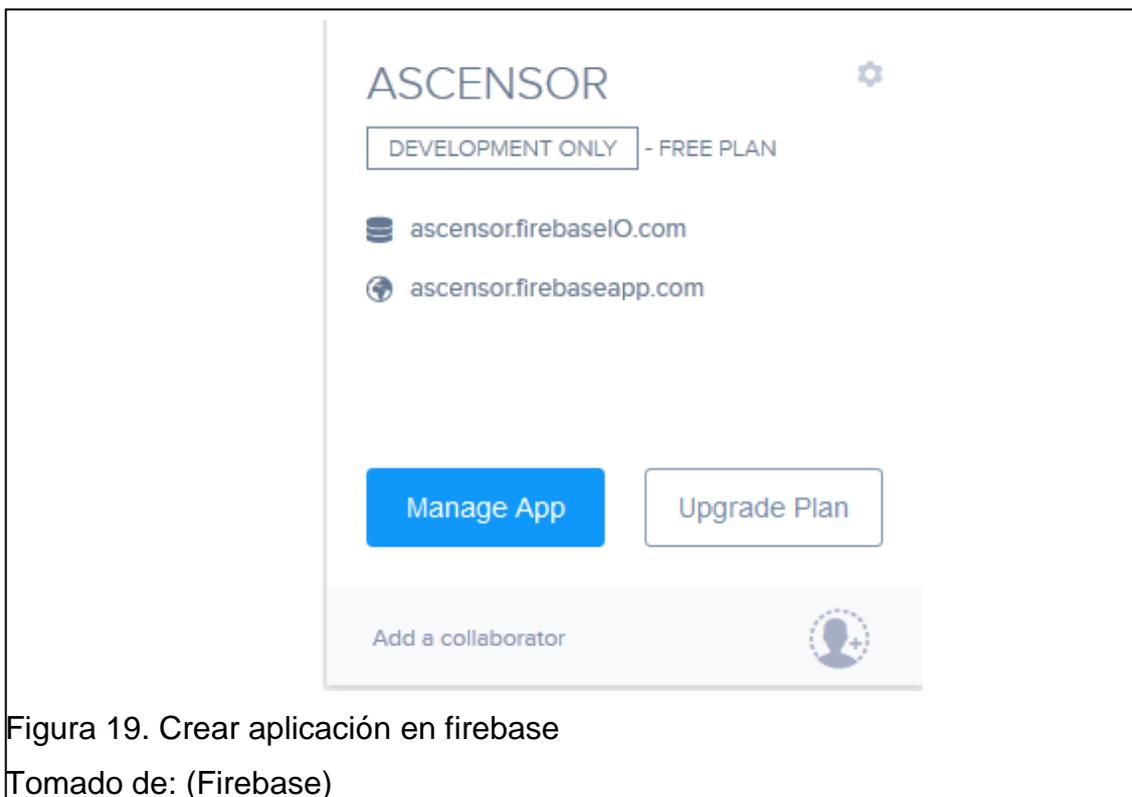


Figura 19. Crear aplicación en firebase

Tomado de: (Firebase)

La estructura de la base de datos para el sistema de monitoreo de ascensores es jerárquica y se representan mediante un objeto en formato JSON.

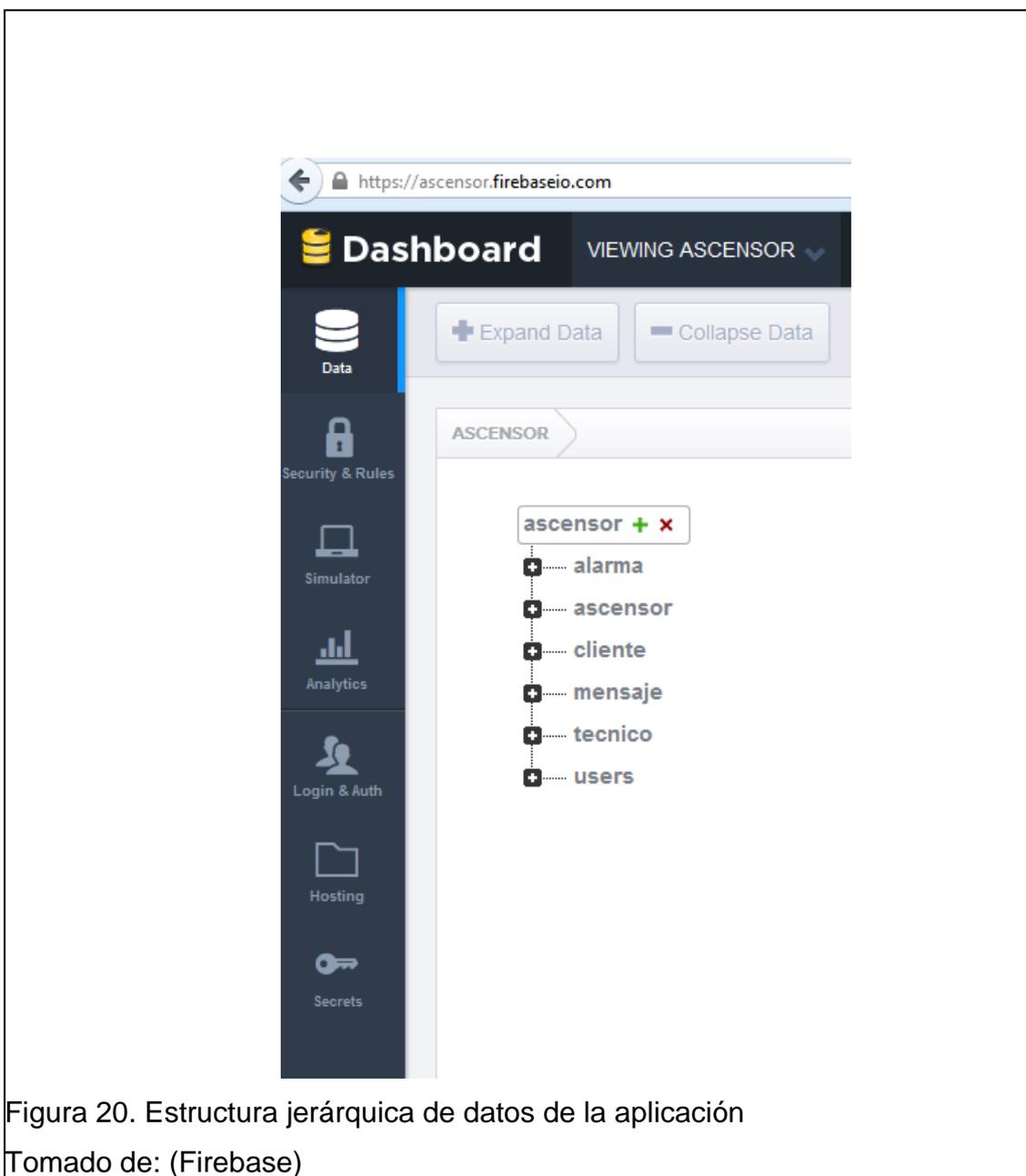


Figura 20. Estructura jerárquica de datos de la aplicación  
Tomado de: (Firebase)

### 3.5.2 Instalación de Firebase

Es necesario incluir la referencia al archivo de la librería cliente de Firebase dentro del archivo principal de la aplicación (archivo `index.html`) en la sección de cabecera (identificada por la etiqueta `<head>`). El archivo puede ser

descargado de un Servidor de Contenidos en Internet (CDN) y colocado dentro de la aplicación web, sin embargo se recomienda referenciarlo directamente en el servidor de la siguiente manera:

```
<script src="https://cdn.firebase.com/js/client/2.4.0/firebase.js"></script>
```

### 3.5.3 Lectura y Escritura de Datos

Es necesario primero crear la referencia en la aplicación de la plataforma firebase, esto nos permitirá leer y escribir en la base de datos de la aplicación residente en la nube en internet en la plataforma firebase. La referencia se realiza con la siguiente sentencia de código:

```
var myFirebaseRef = new Firebase("https://<NOMBRE-APP-FIREBASE>.firebaseio.com/");
```

El nombre completo de la aplicación firebase que se utilizará en la presente investigación es la siguiente: <https://ascensor.firebaseio.com/>

La referencia http además permitirá desplegar la aplicación en un teléfono móvil, tableta o computador personal.

### 3.5.4 Escritura de Datos

Después de crear la referencia de la base de datos en firebase, se debe escribir la información utilizando un objeto en formato JSON y la sentencia set() como se muestra en el siguiente ejemplo:

```
1.myFirebaseRef.set({  
2. nombre_razon: "UDLA GRANADOS ASC 1",  
3. modelo: "VFGL circuito 29",  
4. latitud: "",  
5. longitud: "",  
6. etiqueta_01: "false",  
7. entrada_01: false,  
8.});
```

Esta sentencia crea y almacena en el servidor la siguiente información:

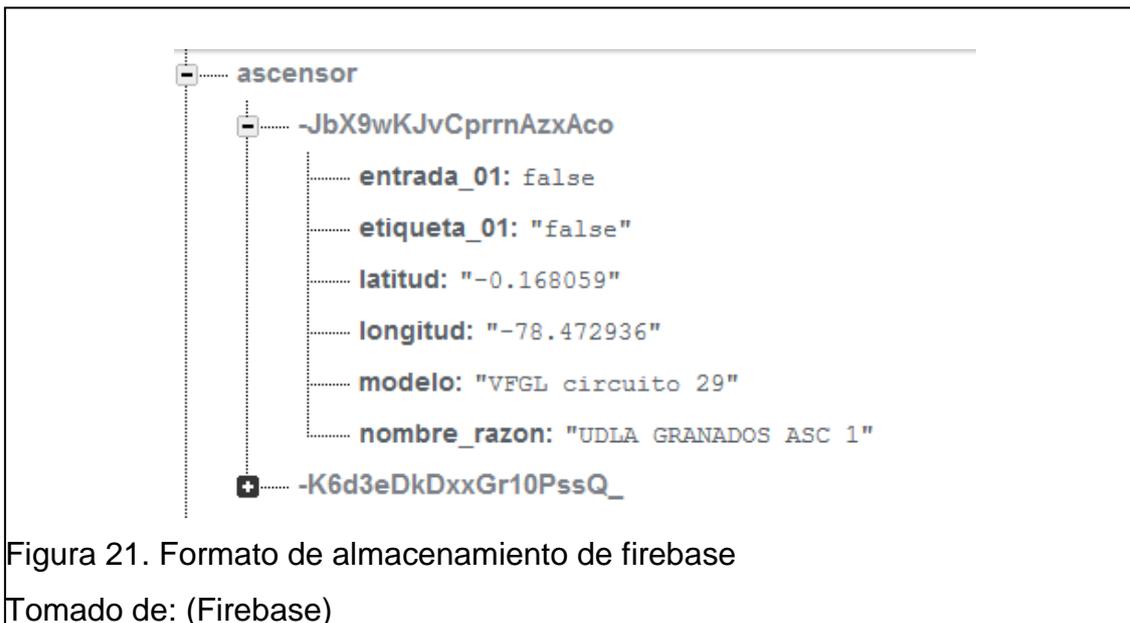


Figura 21. Formato de almacenamiento de firebase

Tomado de: (Firebase)

