



TRABAJO DE FIN DE GRADO
GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

Observatorio Remoto: un cliente INDI para Android

Autor

Jaime Torres Benavente

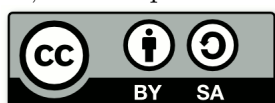
Tutor

Dr. Sergio Alonso Burgos



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE
TELECOMUNICACIÓN

Granada, 10 de septiembre de 2015



Observatorio Remoto: un cliente INDI para Android

Jaime Torres Benavente

Yo, **Jaime Torres Benavente**, alumno de la titulación **Grado en Ingeniería Informática** de la **Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación de la Universidad de Granada**, autorizo la ubicación de la siguiente copia de mi Trabajo Fin de Grado (*Observatorio Remoto: un cliente INDI para Android*) en la biblioteca del centro para que pueda ser consultada por las personas que lo deseen.

Además, este mismo trabajo es realizado bajo licencia **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0** (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), dando permiso para copiarlo y redistribuirlo en cualquier medio o formato, también de adaptarlo de la forma que se quiera, pero todo esto siempre y cuando se reconozca la autoría y se distribuya con la misma licencia que el trabajo original. El documento en formato **LaTeX** así como el código del proyecto se puede encontrar en el siguiente repositorio de **GitHub**: <https://github.com/torresj/indi-android-ui>.

Fdo: Jaime Torres Benavente

Granada, a 10 de septiembre de 2015

D. Dr. Sergio Alonso Burgos, profesor del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Granada.

Informa:

Que el presente trabajo, titulado *Observatorio Remoto: un cliente INDI para Android*, ha sido realizado bajo su supervisión por **Jaime Torres Benavente**, y autoriza la defensa de dicho trabajo ante el tribunal que corresponda.

Y para que conste, expide y firma el presente informe en Granada a 10 de septiembre de 2015.

El tutor:

Dr. Sergio Alonso Burgos

Agradecimientos

A mi familia porque gracias a ellos soy como soy.

A mis amigos porque sin ellos no habría podido llegar hasta aquí

A mi tutor **Dr. Sergio Alonso Burgos**, por aguantarme durante tantos meses con una paciencia infinita.

Índice general

| | |
|---|-----------|
| 1. Resumen | 1 |
| 1.1. Breve resumen y pabras clave | 1 |
| 1.2. Extended abstract and key words | 3 |
| 2. Introducción | 5 |
| 2.1. La Astronomía | 5 |
| 2.2. Instrumental Astronómico | 8 |
| 2.2.1. Telescopios | 8 |
| 2.2.2. Cámaras CCD | 9 |
| 2.2.3. Monturas | 11 |
| 2.2.4. Rueda portafiltros | 13 |
| 2.2.5. Enfocadores | 14 |
| 2.2.6. Cúpulas | 15 |
| 2.2.7. Ópticas activas/adaptativas | 15 |
| 2.2.8. Estaciones meteorológicas | 17 |
| 2.3. Control de dispositivos astronómicos | 19 |
| 2.4. INDI | 20 |
| 2.4.1. Breve introducción a INDI | 20 |
| 2.4.2. Drivers, Servidores y Clientes INDI | 21 |
| 2.4.3. Abstracción de los Dispositivos | 22 |
| 2.4.4. Ejemplo de Abstracción de un Dispositivo | 23 |
| 2.4.5. INDI for Java | 24 |
| 2.5. Dispositivos Móviles | 25 |
| 2.5.1. iOS | 25 |
| 2.5.2. Android | 26 |
| 3. Objetivos | 29 |
| 3.1. Alcance de los objetivos | 31 |
| 3.2. Interdependencia de los objetivos | 31 |
| 4. Planificación | 33 |
| 4.1. Fases | 33 |
| 4.2. Estimación de tiempos | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 4.3. Recursos humanos | 35 |
| 4.4. Presupuesto | 36 |
| 4.5. SCRUM | 36 |
| 4.6. Temporización | 38 |
| 5. Análisis | 41 |
| 5.1. Análisis de requisitos | 41 |
| 5.1.1. Requisitos funcionales | 41 |
| 5.1.2. Requisitos no funcionales | 42 |
| 5.2. Casos de uso | 42 |
| 5.2.1. Descripción de actores | 42 |
| 5.2.2. Descripción casos de uso | 43 |
| 5.3. Diagramas de casos de uso | 68 |
| 6. Diseño | 69 |
| 6.1. Diseño de clases | 69 |
| 6.1.1. Diseño de las actividades de Android | 70 |
| 6.1.2. Diseño del cliente INDI | 72 |
| 6.1.3. Diseño de las clases manejadoras de propiedades | 74 |
| 6.1.4. Diseño de las clases manejadoras de dispositivos | 76 |
| 6.2. Diseño de las interfaces de usuario | 76 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| 2.1. Telescopio (https://josevicentediaz.files.wordpress.com). | 8 |
| 2.2. Cámara CCD (http://www.lunatico.es/). | 10 |
| 2.3. Montura (http://astrofacil.com/). | 12 |
| 2.4. Rueda portafiltros (http://www.lunatico.es/). | 13 |
| 2.5. Enfocador (http://nimax-img.de/). | 14 |
| 2.6. Cúpula (http://cesar-programme.cab.inta-csic.es/). | 15 |
| 2.7. Óptica adaptativa (https://www.valkanik.com). | 16 |
| 2.8. Estación meteorológica (http://www.depositohidrografico.com/). | 18 |
| 2.9. ASCOM Standard (http://ascom-standards.org/). | 19 |
| 2.10. INDI Client (http://www.indilib.org/). | 21 |
| 2.11. INDI Server (http://www.indilib.org/). | 21 |
| 4.1. Proceso de desarrollo Scrum (http://www.qasoluciones.es/metodologia/agile). | 37 |
| 4.2. Diagrama de Gantt inicial | 38 |
| 4.3. Diagrama de Gantt final | 39 |
| 4.4. Diagrama de Gantt con las iteraciones | 40 |
| 4.5. Diagrama de Gantt con las iteraciones finales | 40 |
| 5.1. Diagrama de casos de uso. | 68 |
| 6.1. Diagrama de clases de la actividad front | 70 |
| 6.2. Diagrama de clases de la actividad principal | 72 |
| 6.3. Diagrama de clases asociadas a INDI | 74 |
| 6.4. Diagrama de clases asociadas a los manejadores de propiedades | 75 |
| 6.5. Diagrama de clases asociadas a los manejadores de dispositivos | 76 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| 5.1. CU-1. Añadir nueva conexión. | 43 |
| 5.2. CU-2. Editar una conexión. | 44 |
| 5.3. CU-3. Borrar conexiones. | 45 |
| 5.4. CU-4. Editar los ajustes. | 46 |
| 5.5. CU-4. Conectarse a un servidor. | 47 |
| 5.6. Curso alternativo de CU-5. Conectarse a un servidor. | 47 |
| 5.7. CU-6. Desconectarse de un servidor. | 48 |
| 5.8. CU-7. Salir de la aplicación. | 49 |
| 5.9. CU-8. Mostrar dispositivo. | 50 |
| 5.10. CU-9. Cambiar vista de dispositivo. | 51 |
| 5.11. CU-10. Editar una propiedad <i>text</i> | 52 |
| 5.12. Curso alternativo de CU-10. Editar una propiedad <i>text</i> | 52 |
| 5.13. CU-11 Editar una propiedad <i>number</i> | 53 |
| 5.14. Curso alternativo de CU-11. Editar una propiedad <i>number</i> | 53 |
| 5.15. CU-12 Editar una propiedad <i>switch</i> | 54 |
| 5.16. Curso alternativo de CU-12. Editar una propiedad <i>switch</i> | 54 |
| 5.17. CU-13 Editar una propiedad <i>blob</i> | 55 |
| 5.18. Curso alternativo de CU-13. Editar una propiedad <i>blob</i> | 55 |
| 5.19. CU-14 Editar una propiedad <i>connection</i> | 56 |
| 5.20. CU-15 Editar una propiedad <i>abort</i> | 57 |
| 5.21. CU-16 Guardar un <i>blob</i> | 58 |
| 5.22. Curso alternativo de CU-16. Guardar un <i>blob</i> | 58 |
| 5.23. CU-17 Mostrar un <i>blob</i> | 59 |
| 5.24. Curso alternativo de CU-17. Mostrar un <i>blob</i> | 59 |
| 5.25. CU-18. Ver el log. | 60 |
| 5.26. CU-19. Ocultar una propiedad. | 61 |
| 5.27. Curso alternativo de CU-19. Ocultar una propiedad. | 61 |
| 5.28. CU-20. Mostrar una propiedad. | 62 |
| 5.29. CU-21. Activar la visibilidad de todas las propiedades ocultas. | 63 |
| 5.30. CU-21. Desactivar la visibilidad de todas las propiedades ocultas. | 64 |
| 5.31. CU-23. Expandir un grupo. | 65 |
| 5.32. CU-24. Contraer un grupo. | 66 |

| | |
|---|----|
| 5.33. CU-25. Iniciar la aplicación. | 67 |
|---|----|

Índice de fragmentos de código

Capítulo 1

Resumen

1.1. Breve resumen y pabras clave

Palabras clave: *móvil, android, atronomía, hardware astronómico, control, INDI, software libre.*

El objetivo principal de este proyecto es crear una aplicación móvil para controlar y monitorizar diferentes dispositivos astronómicos.

Los avances tecnológicos de la última década han provocado la aparición de un hardware cada vez más sofisticado para usar en las actividades astronómicas. Todo esto unido al desarrollo de los dispositivos móviles y la conectividad a través de internet, han abierto un amplio abanico de posibilidades en un sector que busca la estandarización para permitir controlar cualquier dispositivo remotamente y que sea indendiente del hardware concreto.

Actualmente podemos encontrar esfuerzos por implantar estándares para el control de dispositivos astronómicos. Uno de ellos es ASCOM, desarrollado bajo la plataforma *Windows* y diseñado para controlar los dispositivos conectándolos a un ordenador. Para los objetivos de este proyecto, ASCOM no es una opción óptima ya que no está pensado para acceder remotamente, recurriendo a soluciones como el “escritorio remoto” de *windows*.

Sin embargo existen soluciones de código abierto y multiplataforma como **INDI**.

INDI consiste a su nivel más básico en un protocolo que permite el control, automatización, obtención de datos e intercambio de los mismos entre distintos dispositivos hardware y programas cliente. La idea subyacente en el protocolo INDI es desacoplar aspectos específicos del hardware que se controla de tal manera que cambios en el hardware no impliquen necesariamente

cambios en el software (cosa que ocurre en sistemas más habituales donde el frontend software está fuertemente acoplado con el backend hardware).

Por otro lado, el gran auge de las tecnologías móvil, y en concreto de la plataforma **Android**, enmarcan el proyecto en un contexto ideal para poder conseguir el principal objetivo del proyecto, **crear una aplicación móvil para el control de instrumental astronómico**.

Además de crear una aplicación útil y fácilmente usable, basándonos en la filosofía del software libre y de mejora del software a través de terceros, se ha diseñado parte de la aplicación específicamente para facilitar la incorporación de nuevas vistas para dispositivos y propiedades. Se han definido las vistas por defecto que son transparentes a los tipos de propiedades y a los tipos de dispositivos. No obstante, se permite que cualquier persona pueda añadir sus vistas personalizadas sin tener que conocer como está diseñada e implementada toda la aplicación.

Por último, al ser un proyecto con muchas posibilidades, se considera que tiene un gran recorrido por lo que es un desarrollo vivo, que seguirá más allá del objetivo del presente documento y cuya finalidad es adaptarse de la forma más fiable posible a las necesidades reales de los astrónomos, ya sean amateurs o profesionales.

Remote Observatory: A INDI client to Android

Jaime Torres Benavente

1.2. Extended abstract and key words

Key words: *mobile, android, astronomy, astronomical hardware, control, INDI, free software.*

The main goal of this project is to create a mobile app to control and monitor different astronomical devices (hardware).

The advances in technology in the last decades have allowed astronomers all around the world (both professionals and amateurs) to use more sophisticated hardware in their usual astronomy activities. Typical astronomical devices are electronic mounts, that allow to track stars following the exact apparent movement of the sky, CCD cameras, that allow to capture images, electronic focusers and domes, weather stations and so on. All those improvements have additionally been enhanced with the development in network technologies and particular, with the popularization of Internet: not only is now possible to plug all your astronomical devices to your computer, but you can also control them remotely. This fact is increasing the interest of many amateur astronomers that with a relatively low budget can afford to install a remote observatory. It is worth mentioning that since light pollution is a huge problem for astronomy, those remote observatories are often located quite far from the astronomers headquarters (even thousand of kilometers away, in different continents).

To date, there have been efforts to establish standards for the control and monitoring of astronomical devices. One of the most used is ASCOM. However, this standard presents several disadvantages:

It's a Windows only based solution. Its design allows complete freedom for the driver writers to develop a particular user interface for their devices, in a quite deep relation with the operating system. This fact complicates the development of network solutions for the observatory, since those interfaces cannot usually be serialized to the client computer. Encourages closed software.

To overcome those problems, astronomers using ASCOM usually rely on remote desktop software to control their remote observatories.

However, there are other different approaches to control astronomical devices that allow to overcome some of those problems. One of those approaches is INDI, a library that is used to control astronomical devices following a client / server architecture. In this way, the astronomical devices are connected to a computer (INDI server) and the INDI clients that allow the user interaction can be in another different machine. Moreover, as the INDI drivers abstract the different devices as collections of properties (numerical, textual, switches, lights and BLOBs) it is relatively easy to construct generic clients to control any INDI device, even if the device didn't exist at the time of the writing of the client. Additionally, INDI specs are open and the core INDI libraries (and many utilities, including clients and servers) are free software.

It is also important to note that controlling hardware remotely can be quite challenging. Not only you do not have direct control over the hardware (you cannot “unplug” it), but the amount of information that you have from it can be rather limited. Moreover, as weather conditions may vary quite fast (and rain, snow, wind or even direct sunlight can be very dangerous for the observatory equipment), it is necessary to have as many control resources as possible in case of emergencies.

