

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Informática



Mi Universidad: Una aplicación móvil
para mejorar la experiencia de usuario
de los estudiantes de la Universidad
Nacional de La Plata

Tesina de Licenciatura en Informática

Luciano Agustín Coggiola

Director: Lic. Francisco Javier Díaz

Codirectora: Lic. Ana Paola Amadeo

Asesor Profesional: Lic. María Alejandra Osorio

10 de septiembre de 2017

Índice

| | |
|---|-----------|
| Introducción | 1 |
| Objetivo | 2 |
| 1. Capítulo I: Contexto | 3 |
| 1.1. Análisis sobre los Sistemas Operativos Móviles | 3 |
| 1.1.1. Android: Versiones utilizadas en la UNLP | 4 |
| 1.2. Características en aplicaciones para el ámbito universitario | 6 |
| 1.2.1. Novedades | 7 |
| 1.2.2. Planificación estudiantil | 8 |
| 1.2.3. Geolocalización | 8 |
| 1.2.4. Presencia móvil de la Universidad | 8 |
| 1.3. Aplicaciones universitarias existentes | 9 |
| 1.3.1. Informática UNLP | 9 |
| 1.3.2. Jursoc UNLP | 10 |
| 1.3.3. UNLP: ART Salud | 11 |
| 1.3.4. Kurogo (Modo Labs) | 12 |
| 1.3.5. Universidad de Harvard | 13 |
| 1.3.6. Universidad de Oxford | 14 |
| 2. Capítulo II: Análisis y marco teórico | 15 |
| 2.1. Introducción | 15 |
| 2.2. Software libre y de código abierto | 15 |
| 2.2.1. GNU General Public License versión 3 | 17 |
| 2.3. Infraestructura del <i>backend</i> | 18 |
| 2.3.1. Sistemas distribuidos | 18 |
| 2.3.1.1. Servicios Web | 19 |
| 2.3.1.2. SOAP | 19 |
| 2.3.1.3. REST | 21 |
| 2.3.1.4. SOAP o REST: Conclusión | 22 |
| 2.3.1.5. Diseño de una API RESTful | 22 |
| 2.3.2. Autorización y autenticación | 25 |
| 2.3.2.1. OAuth2 | 25 |
| 2.3.2.2. API Key y API Secret | 26 |
| 2.3.3. Lenguaje y Framework | 28 |
| 2.3.3.1. PHP | 28 |
| 2.3.3.2. Lumen | 29 |
| 2.4. Infraestructura del <i>frontend</i> | 32 |
| 2.4.1. Interfaz de usuario | 33 |

| | | |
|------------------------------------|--|-----------|
| 2.4.1.1. | Patrones de navegación primaria | 33 |
| 2.4.1.2. | Navegación persistente | 33 |
| 2.4.1.3. | Navegación transitoria | 36 |
| 2.4.1.4. | Patrones de navegación secundaria | 39 |
| 2.4.1.5. | Elección de patrones de navegación | 40 |
| 2.4.2. | Aplicación móvil | 40 |
| 2.4.2.1. | Aplicaciones nativas | 41 |
| 2.4.2.2. | Aplicaciones híbridas | 42 |
| 2.4.2.3. | Apache Cordova | 44 |
| 2.4.2.4. | Ionic | 46 |
| 2.4.2.5. | Ionic y versiones de los Sistemas Operativos . | 47 |
| 2.4.2.6. | Otros <i>frameworks</i> híbridos | 48 |
| 2.5. | Análisis de algunos servicios de la UNLP | 49 |
| 2.5.1. | SIU Guaraní | 49 |
| 2.5.2. | Moodle | 51 |
| 2.5.3. | Otros servicios | 52 |
| 3. Capítulo III: Desarrollo | | 54 |
| 3.1. | Licencia | 55 |
| 3.2. | Funcionalidad | 55 |
| 3.2.1. | Novedades | 56 |
| 3.2.2. | Calendario | 58 |
| 3.2.3. | Contenidos | 60 |
| 3.2.3.1. | Mapa de Google | 61 |
| 3.2.3.2. | Texto | 63 |
| 3.2.4. | Notificaciones | 63 |
| 3.2.5. | Suscripciones | 65 |
| 3.2.6. | Otras | 66 |
| 3.3. | API | 67 |
| 3.3.1. | Autenticación de servicios externos | 71 |
| 3.3.1.1. | Permisos | 73 |
| 3.3.2. | Autenticación con aplicación móvil | 73 |
| 3.4. | Plugins | 74 |
| 3.4.1. | Personalización SIU Guaraní | 74 |
| 3.4.2. | Plugin Moodle | 75 |
| 3.5. | Pruebas de Usabilidad | 75 |
| 4. Capítulo IV: Conclusión | | 79 |
| 4.1. | Trabajos futuros | 79 |
| A. Anexo I | | 81 |

| | |
|--|-----------|
| A.1. Versiones de Android por Facultad en la Universidad Nacional de La Plata | 81 |
| Glosario | 89 |

Introducción

El avance tecnológico de los dispositivos móviles ha ido creciendo rápidamente en los últimos años. Cada año nace una nueva generación de smartphones y tabletas incorporando nuevas tecnologías (GPS, lector de huellas, notificaciones, acelerómetro, cámara, etcétera). Estas permiten obtener mayor información para adicionar nuevas funcionalidades, mejorar la experiencia de usuario y potenciar la comunicación. De este modo, las aplicaciones móviles (apps) permiten establecer un buen canal de transmisión entre una entidad y el usuario o entre los distintos usuarios (que comparten un interés en común).

Los dispositivos móviles son formadores de hábito en sus usuarios: existe una tendencia a revisar repetitivamente por períodos cortos, contenido dinámico, fácilmente accesible desde el celular[1]. Estos hábitos motivan al usuario a realizar otras tareas con el teléfono, incrementando el tiempo total de su uso.

Para este trabajo, referiré como “entidad” a la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), sus dependencias y subdivisiones, dentro de las cuales en sus sistemas guardan una gran cantidad de información sobre las personas que allí desarrollan sus actividades. Dentro de ese conjunto de datos figuran los pertenecientes a los alumnos, población universitaria a la que apuntaré y voy a considerar “usuarios” .

Según un estudio realizado por Google sobre el uso de *smartphones* en Argentina, [2] “la penetración de los teléfonos inteligentes actualmente alcanza al 24 % de la población, y sus propietarios dependen cada vez más de sus dispositivos. El 71 % de estos usuarios accede a Internet todos los días desde su teléfono inteligente, y casi nunca sale de su casa sin llevarlo.”. Se hace evidente el hecho de que los dispositivos inteligentes se han convertido en un accesorio indispensable para la vida cotidiana, y su aceptación es socialmente masiva, por lo que considero que el desarrollo de una aplicación que comunique a la “entidad” con los “usuarios” será útil para mejorar la experiencia de usuario, por parte de los alumnos, el acceso a la información de los servicios de la Universidad, así como también fomentará la presencia de la misma.

Además, al utilizarse sistemas abiertos e implementados por todas las Universidades de la Argentina, esta solución podrá expandirse hacia ellas.

Por lo expuesto se hace evidente la necesidad de uso de las tecnologías

arriba mencionadas, para el desarrollo de una aplicación que mejore la comunicación entre usuario-usuario y usuario-entidad para mejorar su experiencia.

Objetivo

Esta tesina se centra en el desarrollo de una aplicación móvil que permita integrar múltiples servicios de la Universidad Nacional de La Plata (en particular para esta Tesina: SIU Guaraní y Moodle), con el objetivo de mejorar la experiencia de usuario de los estudiantes, potenciando las posibilidades de comunicación y colaboración entre ellos, la Universidad y sus dependencias, la sociabilización de contenidos y la presencia de la Universidad.