Es importante notar que Firebase asigna un identificador único a cada objeto de información registrado como el siguiente:

-JbX9wKJvCprrnAzxAco

Es necesario indicar que existen varias maneras de leer datos que se encuentran detallados en la siguiente dirección:

<https://www.firebase.com/docs/web/guide/saving-data.html>

### 3.5.5 Lectura de Datos

La lectura de datos en la base de datos se realiza mediante la sentencia `child()` que está acompañada de una función que permite manipular los datos o mostrar un error en caso de falla y se realiza mediante la siguiente sentencia:

1. `myFirebaseRef.child("location/city").on("value", function(snapshot) {`
2. `alert(snapshot.val()); // Alerts "San Francisco"`
3. `});`

La función devuelve una instantánea de cómo se encuentran los datos en el momento de la consulta y la función `val()` lo cual permite acceder a la

información retornada del servidor que se devuelve como un objeto en formato JSON. Es necesario aclarar que en este ejemplo el evento `value` se dispara una vez en el momento de la lectura inicial de los datos y después cada vez que los datos cambian en la base de datos. La documentación de la plataforma muestra cómo manejar los diferentes tipos de eventos para recuperar y manipular la información. La documentación se encuentra en el siguiente enlace web.

<https://www.firebase.com/docs/web/guide/retrieving-data.html>

### **3.5.6 Instalación de la aplicación en Firebase**

La plataforma firebase permite instalar la aplicación en un servidor administrador por Google en internet. Firebase nos admite cargar todos los archivos de la aplicación web (HTML, CSS, JavaScript, etc.) a la cuenta utilizando un solo comando para lo cual se debe descargar las herramientas firebase utilizando npm (sistema de gestión de paquetes de código abierto) de la siguiente manera:

```
npm install -g firebase-tools
```

La plataforma Firebase es muy segura considerando que provee un certificado SSL para la aplicación web con el protocolo HTTPS, además es muy confiable y escalable permitiendo servir un gran número de peticiones al mismo tiempo. El comando utilizado para instalar la aplicación en la nube es el siguiente:

```
firebase deploy
```

El comando debe ejecutarse en el directorio donde se encuentra la aplicación.

El resultado es el siguiente:

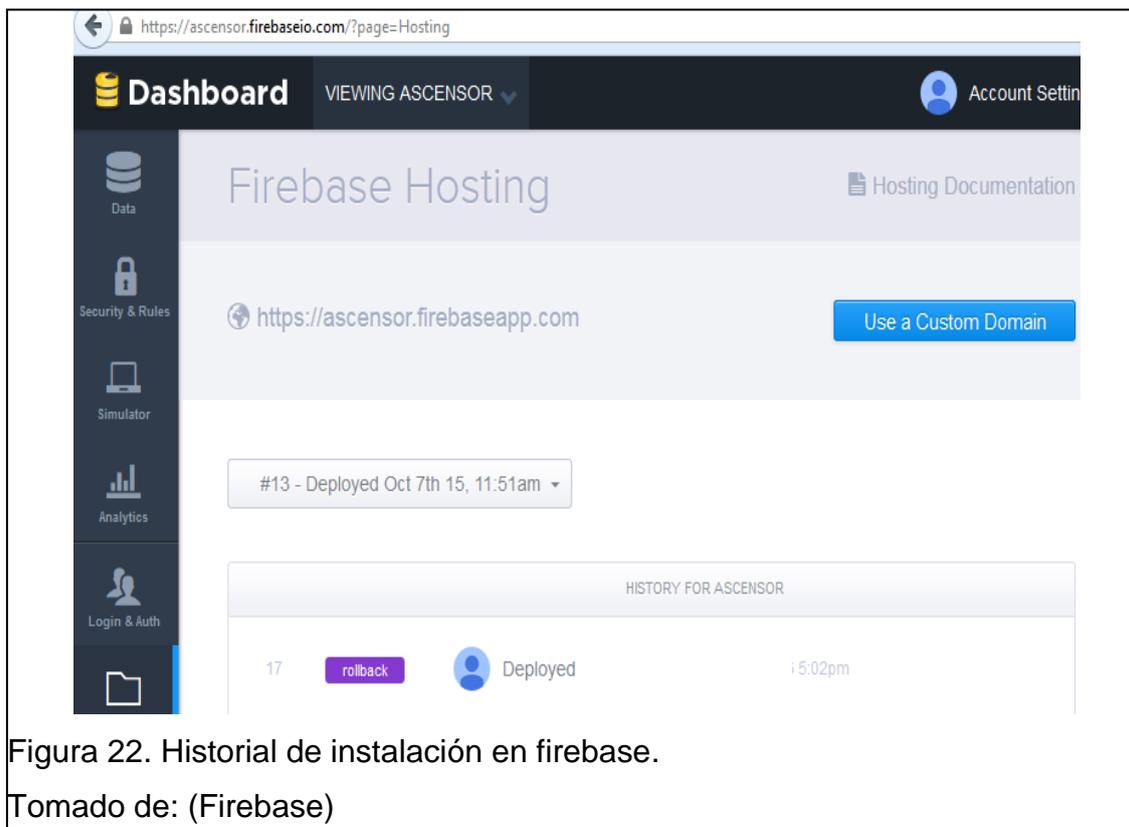


Figura 22. Historial de instalación en firebase.

Tomado de: (Firebase)

### 3.5.7 Autenticación de Usuarios

Firebase presta facilidades para autenticar a los usuarios de la aplicación de diferentes maneras como son:

Un correo electrónico y una contraseña.

- Una cuenta de Facebook.
- Una cuenta de Twitter.
- Una cuenta de GitHub.
- Una cuenta de Google
- Un sistema de autenticación propio.

La aplicación utilizará el sistema de autenticación basado en una cuenta de correo y una contraseña para lo cual se debe realizar los siguientes pasos:

### 1. Activar el método de autenticación en la cuenta de la ficha Login & Auth



Figura 23. Habilitación de autenticación de datos en firebase  
Tomado de: (Firebase)

### 2. Crear el usuario



Figura 24. Usuario creado en firebase para la aplicación  
Tomado de: (Firebase)

### 3. Asignar permisos



Figura 25. Reglas de permisos en firebase para la aplicación  
Tomado de: (Firebase)

Los usuarios se pueden crear directamente en la plataforma firebase o a través de la aplicación con el siguiente código:

```

1. myFirebaseRef.createUser({
2.   email   : "emersonrenato@hotmail.com",
3.   password : "temporalxxxx"
4. }, function(error, userData) {
5.   if (error) {
6.     console.log("Error en creación de usuario:", error);
7.   } else {
8.     console.log("Creacion de usuario exitosa con identificador:",
9.       userData.uid);
10.  });

```

Una vez creado el usuario ingresar a la plataforma firebase mediante programación utilizando el método `authWithPassword` de la librería. Los diferentes métodos de autenticación se encuentran detallados en la documentación de la plataforma en el siguiente enlace web.

<https://www.firebase.com/docs/web/guide/user-auth.html>

### 3.5.8 Seguridad de los datos

La plataforma Firebase permite controlar quien puede acceder a los datos y con qué derechos (escritura, lectura) a través de un sistema de reglas que permite definir restricciones muy específicas por la flexibilidad de lenguaje y que permiten mantener la consistencia de datos y controlar quien puede acceder a ellos, cubriendo las demandas de cualquier sistema. Un ejemplo de una regla de acceso es el siguiente:

```

1. {
2.   "rules": {
3.     ".read": true,
4.     ".write": "auth.uid === 'admin'",

```

5. ".validate": "nombre\_razon.isString() && nombre\_razon.val().length < 50"
6. }
- 7.}

La regla especifica que todos los usuarios pueden ingresar a leer la información pero la escritura requiere ingresar al sistema con una clave y usuario. Además valida que el campo nombre\_razon debe ser un string y la longitud menor a 50 caracteres.

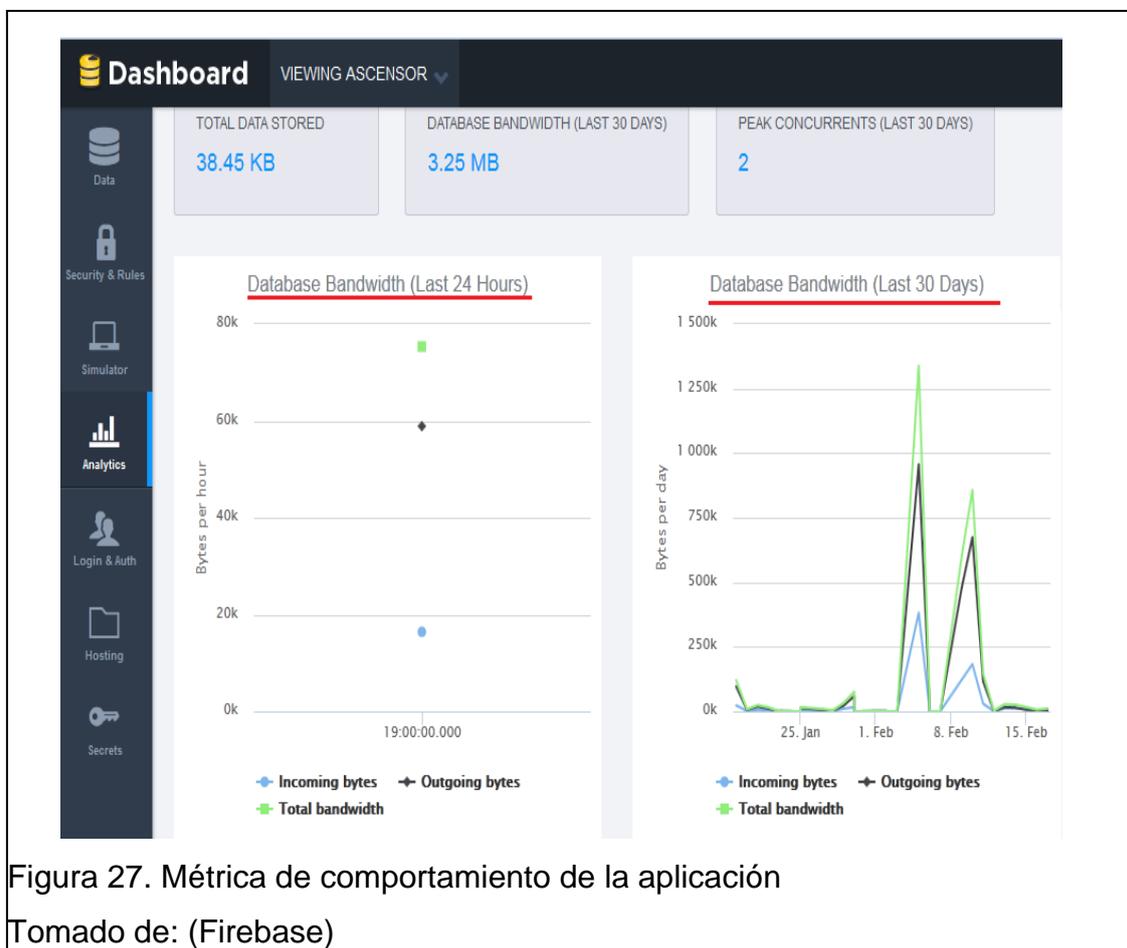
En el siguiente gráfico se muestra la regla anterior comentada y una nueva habilitada que especifica que cualquier usuario tiene derechos de lectura y escritura en la base de datos situación que se muestra como ejemplo.