Therefore, having a mobile app to control the equipment may ease many tasks, specially when unexpected events occur (power outages, network failures, and so on). This is the main reason of developing this project, to be able to control and monitor all your astronomical devices anywhere, at any time.

Capítulo 2

Introducción

El presente proyecto constituye un esfuerzo por unir las tecnologías móviles con la astronomía y los instrumentos astronómicos. En los siguientes apartados describiremos las distintas tecnologías o campos de estudio que se verán implicados en el desarrollo posterior:

- La astronomía.
- Instrumental astronómico.
- Control de dispositivos astronómicos.
- INDI.
- Dispositivos móviles.

2.1. La Astronomía

Desde el principio de los tiempos, el ser humano ha mirado al cielo con incertidumbre, viéndolo como una fuente inagotable de interrogantes sin resolver. En casi todas las religiones antiguas existía la “**cosmogonía**” que intentaba explicar el origen del universo, ligando este a los elementos mitológicos, dando paso esta a la “**astronomía**”:

“Ciencia que se ocupa del estudio de los cuerpos celestes del universo, incluidos los planetas y sus satélites, los cometas y meteoritos, las estrellas y la materia interestelar, los sistemas de materia oscura, estrellas, gas y polvo llamados galaxias y los cúmulos de galaxias; por lo que estudia sus movimientos y fenómenos ligados a ellos.”

(<https://es.wikipedia.org/wiki/Astronom%C3%ADa>)

La Astronomía es probablemente la más antigua de las ciencias naturales originándose en la antigüedad en casi todas las culturas humanas. Sus orígenes se pierden en prácticas religiosas de la prehistoria cuyos vestigios se encuentran en numerosos sitios arqueológicos (como Stonehenge) e incorporados todavía en la astrología una disciplina entrelazada con la astronomía y no separada de ella completamente hasta el siglo XVIII en el mundo occidental. La astronomía antigua constituyó las bases del calendario y la medida de periodos temporales como la semana el mes o el año. Los astrónomos antiguos eran capaces de distinguir entre estrellas y planetas dado que las primeras permanecen fijas en sus posiciones relativas mientras que los planetas se mueven una cantidad apreciable de espacio a lo largo de periodos relativamente cortos (Saturno el más lento de los planetas conocidos en la antigüedad describe un periodo orbital en 29 años). La Astronomía antigua culmina con el desarrollo ordenado del modelo heliocéntrico expuesto en las obras de *Ptolomeo*. Previamente *Aristarco de Samos* había medido las distancias de la Tierra a la Luna y al Sol afirmando como consecuencia de éstas que el Sol era el centro del Universo alrededor del cual giraban los demás planetas incluyendo la Tierra. Otros logros destacados de la época clásica de la astronomía fueron los conseguidos por *Hiparco* quien realizó el primer catálogo estelar y propuso un sistema de clasificación estelar en 6 magnitudes basado en la luminosidad aparente de las diferentes estrellas. La Astronomía en la Europa medieval se produce un oscurantismo en todos los campos del conocimiento incluyendo la astronomía. Ésta permanece preservada en escasas copias de tratados antiguos de la astronomía griega y romana. La astronomía observacional tan sólo se conserva en el mundo árabe.

Tycho Brahe (1546-1601) introdujo la idea de la precisión de la medida en astronomía e inventó y produjo una gran cantidad de instrumental astronómico previo al telescopio. *Galileo Galilei* (1564-1642) construyó su propio telescopio a partir de un invento holandés y lo utilizó inmediatamente en el estudio astronómico descubriendo los cráteres de la Luna, las lunas de Júpiter y las manchas solares. Sus observaciones tan sólo eran compatibles con el modelo **copernicano**. Paralelamente *Johannes Kepler* expuso sus famosas **leyes de Kepler** para el movimiento de los planetas basando su trabajo en las detalladas observaciones de *Tycho Brahe*.

Una generación más tarde Isaac Newton fue el primer científico que unió la Física con la Astronomía proponiendo que las mismas fuerzas que hacían caer los cuerpos sobre la Tierra causaban el movimiento de los planetas y la Luna. Utilizando su Ley de la gravedad las leyes de Kepler resultan inmediatamente explicadas. Newton también descubrió que la Luz blanca del Sol está descompuesta en diferentes colors, un hecho importantísimo para el futuro desarrollo de la astronomía.

La **astronomía** es una de las pocas ciencias en las que los aficionados aún pueden desempeñar un papel activo, especialmente en el descubrimiento y seguimiento de fenómenos. Es por ello que existe una gran variedad de **herramientas e instrumental astronómico** que permiten a cualquier persona observar el universo.

2.2. Instrumental Astronómico

Existe una gran variedad de **instrumental astronómico** en la actualidad. A continuación se describen las familias más importantes.

2.2.1. Telescopios

“El telescopio es un instrumento óptico que permite ver objetos lejanos con mucho más detalle que a simple vista al captar radiación electromagnética, tal como la luz.”

(<https://es.wikipedia.org/wiki/Telescopio>)



Figura 2.1: Telescopio (<https://josevicentediaz.files.wordpress.com>).

Hace cuatro siglos nació un invento que habría de redefinir nuestro lugar en el universo. Tachado en su momento como el instrumento más diabólico de la historia, el telescopio sacudió la sociedad hasta las raíces. Al alzar los ojos al cielo nos convencimos de que éramos el centro de la creación, y había

razones para ello: desde nuestra perspectiva, todo parece girar en torno a la Tierra

Los fabricantes de vidrio sabían desde la antigüedad que una esfera de vidrio podía aumentar imágenes, pero tuvieron que pasar siglos antes de que alguien ensamblara dos lentes en un tubo y mirara a través de ellas. Señalar la fecha, lugar y autor exactos de su invención es controvertido. Los holandeses se inclinan por el 2 de octubre de 1608, el día en que *Hans Lippershey* patentó un instrumento llamado **kijker**, que significa mirador. Un moledor de vidrio holandés aseguraba haber inventado un aparato similar, pero el primero en patentarlo fue *Lippershey*. Como era alemán, vivía en Holanda y registró la patente en Bélgica, más de un país ha pugnado por el honor de su autoría. Sin embargo, como dijo *Darwin*:

“en la ciencia el crédito es del que convence al mundo y no del primero en tener la idea”
(**Charles Darwin**)

Por eso la gloria se la llevó Italia, ya que fueron las mejoras que introdujo *Galileo* las que permitieron usar el aparato como instrumento astronómico. El diseño de *Galileo* consistía en una lente convexa para el objetivo y otra cóncava en el ocular. En 1611 el alemán *Johannes Kepler* fue el primero en usar dos lentes convexas que enfocaban los rayos en un mismo punto. La configuración de *Kepler* aún se usa en binoculares y cámaras fotográficas modernas y es la base del telescopio refractor.

Tras la muerte de *Galileo*, fue *Isaac Newton* quien nos dio una nueva imagen del universo que sobrevivió 250 años hasta la llegada de *Albert Einstein*.

“Si he logrado ver más lejos ha sido porque me he subido a hombros de gigantes”
(**Isaac Newton**)

Y así, sobre la herencia de *Galileo*, *Newton* inventó el **telescopio reflector**, que es la base de los actuales. La innovación consistía en usar espejos en lugar de lentes para enfocar la luz y formar imágenes. Entonces el universo se nos abrió en todo su esplendor.

2.2.2. Cámaras CCD

Un dispositivo de carga acoplada (en inglés **Charge-Coupled Device**, conocido también como **CCD**), es un circuito integrado que contiene un número determinado de condensadores enlazados o acoplados. Bajo el control de un circuito interno, cada condensador puede transferir su carga



Figura 2.2: Cámara CCD (<http://www.lunatico.es/>).

eléctrica a uno o a varios de los condensadores que estén a su lado en el circuito impreso.

El **CCD** se inventó a finales de los 60 por investigadores de **Bell Laboratories**. Originalmente se concibió como un nuevo tipo de memoria de ordenador pero pronto se observó que tenía muchas más aplicaciones potenciales tales como el proceso de señales y sobretodo la captación de imagen, esto último debido a la sensibilidad a la luz que presenta el silicio.

El sensor **CCD** de una cámara digital es como el motor de un coche, es la pieza principal. En su forma más elemental, el **CCD** es como un ojo electrónico que recoge la luz y la convierte en una señal eléctrica. Tienen dos diferencias básicas con los fotomultiplicadores:

Los sensores **CCD** son de menor tamaño y están contruidos de semiconductores lo que permite la integración de millones de dispositivos sensibles en un solo chip. La eficiencia cuántica de los **CCD** (sensibilidad) es mayor para los rojos. Los fotomultiplicadores son más sensibles a los azules.

Físicamente, un **CCD** es una malla muy empaquetada de electrodos de polisilicio colocados sobre la superficie de un chip. Al impactar los fotones sobre el silicio se generan electrones generados que pueden guardarse temporalmente. Periódicamente se lee el contenido de cada pixel haciendo que los electrones se desplacen físicamente desde la posición donde se originaron (en la superficie del chip), hacia el amplificador de señal con lo que se genera una corriente eléctrica que será proporcional al número de fotones que llegaron al pixel. Para coordinar los periodos de almacenamiento (tiempo de exposición) y vaciado del pixel (lectura del pixel) debe existir una fuente eléctrica externa que marque el ritmo de almacenamiento-lectura: el reloj del sistema. La forma y amplitud de reloj son críticas en la operación de lectura del contenido de los pixeles.

Al tratarse el **CCD** de un dispositivo semiconductor, técnicamente es posible implementar en él todas las funciones electrónicas de un sistema de captación de imagen, pero esto no es rentable económicamente y por tanto se implementa en otros chips externos al **CCD**: la mayoría de **CCD** de cámaras tienen varios chips (de tres a ocho).

La necesidad de usar chips distintos implica dos desventajas importantes; la necesidad de voltajes múltiples de abastecimiento de los chips y un gran consumo de potencia de todo el sistema electrónico.

2.2.3. Monturas

La montura de un telescopio es la parte mecánica que une el trípode o base al instrumento óptico. Existen varios tipos de monturas, algunas muy simples, otras mas complejas, incluso con correctores electrónicos y dispositivos de localización y seguimiento muy sofisticados (sistemas **GOTO**)

La montura tiene como objetivo proveer de movimiento controlado al telescopio. Es muy importante la firmeza y suavidad de los movimientos, para que la observación sea confortable y las astrofotografías perfectas. Las monturas se clasifican en dos grandes grupos, según los planos de referencia que utilicen (coordenadas).

La más simple es la montura altacimutal, que realiza movimientos horizontales y verticales (acimut y altura, respectivamente). Este tipo de diseño lo traen incorporados los telescopios pequeños, por lo general telescopios



Figura 2.3: Montura (<http://astrofacil.com/>).

refractores de uso terrestre, dado que su uso es simple, y también varios modelos de equipos automatizados (sistemas **GOTO**)

Le sigue la montura ecuatorial, que utiliza como plano fundamental el ecuador celeste (proyección del ecuador terrestre). Este diseño usa las coordenadas ecuatoriales, ascensión recta (A.R. o R.A.) y declinación (Dec.), que son proyecciones de las coordenadas terrestres longitud y latitud, respectivamente, sobre la esfera celeste.

Existen varios tipos de monturas basados en los dos diseños fundamentales anteriores. La montura **Dobson** por ejemplo (suelen llamarse telescopios *dobsonianos* a los que la poseen), es un modelo basado en la altacimutal, sin trípode y un telescopio de diseño newtoniano como instrumento de observación. Es muy utilizado por los que desean una gran apertura en reflectores,

por ejemplo los que se construyen su propio espejo y no quieran tener grandes gastos en monturas sofisticadas.

2.2.4. Rueda portafiltros

La rueda porta-filtros consiste en un cuerpo, generalmente de aluminio, que en su interior puede alojar varios filtros, normalmente de 1,25" de diámetro. Lo aconsejable es que tenga, al menos, 4 huecos para filtros si queremos hacer astrofotografía con cámaras CCD blanco y negro, puesto que vamos a necesitar el azul, rojo y verde (RGB) y, posiblemente, un filtro para infrarrojos.

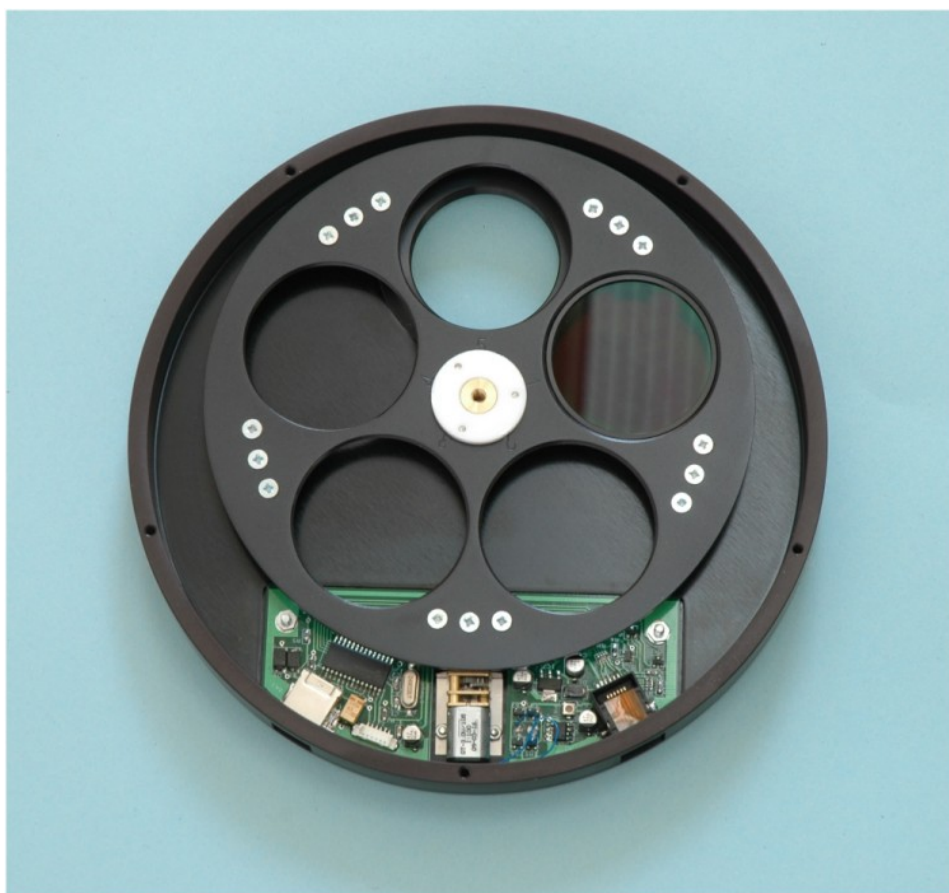


Figura 2.4: Rueda portafiltros (<http://www.lunatico.es/>).