De ello se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- Analizar aplicaciones universitarias existentes en Argentina y el mundo.
- Analizar las herramientas existentes para llevar a cabo el desarrollo de una aplicación multiplataforma sobre dispositivos móviles, aprovechando las posibilidades tecnológicas que estos poseen.
- Analizar la integración de la aplicación móvil con los distintos servicios Web que brinda la Universidad.
- Desarrollar una aplicación móvil que permita comunicar y representar la información obtenida de los distintos servicios.
- Desarrollar la integración de la aplicación móvil con SIU Guaraní, contribuyendo a la comunidad de desarrolladores que implementan este sistema en todas las Universidades Nacionales.
- Desarrollar la integración con Moodle aportando la posibilidad de conexión para quienes utilicen este sistema *open source*.

1. Capítulo I: Contexto

En este capítulo se buscará analizar el contexto sobre el uso de los dispositivos móviles, las aplicaciones universitarias existentes en la actualidad y cuales son sus características principales.

1.1. Análisis sobre los Sistemas Operativos Móviles

En el mercado actual existe una amplia variedad de empresas que venden teléfonos móviles inteligentes.

Desde el punto de vista del desarrollo, el 80 % de aquellos que desarrollan aplicaciones móviles profesionalmente, apuntan a Android como su plataforma primaria. Con el 53 % iOS y 30 % el navegador del móvil[3].

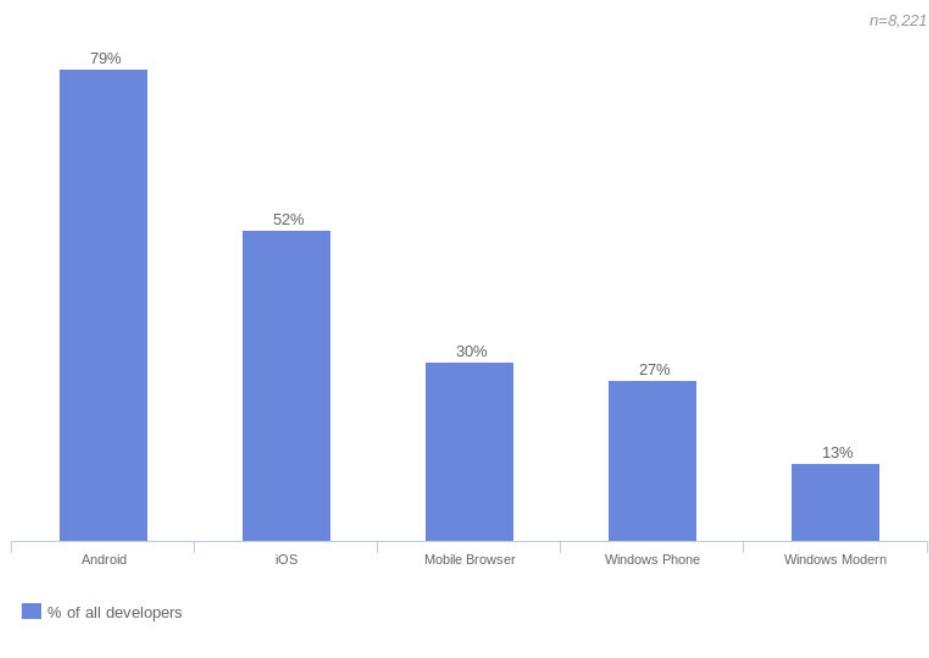


Figura 1: Porcentaje de desarrolladores que eligen como plataforma primaria el sistema operativo.

Particularmente en sudamérica, el porcentaje de desarrolladores móviles

priorizando la plataforma Android es del 38 % de manera profesional profesional, más 18 % como hobby o proyecto secundario. En segundo lugar está iOS con el 15 % profesional y 3 % como hobby o proyecto secundario[3].

Desde el punto de vista del uso, la venta de teléfonos celulares en todo el mundo con Android como sistema operativo representó el 86,2 % del total de las ventas, frente al 12,9 % de iOS y 0,9 % entre Windows, BlackBerry y otros. En Argentina Android representa el 79 % de los sistemas operativos del mercado, Windows 12 % e iOS, 3,5 %[4].

De estos hechos se desprende la necesidad de considerar un desarrollo que permita ser implementado en múltiples plataformas móviles. Se tendrá en cuenta para el alcance de esta tesis, Android, puesto que es el principal sistema operativo móvil del mercado en Argentina[4], además de su importante adopción en el mundo del desarrollo[3].

1.1.1. Android: Versiones utilizadas en la UNLP

Se analizaron los datos captados mediante la utilidad *Google Analytics* sobre los usuarios del sistema Guaraní en la Universidad Nacional de La Plata¹. Esta herramienta permite discriminar, en los accesos a su interfaz Web, por Sistema Operativo y versión. En particular para Android, la información extraída sirve como un indicador de las versiones que tienen instaladas los estudiantes.

Los datos se obtuvieron desde el 1 de Enero de 2017 hasta el 6 de Septiembre de 2017, y comprenden las “fechas pico” del uso del sistema: las inscripciones a cursadas. Se analizaron 22 instalaciones correspondientes a todas las Facultades de la Universidad Nacional de La Plata y otras dependencias (como postgrados). Las cantidades cuentan lo que Google denomina como *sesiones*: “una sesión es el elemento que engloba las acciones del usuario en su sitio web”, y como *acciones* a “un conjunto de interacciones que tienen lugar en su sitio web en un periodo determinado”[5]. Cabe destacar que bajo estos conceptos, un usuario podría ingresar dos veces al sitio en diferentes momentos y se contaría como dos sesiones².

¹Estos datos fueron obtenidos desde el Centro Superior para el Procesamiento de la Información (CeSPI), lugar en donde trabajo.

²Inclusive las sesiones pueden ser con dos sistemas operativos distintos (o distintas versiones).

En el cuadro 1 se pueden ver las cantidades por versión de Android.

Cuadro 1: Cantidad de sesiones en Guaraní desde Android, por versión (Enero a Septiembre 2017)

| Versión de Android | Cantidad de sesiones |
|--------------------|----------------------|
| 8 | 84 |
| 7 | 75886 |
| 6 | 450905 |
| 5 | 417938 |
| 4.4 | 165938 |
| 4.3 | 12858 |
| 4.2 | 17571 |
| 4.1 | 27517 |
| 4.0 | 4239 |
| 3 | 37 |
| 2 | 622 |
| 1 | 1 |

Del cuadro 1 se desprenden los porcentajes de la figura 2. En el gráfico se puede ver que mas del 94 % utilizan la versión 4.4 o superiores.