Figura 26. Ejemplo de regla de permiso de acceso

Tomado de: (Firebase)

Además la plataforma permite monitorear el tráfico en la aplicación y el número de usuarios concurrentes que permiten analizar cómo se comporta la aplicación para tomar acciones correctivas.



### 3.6 Arquitectura del software propuesto

#### 3.6.1 Descomposición en subsistemas

El prototipo contiene los siguientes subsistemas:

##### **Firmware embebido**

Este módulo contiene las funciones para escuchar las señales de alarma enviadas por el sistema de control principal del ascensor que capta las mediciones de los diferentes sensores del equipo por ejemplo rollete de límite superior.

### Almacenamiento de Datos

Este módulo contiene las funciones para ingresar, consultar, actualizar y borrar la información de ascensor, directorio telefónico y usuarios del sistema.

### Gestión de Comunicaciones

Este módulo agrupa la funcionalidad para escuchar de manera permanente los mensajes de alarma enviados por la tarjeta microcontroladora y difundir las alertas a los dispositivos conectados (tableta, teléfono, PC)

### Interface de Usuario

En los módulos contiene la interface de usuario con la actual interactúa el técnico de mantenimiento a través de su dispositivo para recibir los mensajes de alarma y ubicar los ascensores con falla en un mapa.

## 3.7 Servicios de subsistemas

Tabla 27. Análisis de los servicios de subsistemas

Interface de Usuario	
ascensor	Contiene la pantalla del ascensor
alarma	Contiene la pantalla de la alarma
login	Contiene la pantalla de ingreso al sistema.

Tabla 28. Funciones del firmware

Firmware Embebido	
RecepcionAlarma	Esta función se encuentra en ejecución permanente escuchando las señales que provienen desde el sistema de control de ascensor hacia los puertos de entrada de la tarjeta microcontroladora.
ProcesarAlarma	Esta función procesa la señal recibida enviando un mensaje de alarma al sistema de base de datos residente en la nube.
AlmacenarBitacora	Esta función almacena la fecha de ocurrencia y tipo de señal recibida en la bitácora de transacciones para su posterior revisión por parte del técnico.

Tabla 29. Funciones del almacenamiento de datos

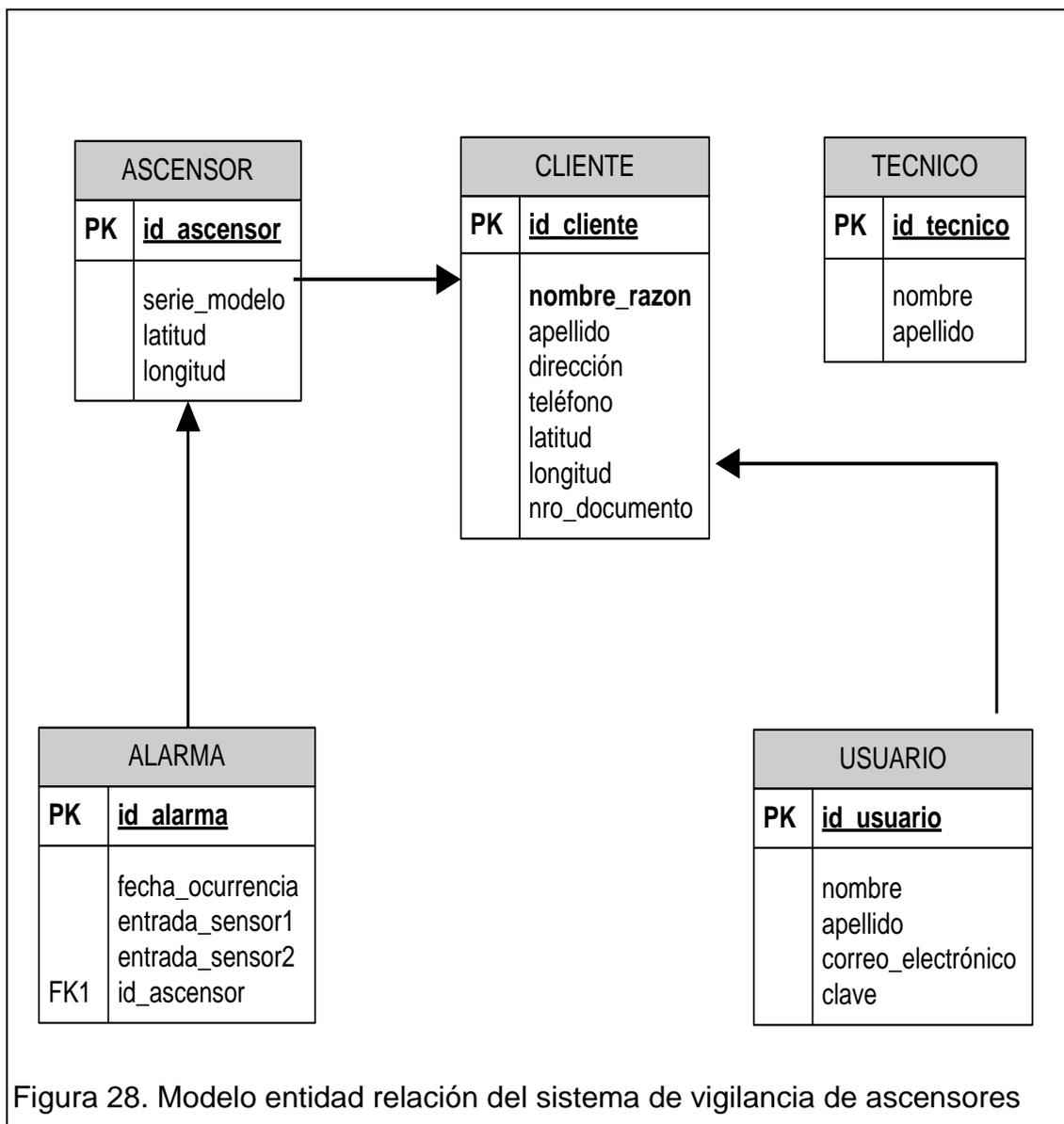
<b>Almacenamiento de Datos</b>	
insertaAscensor	Esta función se conecta al sistema de base de datos e inserta los datos del ascensor.
actualizaAscensor	Esta función se conecta al sistema de base de datos y actualiza los datos del ascensor.
limpiaAscensor	Esta función limpia el objeto contenedor donde se almacena la información del ascensor
borraAscensor	Utilizando el identificador único del ascensor borra los datos del sistema de base de datos.
obtenerPorIdAscensor	Es función se conecta al sistema de base de datos y recupera la información utilizando el id del ascensor.

Tabla 30. Funciones de comunicación.

<b>Gestión de Comunicaciones</b>	
sincronizaDatos	Esta función se conecta al sistema de base de datos y sincroniza los datos ingresados por otros usuarios conectados (sync).
escuchaModificación	Esta función escucha los eventos en la base de datos y los despliega (watch).

### 3.8 Modelo de datos del sistema

El siguiente modelo nos permite identificar las entidades que interactúan y la manera como se relacionan, por ejemplo un cliente puede tener uno o más ascensores. Además será utilizado para la creación de las tablas, campos, claves primarias, relaciones que serán implementadas en un sistema de administración de base de datos que estará ubicada en el internet.



### 3.9 Modelo de comportamiento del sistema

Este modelo nos permitirá conocer cómo se comunican los componentes principales del sistema a lo largo del tiempo en diferentes situaciones reales.