2.2.5. Enfocadores

El **enfocador** es una pieza fundamental del telescopio. Nos permitirá ver las imágenes formadas tras la reflexión de la luz en el espejo primario y su desviación por el espejo secundario. Para verlas necesitaremos un juego de oculares. La longitud focal de los oculares combinada con la longitud focal de nuestro telescopio nos dará el número de aumentos total del sistema. Dichos oculares están montados en el **enfocador**, un dispositivo móvil que permitirá mover la posición vertical del ocular para enfocar adecuadamente la imagen.



Figura 2.5: Enfocador (<http://nimax-img.de/>).

Un ejemplo de enfocador son los de tipo **Crayford** y los **rack and pinion**.

2.2.6. Cúpulas

Las **cúpulas** son recintos cerrados mas o menos grandes que nos permiten albergar y proteger el instrumental astronómico. De esta forma, las **cúpulas** pueden ser abiertas o cerradas para exponer los instrumentos en el momento de las observaciones.

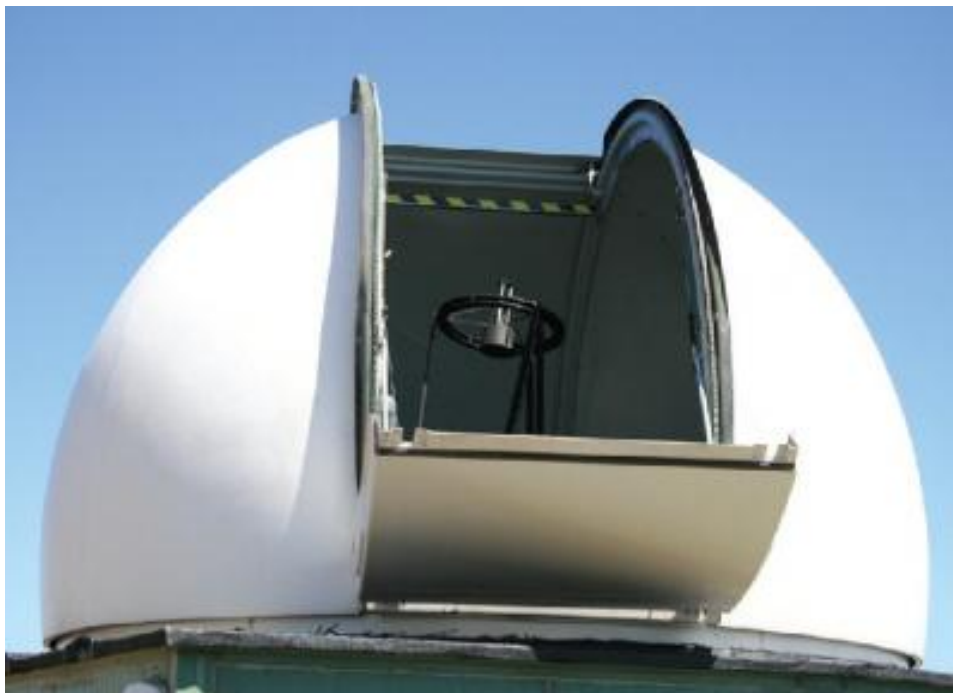


Figura 2.6: Cúpula (<http://cesar-programme.cab.inta-csic.es/>).

2.2.7. Ópticas activas/adaptativas

La **óptica adaptativa** es una técnica que permite corregir las perturbaciones más importantes que sufren las imágenes astronómicas debido a la atmósfera terrestre. Con este sistema es posible obtener imágenes más nítidas o de mejor resolución espacial. La diferencia que introduce esta técnica es comparable a la que existe entre mirar un objeto situado en el fondo de una piscina con agua o sin agua.

Las posibilidades que la óptica adaptativa ofrece a la astronomía son espectaculares. Eliminar las perturbaciones producidas por la atmósfera equivale esencialmente a observar desde el espacio. Las perturbaciones atmosféricas causan una pérdida en nitidez o resolución espacial. Esta pérdida se



Figura 2.7: Óptica adaptativa (<https://www.valkanik.com>).

traduce, por un lado, en una disminuida capacidad para resolver objetos, es decir, para realizar estudios detallados de su morfología. Por otro lado, influye también en la capacidad de detectar objetos débiles, dado que la imagen se dispersa en puntos de luz mayores.

La mejora que introduce la óptica adaptativa se puede cuantificar utilizando la relación entre el tamaño del telescopio y el tamaño de la mejor imagen que puede obtener. El poder de detección de un telescopio aumenta con el diámetro de su espejo primario y disminuye con el tamaño de la imagen que forma de un objeto puntual (de aquí la importancia de la calidad de imagen en un telescopio). Por tanto, la diferencia con un mismo espejo de 10 metros, entre conseguir enfocar imágenes de 0.4 segundos de arco (lo posible en una noche de visibilidad excelente) y una imagen de 0.04

segundos de arco, que debe ser posible con un sistema de óptica adaptativa, equivaldría a tener un espejo primario de 100 metros

2.2.8. Estaciones meteorológicas

Las **estaciones meteorológicas** son sistemas compuestos por un “*data logger*” y un conjunto de sensores que nos proporcionan datos de las distintas magnitudes meteorológicas, tales como la temperatura, humedad, presión barométrica, etc... permitiéndonos generar modelos a partir de los cuales conocer la situación climática y su posible evolución.

Gracias a los datos aportados por las **estaciones meteorológicas**, podemos conocer la climatología en el momento de realizar observaciones astronómicas. De esta forma podemos decidir si las condiciones son óptimas, o incluso decidir si debemos cerrar la cúpula para evitar daños en los instrumentos por lluvias o similar.



Figura 2.8: Estación meteorológica (<http://www.depositohidrografico.com/>).

2.3. Control de dispositivos astronómicos

Actualmente existen diversas formas de controlar los dispositivos astronómicos pero la mayoría presenta los mismos inconvenientes:

- Normalmente se controlan los dispositivos directamente.
- Se conecta el dispositivo a un PC y se trabaja desde él.
- Se utilizan herramientas para el control remoto como el “escritorio remoto”.

Por otro lado, existen estándares como el de **ASCOM** para instrumental astronómico. Con él, se intenta crear una capa entre los programas para controlar dispositivos astronómicos y los propios dispositivos. **ASCOM** solo puede utilizarse en sistemas *Microsoft Windows*. Su diseño tiene una relación bastante profunda con el sistema operativo lo cual dificulta el desarrollo basado en red.

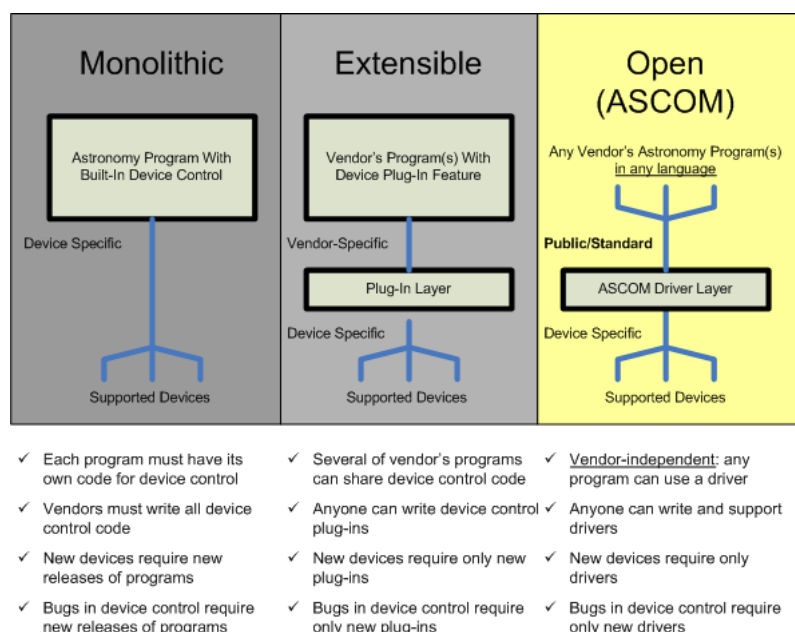


Figura 2.9: ASCOM Standard (<http://ascom-standards.org/>)

2.4. INDI

“The Instrument Neutral Distributed Interface (INDI) Library is a cross-platform software designed for automation control of astronomical instruments. It supports a wide variety of telescopes, CCDs, focusers, filter wheels..etc, and it has the capability to support virtually any device. INDI is small, flexible, easy to parse, and scalable. It supports common DCS functions such as remote control, data acquisition, monitoring, and a lot more. With INDI, you have a total transparent control over your instruments so you can get more science with less time.”
(<http://indilib.org/about.html>)

El protocolo **INDI** es una plataforma software diseñada para el control de instrumental astronómico. La biblioteca **INDI** permite controlar cualquier dispositivo con un driver **INDI** mediante el paso de archivos XML. Sus principales ventajas frente a otras soluciones para el control de dispositivos son:

- Es una biblioteca ligera, flexible y escalable.
- Es de código abierto por lo que cualquiera puede ver su código y mejorarlo o crear drivers para cualquier dispositivo
- El intercambio de información es mínimo.
- Es multiplataforma.
- Separa el cliente del servidor.
- Los fabricantes comienzan a desarrollar drivers para sus dispositivos o liberan las especificaciones para que la comunidad pueda desarrollarlos.
- Existen numerosos clientes INDI como <https://edu.kde.org/kstars/>

2.4.1. Breve introducción a INDI

INDI consiste a su nivel más básico en un protocolo que permite el control, automatización, obtención de datos e intercambio de los mismos entre distintos dispositivos hardware y programas cliente. La idea subyacente en el protocolo INDI es desacoplar aspectos específicos del hardware que se controla de tal manera que cambios en el hardware no impliquen necesariamente

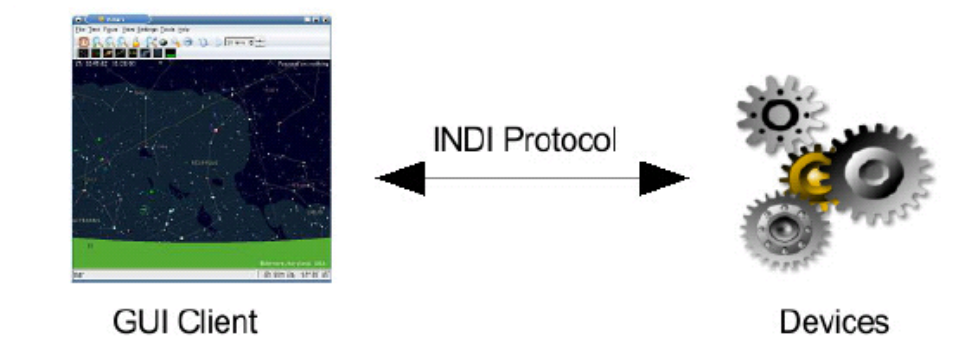


Figura 2.10: INDI Client (<http://www.indilib.org/>)

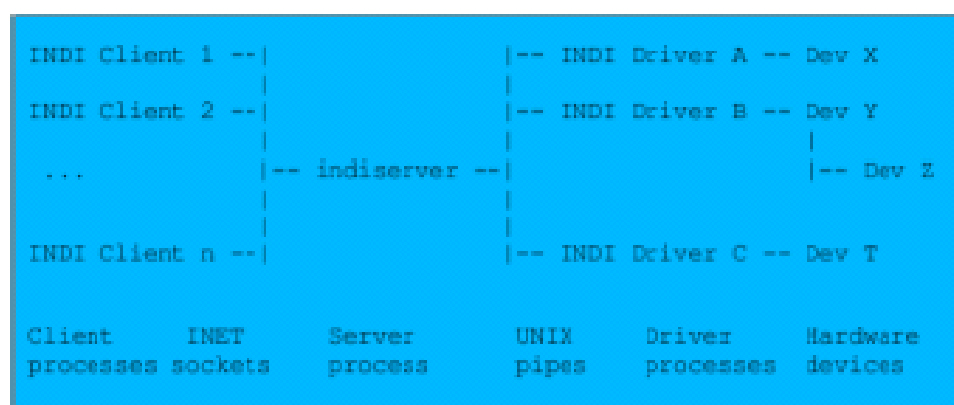


Figura 2.11: INDI Server (<http://www.indilib.org/>)

cambios en el software (cosa que ocurre en sistemas más habituales donde el frontend software está fuertemente acoplado con el backend hardware).

Para conseguir un desacople efectivo entre los clientes y el hardware se define un protocolo basado en XML que permite abstraer los dispositivos hardware como conjuntos de propiedades que pueden ser leídas, y modificadas por los clientes (siempre estableciendo las restricciones oportunas).

2.4.2. Drivers, Servidores y Clientes INDI

Pese a que nivel más básico INDI es “simplemente” una especificación de un protocolo basado en XML, a un nivel superior se distinguen tres entidades diferentes que interaccionan entre sí para tener un sistema de control plenamente funcional:

- **Drivers:** Son programas que se ejecutarán en la máquina en la que

están conectados los dispositivos hardware. Son los encargados de la comunicación directa con los dispositivos y su abstracción a propiedades INDI.

- **Servidor:** Es un programa cuya función principal es ejecutar los drivers y permitir la conexión a los mismos por parte de los clientes (funciona de un modo similar a un proxy). Normalmente reside en la máquina donde están conectados los dispositivos, aunque en principio se pueden crear estructuras de red tipo árbol de servidores. El intercambio de información entre el servidor y los drivers se realiza utilizando el protocolo INDI.
- **Cliente:** Es un programa que permite conectar con uno o más servidores y su función principal es hacer de interfaz con el usuario. Para ello conecta (usualmente a través de la red) con el servidor e intercambia información sobre los dispositivos utilizando el protocolo INDI (FIGURA 2.11). Es interesante recalcar que los clientes pueden ser de cualquier estilo: desde programas con interfaz de usuario avanzadas, hasta programas simples en línea de comandos scripts completamente automáticos que controlen o monitoricen los dispositivos.