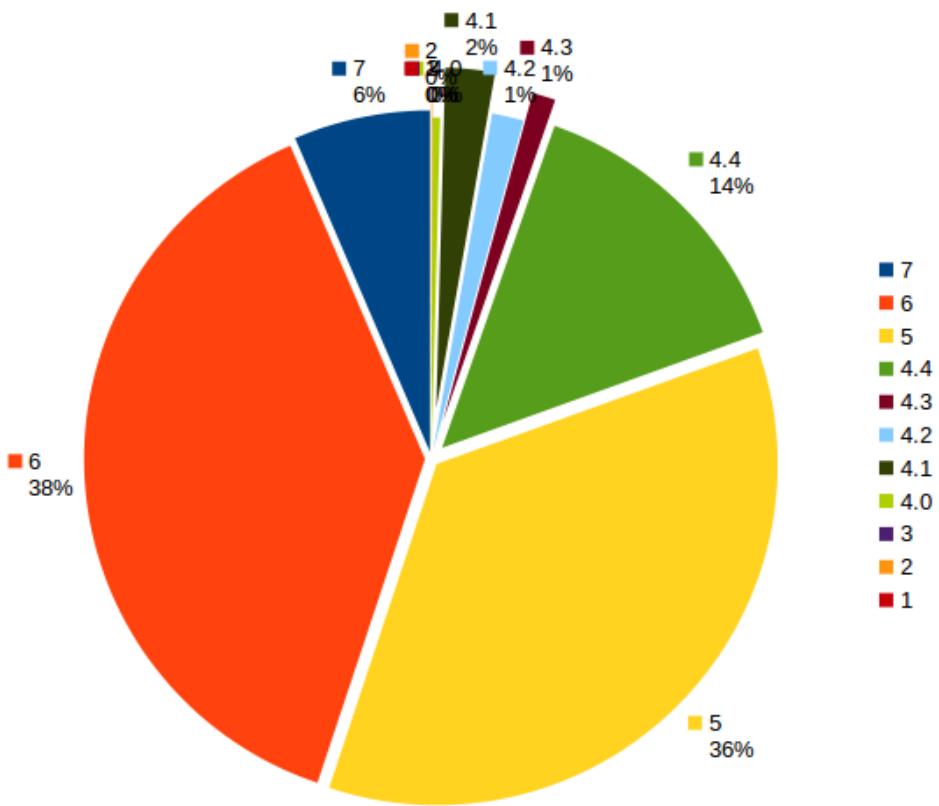


Figura 2: Porcentaje de uso en versiones de Android en accesos a Guaraní Web

En el anexo ?? se detallan los valores por Unidad Académica.

1.2. Características en aplicaciones para el ámbito universitario

En la actualidad existen muchas aplicaciones para ayudar en cada aspecto de nuestra vida cotidiana, y el ámbito universitario no escapa a ello. En este sentido se revisarán los aspectos característicos de las más útiles[6] para poder analizar funcionalidades interesantes que puedan mejorar la experiencia de los estudiantes y fortalecer la presencia de la Universidad.

Los aspectos a considerar serán tratados en las siguientes secciones.

1.2.1. Novedades

Es importante para el estudiante estar al tanto de las novedades sobre las distintas entidades que intervienen en el transcurso de su carrera universitaria: materias, Facultad, Universidad, biblioteca, etc. Muchas veces, al ser estas tan diversas, sus canales de comunicación también lo son. Es por ello que surge la necesidad de facilitar la unificación del punto de acceso a esta información. Por otra parte, en los usuarios de *smartphones* existe una tendencia a revisar repetitivamente por períodos cortos, contenido dinámico, fácilmente accesible desde el celular[1]. Por estas razones es que se considerará a las “novedades” como uno de los aspectos más relevantes.

Existen múltiples aplicaciones para el manejo de novedades. De hecho, en muchas de ellas es su principal característica y es por ello que en ocasiones son adoptadas como la herramienta de publicación de noticias.

Tanto para Android como para iOS existen Facebook, Twitter y WhatsApp.



Figura 3: Captura de pantalla: ejemplo de uso de Facebook para la publicación de noticias.

Como principales características podemos destacar la visualización en un lugar común de todas las noticias de nuestro interés (y su actualización con el gesto *pull to refresh*) y el recibimiento de notificaciones, junto con un indicador visual de la cantidad de novedades.

1.2.2. Planificación estudiantil

La planificación es clave para la vida universitaria de los estudiantes. En este sentido resulta útil una herramienta que ayude a organizar fechas y horarios de cursada, parciales, finales y entregas en un cronograma. Existen aplicaciones para manejar esta información.

En Android está disponible *Timetable*³: que permite (de manera intuitiva) administrar las tareas, exámenes, permitiendo la sincronización con otros dispositivos. Como característica novedosa, silencia el teléfono en los horarios de clase. Para iOS existe *Class Timetable*⁴ similar a la anterior, pero permitiendo el envío de notificaciones de tareas o vencimientos y mejores visualizaciones para las actividades de la semana.

1.2.3. Geolocalización

La ubicación en cualquier lugar del planeta puede definirse de manera simple a través de coordenadas (latitud, longitud y altitud). El auge de los *smartphones* y tabletas, el costo cada vez menor del acceso a la red y la popularidad de Internet, hace que haya una “mayor aplicación de la tecnología de geolocalización en el ámbito educativo”[7].

Los datos de geolocalización permiten relacionar una información con una posición en el mapa. Esto facilita la visualización y la identificación de patrones sobre zonas geográficas.

Por otra parte, también permite que los “usuarios encuentren a personas con intereses similares situadas en un entorno cercano y entren en contacto con ellas a través de servicios basados en la localización”[7].

1.2.4. Presencia móvil de la Universidad

El término *presencia móvil* refiere al hecho de *estar presente* en los dispositivos móviles (*smartphones* y *tablets*) estableciendo un canal de difusión de contenidos[8].

³Timetable disponible en Google Play: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gabrielittner.timetable>

⁴*Class Timetable* disponible en <https://itunes.apple.com/gb/app/class-timetable/id425121147?mt=8>

Uno de los aspectos importantes de tener una *app* (además de tener mejor experiencia de uso que una aplicación Web) es mejorar esta presencia de la Universidad en el ámbito de las aplicaciones y tiendas virtuales de las distintas plataformas móviles. En este sentido, uno de sus principales beneficios es: fortalecer la imagen. La existencia de una aplicación fortalece el conocimiento de la institución y la comunicación con sus usuarios. De esta manera, mejora el compromiso de ellos para con la Universidad[9].

1.3. Aplicaciones universitarias existentes

Actualmente existen varias soluciones para dispositivos móviles en el contexto universitario. Tanto aplicaciones que abarcan aspectos puntuales en el proceso de educación, como plataformas para el desarrollo de herramientas universitarias. Se analizarán los aspectos interesantes de las aplicaciones más importantes en el ámbito de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina y el mundo.

1.3.1. Informática UNLP



Figura 4: Capturas de pantalla de la aplicación de la Facultad de Informática: *Informática UNLP*.

Desde Mayo de 2016 está disponible la aplicación⁵ de la Facultad de Informática. Entre sus características principales, esta posee:

- **Cartelera de novedades:** con la posibilidad de recibir notificaciones al momento de una publicación.
- **Aulas y horarios:** le permite al estudiante conocer qué materias están siendo dictadas en ese momento junto con la indicación del aula. Informa también sobre cuales son los días y horarios de las asignaturas de su interés, y además posee una característica muy interesante: un escáner de código QR para conocer qué materia se está dictando en el aula escaneada.
- **Información académica e institucional:** comunica al usuario acerca de las carreras y los planes de estudio, el calendario académico y las fechas de los exámenes finales. También posee enlaces a la Facultad en las redes sociales e información de contacto.

1.3.2. Jursoc UNLP

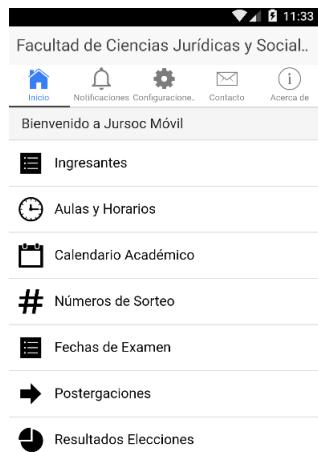


Figura 5: Captura de pantalla de la aplicación de la Facultad de Ciencias Jurídicas y sociales: *JursocUNLP*.