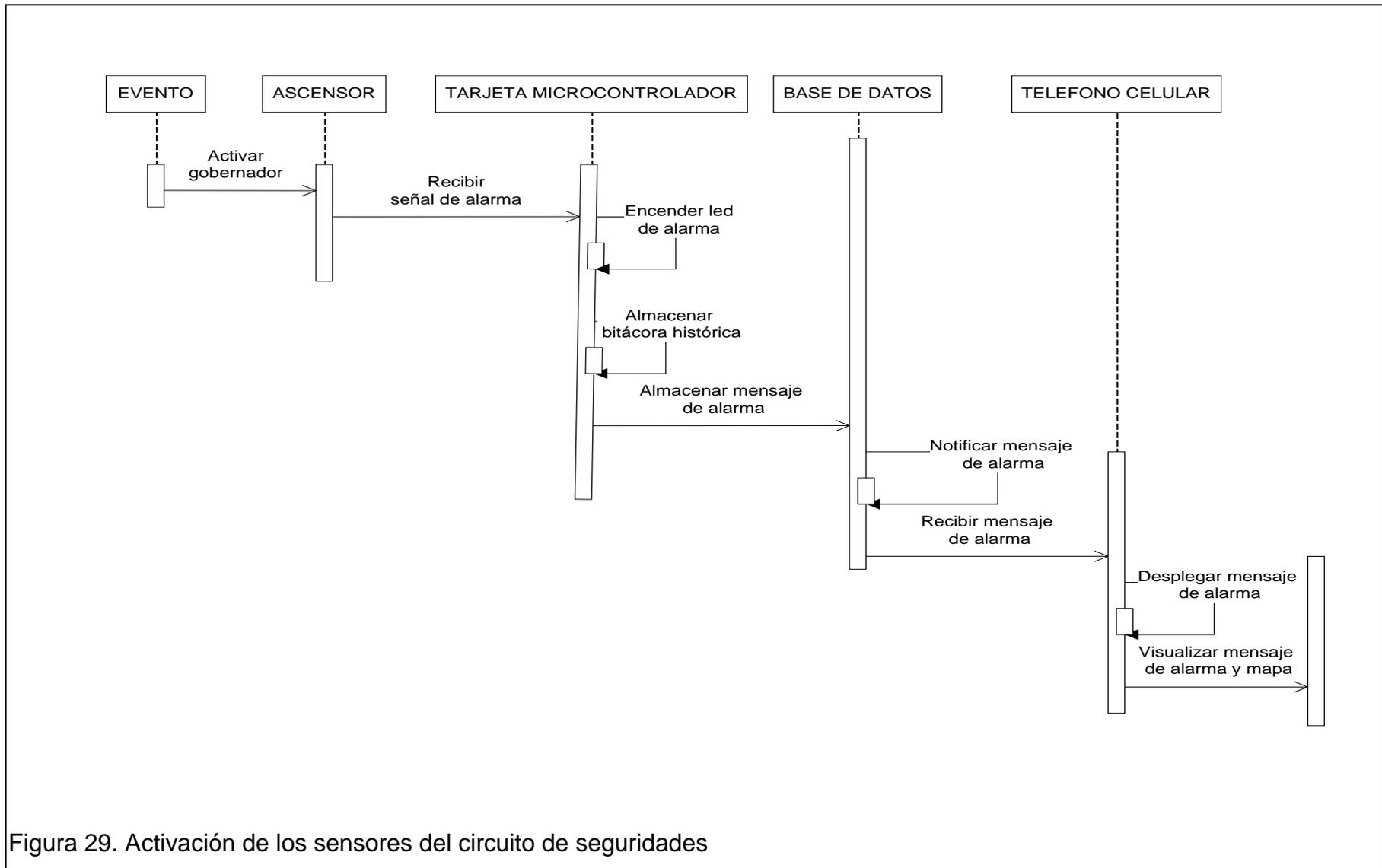


Figura 29. Activación de los sensores del circuito de seguridades

### 3.10 Diagrama de estados

Este modelo nos permite comprender los estados posibles de operación del ascensor y de la tarjeta micro controladora (Galileo Gen 2). Además nos permite especificar la transición de un estado del ascensor hacia otro estado cuando ocurre un evento en su medio de operación.

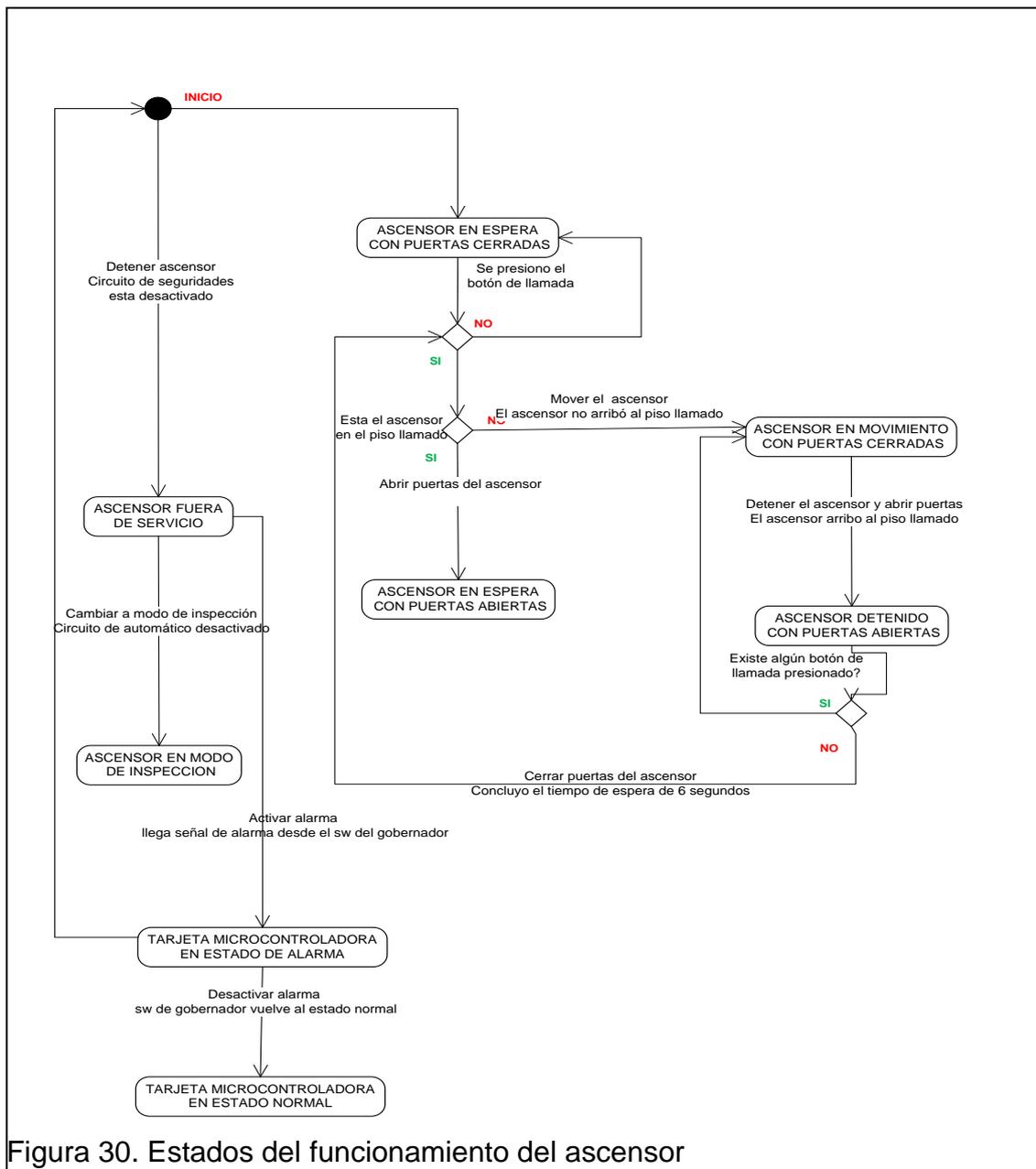


Figura 30. Estados del funcionamiento del ascensor

### 3.11 Diseño de interface de usuario

El sistema estará compuesto por las siguientes opciones:

#### 3.11.1 Menú Principal

Es el área principal de operación de la aplicación donde se encuentran las siguientes opciones:



Figura 31. Datos del menú principal

Adaptado de: (Firebase, s.f.)

**Ingreso.**- permite ingresar a la aplicación web mediante un nombre de usuario y una clave.

**Técnico.**- contendrá el directorio telefónico del personal técnico de la compañía de mantenimiento de ascensores.

**Ascensor.**- esta pantalla permite visualizar el listado de todos los ascensores que son objeto de monitoreo. Un cliente puede tener uno o más ascensores. El listado muestra todos los ascensores sea que estén o no en estado de alarma.

**Alarma.-** mediante esta opción se visualiza el listado de las alarmas emitidas por los ascensores.

**Ayuda técnica.-** esta opción mostrara el procedimiento de operación del sistema de vigilancia de ascensores “VIDA”.

### 3.11.2 Ingreso al sistema de vigilancia de ascensores VIDA

El usuario técnico deberá ingresar al sistema con un usuario y clave asignado. El sistema autenticará el usuario con la información de la base de datos residente en la nube.

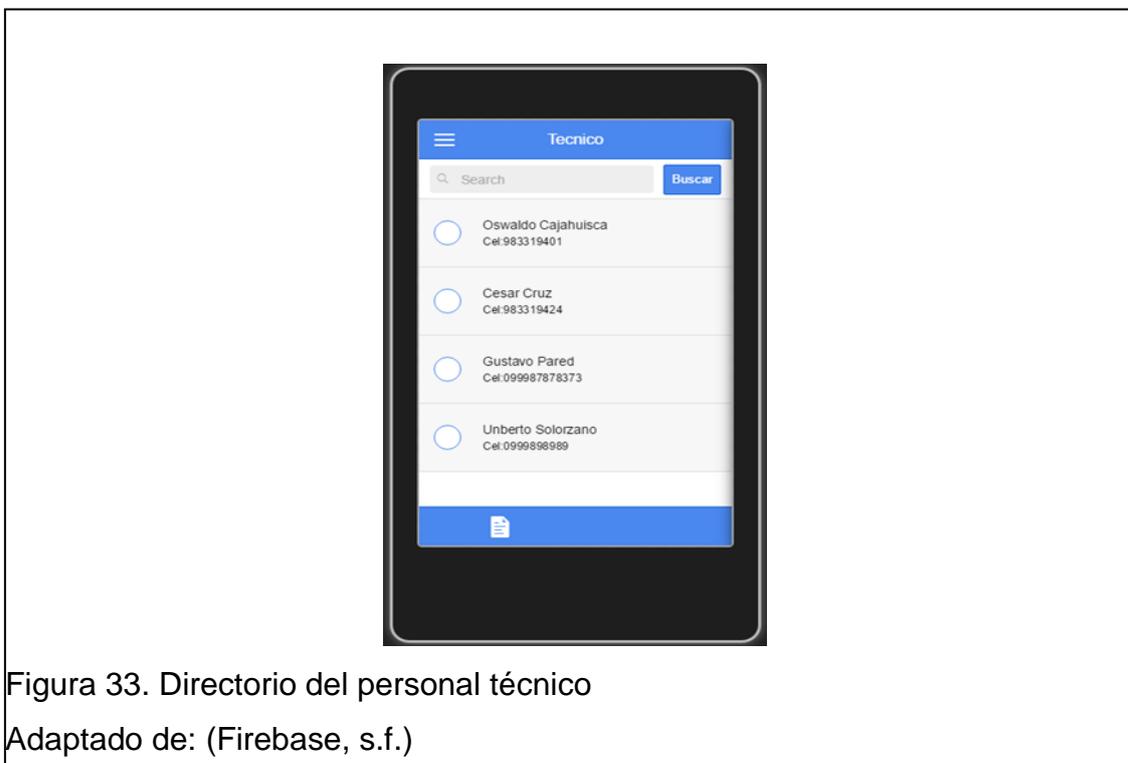
El usuario presionará el botón ingresar para iniciar una sesión en el sistema, en caso de presionar la opción cerrar se volverá a la pantalla del menú principal.



Figura 32. Ingreso al sistema  
Adaptado de: (Firebase, s.f.)

### 3.11.3 Directorio del personal técnico

El directorio del personal que brinda soporte técnico en el lugar donde se encuentra el ascensor.