2.4.3. Abstracción de los Dispositivos

Para conseguir abstraer los dispositivos y que puedan ser controlados o monitorizados por los clientes el protocolo INDI define las llamadas *propiedades*. Las propiedades tienen ciertas características como por ejemplo:

- **Permiso:** Las propiedades tienen uno de 3 posibles permisos:
 - **Lectura y escritura (R/W):** La propiedad puede ser leída y modificada.
 - **Solo lectura (RO)**
 - **Solo escritura (WO)**
- **Estado:** Las propiedades tienen uno de los siguientes 4 posibles estados:
 - **Ok:** Estado correcto
 - **Idle:** Estado indefinido (normalmente la propiedad aun no ha sido usada)
 - **Busy:** Está ocupada (probablemente cambiando de valor)
 - **Alert:** Ha ocurrido algún problema con la propiedad.

Al margen de esas características, hay que mencionar que las propiedades son un conjunto de usualmente uno o más elementos distintos. Es decir, una única propiedad puede agregar varios valores distintos (normalmente relacionados).

Existen 5 tipos de propiedades distintas:

- **Textuales:** Permiten manejar información textual (cadenas de caracteres).
- **Numéricas:** Permiten manejar información numérica. Estas propiedades permiten especificar los rangos de valores válidos así como el formato de visualización del número (entero, flotante, flotante exponencial o sexagesimal).
- **Luces:** Permiten manejar “señales” o luces que tienen uno de los siguientes cuatro posibles valores:
 - **Ok**
 - **Idle**
 - **Busy**
 - **Alert**
- **Switch:** Permiten manejar valores entre una lista de posibles alternativas. Permiten especificar la regla de selección de cada una de las alternativas:
 - **Una de muchas:** De todas las alternativas, una y solo una debe estar elegida.
 - **Como mucho una:** De todas las alternativas se puede elegir una o ninguna.
 - **Cualesquiera de muchas:** De todas las alternativas se pueden seleccionar cualquier numero de ella (desde ninguna a todas).
- **BLOB:** Permite manejar valores binarios (como por ejemplo datos de imagen en una cámara).

2.4.4. Ejemplo de Abstracción de un Dispositivo

Para comprender mejor el mecanismo de abstracción que aplica INDI, vamos a realizar un ejemplo sencillo de como el programador de un driver abstrae un dispositivo. Supongamos que se trata de una cámara sencilla. La especificación de la cámara dice que su funcionamiento es muy simple: Solo hace falta comunicarle por el puerto serie un comando que incluye el tiempo de exposición de la misma. Una vez mandado ese comando la cámara tomará la fotografía y devolverá los datos de la fotografía en bruto, como

un array de valores numéricos (a mayor valor, mayor intensidad luminosa del pixel).

Por tanto, para ofrecer la funcionalidad al cliente INDI, el driver define las siguientes propiedades:

- **Nombre del driver:** Tipo texto, R0. Contendrá el nombre del driver y dispositivo. No cambiará nunca.
- **Tiempo de Exposición:** Tipo numérico, R/W, entre 0 y 3600 (segundos). Por defecto 0.
- **Imagen:** Tipo BLOB, R0. Contendrá la información binaria de la imagen. En este ejemplo, será una imagen tipo PNG.

El driver, además de definir esas propiedades tendrá el siguiente comportamiento general:

- Cuando conecte un cliente mandará la información de las tres propiedades.
- Quedará a la espera de que cambie el **tiempo de exposición**.
- Cuando el cliente mande un **tiempo de exposición** nuevo, mandará el comando apropiado a la cámara para que haga la captura de la imagen y esperará a recibir los datos binarios en bruto de la misma.
- Una vez recibidos dichos datos binarios los transformará a formato PNG.
- Mandará al cliente nuevos valores para las propiedades de **tiempo de exposición** (0, para indicar que ya ha acabado la exposición) e **imagen** (con los datos binarios, el PNG).

2.4.5. INDI for Java

La biblioteca **INDI** está escrita en lenguaje **C**, pero existe una implementación realizada en Java y que se encuentra en desarrollo. En la página oficial de **INDI** <http://indilib.org/develop/indiforjava.html> podemos encontrar toda la información sobre nuevas versiones y la documentación para poder utilizarla. La principal ventaja de poder usar Java es que podemos implementar drivers y clientes con la potencia de un lenguaje Orientado a Objetos y combinarlo con otras tecnologías como los dispositivos móviles basados en la plataforma **Android**

2.5. Dispositivos Móviles

Un **dispositivo móvil** es un tipo de computadora de tamaño pequeño, con capacidad de procesamiento, con conexión a internet, con memoria, diseñados específicamente para una función pero que pueden llevar a cabo otras funciones más generales.

Los **dispositivos móviles** hoy en día están integrados en la mayoría de tareas cotidianas de una persona. La tendencia de la sociedad actual nos empuja hacia un mundo cada vez más móvil donde necesitamos estar conectado e interactuar con otros sistemas. Es por ello que la mayoría de soluciones tecnológicas, hayan sido pensadas o no para el sector de los dispositivos móviles, siempre acaba teniendo una versión para éstos.

Paralelamente a la expansión de los **dispositivos móviles**, se han creado un gran número de sistemas operativos para estos dispositivos entre los que se encuentra:

- Android.
- iOS.
- BlackBerry OS.
- Palm OS.
- Windows Mobile/Phone.
- Symbian.

Actualmente **Android** y **iOS** copan el 96.3 % del mercado¹. Por lo que nos centraremos principalmente en estos sistemas operativos (S.O.) y los **dispositivos móviles** compatibles con ellos.

2.5.1. iOS

iOS es un S.O. móvil de la compañía *Apple Inc* originalmente desarrollado para el *iPhone*² y posteriormente introducido en otros **dispositivos móviles** de la compañía como el iPod touch³ y el iPad⁴. **iOS** no puede ser instalado en hardware de terceros.

Actualmente tiene una cuota de mercado aproximadamente del 19.7 %, siendo el segundo S.O. más utilizado.

¹Fuente:<http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25450615>.

²Smartphone de la compañía Apple Inc.

³Dispositivo móvil para reproducir multimedia de la compañía Apple Inc

⁴Tablet de la compañía Apple Inc.

iOS es un sistema muy estable, diseñado para un hardware muy concreto y por tanto, muy eficiente y depurado. Pero de cara a elegirlo como una opción a la hora de desarrollar una nueva aplicación para **dispositivos móviles** se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Hay que pagar una cuota anual de 99\$ para poder publicar aplicaciones en el *Apple Store*⁵. Además si esta licencia, no podremos desarrollar aplicación y cargarla en nuestros dispositivos Apple.
- Necesitamos un MAC⁶ ya que las herramientas para el desarrollador solo pueden utilizarse en sus equipos.
- Necesitaremos conocer el lenguaje de programación **Objective-C**
- **iOS** es un sistema de código cerrado que va en contra de la filosofía del **Software Libre** y el código abierto y reutilizable.

Aunque **iOS** es un sistema muy extendido y con un gran número de usuarios, creemos que no es la mejor opción para orientar una aplicación móvil basada en **Software Libre** además de la inversión anual requerida para poder publicar una aplicación que pretendamos sea gratuita, libre y accesible a cualquier usuario.

2.5.2. Android

Android es un Sistema Operativo basado en un **núcleo Linux**⁷. Fue diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil, relojes inteligentes, televisiones inteligentes y automóviles. Inicialmente pertenecía a la compañía **Android Inc.** que posteriormente sería adquirida por **Google**. Actualmente posee la mayor cuota de mercado de aproximadamente el 76.6 %.

Los principales componentes del sistema operativo **Android** son:

- **Aplicaciones:** Todas las aplicaciones están escritas en lenguaje de programación **Java**.
- **Framework**⁸: Los desarrolladores tiene acceso completo a las mismas API's⁹ que utiliza el sistema. La arquitectura está diseñada para simplificar la reutilización de componentes.

⁵Tienda de aplicaciones de la compañía Apple Inc.

⁶Computadoras personales de la compañía Apple Inc.

⁷Sistema operativo basado en Unix

⁸Marco de trabajo para los desarrolladores

⁹Interfaz de programación de aplicaciones (Application Programming Interface)

- **Runtime de Android:** Android incluye un set de bibliotecas base que proporcionan la mayor parte de las funciones disponibles en las bibliotecas base del lenguaje **Java**. Cada aplicación Android corre su propio proceso, con su propia instancia de la máquina virtual *Dalvik*¹⁰
- **Núcleo Linux:** Android depende de Linux para los servicios base del sistema como la seguridad, la gestión de memoria, la gestión de procesos, etc. El núcleo Linux también sirve como capa de abstracción entre el hardware y el software.

Android no tiene restricciones de uso por lo que puede utilizarse en número muy extenso de dispositivos móviles. Además es un sistema parcialmente de código abierto. Está basado en Linux y la mayoría del código es abierto aunque no todo el sistema lo es.

De cara al desarrollo de aplicaciones móviles, **Android** es una opción muy recomendable por las siguientes razones:

- La arquitectura del sistema (basada en Linux, lenguaje de programación Java,...)
- La mayoría de los dispositivos móviles del mundo tienen como sistema operativo a **Android** por lo que la difusión será mayor que con otros sistemas.
- Las herramientas para desarrollar en Android son multiplataforma y gratuitas. Para poder crear y probar una aplicación solo necesitas un ordenador con cualquier sistema operativo, un dispositivo móvil con Android y descargar la herramienta para desarrolladores.
- Para poder publicar aplicaciones en *Google Play*¹¹ hay que pagar 25\$ sin tener renovarlo anualmente y sin ninguna limitación.

¹⁰Máquina virtual que utiliza la plataforma Android para ejecutar aplicaciones Java.

¹¹Tienda de aplicaciones para dispositivos Android

Capítulo 3

Objetivos

El objetivo de este proyecto es desarrollar una aplicación para la plataforma **Android** que implemente un cliente utilizando la biblioteca “**INDI for Java**” basado en el **Software Libre** y que sea fácilmente extensible.

A continuación se describen los objetivos principales a alcanzar:

- **OBJ-1.** Conseguir un cliente funcional capaz de controlar cualquier dispositivo **INDI**.
- **OBJ-2.** Poder gestionar múltiples conexiones con múltiples dispositivos simultáneamente.
- **OBJ-3.** Fácilmente extensible, permitiendo añadir vistas para propiedades y dispositivos por parte de desarrolladores ajenos al proyecto.
- **OBJ-4.** Desarrollar la aplicación bajo una licencia de código abierto fomentando la filosofía del **Software Libre** y la publicación de todo el código.

Además de los objetivos principales, se persigue alcanzar los siguientes objetivos:

- **OBJ-S-1.** Desarrollar la aplicación siguiendo los estándares actuales y las recomendaciones para la plataforma **Android**.
- **OBJ-S-2.** Facilitar la usabilidad mediante un diseño adecuado de las interfaces, adaptándola a los distintos tamaños de pantalla y personalizándolas a las propiedades estándares de **INDI**.
- **OBJ-S-3.** Desarrollar para incluir un correcto funcionamiento en el mayor número posible de versiones de **Android**, maximizando el número de dispositivos compatibles.

- **OBJ-S-4.** Añadir una versión estable en *Google Play* y publicar el *APK*¹ para poder descargarlo a través de internet.
- **OBJ-S-5.** Internacionalizar la aplicación (como mínimo en inglés y castellano).
- **OBJ-S-6.** Difusión del software a través de varios canales: google play, página oficial de **INDI** y desarrollo de una web propia.

Para la realización de los objetivos se pondrán en practica los conocimientos alcanzados en;

- **Ingeniería del software** para el análisis del proyecto.
- **Programación orientada a objetos** para la estructura y la organización del código **Java**.
- **Programación concurrente y sistemas operativos** para la gestión de las distintas hebras y la comunicación entre ellas.
- **Programación de sistemas multimedia** para poder implementar las interfaces de usuario en **Android** y poder tratar y mostrar imágenes enviadas por los dispositivos.
- **Infraestructura virtual** para poder gestionar los sistemas para realización de test y simulaciones.
- **Transmisión de datos y redes de computadores** para comprender el comportamiento del protocolo **INDI** y configurar correctamente las redes para las pruebas.
- **Diseño de Aplicaciones para Internet** para añadir código html a las interfaces de **Android** y para el desarrollo de un portal web que de difusión e información sobre la aplicación.

Por otro lado, han sido necesarios alcanzar conocimientos en otras áreas:

- **Astronomía y equipos astronómicos** para entender a los usuarios potenciales y poder acomodar la aplicación a sus necesidades.
- **Android** para conocer las herramientas que ofrece la plataforma y usar las mas adecuadas según las necesidades concretas.
- **Raspberry Pi**² para montar un servidor permanente de pruebas o acceso público para probar la aplicación

¹Paquete para el sistema operativo Android (Application Package File)

²Ordenador de placa reducida y única de bajo coste.

- **Latex**³ para la realización del presente documento y la ampliación de conocimientos para futuros textos científicos.
- **Git** para la gestión de versiones y la publicación de código abierto que permita a otros desarrolladores participar.

3.1. Alcance de los objetivos

La aplicación móvil desarrollada debe cumplir los objetivos principales para cubrir una necesidad existente. Actualmente no existe ninguna aplicación móvil basada en **INDI** para controlar dispositivos astronómicos. Con la realización del proyecto se pretende cubrir dicha necesidad, obteniendo una aplicación estable y que será mantenida y mejorada más allá de la finalización del Proyecto Fin de Grado. Se trata de un proyecto vivo y extensible en el tiempo.

La consecución de alcanzar también los objetivos secundarios tendrá un efecto directo en la difusión de la aplicación y en la satisfacción directa de los usuarios de la misma. Por ello, se comprará una licencia de desarrollador para *Google Play* y se publicará y dará difusión en distintos canales de comunicación como la página oficial **INDI** y a través de foros y páginas web.