⁵Informática UNLP disponible en <https://play.google.com/store/apps/details?id=ar.edu.unlp.info.infoUNLP>

El área de informática de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales desarrolló una aplicación móvil⁶ para sus estudiantes. En ella se destacan: la consulta de aulas y horarios de las cátedras, notificaciones sobre cambios en las mesas de examen, los números de sorteo utilizados para la inscripción a cursadas y la geolocalización del edificio para su ubicado mediante el *GPS*.

1.3.3. UNLP: ART Salud



Figura 6: Captura de pantalla de la aplicación *UNLP: ART Salud*.

Se trata de una aplicación⁷ con información útil acerca de la aseguradora de riesgos de trabajo (ART) correspondiente a la Universidad Nacional de La Plata.

Contiene mapas para ubicar las oficinas de la ART, teléfonos útiles y una guía de trámites

⁶*JursocUNLP* disponible en <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.jursocunlp.app&hl=es-419>

⁷*UNLP: ART Salud* disponible en https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mobincube.tramites_art.sc_HS2EQP

1.3.4. Kurogo (Modo Labs)



Figura 7: Capturas de pantalla del menú principal de aplicaciones realizadas con Kurogo.

Kurogo es una plataforma desarrollada por Modo Labs para crear aplicaciones móviles (con sistema operativo Android o iOS) orientadas a la favorecer la comunicación y dar a conocer información acerca de entidades, en especial, universitarias, de manera sencilla. Dicha plataforma está organizada en una serie de módulos (expresados a través íconos con texto en la pantalla principal como se muestran en la figura 7) que representan datos y actividades de interés para el estudiante: servicios que ofrecen, enlaces, eventos, horarios, teléfonos y mapas. Se destacan algunas de sus funciones:

- **Calendario:** Agrupados por las categorías a las que pertenecen, se muestra información de los eventos relacionados a la universidad, con la posibilidad de buscarlos, compartirlos y agregarlos al calendario del dispositivo.
- **Mensajería:** Le permite a los estudiantes recibir notificaciones push y mensajes en forma de avisos en tira⁸.
- **Bibliotecas:** Permite realizar búsquedas de libros y artículos y consultar su información y disponibilidad Mapa: ofrece un mapa completo de

⁸Los avisos en tira son mensajes breves que aparecen en la parte superior de la pantalla.

los edificios internos del campus universitario (de interiores y exteriores). Existe también la posibilidad de realizar búsquedas.

- **Emergencias:** Permite recibir noticias críticas de emergencias y acceder al listado de teléfono útiles.
- **Comedor:** Da a conocer los menús y platos que ofrece el comedor, junto con sus horarios.
- **Estacionamiento:** Este módulo permite recibir información en vivo de los lugares libres para estacionar el automóvil. Requiere de software y hardware extra para permitir esta funcionalidad.

Kurogo es utilizada por Universidades como Colgate University, Harvard y CSUN, entre otras.

1.3.5. Universidad de Harvard

La Universidad de Harvard[10] posee varias aplicaciones móviles para sus estudiantes. La principal, Harvard Mobile, está desarrollada utilizando Kurogo (antes mencionada) y brinda la información básica que provee esta plataforma. Está disponible para iOS, Android y web móvil⁹. También disponen de tres aplicaciones orientadas tours y recorridos virtuales (con diferentes temáticas históricas, culturales y botánicas), y otra relacionada con eventos y noticias de la escuela de salud pública.

⁹Sitio web optimizado para móviles: <https://m.harvard.edu/>

1.3.6. Universidad de Oxford

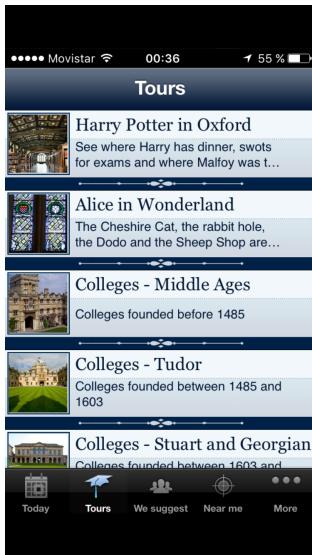


Figura 8: Captura de pantalla de la aplicación oficial de la universidad de Oxford.

Para la Universidad de Oxford[11] existe una aplicación principal (*Oxford University: The Official Guide app*, disponible solo para iOS) que está centrada en mostrar las novedades y los recorridos turísticos focalizados en distintas temáticas como esculturas, jardines y ganadores del premio Nobel, entre otras. Permite también, conocer qué hay en los alrededores y mostrar sugerencias de qué hacer en esa zona.

Existen además otras *apps* secundarias que permiten ver la revista de la institución (*Oxford Today*) y recorrer sus museos (*Explore Oxford University Museums*) y un sitio web adaptado con estilos móviles en el que sus principales funciones son: conocer las tareas diarias, verificar el estado del transporte en colectivo, encontrar un libro de la biblioteca, etcétera.

2. Capítulo II: Análisis y marco teórico

2.1. Introducción

Este capítulo presenta el marco teórico y el análisis de las tecnologías existentes, para fundamentar el desarrollo propuesto y su implementación.

Es importante destacar que para el marco teórico del proyecto propuesto en esta tesina, surge la necesidad de considerar los mecanismos para:

- Brindar un mecanismo genérico para integrar información útil para el estudiante, entre distintos sistemas implementados en la Universidad Nacional de La Plata.
- Proveer nuevas operaciones y que estas estén disponibles para su uso externo, a través de otros sistemas.
- Comunicar datos de interés entre el *backend* y los dispositivos móviles.
- Representar estos datos en una aplicación móvil, de manera sencilla y que el usuario encuentre cómodo al momento de su utilización.
- Expresar la libertad de uso, copia y modificación del desarrollo.

En primera instancia se revisan las razones del uso de software libre. En segundo lugar, puesto que el modelo de aplicación distribuida elegido es el de cliente-servidor, este apartado continúa con dos secciones. La primera, revisa las características técnicas para proveer los recursos (*backend*, servidor) y la segunda, detalla sobre el consumidor (*frontend*, cliente).

Por otra parte, considerará algunos de los servicios implementados actualmente por la Universidad Nacional de La Plata (y sus dependencias) para lograr su integración. Además, se considerará la potencialidad de incorporación de otros servicios pre-existentes a este desarrollo.

2.2. Software libre y de código abierto

El software libre y de código abierto (denominado *Free and open-source software* (FOSS)) es aquel que reúne ambas características: la de ser *Software libre* y de *código abierto*. Esto significa que cualquiera es libre de usar, copiar, estudiar y cambiar el software, y además que su código es abiertamente compartido para motivar a las personas a que mejoren su diseño[12].

Aunque ambos términos parezcan similares y estén motivados por cuestiones en común, existen diferencias: el *código abierto* se basa en las ventajas que posee este modelo de desarrollo, mientras que el *software libre* es un concepto más filosófico que trata de las libertades de los usuarios respecto de los programas.

El software libre se basa en que los programas deben respetar cuatro libertades. A continuación son enumeradas, citando textualmente a la *Free Software Foundation* en [12]:

La libertad de ejecutar el programa como se desea, con cualquier propósito (libertad 0).

La libertad de estudiar cómo funciona el programa, y cambiarlo para que haga lo que usted quiera (libertad 1). El acceso al código fuente es una condición necesaria para ello.

La libertad de redistribuir copias para ayudar a su próximo (libertad 2).