### 3.11.4 Datos del Ascensor

La información del estado de alarma se mostrará de la siguiente manera:

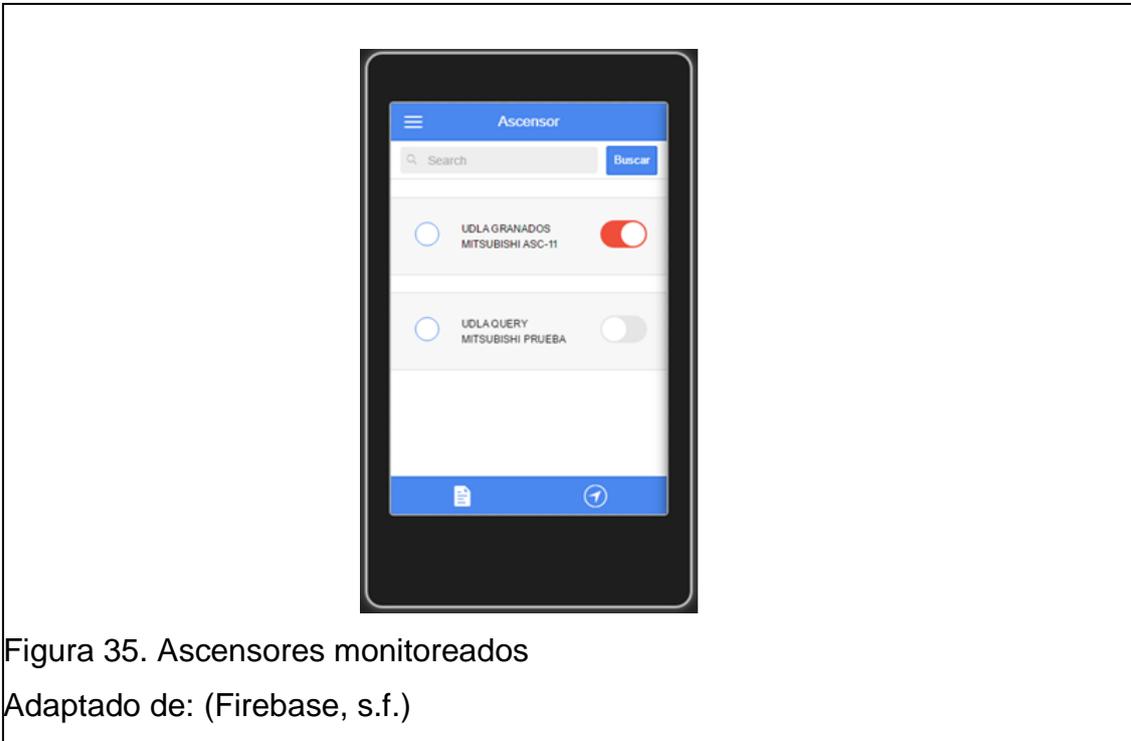


Figura 35. Ascensores monitoreados

Adaptado de: (Firebase, s.f.)

### 3.11.5 Ubicación del Cliente

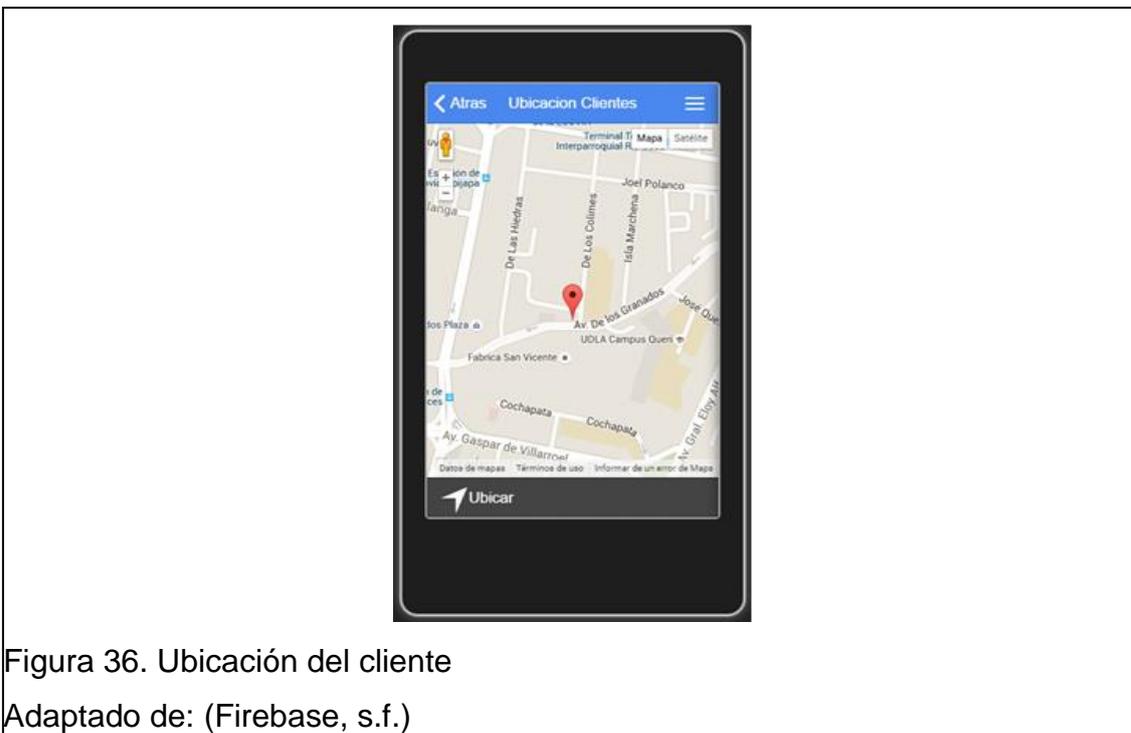


Figura 36. Ubicación del cliente

Adaptado de: (Firebase, s.f.)

### 3.11.6 Mensajes de Alarma

El ascensor en estado de alarma se mostrará de la siguiente manera:



## 4. Pruebas del sistema

### 4.1 Introducción

El objetivo de esta sección es reducir el riesgo de pérdidas económicas y el daño de la integridad física del usuario del ascensor para lograr esto se probará de manera exhaustiva el sistema de monitoreo y notificación de alarmas ante una falla del ascensor.

### 4.2 Funcionalidades a probar

La siguiente funcionalidad se probará en el sistema de monitoreo de ascensores VIDA:

### 4.3 Criterios de aprobación

La prueba será aprobada si cumple con los siguientes criterios priorizados de la siguiente manera.

Tabla 31. Datos para los criterios de aprobación

Criterio	Prioridad
La prueba no debe poner en riesgo la integridad física del usuario del ascensor.	1
La prueba cumple con el tiempo de respuesta menor a 3 minutos.	2
La prueba contiene la funcionalidad definida en sección de especificación de requerimientos.	3

### 4.4 Estrategia de pruebas

**Pruebas de Unidad**, se revisará la correcta operación de los siguientes componentes:

- Hardware del prototipo.
- Firmware embebido.
- Transacciones de base de datos en la nube.

**Pruebas Integrales**, se verificará que los componentes trabajen de manera conjunta

- Hardware del prototipo y firmware embebido.
- Hardware del prototipo, firmware embebido y transacciones de base de datos en la nube.

**Pruebas de Validación**, se revisará si el sistema cumple con las expectativas definidas en el capítulo de especificación de requerimientos del sistema.

Tabla 32. Requerimientos funcionales del sistema

Requerimientos Funcionales
monitoreo simultáneo
autenticación de usuarios del sistema
directorio telefónico
visualización de alarmas
clave del usuario
autenticación de usuarios

**Pruebas del Sistema**, se revisará si el sistema opera correctamente en diferentes situaciones reales.

Tabla 33. Pruebas en el sistema

Pruebas del Sistema
tiempo de respuesta en caso de falla del ascensor
tiempo de respuesta frente a carga máxima esperada.
operación del sistema en múltiples plataformas

#### 4.5 Criterios de suspensión y reanudación

La prueba deberá ser suspendida si se suscitan uno de los siguientes hechos:

- El protocolo de mantenimiento del ascensor de la compañía de mantenimiento no fue observado.
- El Administrador del equipo no fue notificado de la realización de la pruebas.

## 4.6 Requerimientos de hardware y software para la prueba

Previa la realización de las pruebas se debe disponer de los siguientes equipos:

Tabla 34. Requisitos de hardware y software para las diferentes pruebas del sistema

Hardware	Cantidad
Prototipo del Sistema de Monitoreo de Ascensores	1
Ascensor de pruebas instalado y en operación Marca: Mitsubishi Modelo: VFGL	1
La prueba contiene la funcionalidad definida en sección de especificación de requerimientos.	3

## 4.7 Pruebas de desempeño del sistema

### 4.7.1 Caso de prueba: corte del suministro eléctrico del ascensor.

#### 4.7.1.1 Conceptos y funcionalidad a probar

Se probará el comportamiento del sistema (hardware y software) frente al corte del suministro eléctrico en el edificio donde se encuentra instalado el ascensor. La funcionalidad que se verificara es la siguiente:

El envío de la notificación de alarma, de la falla de la corriente eléctrica, hacia el teléfono del técnico de turno de la compañía de mantenimiento.

La conmutación automática desde la acometida publica de energía eléctrica hacia el sistema de alimentación interrumpida (UPS / SAI) del prototipo.

Se medirá el **tiempo de autonomía** del sistema cuando utiliza el SAI como fuente de alimentación de energía eléctrica. El tiempo de autonomía es el

periodo entre el instante en que se corta la energía eléctrica y el momento en que se apaga el sistema por el agotamiento de las baterías del SAI.

Tiempo en minutos de duración de un SAI / UPS =

$$((N \times V \times AH \times Eff) / VA) \times 60$$

Dónde:

**N** = número de baterías en el SAI

**V** = voltaje de las baterías

**AH** = Amperios-Hora de las baterías

**Eff** = eficiencia del SAI (por norma, oscila entre el 90% y el 98% )

**VA** = Volti-Amperios del SAI

Se medirá el tiempo de arranque del sistema (hardware y software) después de reconectar el suministro de energía eléctrica del edificio. El tiempo de arranque es el periodo entre el instante en que retorna la energía eléctrica y el momento en que el sistema se encuentra al 100% de su capacidad operativa.

#### **4.7.1.2 Estradas de la prueba**

Se utiliza un prototipo del Sistema de Monitores de Ascensores operando al 100% de su capacidad e instalado en un ascensor Mitsubishi, modelo VFGL sin pasajeros. Además debe identificarse claramente el disyuntor (interruptor automático de energía) que controla la corriente eléctrica que alimenta al ascensor.

#### **4.7.1.3 Salidas de la prueba**

La medición de los tiempos se realizó con un cronometro digital y se espera un error de un 5% por ser un procedimiento “manual”. Los resultados obtenidos en la prueba son:

Tabla 35. Datos de las pruebas realizadas

Funcionalidad	Tiempo de Respuesta
Notificación de alarma frente a la falla de la corriente eléctrica.	menor a 3 segundos
Conmutación automática hacia el sistema de alimentación ininterrumpida.	verificado
Tiempo de autonomía del sistema.	90 minutos
Tiempo de arranque del sistema.	55 segundos

El tiempo de autonomía del sistema depende de la potencia del SAI y esta a su vez incrementa el costo del producto.