3.2. Interdependencia de los objetivos

El principal objetivo que debe cumplir la aplicación es el *OBJ-1*, aunque todos los objetivos son independientes excepto los objetivos secundarios *OBJ-S-1*, *OBJ-S-2* y *OBJ-S-3*. Seguir los estándares y recomendaciones de la plataforma **Android** derivará en una mayor compatibilidad con versiones antiguas del sistema operativo y un diseño de la interfaz de usuario más amigable y fácil de usar.

³Sistema de composición de textos.

Capítulo 4

Planificación

4.1. Fases

El proyecto se divide en una sucesión de fases previamente establecidas que nos ayudará a estructurar, temporizar y evaluar los costes tanto económicos como humanos. Dado que el propio planteamiento del proyecto implica el uso de una serie de tecnologías como Android e **INDI**, y la necesidad de conocer el campo de la **astronomía**, se propuso el proyecto con bastante antelación ya que se preveía tener que realizar una fase de familiarización con las tecnologías y campos implicados. Esta fase es bastante extensa ya que se parte de 0.

- **Fase 0:** Planteamiento del problema.
- **Fase 1:** Familiarización con las tecnologías implicadas.
- **Fase 2:** Especificaciones del proyecto.
- **Fase 3:** Análisis y diseño.
- **Fase 4:** Implementación.
- **Fase 5:** Pruebas.
- **Fase 6:** Documentación.

4.2. Estimación de tiempos

A continuación se muestran las fases con sus actividades principales y la estimación inicial de tiempos.

■ Planteamiento del problema:

- Priemra reunión con el cliente.
- Descripción de los objetivos que se persiguen.
- Planteamiento de las posibles tecnologías.
- Estimación: 4 horas.

■ Familiarización con las tecnologías implicadas:

- Android: Generación de aplicaciones.
- Android: Generación de interfaces de usuario.
- Android: Posibles entornos para el desarrollador
- INDI: Comprensión del protocolo.
- INDI: Familiarización con la blilbioteca “*INDI for Java*”
- Familiarización con el campo de la astronomía.
- Realización de pruebas simples para estudiar la viabilidad técnica del proyecto
- Estimación: 80 horas.

■ Especificación del proyecto:

- Tecnologías elegidas. Entornos de trabajo.
- Recursos humanos.
- Presupuesto.
- Temporización.
- Estimación: 18 horas.

■ Análisis y diseño:

- Análisis de requisitos.
- Diagramas.
- Metodología de desarrollo.
- Estimación: 36 horas.

■ Implementación:

- Herramientas seleccionadas.

- Creación de una aplicación en Android para abrir y cerrar conexiones de red.
- Creación de una aplicación en Android para conectarse con un driver INDI.
- Creación de una aplicación en Android para poder listar todas las propiedades y dispositivos de una conexión INDI.
- Creación de una aplicación en Android para poder interactuar con las propiedades de los dispositivos de una conexión INDI.
- Creación de una aplicación en Android para poder gestionar varias conexiones INDI simultáneamente.
- Creación de interfaces de usuario específicas para propiedades concretas y dispositivos concretos.
- *Estimación:* 180 horas.

■ **Pruebas:**

- Pruebas de la aplicación en entornos simulados.
- Pruebas de la aplicación en entornos reales.
- *Estimación:* 30 horas.

■ **Documentación:**

- Documentación de la aplicación.
- Manual de usuario.
- Documentación del proyecto.
- Manual del desarrollador.
- *Estimación:* 30 horas.

4.3. Recursos humanos

Dado que el objetivo es demostrar las capacidades y competencias del alumno a la hora de afrontar un proyecto, el equipo de recursos humanos solo lo formará él, teniendo que afrontar todas las etapas del desarrollo del proyecto.

4.4. Presupuesto

Para el presente proyecto se tendrán en cuenta los siguientes costes:

- **Costes por hora de equipo humano:** En este caso son las horas dedicadas al proyecto por parte del alumno. Podemos ver que el total de horas dedicadas son 298 horas. si cuantificamos el precio de desarrollo por hora. Si estimamos el precio por hora en 25€ tenemos un coste de 7450€.
- **Costes asociados a licencias necesarias para publicar o desarrollar el software:** Dado que hemos elegido la plataforma **Android** y que basamos el proyecto en **Software Libre** no será necesario realizar ninguna inversión previa. Unicamente debemos tener en cuenta que para poder publicar la aplicación en *Google Play* debemos pagar 25€.
- **Costes asociados a los entornos de prueba simulados:** Para poder realizar las pruebas ha sido necesario comprar una *Raspberry Pi B+* que tiene un coste asociado de 35€. En ella se alojan los simuladores necesarios para testear las diferentes funciones del software.
- **Costes asociados a los entornos de prueba con equipos:** Los entornos de prueba simulados son limitados, por lo que para poder probar de forma completa el software es necesario adquirir instrumental astronómico. Por ello ha adquirido una montura, un telescopio básico y una cámara básica por 400€.
- **Costes asociados a la publicación y difusión a través de internet:** Para dar difusión y permitir descargar la aplicación sin tener que usar *Google Play* se ha desarrollado una página web cuyo coste anual de dominio y hosting asciende a 30€ al año.

Como puede observarse, el coste inicial del proyecto es de **7940€**

4.5. SCRUM

Hasta ahora hemos basado la planificación en una metodología de desarrollo clásica o *en cascada*. Esta metodología se basa en un conocimiento alto de los requisitos del sistema por parte del cliente y una estructura fija y previamente establecida.

Para el proyecto actual no podemos utilizar este tipo de metodología ya que el cliente no sabe con exactitud lo que quiere, dado que hay una parte de investigación asociada a la consecución del proyecto, lo cual implica la

revisión de los requerimientos a lo largo del proceso de desarrollo. Es por ello que se considera más idóneo el uso de una **metodología ágil** basada en iteraciones incrementales como **Scrum**.

En **Scrum** se realizan entregas parciales y regulares del producto final, priorizadas por el beneficio que aportan al receptor del proyecto. Por ello, **Scrum** está especialmente indicado para proyectos en entornos complejos, donde se necesita obtener resultados pronto, donde los requisitos son cambiantes o poco definidos, donde la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son fundamentales.

En **Scrum** un proyecto se ejecuta en bloques temporales cortos y fijos (iteraciones de un mes natural y hasta de dos semanas, si así se necesita). Cada iteración tiene que proporcionar un resultado completo, un incremento de producto final que sea susceptible de ser entregado con el mínimo esfuerzo al cliente cuando lo solicite.

Debida a las características descritas, se puede aplicar al proyecto dado que en cada iteración el cliente tendrá una aplicación funcional que podrá probar y comprobar si cumple con los objetivos y que nuevos requerimientos son necesarios para, de esta forma, retroalimentar el proceso de desarrollo produciendo una nueva iteración.

En la figura 5.1 podemos ver el proceso de desarrollo por iteraciones incrementales en **Scrum**.



Figura 4.1: Proceso de desarrollo Scrum (<http://www.qasoluciones.es/metodologia/agile>)

Esta metodología redefine las fases en tanto en cuanto ahora debemos repetir n veces las fases de análisis, diseño, implementación, pruebas y documentación. Las horas estimadas son las mismas ya que se repartirían entre las iteraciones. De esta forma el coste del proyecto no se ve incrementado, solo la organización de las tareas y fases de cara al desarrollo del software.

4.6. Temporización

En la figura 4.2 se muestra un diagrama de **Gantt**¹ para ilustrar la temporización de las tareas basandonos en la planificación inicial. Como puede observarse, tenemos una fase inicial de planteamiento del problema. Tras ella, pasan algunos meses debido al transcurso del cuatrimestre. Después encontramos la fase de familiarización a la que se dedican 123 días para documentarse sobre los objetivos del proyecto y los campos que iban a intervenir. A partir de aquí podemos encontrar la fase **Scrum** con 6 iteraciones mensuales con una reunión al inicio de cada una para el análisis de requerimientos y una final para la entrega de la versión implementada con el fin de comprobar si se han cumplido. Cuando se considera que el proyecto cumple todos los objetivos se finalizan las iteraciones y se pasa a la fase de cierre del proyecto, en paralelo con la difusión del software a través de una serie de canales de comunicación que se tratarán más adelante.

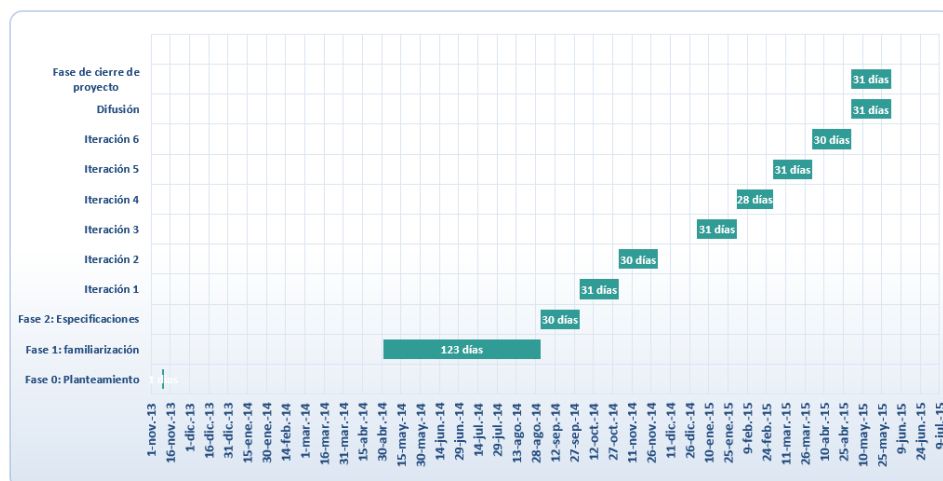


Figura 4.2: Diagrama de Gantt inicial

Aunque inicialmente se plantea una temporización basada en un número fijo de iteraciones con un periodo de un mes cada una, el proceso de desa-

¹Herramienta gráfica para mostrar la temporización de una serie de tareas

rollo hace necesario modificar los planteamientos iniciales de horas, costes y temporización. Por ello, en la figura 4.3 puede observarse una diagrama de **Gantt** con la temporización real en la que podemos ver como la fase de familiarización fue más extensa de lo previsto, debido en parte a la carga de asignaturas que impidieron dedicar más tiempo al objetivo, así como la dificultad de iniciarse en tecnologías como **Android** o **INDI**. El retraso en esta fase provocó el desplazamiento de las iteraciones. Es por ello que las dos últimas iteraciones se marcaron con una duración de 15 días para acelerar el proceso y poder entregar el proyecto en la convocatoria de septiembre. El hecho de tener que modificar una temporización planteada inicialmente es una excelente lección sobre los cálculos de tiempo y la necesidad de tener en cuenta imprevistos no tenidos en cuenta inicialmente

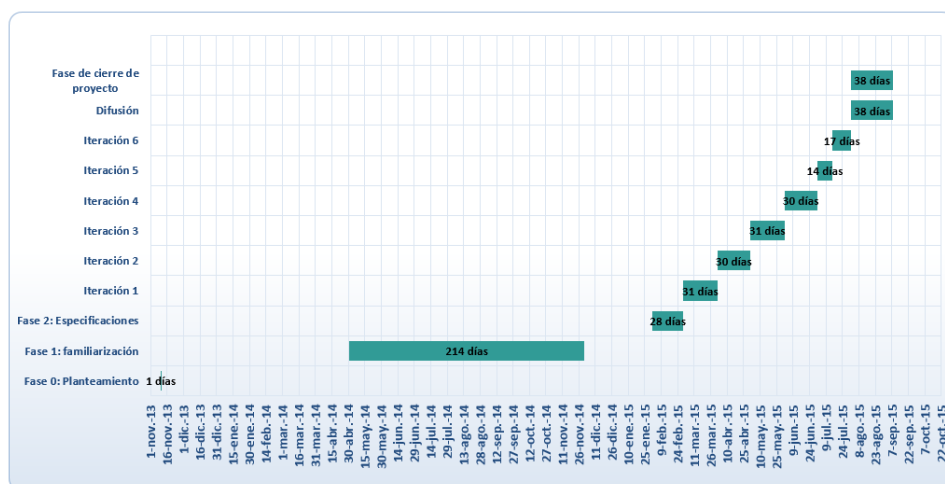


Figura 4.3: Diagrama de Gantt final

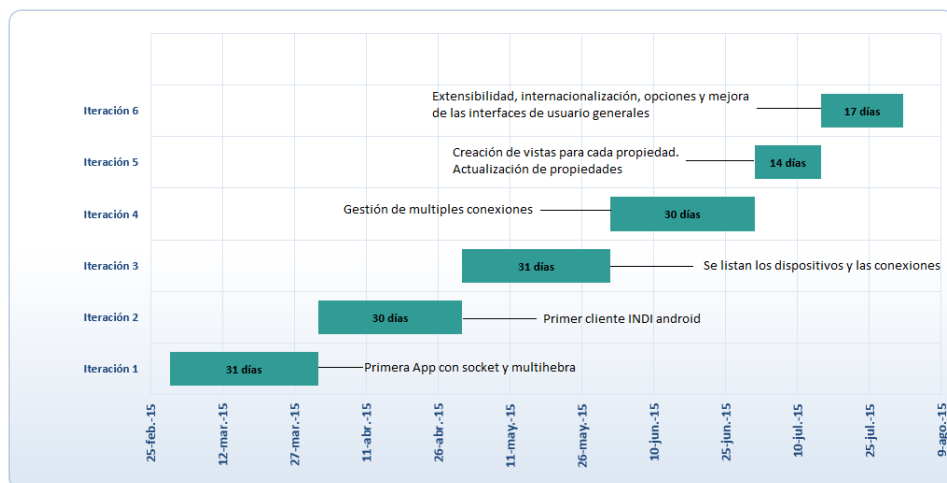


Figura 4.4: Diagrama de Gantt con las iteraciones

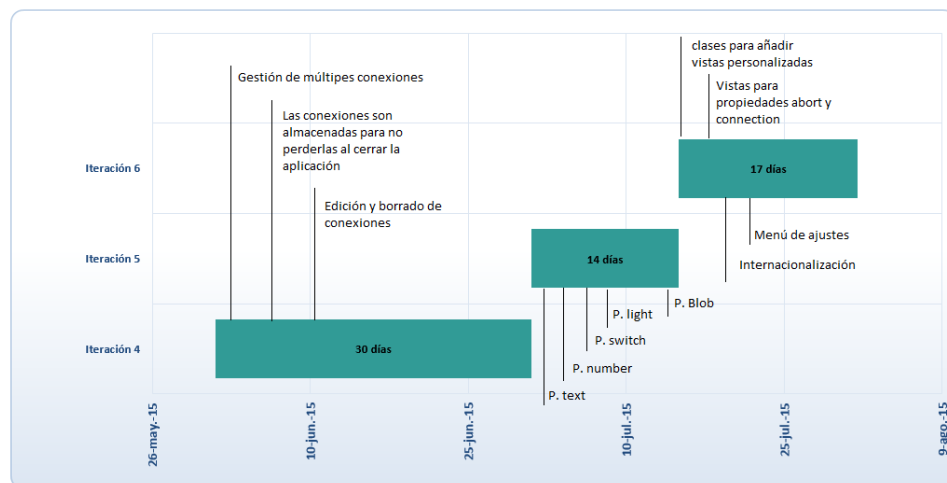


Figura 4.5: Diagrama de Gantt con las iteraciones finales

Capítulo 5

Análisis

5.1. Análisis de requisitos

El primer paso en el análisis de un desarrollo software es identificar los requisitos funcionales y no funcionales. Estos requisitos son los que deberá garantizar el producto final y son generados a partir de las entrevistas con el cliente y los objetivos marcados para el software.