La libertad de distribuir copias de sus versiones modificadas a terceros (libertad 3). Esto le permite ofrecer a toda la comunidad la oportunidad de beneficiarse de las modificaciones. El acceso al código fuente es una condición necesaria para ello. [12]

Los beneficios de estos principios[13] son:

- La seguridad: Cuantas más personas vean el código, es más probable que detecten errores y los corrijan. Esto tiene un impacto directo en el marco de la seguridad.
- La calidad: En relación con el inciso anterior, la cantidad de usuarios de un desarrollo, también influye, ya que permite que estos incorporen nuevas funcionalidades o las mejoren.
- Personalización: Al permitir modificaciones, habilita a que estas se realicen para adaptarse a las necesidades del usuario u organismo.
- La libertad: La utilización de software de *código abierto* libera el hecho de “estar atado” a una tecnología propietaria.
- La interoperabilidad: Suele adhiere más a los estándares libres que el software privativo, lo que evita estar limitado al uso de formatos cerrados.

- La auditabilidad: La visibilidad del código permite a los usuarios ver las acciones que este ejecuta.
- Las opciones de soporte: El soporte es gratis a través de la asistencia de la comunidad de usuarios y desarrolladores. También existe el soporte pago, cuando es requerido asegurarse un mantenimiento.
- La gratuidad (sin costo): por definición es gratis.
- Las pruebas de un producto: Ayuda a evaluar un software antes de utilizarlo.

Estos principios motivan su adopción para el desarrollo de software realizado para esta tesina y como una característica requerida en los componentes que esta utilice.

2.2.1. GNU *General Public License* versión 3

La licencia pública general GNU (*GNU General Public License* (GNU GPL)) fue creada por Richard Stallman para el proyecto GNU. Esta brinda garantías al usuario final para utilizar, compartir, estudiar y cambiar el software. Su objetivo es declarar que los desarrollos que estén bajo esta garantía sean libres y estén protegidos por *copyleft*, evitando que futuras modificaciones por terceros restrinjan las libertades que brinda esta licencia.

En al año 2007 se publicó la versión 3. En líneas generales esta nueva versión incorporó los siguientes cambios[14]:

- Neutralizar las leyes que prohíben el software libre.
- Reforzar la protección contra amenazas de patentes.
- Aclarar la compatibilidad de la licencia con otras.
- Agregar licencias compatibles.
- Habilitar nuevas maneras para compartir el código fuente.
- Distribuir menos código fuente (agregando excepciones para librerías comunes).
- Ajustes para hacer mas global a la licencia.

Para terminar, todo el código fuente escrito para el desarrollo de esta tesina adhiere a la licencia GNU GPL versión 3.

2.3. Infraestructura del *backend*

En la arquitectura del *software* existen muchas capas entre el usuario y el procesador físico que ejecuta las instrucciones. Una de ellas, es la denominada como *backend*. Esta capa es la que se encarga de manejar la lógica de negocios y el almacenamiento, y su ejecución se hará del lado del servidor.

En las siguientes secciones analizaremos las características técnicas requeridas por las necesidades planteadas en la introducción de ese capítulo, que justifiquen las decisiones para este desarrollo (en relación con el *backend*).

2.3.1. Sistemas distribuidos

Al comienzo de la era de las computadoras modernas, entre 1945 y 1985, estas eran muy costosas y de gran tamaño. Además operaban independientemente unas de otras.

A mediados de los años 80, ocurrieron dos avances tecnológicos claves que resultaron en el comienzo de una nueva era para favorecer el desarrollo de los sistemas distribuidos[15].

El primero es el avance en la potencia de los microprocesadores: se produjo un gran aumento del poder de cómputo y a su vez una considerable reducción en su precio. Esto fue tan vertiginoso que, como indica Tanembaum, “si los autos hubieran mejorado a este ritmo en el mismo período de tiempo, un *Rolls Royce* hoy hubiera costado 1 dólar y obtendríamos un billón de millas por galón. Desafortunadamente, también sería probable que tuviera un manual de 200 páginas explicando cómo abrir la puerta”[16].

El segundo avance se trata de la aparición de las redes de alta velocidad: desde las redes de área local, hasta las redes de área amplia, permitieron que miles de computadoras se conecten entre sí. Con velocidades variantes, han ido evolucionando desde unos pocos Kilobits hasta Gigabits por segundo.

En conclusión, estos dos factores hacen que hoy sea posible desarrollar fácilmente sistemas que integren a múltiples computadoras que interactúan a través de redes de alta velocidad. Estos sistemas y su interacción definen un sistema distribuido.

Tanembaum y Van Steen definen a los sistemas distribuidos como “una colección independiente de computadoras que se muestran a sus usuarios como un único sistema coherente”[16, p. 2]. De esta manera especifican que sus principales objetivos son:

- Hacer que los recursos remotos estén disponibles de manera controlada y eficiente.
- Ocultar que procesos y recursos están físicamente dispersos entre computadoras distintas.
- Ser abiertos. Esto significa que el acceso a sus servicios esté establecido por ciertas reglas estándar que definan su sintaxis y su semántica.
- Ser escalables. Esto es que tenga la posibilidad de crecer sin perder calidad en el servicio.

Estos objetivos serán requerimientos primordiales para llevar a cabo la integración de los servicios de la Universidad con la aplicación móvil.

2.3.1.1 Servicios Web

Según la definición de la *Universal Description, Discovery and Integration* (UDDI), los Servicios Web son “aplicaciones modulares, auto-contenidas que tienen interfaces abiertas, orientadas a Internet y basadas en estándares”[17].

En términos generales, son la manera de exponer información y funcionalidad de un sistema a través de tecnologías Web, respetando sus estándares. El uso de estos es clave, ya que reduce la heterogeneidad existente entre sistemas facilitando su integración[18]. Esto nos permite utilizar los estándares Web como medio para comunicar sistemas.

Por estas razones se considera a los servicios Web como interfaz para realizar la comunicación de las aplicaciones de la Universidad. En las siguientes secciones se revisan los distintos tipos de servicios web, describiendo sus principales características.

2.3.1.2 SOAP

Simple Object Access Protocol (SOAP) define un protocolo de envío de información estructurada, con un tipo asociado y de manera descentralizada utilizando como lenguaje XML[19]. Estos datos pueden viajar sobre protocolos de transporte existentes como *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) o *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP).

Un mensaje en SOAP consta de un elemento “sobre” (en inglés *Envelope*) que dentro contiene otros dos elementos: un encabezado (*header*) y un cuerpo(*body*). Con esta estructura básica, ya es posible la comunicación.

```
<SOAP:Envelope xmlns:SOAP="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
    <SOAP:Header>
        <!-- Contenido del encabezado -->
    </SOAP:Header>
    <SOAP:Body>
        <!-- Contenido del cuerpo -->
    </SOAP:Body>
</SOAP:Envelope>
```

Bloque de código 1: Ejemplo de estructura básica de mensaje XML en SOAP. *Envelope* tiene dos hijos: *header* y *body*.

Por otra parte, SOAP define un modelo que le permite indicar a los receptores del mensaje cómo deben procesarlo. Modela el concepto de *actor* que es quien sabe qué parte del mensaje le corresponde y cual descartar para enviar al siguiente.

Sus servicios permiten especificar un documento WSDL (en formato XML) utilizado para detallar la interfaz de conexión, brindando información al usuario sobre los parámetros y sus tipos de dato.

Las fortalezas de SOAP[20] son:

- Transparencia e independencia respecto del protocolo de transporte.
- El uso de WSDL para describir la interfaz del servicio ayuda a abstraer detalles del protocolo de comunicación y serialización, así como también cuestiones de la plataforma sobre el que está implementado (y el lenguaje utilizado).