#### 4.7.1.4 Necesidades ambientales

El cronometraje del tiempo autonomía y arranque se realizará en el ascensor de la universidad de las Américas UDLA.

El Administrador del edificio autorizara la realización de la prueba en el horario establecido.

El ascensor no estará en operación durante el tiempo que dure la prueba para salvaguardar la integridad de los usuarios.

Es necesario contar con las herramientas, conocimiento y experiencia en el manejo de ascensores Mitsubishi modelo VFGL.

#### 4.7.1.5 Requerimientos procedurales especiales

Se comunicará al administrador del ascensor de la universidad que el equipo se paralizará durante el periodo que dure la prueba que se estima aproximadamente 30 minutos.

Se colocará en los pisos PB y S1 la señalización de alerta para indicar que el ascensor se encuentra en tareas de mantenimiento, para evitar que el usuario utilice el ascensor.

Los requisitos de seguridad establecidos en el protocolo de mantenimiento de la compañía de ascensores deben ser estrictamente cumplidos como paso previo a la realización de la prueba.

#### **4.7.1.6 Dependencia entre casos**

Este caso de prueba no tiene relación con un caso anterior

### **4.7.2 Caso de prueba: corte del servicio de internet del edificio.**

#### **4.7.2.1 Conceptos y funcionalidad a probar**

Se probará el comportamiento del sistema (hardware y software) frente al corte del servicio de internet el edificio donde se encuentra instalado el ascensor. La funcionalidad que se verificara es la siguiente:

El envío de la notificación de alarma, del corte del servicio de internet, hacia el teléfono del técnico de turno de la compañía de mantenimiento, mediante mensajes de textos SMS a través de la red de la telefonía celular.

La Detección del corte del servicio de internet y Conmutación de la notificación mediante mensajes de texto usando la red de telefonía celular.

Se medirá el tiempo que transcurre entre el instante en que se suscita la falla y el instante en que llega el mensaje SMS enviando mediante un comando a través del modem al teléfono del técnico de turno.

#### **4.7.2.2 Estradas de la prueba**

Se utiliza un prototipo del Sistema de Monitores de Ascensores operando al 100% de su capacidad e instalado en un ascensor Mitsubishi, modelo VFGL sin pasajeros. Además debe identificarse claramente el cable RJ-45 a través del cual se accede al servicio de internet en el edificio.

Se verificará que el Shields utilizado (Referencia: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield4>) es compatible con Intel Galileo Gen-2.

#### 4.7.2.3 Salidas de la prueba

La medición de los tiempos se realizó con un cronometro digital y se espera un error de un 5% por ser un procedimiento “manual”. Los resultados obtenidos en la prueba son:

Tabla 36. Datos de las pruebas realizadas

Funcionalidad	Tiempo de Respuesta
Notificación de alarma frente a la falla del servicio de internet	menor a 30 segundos
Conmutación automática hacia el sistema de comunicación mediante la red celular.	verificado
Tiempo de respuesta del mensaje SMS.	menor a 30 segundos (depende de la congestión de la red)

La comunicación mediante mensajes SMS depende de la congestión de la red de telefonía celular cuyo servicio se degrada en función de la época del año (fin de año, día de la madre, etc.) y en caso de desastre naturales como temblores o terremotos el tiempo de respuesta superaría ampliamente los 30 segundos.

#### 4.7.2.4 Necesidades ambientales

El corte del servicio de internet se simulara retirando el cable USB que se encuentra conectado a la tarjeta Intel Galileo Gen-2 El teléfono del técnico de turno donde se recibirá la notificación de falla de las comunicación de internet a través de un mensaje SMS, estará operando en la ciudad de Quito, esta prueba de intentar probar el caso extremo de falla de un ascensor en Cuenca donde la compañía de ascensores tiene una importante cartera de clientes.

El Administrador del edificio autorizara la realización de la prueba en el horario establecido.

El ascensor no estará en operación durante el tiempo que dure la prueba para salvaguardar la integridad de los usuarios.

Es necesario contar con las herramientas, conocimiento y experiencia en el manejo de ascensores Mitsubishi modelo VFGL.

#### **4.7.2.5 Requerimientos procedurales especiales**

Se comunicará al administrador del ascensor de la universidad que el equipo se paralizará durante el periodo que dure la prueba que se estima aproximadamente 30 minutos.

Se colocará en los pisos PB y S1 la señalización de alerta para indicar que el ascensor se encuentra en tareas de mantenimiento, para evitar que el usuario utilice el ascensor.

Los requisitos de seguridad establecidos en el protocolo de mantenimiento de la compañía de ascensores deben ser estrictamente cumplidos como paso previo a la realización de la prueba.

#### **4.7.2.6 Dependencia entre casos**

Este caso de prueba no tiene relación con un caso anterior

### 4.7.3 Caso de prueba: tiempo de respuesta en caso de falla del ascensor

#### 4.7.3.1 Conceptos y funcionalidad a probar

Se probará el tiempo que transcurre entre el instante en que se produce una falla en el ascensor y el instante en el que llega la notificación de alarma al teléfono celular del técnico de turno de la compañía de ascensores.

#### 4.7.3.2 Estradas de la prueba

Se simulará que el ascensor subió más allá del límite superior máximo. Es decir que el rollete del límite superior UOT se encuentra activado.

El ascensor utilizado para la presente prueba es el siguiente:

Tabla 37. Características técnicas del ascensor a realizar las pruebas

Característica	Valor
Marca	Mitsubishi
Modelo	VFGL
Ubicación	Universidad de las Américas UDLA
Capacidad	560 KG
Pasajeros	8
Velocidad	90 m/min
Recorrido aproximado	18 m
Paradas	6
Accesos	6 por el mismo lado
Mando exterior en cada piso	6 una en cada acceso
Mando de cabina	6 pulsadores de mando
Puertas	Abatibles
Contrapeso	Para equilibrio de carga

#### 4.7.3.3 Salidas de la prueba

El tiempo de respuesta que se cronometra entre el instante que se produjo la falla en el rollete del límite superior y el momento en que se recibe la notificación en el teléfono, obteniéndose los siguientes valores.

Tabla 38. Datos de las pruebas realizadas

Trafico de la LAN	Fecha de Prueba	Tiempo de Respuesta
Tráfico período de vacaciones	11 de septiembre 2015	3 segundos
Alto tráfico con estudiantes	14 de septiembre 2015	5 segundos
Tráfico medio día normal de clases	25 de septiembre 2015	5 segundos

#### 4.7.3.4 Necesidades ambientales

El cronometraje del tiempo de respuesta se realizará en el ascensor de la universidad de las Américas UDLA.

La prueba se realizará en el día y la hora que la red de área local de la Universidad tenga mayor tráfico lo cual se estima en la siguiente fecha 14 de septiembre del 2015 a las 10:00 am.

El ascensor no estará en operación durante el tiempo que dure la prueba para salvaguardar la integridad de los usuarios

#### 4.7.3.5 Requerimientos procedurales especiales

Se comunicará al administrador del ascensor de la universidad que el equipo se paralizará durante el periodo que dure la prueba que se estima aproximadamente 30 minutos.

Se colocará en los pisos PB y S1 la señalización de alerta para indicar que el ascensor se encuentra en tareas de mantenimiento, para evitar que el usuario utilice el ascensor.

#### 4.7.3.6 Dependencia entre casos

Este caso de prueba no tiene relación con un caso anterior

#### 4.7.4 Caso de prueba: tiempo de respuesta frente a carga máxima esperada

##### 4.7.4.1 Conceptos y funcionalidad a probar

El total estimado de ascensores a nivel nacional es de 20.000 unidades. El sistema será cargado con un total 30.000 equipos luego se simulará la falla de uno de los ascensores y se tomará el tiempo que transcurre entre el tiempo que se produce la falla y el instante en que llega la notificación al celular al técnico de turno.

##### 4.7.4.2 Entradas de la prueba

Se alimentará el sistema con la información de un total de 30.000 ascensores localizados en diversas ubicaciones geográficas.

Se simulará que el ascensor sobrepasa el límite superior máximo permitido para provocar la falla del ascensor de la Universidad de las Américas UDLA.

La carga de prueba tendrá la siguiente información:

Tabla 39. Datos de las pruebas realizadas con carga de registros

Características de la Carga	Información de Ascensores
Cantidad de registros: 30.000.	Cliente: Cliente de Prueba - 1.
Ascensor monitoreado: 1	Modelo: MITSUBISHI ASC-11
Ascensores ficticios: 30.000	Etiqueta_01: señal del 29.
Dispositivos conectados: 2	Entrada_01: false.
Portátil Windows-8	Etiqueta_02: sin etiqueta.
Teléfono Celular Nokia.	Entrada_01: false.
	Latitud: -0.1682392
	Longitud: -78.4732909

La prueba se realizará el martes 8 de septiembre a las 10:00 horas.

#### 4.7.4.3 Salidas de la prueba

Una vez cargada la información de prueba simulando 30.000 registros, se simula la falla del límite superior del ascensor de la universidad UDLA sede Granados y se toma el tiempo de respuesta desde el momento que se produce la falla hasta el instante que se recibe la notificación al teléfono del técnico de turno.

Tabla 40. Datos de las pruebas realizadas en los límites del circuito de seguridades.

Prueba	Transacción	Tiempo de Respuesta
Primera prueba	Falla del límite superior del ascensor.	5 segundos
Segunda prueba	Falla del límite inferior del ascensor.	5 segundos

#### 4.7.4.4 Necesidades ambientales

La prueba se realizará en el día y la hora que la red de área local de la Universidad tenga mayor tráfico lo cual se estima en la siguiente fecha 14 de septiembre del 2015 a las 10:00 am.

#### 4.7.4.5 Requerimientos procedurales especiales

Se realizará la prueba y certificará los resultados de la misma

#### 4.7.4.6 Dependencia entre casos

Este caso de prueba no tiene relación con un caso anterior

## 4.8 Pruebas de requerimientos funcionales del sistema

### 4.8.1 Caso de prueba: transacciones en la base de datos en la nube.

#### 4.8.1.1 Conceptos y funcionalidad a probar

Se probará el ingreso, actualización, consulta y borrado de la información de los ascensores para verificar que la información se almacena de manera consistente y el tiempo de respuesta no supera los 3 minutos.