Nuestra metodología es ágil basada en iteraciones incrementales por lo que los requisitos son analizados en cada iteración, pudiendo ser modificados según las necesidades.

5.1.1. Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales son las características que debe satisfacer el sistema, es decir, todas aquellas funciones que debe cumplir el producto final:

- **RF-1.** Conectarse con un servidor INDI.
- **RF-2.** Gestionar conexiones (crear, editar y borrar).
- **RF-3.** Listar todos los dispositivos de una conexión INDI.
- **RF-4.** Listar todas las propiedades de un dispositivo INDI.
- **RF-5.** Tener más de una conexión INDI simultáneamente.
- **RF-6.** Mostrar un log para cada conexión.
- **RF-7.** Agrupar las propiedades por grupos.
- **RF-8.** Editar las propiedades INDI:
 - **RF-8.1.** Propiedad Blob.

- **RF-8.2.** Propiedad Switch.
- **RF-8.3.** Propiedad Number.
- **RF-8.4.** Propiedad Text.
- **RF-8.5.** Propiedad Light.

5.1.2. Requisitos no funcionales

Los requerimientos no funcionales, como su nombre sugiere, son aquellos requerimientos que no se refieren directamente a las funciones específicas que proporciona el sistema, sino a las propiedades emergentes de éste:

- **RN-1.** Las interfaces deben seguir las recomendaciones de diseño establecidas por Android.
- **RN-2.** Se deben usar las clases y elementos de interfaz recomendados para la última versión de Android y usar las bibliotecas de compatibilidad.
- **RN-3.** Controlar la hebra principal para no sobre cargarla, creando nuevas hebras en paralelo mejorando así el rendimiento.
- **RN-4.** Crear interfaces específicas para las propiedades genéricas de INDI y para dispositivos conocidos.
- **RN-5.** Utilizar licencias libres para publicar el proyecto como Software libre
- **RN-6.** Adaptar la aplicación a distintos tamaños de pantalla.
- **RN-7.** Diseñar el software para facilitar la extensibilidad de las vistas de dispositivos y propiedades.
- **RN-8.** Internacionalización de la aplicación: Mínimo inglés y castellano.

5.2. Casos de uso

Un caso de uso es una descripción de los pasos o las actividades que deberán realizarse para llevar a cabo algún proceso. Los personajes o entidades que participarán en un caso de uso se denominan actores

5.2.1. Descripción de actores

- **Ac-1.** Usuario.
 - Descripción: Persona que utilizará la aplicación.

- Características: Es el usuario estándar de una aplicación.
- Relaciones: Ninguna.
- Atributos: Ninguno.
- Comentarios: El usuario no tiene ningún conocimiento previo.

5.2.2. Descripción casos de uso

■ CU-1. Añadir una conexión.

- Actores: Usuario.
- Tipo: Primario, esencial.
- Referencias:
- Precondición:
- Postcondición: La nueva conexión será añadida a la lista y guardada.
- Autor: Jaime Torres Benavente.
- Versión: 1.0.
- Propósito: Añadir una nueva conexión.
- Resumen: El usuario rellenará una serie de campos y marcará unas opciones para añadir una nueva conexión a la lista.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa el botón para añadir una nueva conexión. | | |
| | | 2 | El sistema muestra el formulario para añadir nuevas conexiones. |
| 3 | Usuario: Rellena los campos del formulario, marca las opciones y pulsa en el botón de añadir. | | |
| | | 4 | El sistema almacena la conexión y la añade a la lista de conexiones. |

Tabla 5.1: CU-1. Añadir nueva conexión.

- **CU-2.** Editar una conexión.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: La conexión debe existir y estar en estado “desconectada”.
 - Postcondición: La conexión será editada y guardada.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Editar una conexión existente.
 - Resumen: El usuario rellenará una serie de campos y marcará unas opciones para editar la conexión.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa el botón para desplegar el menú lateral. | | |
| | | 2 | El sistema muestra el menú lateral con las conexiones, su estado y sus dispositivos. |
| 3 | Usuario: Pulsa el botón editar para una conexión concreta. | | |
| | | 4 | El sistema muestra el formulario para la edición de una conexión. |
| 5 | Usuario: edita los campos del formulario, marca las opciones y pulsa en el botón de editar. | | |
| | | 6 | El sistema almacena la conexión |

Tabla 5.2: CU-2. Editar una conexión.

■ **CU-3.** Borrar conexiones.

- Actores: Usuario.
- Tipo: Primario, esencial.
- Referencias:
- Precondición: Las conexiones deben existir.
- Postcondición: Las conexiones serán borradas.
- Autor: Jaime Torres Benavente.
- Versión: 1.0.
- Propósito: Borrar conexiones.
- Resumen: El usuario seleccionará de entre las conexiones disponibles, una selección para que sean borradas.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa el botón para desplegar el menú superior derecho. | | |
| | | 2 | El sistema muestra el menú superior. |
| 3 | Usuario: Pulsa el botón para borrar conexiones. | | |
| | | 4 | El sistema muestra el formulario con una lista de todas las conexiones |
| 5 | Usuario: selecciona aquellas conexiones que desee borrar. | | |
| | | 6 | El sistema Borra las conexiones seleccionadas |

Tabla 5.3: CU-3. Borrar conexiones.

- **CU-4.** Editar los ajustes.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Opcional, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición:
 - Postcondición: Los ajustes serán guardados.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Editar los ajustes.
 - Resumen: El usuario establecerá las distintas configuraciones.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa el botón para desplegar el menú superior derecho. | | |
| | | 2 | El sistema muestra el menú superior. |
| 3 | Usuario: Pulsa el botón para ver los ajustes. | | |
| | | 4 | El sistema muestra la pantalla con una lista de ajustes y su estado. |
| 5 | Usuario: editada los ajustes que considere. | | |
| | | 6 | El sistema guarda el estado de cada configuración. |

Tabla 5.4: CU-4. Editar los ajustes.

■ **CU-5.** Conectarse a un servidor.

- Actores: Usuario.
- Tipo: Primario, esencial.
- Referencias:
- Precondición: La conexión debe haber sido añadida previamente.
La conexión debe estar desconectada.
- Postcondición: Se añaden los dispositivos de la conexión a la lista (si los hubiese).
- Autor: Jaime Torres Benavente.
- Versión: 1.0.
- Propósito: Conectarse a un servidor.
- Resumen: El usuario se conectará a un servidor.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa el botón para desplegar el menú lateral izquierdo. | | |
| | | 2 | El sistema muestra el menú lateral izquierdo con la lista de conexiones y dispositivos. |
| 3 | Usuario: Pulsa el botón para conectarse. | | |
| | | 4a | El sistema esconde el menú lateral y realiza la conexión. A partir de ahora la conexión se mantiene en segundo plano para refrescar los dispositivos añadidos o borrados que serán listados al desplegar el menú lateral izquierdo. |

Tabla 5.5: CU-4. Conectarse a un servidor.

| Curso alternativo | |
|-------------------|--|
| 4b | Si el servidor no responde, o los datos de la conexión no son correctos, el sistema muestra una alerta para informar al usuario. |

Tabla 5.6: Curso alternativo de CU-5. Conectarse a un servidor.

- **CU-6.** Desconectarse de un servidor.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: La conexión debe haber sido añadida previamente. La conexión debe estar conectada.
 - Postcondición: Se borran de la lista los dispositivos (si los hubiera).
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Desconectarse de un servidor.
 - Resumen: El usuario se desconecta de un servidor.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa el botón para desplegar el menú lateral izquierdo. | | |
| | | 2 | El sistema muestra el menú lateral izquierdo con la lista de conexiones y dispositivos. |
| 3 | Usuario: Pulsa el botón para desconectarse. | | |
| | | 4 | El sistema esconde el menú lateral y realiza la desconexión. . |

Tabla 5.7: CU-6. Desconectarse de un servidor.

- **CU-7.** Salir de la aplicación.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Secundario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: La aplicación debe estar iniciada.
 - Postcondición: Se cierran todas las conexiones, hebras y procesos liberando todos los recursos de la aplicación.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Salir de la aplicación.
 - Resumen: El usuario cierra la aplicación explícitamente.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa el botón para desplegar el menú superior derecho. | | |
| | | 2 | El sistema muestra el menú superior. |
| 3 | Usuario: Pulsa el botón salir. | | |
| | | 4 | El sistema comprueba cada conexión y se desconecta de todas, cerrando todas las hebras. Después cierra la aplicación. |

Tabla 5.8: CU-7. Salir de la aplicación.

- **CU-8. Mostrar dispositivo.**
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: La conexión debe haber sido añadida previamente. La conexión debe estar conectada.
 - Postcondición: Se listan todas las propiedades del dispositivo. Cualquier cambio en las propiedades será mostrado en la lista en tiempo real.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Mostrar las propiedades de un dispositivo.
 - Resumen: El usuario selecciona un dispositivo para mostrar la lista de sus propiedades.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa el botón para desplegar el menú lateral izquierdo. | | |
| | | 2 | El sistema muestra el menú lateral izquierdo con la lista de conexiones y dispositivos. |
| 3 | Usuario: Pulsa sobre el dispositivo deseado. | | |
| | | 4 | El sistema esconde el menú lateral y muestra una pantalla tabulada con todas las vistas especiales que tenga el dispositivo (si las tiene) más la vista por defecto con la lista de propiedades y la ayuda general de la aplicación. |

Tabla 5.9: CU-8. Mostrar dispositivo.

- **CU-9.** Cambiar vista de dispositivo.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8).
 - Postcondición:
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Cambiar entre las vistas de un dispositivo.
 - Resumen: El usuario cambia de vista de un dispositivo entre las disponibles.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre el nombre de la pestaña correspondiente o desliza el dedo por la pantalla. | | |
| | | 2 | El sistema muestra la vista correspondiente. |

Tabla 5.10: CU-9. Cambiar vista de dispositivo.

- **CU-10.** Editar propiedad *text*.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8).
 - Postcondición: La propiedad es editada y enviada al servidor.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Editar una propiedad *text*.
 - Resumen: El usuario pulsará sobre una propiedad *text* para editarla.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre una propiedad de tipo <i>text</i> . | | |
| | | 2a | El sistema muestra la vista para la edición de las propiedades <i>text</i> con todos los elementos de la propiedad concreta. |
| 3 | Usuario: edita los elementos que desee y pulsa el botón de actualizar | | |
| | | 4 | El sistema cierra la vista de edición y actualiza la vista de la propiedad. |

Tabla 5.11: CU-10. Editar una propiedad *text*.

| Curso alterno | |
|---------------|--|
| 2b | Si la propiedad es de solo lectura, el sistema muestra una alerta. |

Tabla 5.12: Curso alterno de CU-10. Editar una propiedad *text*.

- **CU-11.** Editar propiedad *number*.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8).
 - Postcondición: La propiedad es editada y enviada al servidor.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Editar una propiedad *number*.
 - Resumen: El usuario pulsará sobre una propiedad *number* para editarla.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre una propiedad de tipo <i>number</i> . | | |
| | | 2a | El sistema muestra la vista para la edición de las propiedades <i>number</i> con todos los elementos de la propiedad concreta. |
| 3 | Usuario: edita los elementos que desee y pulsa el botón de actualizar | | |
| | | 4a | El sistema cierra la vista de edición y actualiza la vista de la propiedad. |

Tabla 5.13: CU-11 Editar una propiedad *number*.

| Curso alterno | |
|---------------|--|
| 2b | Si la propiedad es de solo lectura, el sistema muestra una alerta. |
| 4b | Si algún valor de algún elemento editado está fuera de rango o tiene un formato erróneo, el sistema mostrará una alerta. |

Tabla 5.14: Curso alterno de CU-11. Editar una propiedad *number*.

- **CU-12.** Editar propiedad *switch*.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8).
 - Postcondición: La propiedad es editada y enviada al servidor.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Editar una propiedad *switch*.
 - Resumen: El usuario pulsará sobre una propiedad *switch* para editarla.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre una propiedad de tipo <i>switch</i> . | | |
| | | 2a | El sistema muestra la vista para la edición de las propiedades <i>switch</i> con todos los elementos de la propiedad concreta. |
| 3 | Usuario: edita los elementos que desee y pulsa el botón de actualizar | | |
| | | 4 | El sistema cierra la vista de edición y actualiza la vista de la propiedad. |

Tabla 5.15: CU-12 Editar una propiedad *switch*.

| Curso alterno | |
|---------------|--|
| 2b | Si la propiedad es de solo lectura, el sistema muestra una alerta. |

Tabla 5.16: Curso alterno de CU-12. Editar una propiedad *switch*.