Sus debilidades:

- Permite la existencia de problemas de interoperabilidad cuando se filtran tipos de datos nativos o construcciones del lenguaje en la interfaz, atravesando las capas de abstracción.
- Produce un *desajuste de impedancia* que resulta costoso al traducir los datos en formato XML a datos utilizados en lenguajes orientados a objetos.

2.3.1.3 REST

REpresentational State Transfer (REST)[21] es una arquitectura de servicios (cliente-servidor) que se basa en los estándares de la Web. En ella, los datos y las funciones son considerados recursos y estos son accedidos mediante *Uniform Resource Identifier* (URI). Las acciones sobre estos recursos son las definidas por los verbos del protocolo HTTP: GET, POST, PUT, DELETE (entre otros). A las *Application Programming Interface* (API) que implementan la arquitectura REST, se les dicen que son RESTful.

De esta forma, su diseño fomenta que los servicios sean simples, livianos y performantes.

Sus fortalezas son[20]:

- Su sencillez: al utilizar estándares web (HTTP, URI, *Multipurpose Internet Mail Extensions* (MIME), *JavaScript Object Notation* (JSON), XML) definidos por la *World Wide Web Consortium* (W3C) e *Internet Engineering Task Force* (IETF), la infraestructura necesaria para su implementación, es de uso generalizado.
- Servidores y clientes HTTP están disponibles para la mayoría de los lenguajes de programación, sistemas operativos y plataformas. Además el puerto 80 generalmente se deja abierto en cualquier configuración de *firewall*.
- Infraestructura liviana y económica.
- Fácilmente escalable gracias a que soporta caché, balance de carga y Clustering.
- Permite formatos de mensajes livianos como JSON o inclusive texto plano para tipo de datos simples.

Sus debilidades son:

- Su implementación, al ser abierta, a veces no se adapta al correcto uso de los verbos HTTP.
- Para solicitudes idempotentes (utilizando el verbo *GET*), existe una limitación en el tamaño de la URI de 4KB.

2.3.1.4 SOAP o REST: Conclusión

En base a las ventajas y desventajas de ambas tecnologías, se realizó un análisis[20, p. 809] y se concluyó que es conveniente utilizar REST para integrar servicios a medida a través de la Web y preferir SOAP en la integración de aplicaciones de negocio y que posean como requisito la calidad de servicio.

En base a lo analizado se concluye que la utilización de servicios REST es conveniente para este desarrollo puesto que: provee mayor flexibilidad, es más liviana, sus tecnologías son de uso generalizado y se adapta correctamente a las necesidades de conexión de los dispositivos móviles y de otros servicios externos que consuman la información provista. Además facilita la posibilidad de escalar horizontalmente y permite el uso de caché.

Por otra parte, para la comunicación con aplicaciones móviles, REST supera ampliamente a SOAP. Una evaluación hecha[22] demostró que REST tuvo una mejor *performance* debido a mensajes de menor tamaño y tiempos de respuesta más cortos, además de su alta flexibilidad y bajo *overhead*. La latencia es importante en el ámbito de las aplicaciones móviles ya que existe una pérdida de *performance* y mayor consumo de red al sobrecargar los mensajes con datos extra.

En conclusión, se recomienda la utilización de servicios RESTful[22] para la conexión entre el *backend* y el dispositivo.

2.3.1.5 Diseño de una API RESTful

Para la comunicación con otras aplicaciones utilizando REST es necesario definir una API RESTful que cumpla con sus características[21]. Estas son:

- **Sin estado:** No debe almacenar información de contexto del cliente. Todos los datos que sean necesarios para la comunicación, se envían en cada pedido HTTP, inclusive los datos de autenticación (para el caso de acceso a recursos restringidos). Esto es así para favorecer la escalabilidad y por ende la *performance* general de los servicios: la ausencia de estados en el servidor, elimina la necesidad de sincronizar los datos de sesión entre los distintos nodos[23].
- **Orientada a recursos:** La *arquitectura orientada a recursos* se basa sobre el concepto del *recurso*. Esto significa que cada uno de ellos es un componente distribuido que permite ser accedido directamente y es

manejado a través de una interfaz común estándar[24]. Cómo acceder a ellos y qué acciones realizar, se tratarán en los dos siguientes puntos.

- **Acceso mediante URIs:** En HTTP y en particular para los servicios web REST, la URI es la principal interfaz de manipulación de los datos. Por lo tanto, para ser correcta, debe ser auto-descriptiva: que de manera intuitiva se pueda predecir, o al menos saber dónde buscar, el acceso al recurso. Una manera para lograr esto es definiendo URIs en base a una estructura jerárquica (de forma similar a la organización de los directorios). De esta forma, existe una rama principal y de ella heredan sub-ramas que van exponiendo cada uno de los servicios. Se utiliza como carácter de separación la “barra inclinada” .
- **Uso de métodos HTTP:** Las acciones que se realicen sobre los recursos deben ser representadas a través de los “verbos HTTP” (definidos en el estándar como *métodos HTTP*). Existe una asociación directa entre CRUD y las operaciones HTTP[21]. Además, cada una de ellas tiene una semántica asociada que implica un comportamiento implícito en la API (pero bien definido en el estándar HTTP). Por ejemplo el método GET es idempotente, lo que significa que no importa cuantas veces sea invocado, siempre retornará los mismos resultados y no producirá una modificación explícita (esperada por el usuario) en el sistema.
- **Representación de los recursos en XML o JSON:** la representación de un recurso refleja el estado de este y sus atributos al momento de su solicitud. La manera en que esta información es codificada es lo que llamamos formato. Comúnmente se utilizan dos formatos XML y JSON. Ninguno es superior al otro y su elección depende de las necesidades del sistema.

En particular, para la presente solución, que no requiere la existencia de datos complejos, se hace el foco en JSON. Este es más simple (legible) y compacto (menos *overhead*) y por ende su transferencia en la red es más rápida. Su uso en soluciones que utilizan JavaScript y AJAX es más eficiente y flexible[25].
- **Estado de respuesta utilizando códigos HTTP:** estos códigos son devueltos siempre en una solicitud HTTP y están definidos dentro del estándar[26]. Si bien no indican demasiado en dentro del dominio de aplicación, se vuelven útiles cuando son utilizados por un destinatario o intermediario genérico (como cachés, proxies o librerías), que comprende el protocolo y sabe cómo actuar ante ciertas respuestas.

- **Versionable:** el versionado no está dentro de las recomendaciones o de la especificación, de hecho va en contra del “purismo de REST” y es muy discutida la forma de llevarlo a cabo. Sin embargo, existe una realidad: como el *software* cambia, también lo hacen sus APIs, por lo tanto es un aspecto importante a destacar en su diseño.

A medida que el software evoluciona surge la necesidad de incorporar estos cambios en los servicios. Si estos se hicieran y no se tomase ningún recaudo, se estarían generando incompatibilidades en sistemas que dependen de estos servicios. Para evitar estos problemas, surge la necesidad del versionado de APIs.

Como indica Hunt en su artículo[27], existen tres maneras “incorrectas” de versionar APIs:

- Por *Uniform Resource Locator* (URL): Incorporando el número de versión en la URI.
- Encabezado personalizado: Se crea un encabezado HTTP personalizado indicando la versión de la API del *request*.
- Encabezado *Accept*: Similar al punto anterior, pero este está definido en el estándar sólo que se le incorpora el dato de la versión.



Figura 9: *Meme* que bromea acerca de las discusiones en Internet sobre el versionado de las interfaces REST

2.3.2. Autorización y autenticación

Al definirse la utilización de servicios REST para la comunicación, el siguiente paso es determinar qué mecanismos de seguridad existen, que sean compatibles y utilizados por la industria, para restringir el acceso a los recursos.