#### 4.8.1.2 Entradas de la prueba

Le ingresará la siguiente información:

Tabla 41. Datos de las transacciones de entrada realizadas en el sistema

Información del Ascensor	Transacciones a Realizar
<p><b>Cliente:</b> UDLA  <b>Modelo:</b> MITSUBISHI ASC-11  <b>Etiqueta_01:</b> señal del 29.  <b>Entrada_01:</b> false.  <b>Etiqueta_02:</b> sin etiqueta.  <b>Entrada_01:</b> false.  <b>Latitud:</b> -0.1682392  <b>Longitud:</b> -78.4732909</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingreso de la información.</li> <li>• Consulta por nombre</li> <li>• Actualización del nombre del cliente.</li> <li>• Borrador del registro</li> <li>• Eliminación del registro</li> <li>• Verificación mediante consulta del registro eliminado.</li> </ul>

La prueba se realizará el martes 29 de septiembre a las 10:00 horas.

#### 4.8.1.3 Salidas de la prueba

Se realizará cada transacción en el sistema y se cronometrará el tiempo de respuesta desde el instante en que se presiona el botón de la transacción (guardar, borrar, consultar) hasta el instante que se recibe respuesta del sistema confirmando que la transacción fue realizada.

Tabla 42. Datos de las transacciones de salida realizadas en el sistema

Transacción	Tiempo de Respuesta
Ingreso de la información del ascensor.	30 segundos
Consulta del ascensor utilizando el nombre.	30 segundos
Actualización del nombre del cliente de ECUASANITAS .S.A al de SALUD S.A.	30 segundos
Borrador del registro del ascensor ingresado.	30 segundos

#### 4.8.1.4 Necesidades ambientales

La prueba se realizará en el día y la hora que la red de área local de la Universidad tenga mayor tráfico lo cual se estima en la siguiente fecha 14 de septiembre del 2015 a las 10:00 am

#### 4.8.1.5 Requerimientos procedurales especiales

Se realizará la prueba y se certificará los resultados de la misma.

#### 4.8.1.6 Dependencia entre casos

Este caso de prueba no tiene relación con un caso anterior

### 4.8.2 Caso de prueba: operación del sistema en múltiples plataformas

#### 4.8.2.1 Conceptos y funcionalidad a probar

Se probará la operación del software en diferentes sistemas operativos de tableta, teléfonos, portátiles y computadores de escritorio para verificar que funciona correctamente.

#### 4.8.2.2 Entradas de la prueba

Se utilizará los siguientes dispositivos para realizar las pruebas:

Tabla 43. Características de los dispositivos que se utilizó para las pruebas

Nro. de Dispositivo	Dispositivo	Sistema Operativo
Telefono-1	Teléfono: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca: Samsung Galaxy Note II</li> <li>• Modelo: GT-7000</li> <li>• Memoria; 2 GB RAM</li> <li>• Pantalla: 1280 x 720</li> </ul>	Sistema Operativo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Android 4.1.1</li> <li>• Versión Kernel: 3.0.31</li> </ul> Explorador WEB: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chrome</li> <li>• Versión 43.0.2357</li> </ul>
Telefono-2	Teléfono: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivo: HTC Legend</li> <li>• Pantalla: 320x480</li> <li>• Resolución: 181 PPI</li> </ul>	Sistema Operativo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Android 2.1</li> </ul> Explorador Web: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mozilla</li> <li>• Versión: 5.0</li> </ul>
PC Escritorio-1	Computador de escritorio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca: HP</li> <li>• Modelo: ProDesk</li> <li>• Memoria: 8 GB RAM</li> <li>• Procesador: corei7.</li> </ul>	Sistema Operativo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Win-7 Professional</li> </ul>
Portatil-1	Computador de escritorio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca: LENOVO</li> <li>• Modelo: N580</li> <li>• Memoria: 4 GB RAM</li> <li>• Procesador: Intel.</li> </ul>	Sistema Operativo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Win-8</li> </ul>

#### 4.8.2.3 Salidas de la prueba

Se verificará que la interface de usuario de todas las pantallas se muestre y que funcione correctamente la operación de grabación y consulta

Tabla 44. Verificación de las interfaces de usuario

Nro. de Dispositivo	Interface de Usuario
Telefono-1	Las pantalla se adaptan correctamente y la funcionalidad es correcta.
Telefono-2	Las pantalla se adaptan correctamente y la funcionalidad es correcta.
PC Escritorio-1	Las pantalla se adaptan correctamente y la funcionalidad es correcta.
Portatil-1	Las pantalla se adaptan correctamente y la funcionalidad es correcta.

#### 4.8.2.4 Necesidades ambientales

Es necesario disponer de un equipo de cada modelo y marca, no se debe utilizar simuladores de software para garantizar la consistencia de la prueba.

#### 4.8.2.5 Requerimientos procedurales especiales

Se realizará la prueba y se certificará los resultados de la misma.

#### 4.8.2.6 Dependencia entre casos

Este caso de prueba no tiene relación con un caso anterior

### 4.9 Reporte de incidentes de prueba

El sistema tiene un tiempo de respuesta aceptable frente a una carga extrema de ascensores y de equipos conectados al mismo tiempo.

El sistema tiene un tiempo de respuesta con un ancho de banda de 1 MB de subida que puede ser contratado con cualquier proveedor local.

<https://www.cnt.gob.ec/internet/plan/internet-banda-ancha-hogar/>

El tiempo de respuesta en todas las pantallas es menor a tres minutos inclusive con carga máxima esperada.

No existen cuellos de botella con la carga máxima de información y 5 equipos simultáneos conectados.

La notificación de la falla del ascensor al teléfono del técnico de turno es eficiente.

El sistema (hardware y software) es económico y con excelente tiempo de respuesta.

El sistema es escalable pudiéndose incrementar la capacidad de procesamiento conforme la demanda de transacciones del usuario crece.

El tiempo de respuesta es aceptable considerando la carga máxima del sistema (30.000 ascensores) y 1.000 dispositivos conectados de manera simultánea.

El desarrollo de un producto comercial requería realizar pruebas más exhaustivas que garanticen la notificación de alarma en caso que el usuario se encuentre atrapado en el ascensor.

El tiempo de respuesta cronometrado en los diferentes casos de prueba cumple con el documento de requerimientos del sistema.

Se prueba que al no existir energía eléctrica en el ascensor el UPS instalado genera la energía necesaria para que el prototipo continúe su funcionamiento. Dentro de las pruebas realizadas se observa que al no alistar a tierra la tarjeta micro controladora del prototipo este genera falsas alarmas.

Las pruebas del sistema debería ser realizadas por un equipo independiente para garantizar su idoneidad, en este sentido debería organizarse la revisión y validación con otros estudiantes que se encuentran realizando la tesis de grado.

El prototipo del sistema de monitoreo de ascensores se probó en un ascensor instalado en la UDLA sede Granados siguiendo todos los protocolos de seguridad establecidos por la compañía de mantenimiento de ascensores para precautelar la integridad físicas de los usuarios del equipo.

Los casos de prueba fueron diseñados, documentados y planificados con cuidado para garantizar que el sistema funcionará de manera correcta en condiciones extremas.

## **5. Conclusiones y Recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

El sistema (hardware y software) cumplen al 100% las especificaciones de requerimientos planteadas como objetivos del presente trabajo de investigación. El costo del producto es de 274 USD incluido su instalación y el tiempo de respuesta medido entre el instante en que se produce una falla en el ascensor y el momento en que el técnico de turno es menor o no supera los 3 minutos en condiciones de máxima carga. Las mediciones obtenidas en la prueba permiten concluir con satisfacción que se ha construido un prototipo que demuestra la viabilidad técnica para el desarrollo de un producto comercial que compita con sistemas que actualmente se importa de países vecinos.

Las pruebas realizadas al prototipo instalado en el ascensor de la Universidad de las Américas UDLA, demuestra y garantiza la credibilidad de los resultados de la presente investigación, ya que los resultados de la investigación ante situaciones reales, fueron exitosos al momento de evaluar la calidad del producto de manera objetiva e independiente.

Cabe mencionar que dentro de las pruebas se detectó como única debilidad del producto el servicio de internet que a pesar de recomendar al usuario directo que contrate un servicio que ofrezca garantía y calidad este por ser un servicio prestado por terceros, limita la garantía total de la comunicación al momento de reportar el daño al técnico, ya que este proceso del prototipo está vinculado directamente al servicio de internet.

La presente investigación demuestra claramente que se puede construir un producto comercial para el monitoreo de fallas del ascensor en tiempo real, sin embargo se debe realizar un estudio de mercado para establecer la viabilidad comercial del producto.

## 5.2 Recomendaciones

Es necesario realizar más pruebas en un mayor número de ascensores y de diferentes marcas para garantizar que los resultados de la presente investigación sirvan como base para la creación de un producto comercial que opere satisfactoriamente en diferentes equipos a fin de reducir el riesgo de la inversión en el desarrollo de un producto comercial. Los recursos de la presente investigación y el tiempo fueron limitados a pesar de aquello los resultados obtenidos satisfacen los objetivos planteados inicialmente.

La tecnología utilizada en la presente investigación puede ser aplicada en emprendimientos locales para desarrollar soluciones económicas a problemas de la ciudad como la optimización de recolección de basura. La ciudad de Quito tiene varios contenedores de basura repartidos a lo largo de la ciudad, sin embargo es necesario dotarles de un sistema de notificación cuando el contenedor se encuentre lleno, para optimizar la ruta del camión recolector reduciendo así costos de operación y tiempo; mejorando de esta manera la calidad del servicio al ciudadano.

La realización de las pruebas integrales del prototipo en un ascensor real implica un riesgo con las tarjetas electrónicas del control principal, es necesario solicitar la autorización al administrador del edificio y a la compañía de ascensores.

El equipo de investigación en la tesis debe estar conformado por una persona de ingeniería y otra del área comercial para lograr el diseño de un producto o servicio con excelentes características técnicas y con un nicho de mercados claramente identificados.