- **CU-13.** Editar propiedad *blob*.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8).
 - Postcondición: La propiedad es editada y enviada al servidor.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Editar una propiedad *blob*.
 - Resumen: El usuario pulsará sobre una propiedad *blob* para editarla.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre una propiedad de tipo <i>blob</i> . | | |
| | | 2a | El sistema muestra la vista para la edición de las propiedades <i>blob</i> con todos los elementos de la propiedad concreta. |
| 3 | Usuario: edita los elementos que desee y pulsa el botón de actualizar | | |
| | | 4 | El sistema cierra la vista de edición y actualiza la vista de la propiedad. |

Tabla 5.17: CU-13 Editar una propiedad *blob*.

| Curso alterno | |
|---------------|--|
| 2b | Si la propiedad es de solo lectura, el sistema muestra una alerta. |

Tabla 5.18: Curso alterno de CU-13. Editar una propiedad *blob*.

- **CU-14.** Editar propiedad *connection*.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8).
 - Postcondición: La propiedad es editada y enviada al servidor.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Editar una propiedad *connection*.
 - Resumen: El usuario pulsará sobre una propiedad *connection* para editarla.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre una propiedad de tipo <i>connection</i> . | | |
| | | 2 | El sistema muestra la vista para la edición de las propiedades <i>connection</i> con un <i>switch</i> para conectar o desconectar la propiedad. |
| 3 | Usuario: pulsa sobre el <i>switch</i> para conectar o desconectar la propiedad y después pulsa en el botón actualizar. | | |
| | | 4 | El sistema cierra la vista de edición y actualiza la vista de la propiedad. |

Tabla 5.19: CU-14 Editar una propiedad *connection*.

- **CU-15.** Editar propiedad *abort*.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8).
 - Postcondición: La propiedad es editada y enviada al servidor.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Editar una propiedad *abort*.
 - Resumen: El usuario pulsará sobre una propiedad *abort* para editarla.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre una propiedad de tipo <i>abort</i> . | | |
| | | 2 | El sistema muestra la vista para la edición de las propiedades <i>abort</i> con un botón para abortar. |
| 3 | Usuario: pulsa sobre el botón para abortar. | | |
| | | 4 | El sistema cierra la vista de edición y actualiza la vista de la propiedad. |

Tabla 5.20: CU-15 Editar una propiedad *abort*.

■ **CU-16.** Guardar blob.

- Actores: Usuario.
- Tipo: Primario, esencial.
- Referencias:
- Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8). El dispositivo debe tener una propiedad de tipo *blob*.
- Postcondición: Se guardará en la carpeta de la aplicación un archivo con el *blob*.
- Autor: Jaime Torres Benavente.
- Versión: 1.0.
- Propósito: Guardar un *blob*.
- Resumen: El usuario guardará un blob que haya recibido.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre el botón guardar en la vista de una propiedad de tipo <i>blob</i> . | | |
| | | 2a | El sistema guarda el blob en la carpeta de la aplicación y muestra un mensaje por pantalla informando del éxito de la acción. |

Tabla 5.21: CU-16 Guardar un *blob*.

| Curso alterno | |
|---------------|--|
| 2b | Si la propiedad blob no tiene ningún dato que guardar se muestra una alerta informando al usuario. |

Tabla 5.22: Curso alterno de CU-16. Guardar un *blob*.

- **CU-17.** Mostrar un blob.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Primario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8). El dispositivo debe tener una propiedad de tipo *blob*.
 - Postcondición: Se pasará al sistema operativo **Android** el archivo para que muestre una lista de posibles aplicaciones instaladas que puedan manejarlo.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Mostrar un *blob*.
 - Resumen: El usuario guardará un blob que haya recibido.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre el botón mostrar en la vista de una propiedad de tipo <i>blob</i> . | | |
| | | 2a | El sistema guarda el blob en la carpeta de la aplicación y envía el archivo al sistema operativo para poder mostrar el blob con una aplicación adecuada según el formato. |

Tabla 5.23: CU-17 Mostrar un *blob*.

| Curso alterno | |
|---------------|--|
| 2b | Si la propiedad blob no tiene ningún dato que mostrar se muestra una alerta informando al usuario. |

Tabla 5.24: Curso alterno de CU-17. Mostrar un *blob*.

- **CU-18.** Ver el log.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Opcional, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición:
 - Postcondición:
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Ver el log.
 - Resumen: El usuario podrá ver el log de cada una de las conexiones guardadas.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa el botón para desplegar el menú superior derecho. | | |
| | | 2 | El sistema muestra el menú superior. |
| 3 | Usuario: Pulsa el botón para ver el log. | | |
| | | 4 | El sistema muestra una vista tabulada con cada uno de los log que corresponden a cada una de las conexiones guardadas |

Tabla 5.25: CU-18. Ver el log.

- **CU-19.** Ocultar una propiedad.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Secundario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8). La propiedad debe estar visible.
 - Postcondición: La propiedad se marca como oculta.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Ocultar una propiedad.
 - Resumen: El usuario ocultará una propiedad visible.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre el icono de visibilidad para ocultar una propiedad | | |
| | | 2a | El sistema marca la propiedad como “no visible” y cambia el icono de visibilidad en la vista de la propiedad. |

Tabla 5.26: CU-19. Ocultar una propiedad.

| Curso alterno | |
|---------------|---|
| 2b | Si la lista de propiedades tiene marcada la opción de “ocultar propiedades”, la propiedad desaparecerá de la vista. Si el grupo al que pertenece la propiedad no tiene ninguna propiedad visible, también desaparecerá de la vista. |

Tabla 5.27: Curso alterno de CU-19. Ocultar una propiedad.

- **CU-20.** Mostrar una propiedad.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Secundario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8). La propiedad debe estar “no visible”. Debe estar activada la opción de “ver todas las propiedades” para que las que estén marcadas como ocultas se añadan también a la vista
 - Postcondición: La propiedad se marca como visible.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Mostrar una propiedad.
 - Resumen: El usuario marcará una propiedad como visible.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre el icono de visibilidad para marcar una propiedad como visible. | | |
| | | 2 | El sistema marca la propiedad como visible y cambia el icono de visibilidad en la vista de la propiedad. |

Tabla 5.28: CU-20. Mostrar una propiedad.

- **CU-21.** Activar la visibilidad de todas las propiedades ocultas.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Secundario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8).
 - Postcondición: Se muestran todas las propiedades sea cual sea su visibilidad.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Activar la visibilidad de todas las propiedades ocultas.
 - Resumen: El usuario activa la visibilidad de todas las propiedades, estén marcadas como ocultas o no.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre el botón flotante para activar la visibilidad de todas las propiedades. | | |
| | | 2 | El sistema refresca la lista de propiedades añadiéndolas todas aunque su estado sea “no visible”. |

Tabla 5.29: CU-21. Activar la visibilidad de todas las propiedades ocultas.

- **CU-22.** Desactivar la visibilidad de todas las propiedades ocultas.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Secundario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8).
 - Postcondición: Se ocultan todas las propiedades cuyo estado sea “no visible”.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Desactivar la visibilidad de todas las propiedades ocultas.
 - Resumen: El usuario desactiva la visibilidad de todas las propiedades con el estado “no visible”.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre el botón flotante para desactivar la visibilidad de todas las propiedades ocultas. | | |
| | | 2 | El sistema refresca la lista de propiedades mostrando solo aquellas que estén visibles. |

Tabla 5.30: CU-21. Desactivar la visibilidad de todas las propiedades ocultas.

- **CU-23.** Expandir un grupo.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Secundario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8). El grupo debe estar contraído.
 - Postcondición: se expande el grupo seleccionado.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Expandir un grupo.
 - Resumen: El usuario Expande uno de los grupos de la lista que esté contraído.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre el nombre del grupo que desee expandir. | | |
| | | 2 | El sistema refresca la lista de propiedades mostrando el grupo expandido y todas las propiedades que contenga. |

Tabla 5.31: CU-23. Expandir un grupo.

- **CU-24.** Contraer un grupo.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: Secundario, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición: El usuario debe haber seleccionado un dispositivo (CU-8). El grupo debe estar expandido.
 - Postcondición: se contrae el grupo seleccionado.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Contraer un grupo.
 - Resumen: El usuario contrae uno de los grupos de la lista que esté expandido.

| Curso normal | | | |
|--------------|--|---------|---|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre el nombre del grupo que desee contraer. | | |
| | | 2 | El sistema refresca la lista de propiedades mostrando el grupo contraído. |

Tabla 5.32: CU-24. Contraer un grupo.

- **CU-25.** Abrir la aplicación.
 - Actores: Usuario.
 - Tipo: primaria, esencial.
 - Referencias:
 - Precondición:
 - Postcondición: La aplicación queda iniciada. Si alguna conexión tiene activada la opción de “autoconectar”, se realizará la conexión con el servidor.
 - Autor: Jaime Torres Benavente.
 - Versión: 1.0.
 - Propósito: Iniciar la aplicación.
 - Resumen: El usuario inicia la aplicación.

| Curso normal | | | |
|--------------|---|---------|--|
| Actor | | Sistema | |
| 1 | Usuario: Pulsa sobre el icono de la aplicación. | | |
| | | 2 | El sistema carga las configuraciones o las crea en caso de no existir. Después muestra la interfaz de la aplicación mostrando la sección de ayuda. |

Tabla 5.33: CU-25. Iniciar la aplicación.

5.3. Diagramas de casos de uso

Los diagramas de casos de uso sirven para representar las relaciones que existen entre los diferentes actores y el sistema. Dado que en nuestro caso solo hay un actor, todos los casos de uso son iniciados por él.



Figura 5.1: Diagrama de casos de uso.

Capítulo 6

Diseño

El proyecto tiene dos partes claramente diferenciadas a la hora de plantear el diseño:

- **Diseño de clases.**
- **Diseño de las interfaces de usuario.**
- **Mecanismo de adición de vistas.**

Además, hay que tener en cuenta que uno de los objetivos principales es que la aplicación sea fácilmente extensible y que permita añadir nuevas interfaces de usuario para propiedades y dispositivos por lo que es parte importante de la fase de diseño, en la que se describirán todos detalladamente.

6.1. Diseño de clases

En todo proyecto de software es muy importante diseñar correctamente las clases antes de comenzar la fase de implementación. Un mal diseño puede provocar retrasos en la fase de implementación, incluso obligando a retroceder y rediseñarlas.

Podemos dividir el diseño en cuatro bloques:

- **Diseño de las actividades de Android.**
- **Diseño del cliente INDI.**
- **Diseño de las clases manejadoras de propiedades.**
- **Diseño de las clases manejadoras de dispositivos.**

6.1.1. Diseño de las actividades de Android

Las actividades en android son el cuerpo principal de las aplicaciones. Son ejecutadas en la hebra principal del sistema y gestionan la interfaz principal. Se pueden tener tantas actividades como se desee. En nuestro caso tenemos dos actividades:

- **Front activity**
- **Main activity**

Front activity

Esta actividad inicia la aplicación, mostrando una pantalla de inicio con la información como portada. Una vez lanzada la aplicación esta actividad no volvera a ejecutarse a no ser que el sistema cierre la aplicación o que lo haga el usuario explícitamente. Como podemos ver en el diagrama de la figura 6.1, la actividad solo tiene una clase que hereda de *AppCompatActivity*. Esta clase pertenece a la biblioteca de compatibilidad de **android**. Además, esta actividad tiene un objeto de la clase *UpdateProgress*. Esta clase sirve para ejecutar código en una hebra separada en la que controlar el progreso.

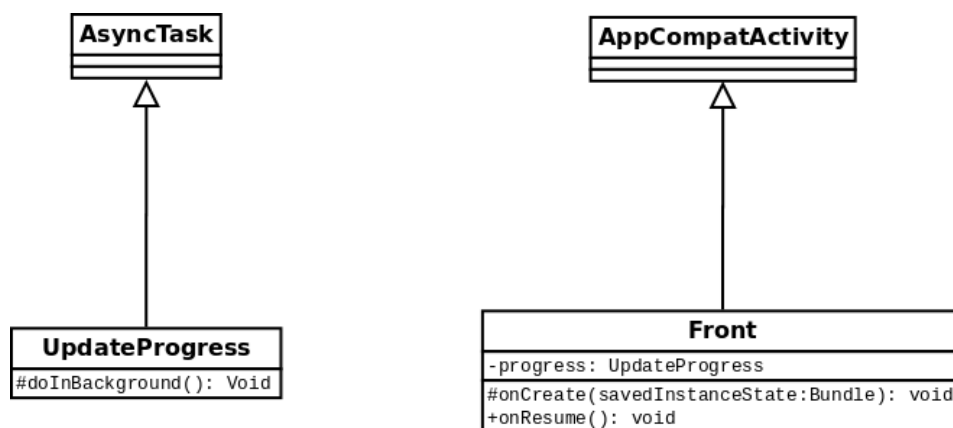


Figura 6.1: Diagrama de clases de la actividad front

Main activity

La actividad principal es el núcleo de la aplicación. Esta clase es la más importante ya que su ciclo de vida condiciona el ciclo de vida de la aplicación. Es por ello que esta clase es la más compleja. En la figura 6.2 podemos ver el diagrama de clases. Las clases que no contienen ninguna especificación

pertenecen a **Android** y simplemente se añaden para indicar las relaciones que las clases implementadas.

Dado que esta clase es la responsable de la visualización de los distintos menús, necesitamos declarar objetos de las clases que representan cada uno de los elementos visuales principales, tales como *NavigationView* o *TabLayout*.

Por otro lado, la actividad implementa una serie de escuchadores que le permiten capturar los eventos disparados por los distintos botones de la interfaz de usuario para realizar las acciones oportunas.

Además de estas clases, se ha diseñado la clase *Settings* que representa las configuraciones generales de la aplicación: notificaciones y carpeta por defecto.

En el diagrama también podemos ver la clase *Connection*. Esta clase representa las conexiones con el servidor y es por ella que se describen en el apartado correspondiente.