Se denomina *autenticación* al proceso de determinar que algo o alguien es quien dice ser y *autorización* a la verificación de los permisos necesarios para acceder a un recurso[28].

El desarrollo propuesto requerirá que se verifique el acceso a la información de:

- los usuarios a través de la aplicación móvil y
- de las aplicaciones y servicios externos que quieran integrar su información.

Para ello se revisarán los mecanismos que más se adecuen para cada caso.

En el siguiente apartado, se investigan las tecnologías para realizar la autorización y autenticación de las diferentes partes intervenientes.

Para la interacción entre:

- la aplicación móvil y la API: se utiliza el protocolo estándar denominado OAuth, en su segunda versión (OAuth 2.0).
- aplicaciones externas y la API: se adopta el mecanismo de clave de API y clave secreta.

A continuación se detallan las características de cada una.

2.3.2.1 OAuth2

El protocolo OAuth2 permite verificar que las aplicaciones tengan los permisos necesarios para el acceso a los datos y operaciones en nombre del usuario, sin estas conocer sus credenciales (nombre de usuario y contraseña, por ejemplo)[29].

Este mecanismo además, posibilita la integración entre las aplicaciones sin compartir o guardar los datos de acceso. Para ello se vale del concepto

de *tokens* de acceso de manera que el usuario no tenga que ingresar la clave en aplicaciones de terceros. Este método sirve para autenticar y autorizar, por un tiempo limitado, cada solicitud. Desde el punto de vista de la seguridad, esto es útil, ya que si un atacante se hace del *token* de acceso, este expirará reduciendo el potencial de daño.

El tipo de acceso elegido para la interacción “aplicación móvil-API” es el denominado *Resource Owner Password Credentials Grant* ya que existe confianza entre la aplicación y el “dueño del recurso”, que en este caso es la API. Este tipo de otorgamiento es apropiado para clientes que son capaces de obtener las credenciales del dueño de los recursos[29]. En la figura 11 se puede ver el flujo de los datos desde el cliente hasta la obtención del token para este tipo de acceso.

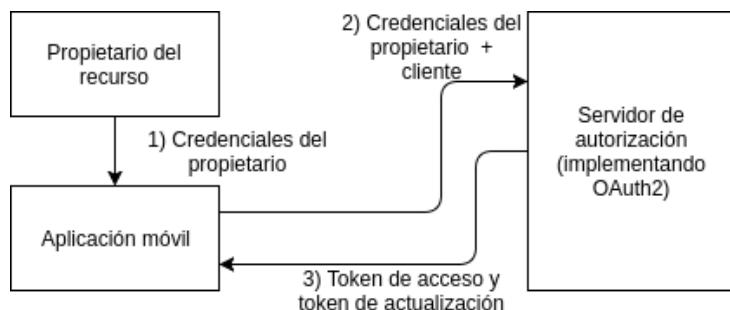


Figura 10: Flujo de información en el proceso de autenticación por *Resource Owner Password Credentials Grant* de OAuth2

Oauth2 es ideal para asegurar APIs ya que permite autenticar usuarios desde dispositivos sobre los cuales no se tiene confianza[30].

Para el caso de esta tesina, se utiliza OAuth2 para la interacción de la aplicación móvil con la API RESTful, manteniendo los requisitos que esta impone.

2.3.2.2 API Key y API Secret

Cuando no se requiere acceder en nombre del usuario, o realizar acciones no directamente relacionadas con él, OAuth no es necesario. Sin embargo se desea controlar la identidad del sistema que está intentando acceder a la información.

Una forma de realizar esto es a través de claves de API. Este método consta de dos de ellas: una podría ser pública e identifica a la aplicación

del tercero (API *key*). La otra es secreta y no debe exponerse (API *secret*). Ambas funcionan como una suerte de “usuario y clave” que son enviadas en cada solicitud HTTP. Sin embargo el valor secreto nunca viaja en ninguna comunicación realizada.

La forma de autenticación en cada pedido es la siguiente:

- La API *key* identifica a una aplicación y puede ser conocida por otras entidades.
- La clave secreta sólo es conocida por la entidad emisora y la aplicación externa.
- Se procesa la solicitud a enviar, y se adjunta en el encabezado la identificación de la aplicación (API *key*) y la firma. Esta se genera en base al resultado de procesar a través de una función de *hash* (denominada Código de autenticación de mensajes en clave/*hash* (HMAC)), el contenido del pedido y la clave secreta. Al resultado de esta función se lo denomina *firma*. Esta asegura que no se pueda manipular el mensaje y que sea originado por quien dice ser.
- La solicitud es procesada por el destinatario realizando el mismo proceso: aplicando la función de *hash* sobre el contenido y la clave secreta... si el resultado (*firma*) es el mismo, significa que la solicitud fue originada por el remitente esperado y no fue modificada.

Este método (HMAC) permite identificar al remitente que origina la solicitud y su autenticidad[31] y por ende se pueden controlar (a nivel de aplicación) sus permisos asociados. Este método es utilizado por *Amazon Web Services*[32], *Facebook*, *Telegram* entre otros.

En particular se utiliza el encabezado HTTP *Authorization* para transmitir ambos valores (API *key* y firma).

Para finalizar, hay que destacar que las comunicaciones realizadas por este proceso, deben hacerse a través del protocolo *HyperText Transfer Protocol Secure* (HTTPS) (que es HTTP sobre una capa segura en donde la información viaja encriptada). Esto nos asegura que ningún intermediario pueda leer el mensaje y además evita el Replay Attack.

2.3.3. Lenguaje y Framework

Para el presente desarrollo, en lo que respecta al *backend*, queda por definir el lenguaje sobre el cual se construyen los servicios. Además, para no “reinventar la rueda” se elige un Framework que cumpla con las necesidades de REST.

2.3.3.1 PHP

PHP: *Hypertext Preprocessor* (PHP) es un lenguaje de programación, Open Source, que se ejecuta del lado del servidor y es utilizado generalmente para el desarrollo Web.

En su uso tradicional, al recibirse una solicitud HTTP a un recurso manejado por un *script* PHP, el servidor Web interpreta este código y genera una respuesta. Posee además una interfaz por línea de comandos que permite ejecutar *scripts* desde la consola sin la necesidad de un servidor Web o un cliente HTTP. Este tipo de ejecución se utiliza habitualmente para la programación de tareas de rutina, procesamiento de texto y para ejecutar comandos en Frameworks[33].

Algunas de sus características destacables son:

- Es multiparadigma ya que soporta programación imperativa, funcional, orientada a objetos y procedural.
- Funciona en los principales sistemas operativos: Linux, variantes de Unix, Windows, Mac OS X, RISC OS, entre otros.
- Es compatible con un amplio espectro de bases de datos y soporta su abstracción mediante librerías nativas como PDO.

Es uno de los lenguajes para la Web, del lado del servidor, más utilizados[34], con una gran comunidad de desarrolladores y es adoptado por grandes sitios como: Facebook, Wikipedia, Flickr, Yahoo, Tumblr y Wordpress.com, entre otros.