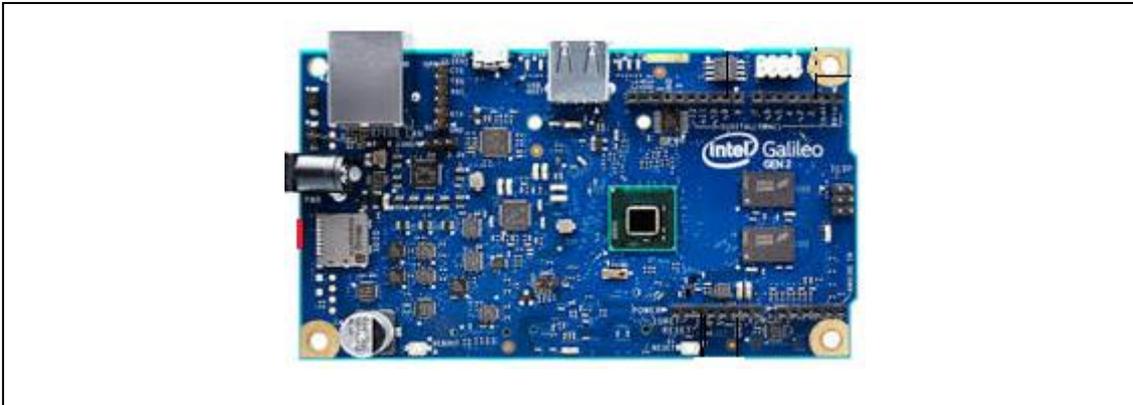
## REFERENCIAS

- Android. (s.f.). *Análisis de distribución en el mercado (android)*. Recuperado el 22 de Octubre de 2015, de <https://developer.android.com/about/dashboards/index.html>
- Apple. (s.f.). *Análisis de distribución en el mercado (Apple)*. Recuperado el 22 de Octubre de 2015, de <https://developer.apple.com/support/app-store/>
- Arduino. (s.f.). *Características de la tarjeta microcontroladora Galileo Gen 2*. Recuperado el 27 de Febrero de 2016, de <http://www.arduino.cc/en/ArduinoCertified/IntelGalileoGen2>
- Arduino. (s.f.). *Introducción a Galileo Intel Gen2*. Recuperado el 27 de Febrero de 2016, de <https://www.arduino.cc/en/Guide/IntelGalileoGen2#toc1>
- COHECO. (2004). *Construction Manual* (Vols. C-7-C3200). Japón.
- Data Prius. (s.f.). *Servicios en la nube*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2015, de <http://blog.dataprius.com/index.php/2015/04/08/servicios-en-la-nube-si-algo-es-gratis-el-producto-eres-tu/>
- Firebase. (s.f.). *Firebase*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2015, de <https://www.firebase.com/>
- Firebase. (s.f.). *Firebaseapp.com*. Recuperado el 3 de Agosto de 2015, de <https://ascensor.firebaseio.com/#/app/cliente>
- Makezine. (s.f.). *Comparación de las diferentes tarjetas microcontroladoras*. Recuperado el 12 de Abril de 2016, de <http://makezine.com/2013/04/15/arduino-uno-vs-beaglebone-vs-raspberry-pi/>
- Mouser. (s.f.). *Comparación de las diferentes tarjetas microcontroladoras*. Recuperado el 12 de Abril de 2016, de <http://www.mouser.com/applications/open-source-hardware-galileo-pi/>
- Phillip A., Laplante and Seppo J. Ovaska. (2012). *the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.* Published 2012 by John Wiley & Sons, Inc.

- Ruiz, G. (2009). *Electrónica Básica para Ingenieros*, Avda. de los Castros, s/n Santander, España: Ediciones de la Universidad de Cantabria.
- S. Sitharama Iyengar, Nandan Parameshwaran, Vir V. Phoha, N. Balakrishnan, Chuka D. Okoye (2011). *Ingeniería Fundamentals of Sensor Network Programming*: Editorial A. John Willey & Sons.
- Tarifa, A., Del Risco, A., y Cruz, J. (2012). *Modulador-Demodulador ASK con codificación Manchester implementado en un microcontrolador PIC*. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 33(3), 63-69.
- Tedesco, C. (2011). *Ascensores electrónicos y variadores de velocidad*. Francisco Etchelecu.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Tarjeta micro controladora que se utilizó para el funcionamiento del sistema



## Anexo 2. Código Fuente realizado en el IDE de Arduino

```
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>

//ACTUALIZA REGISTRO
int Boton = 2;
String sCmd="curl -k -X PUT -d
String sCampo = " 'true' ";
String sURL = "https://ascensor.firebaseio.com/ascensor/\-
JbX9wKJvCprnAzxAco/entrada_01.json";
String sCmdActualiza=sCmd + sCampo + sURL;
String sMonitorSerial=" > /dev/ttyGS0";
String sMonitoreo = sCmdActualiza + sMonitorSerial;
char cmd_char[1024];
int estado =0;//

// CONFIGURAR LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL GALILEO
void setup() {
  //Serial.begin(115200);
  pinMode(Boton, INPUT); // la entrada 2 donde se conectara el boto
```

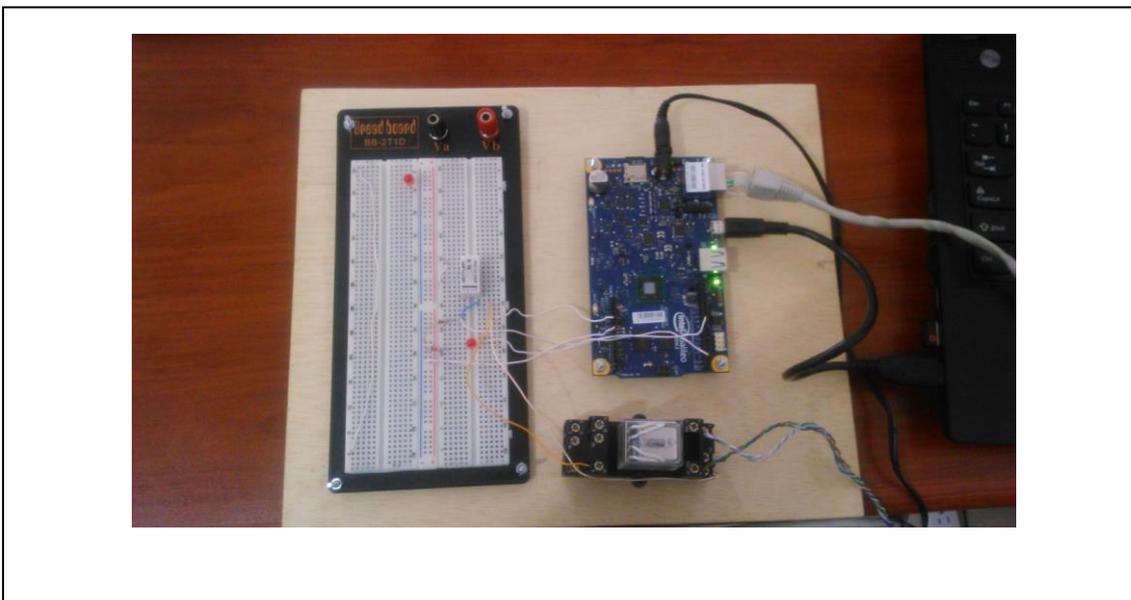
```
pinMode(9, OUTPUT);
delay(3000);
}
void loop() {
memset((void *)cmd_char, sizeof(cmd_char), 0);
sCmdActualiza.toCharArray(cmd_char, sizeof(cmd_char), 0);
estado= digitalRead(Boton);
if(estado == HIGH) {
digitalWrite(9, HIGH);
system(cmd_char);
//Serial.println(cmd_char);
delay(3000);
digitalWrite(9, LOW);
estado=LOW;
}
else {
digitalWrite(9, LOW); }
}
```



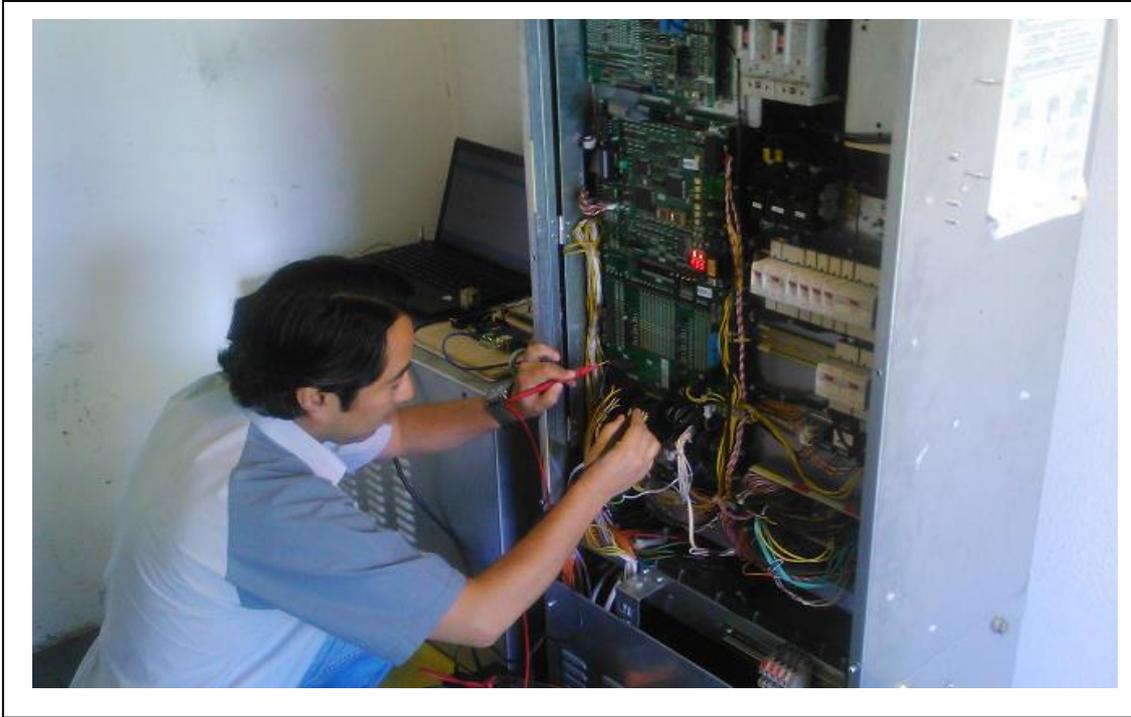
**Anexo 3. Control de un ascensor Mitsubishi serie VFGL en el que se realizaron las pruebas de funcionamiento.**



**Anexo 4. Pruebas iniciales del circuito electrónico encendido de led y activación del contacto del relay.**



**Anexo 5. Revisión de voltajes en el control antes de las pruebas en el ascensor de la Universidad de las Américas Udla sede Granados.**



**Anexo 6. Pruebas del prototipo activando los circuitos de seguridades del ascensor, se comprobó el tiempo de respuesta menor a 3 minutos y se activaron físicamente cada uno de los dispositivos.**



**Dispositivo de seguridad Gobernador**



**Dispositivo de seguridad switch de RUN – STOP sobre cabina**



**Dispositivo de seguridad límite superior**



**Dispositivo de seguridad límite inferior**



**Dispositivo de seguridad Safety bajo cabina del ascensor**

**Anexo 7. Pruebas en el ascensor de la Universidad de las Américas Udla sede Granados con UPS desconectando los disyuntores principales de luz en el ascensor.**



**Anexo 7. Pruebas con circuito electrónico en el ascensor de la Universidad de las Américas**