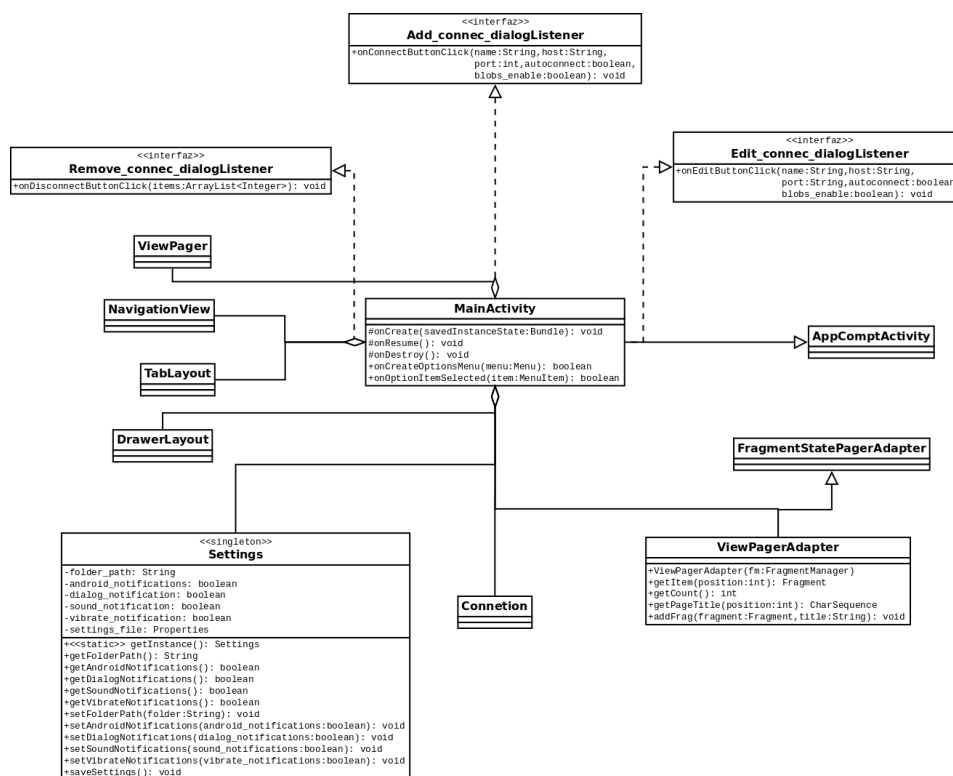


Figura 6.2: Diagrama de clases de la actividad principal

6.1.2. Diseño del cliente INDI

La aplicación se basa en integrar la biblioteca “**INDI for Java**” para poder crear un cliente que nos permita conectarnos a cualquier servidor. Las conexiones se hacen creando conexiones tcp/ip a través de la red. **Android** establece unas restricciones muy fuertes respecto a la apertura y cierre de *sockets* de red. Dado que la arquitectura del sistema esta basada en una única hebra principal que gestiona la interfaz de usuario, si iniciamos algún proceso que pueda bloquear dicha hebra, bloquearíamos todo el sistema. Por ello cualquier proceso de comunicación debe ejecutarse en una hebra secundaria. Además solo se pueden ejecutar acciones sobre la interfaz en la hebra principal.

Con estas restricciones, el primer paso necesario es extraer todo el código relativo a las conexiones a una hebra por conexión. Para ello se ha diseñado la clase *Connection*. El objetivo principal de esta clase es lanzar en una hebra la apertura de la conexión y el intercambio de información con el servidor. Pero para poder utilizar esa información y mostrarla en pantalla necesitamos ejecutar en la hebra principal dichas acciones.

Android nos facilita una clase para resolver este problema, aparentemente sin solución. La clase *AsyncTask* tiene la peculiaridad de permitir ejecutar código en una hebra a parte y a la vez enviar información a la hebra principal para gestionarla adecuadamente. Por ello la clase *Connection* lanza una hebra pero almacena en sus atributos el resultado de la conexión al servidor, permitiendo a la actividad principal procesar esos datos y mostrarlos adecuadamente. La actividad principal tendrá tantos objetos *Connection* como conexiones se hayan añadido en la interfaz de usuario. Cada objeto *Connection* creará una cliente INDI que le enviará todos los dispositivos y atributos que tenga y le irá informando de cualquier cambio para que estos se reflejen en la interfaz de usuario. Todas estas hebras se lanzan en paralelo, de forma que no relencen las acciones en la interfaz de usuario.

Por otra parte, para que todo funcione debemos diseñar una clase cliente **INDI** para crear la conexión, y escuchar cualquier cambio en propiedades, dispositivos o en la propia conexión. Por ello esta clase implementa las tres interfaces de **INDI**

Para facilitar el diseño, también se ha creado una clase *device*. Esta clase se utiliza para procesar las propiedades de un dispositivo **INDI**. Cada propiedad pertenece a un grupo pero a priori no puedes conocer que grupos hay. Además las propiedades no llegan según un orden por lo que hay que comprobar por cada una a que grupo pertenece, si el grupo existe ya o si hay que crearlo. De la misma forma, cuando se borra una propiedad hay que comprobar si era la última de su grupo, en cuyo caso habrá que borrarlo. La clase *device* facilita estas operaciones, añadiendo una capa de abstracción más para poder obtener las propiedades organizadas y listas para ser mostradas en la interfaz de usuario.

Finalmente, necesitamos representar la lista de propiedades y dispositivos. Para ello usamos las *listas expandibles de Android*. Estas listas nos permiten tener dos niveles. En el primer nivel mostramos los grupos y en el segundo los elementos. Internamente tenemos una lista o *adaptador* de propiedades que añadimos a la clase *PropertyArrayAdapter*. Cada objeto de esta clase representa un dispositivo con todas sus propiedades.

En este punto cabe destacar que podemos tener propiedades ocultas. Dichas propiedades no deben ser añadidas al adaptador, ya que todos los elementos de este son mostrados. para controlarlo, la clase *Connection* es la encargada de construir los *adaptadores* a partir de la información del objeto de la clase *IndiClient*. Por ello en la clase *Connection* gestionamos las propiedades que estan ocultas para no agregarlas al *adaptador* que le corresponda.

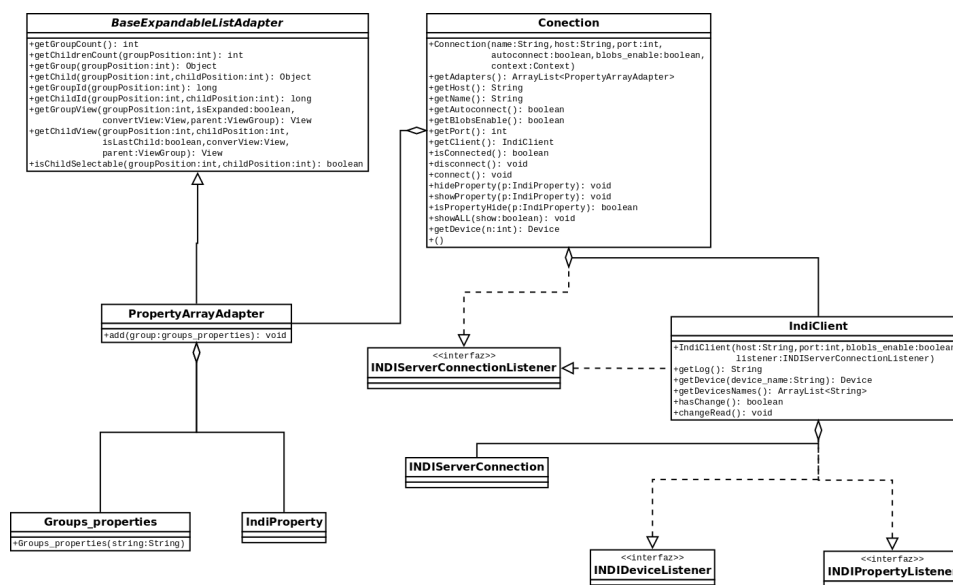


Figura 6.3: Diagrama de clases asociadas a INDI

6.1.3. Diseño de las clases manejadoras de propiedades

Como se explicó en la introducción, **INDI** maneja 5 tipos de propiedades:

- **Text.**
- **Number.**
- **Switch.**
- **Blob.**
- **Light.**

Para manejar cada una de estas propiedades se crea una clase que recibirá un objeto *INDIProperty* (del que heredan todos los tipos) y según el tipo informarán de que pueden manejar dicha propiedad y construirán las interfaces de usuario para mostrarla y editarla.

Gracias a la creación de la interfaz de Java *UIPropertyManager* podemos añadir más manejadores de propiedades. Para ilustrar su uso se han creado dos manejadores más:

- **Connection.**
- **Abort.**

Estas dos propiedades son de tipo *Switch* pero tienen la peculiaridad de que siempre tienen la misma estructura: mismo número de elementos, mismo nombre para cada elemento, etc. Por ello podemos analizar la propiedad recibida y ver si es de esos tipos, informando de que podemos manejarla, y construyendo vistas específicas para esas propiedades (como son de tipo *Switch* su vista por defecto sería la de todas las propiedades de este tipo).

En la figura 6.4 podemos ver el diagrama de clases que ilustra la creación de los manejadores, implementando las interfaces para manejar propiedades y , adicionalment, para manejar la pulsación sobre un objeto *View* de Android.

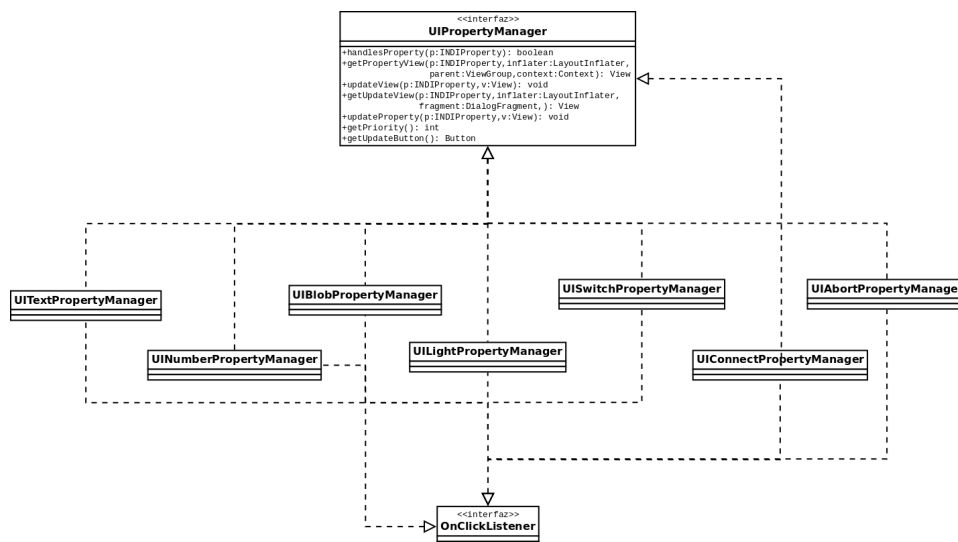


Figura 6.4: Diagrama de clases asociadas a los manejadores de propiedades

6.1.4. Diseño de las clases manejadoras de dispositivos

Finalmente, necesitamos manejar y decidir como mostramos una propiedad y sus elementos. Para implementar esta funcionalidad se ha optado por utilizar los elementos visuales de Android *tabs* que permiten mostrar vistas tabuladas. Con esto, vamos a crear una vista por defecto para cualquier dispositivo. Esta vista es la utilizada en las secciones anteriores: *las listas expandibles de android*.

En la figura 6.5 podemos ver que tenemos una clase *DefaultDeviceView* que se mostrará por defecto para todos los dispositivos. Este es el comportamiento normal de la aplicación

Siguiente con el objetivo principal de facilitar la extensibilidad para añadir nuevas vistas de dispositivo, se ha diseñado una clase abstracta, *DeviceView*, para facilitar la creación de nuevas vistas. Solo tenemos que crear una clase que herede de esta clase abstracta e implementar los métodos. Al ser una clase que hereda de *Fragment*, dentro de ella tenemos libertad para mostrar las propiedades del dispositivo para personalizarlo. Cada nueva vista sería una tabulación más en la vista tabulada.

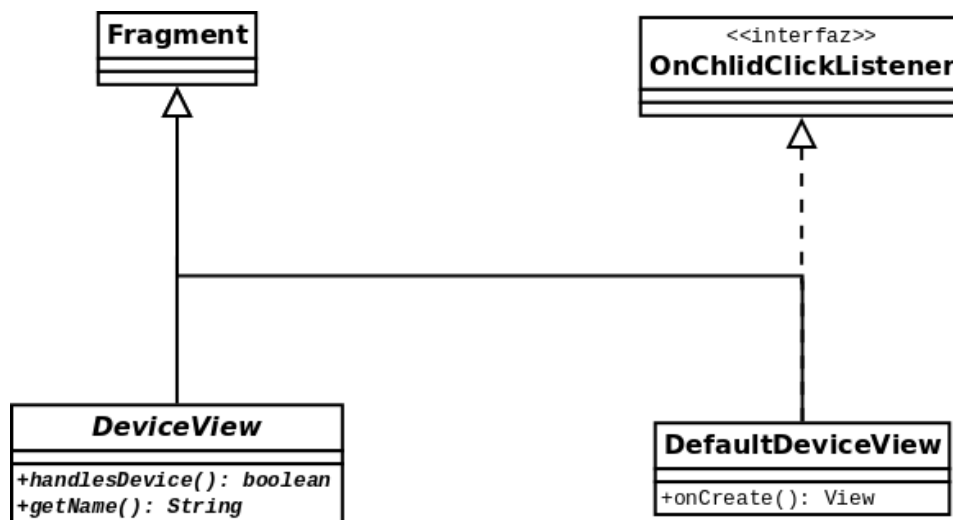


Figura 6.5: Diagrama de clases asociadas a los manejadores de dispositivos

6.2. Diseño de las interfaces de usuario

Las interfaces de usuario deben ser objeto de un cuidadoso diseño dado que estamos construyendo una aplicación móvil, y el éxito dependerá en

gran medida de una buena interfaz de usuario que sea útil, clara y fácil de usar.

Para poder abordar mejor el diseño, se han separados las interfaces en los siguientes grupos:

- **Interfaz principal de la aplicación.**
- **Interfaz para listar las propiedades.**
- **Interfaz de propiedad.**
- **Interfaz de dialogos**
- **Interfaz del log**
- **Interfaz de los ajustes**