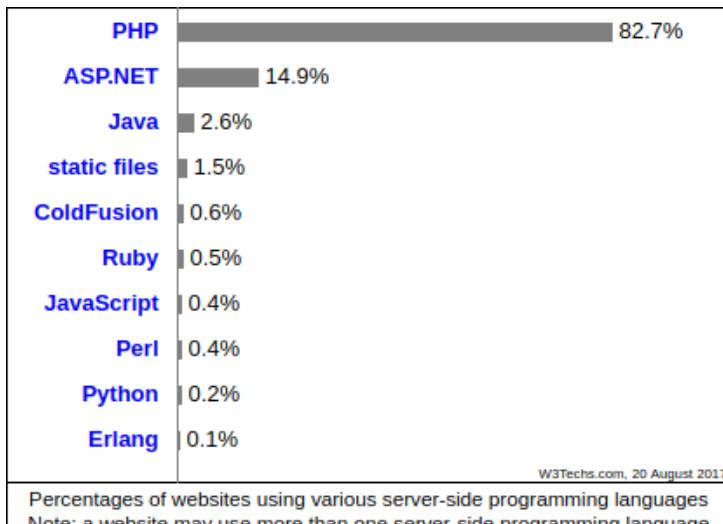


Figura 11: Porcentaje de uso de lenguajes del lado del servidor. Fuente: w3techs.com [34]

Por estas razones y su amplio uso en aplicaciones Web (manejando solicitudes HTTP) lo convierten en una alternativa útil para la implementación de una API RESTful. Además, se elige este lenguaje por mi experiencia en su uso. La versión requerida es 5.6 o superior.

No obstante, hace falta el uso de un Framework PHP que provea las herramientas adecuadas para implementar REST. Analizaremos este aspecto en la siguiente sección.

2.3.3.2 Lumen

Lumen es un Microframework ultra rápido que deriva de Laravel. Está orientado al desarrollo de APIs RESTful.

En sí es una versión de Laravel con funcionalidad removida para incrementar su *performance* y velocidad. Se eliminan aspectos que no se utilizan (o no deberían) en APIs, como por ejemplo el manejo de sesiones o plantillas *HyperText Markup Language* (HTML). Permite en cualquier momento incorporar funcionalidad y pasarse a un proyecto Laravel.

Entre sus principales características se destacan:

- Es de código abierto.

- Su sintaxis es intuitiva.
- Posee una extensa comunidad de desarrolladores dispuestos a resolver los problemas que surjan.
- Bien documentado¹⁰.
- Completo en recursos: tiene una amplia variedad de extensiones.
- Los validadores.

Cabe destacar que la utilización de Laravel como Framework PHP ha ido incrementando en los últimos años. Las tendencias de búsqueda en Google muestran el interés en la comunidad[35] respecto de otros principales entornos (ver figura 12).



Figura 12: Tendencia en búsquedas sobre los principales Frameworks PHP en los últimos 5 años. Fuente: Google Trends[35]

De acuerdo a un análisis realizado en ambientes productivos por el autor del artículo[36], los tiempos de respuesta y el margen de escalabilidad

¹⁰Uno de sus principales sitios es <https://laracasts.com/>

del Framework, fueron muy satisfactorios. Las pruebas se realizaron sobre una cantidad aproximada de 50.000 solicitudes por minuto, y se logró tener respuestas de 6 milisegundos para configuraciones de PHP con HHVM y de 25 milisegundos utilizando PHP-FPM.

La infraestructura utilizada constó de 3 nodos con servidores web Nginx y PHP-FPM (cada uno con seis núcleos de 2.6 GHz, 32GB de memoria RAM, y 2 discos de 128GB de estado sólido), balanceados con un HAProxy utilizando *round-robin*. Los resultados indicados se pueden ver en la figura 13.

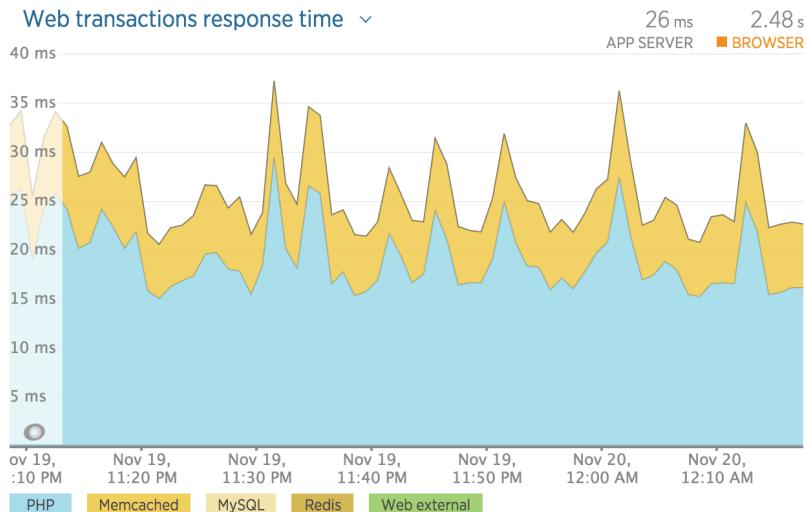


Figura 13: Tiempo de respuesta de las transacciones web con Lumen para aproximadamente 50k solicitudes por minuto. Fuente: darwinbiler.com [36]

Respecto a la escalabilidad, de acuerdo al gráfico de la figura 14, el autor concluyó que como “en un sistema no escalable, la línea tiende a curvarse hacia arriba”, entonces “inclusive si se incrementen las solicitudes, el tiempo de respuesta no crece exponencialmente, de esta manera no afecta la experiencia del usuario final”[36].

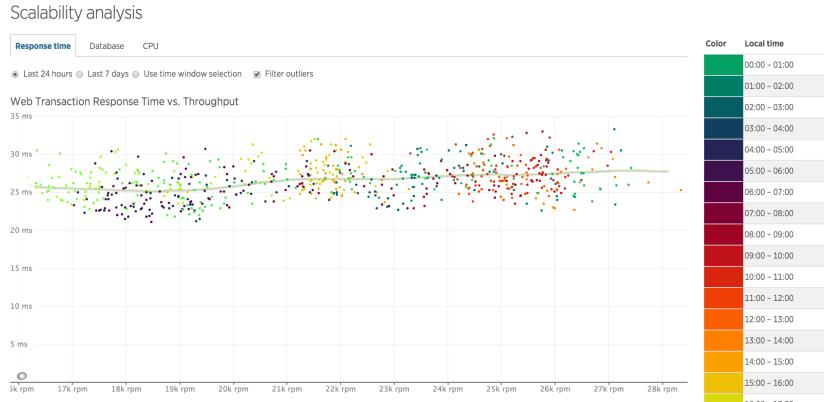


Figura 14: Análisis de escalabilidad de Lumen: tiempo de respuesta vs solicitudes por minuto. Fuente: darwinbiler.com [36]

Finalmente, es importante destacar que *Lumen* soporta (a través de PHP) múltiples motores de bases de datos y el desarrollo se abstrae de las características particulares de ellos. Esto significa que se puede implementar por cualquier motor soportado por *Lumen*¹¹, siendo el cambio, totalmente transparente.

Por todas estas razones se elige a *Lumen* como Framework de desarrollo para el proyecto *Mi Universidad*. La versión que se utiliza es la 5.4 (requiere PHP 5.6 o superior).

2.4. Infraestructura del *frontend*

Habiendo visto las características requeridas por el *backend*, en la siguiente sección se revisan las relacionadas con el *frontend*. Esto implica estudiar cuestiones relevantes para el cliente (en el modelo *cliente-servidor*), desde decisiones de interfaz de usuario hasta tecnologías para implementar la aplicación móvil.

¹¹Actualmente soporta: MySQL, Postgres, SQLite y SQL Server. <https://lumen.laravel.com/docs/5.4/database>

2.4.1. Interfaz de usuario

Los patrones de diseño para interfaces móviles han ido evolucionando a través del tiempo. La autora Theresa Neil destaca este aspecto comparando los cambios en las ediciones de sus libros [37]: si bien no han habido nuevos patrones de diseño, estos han evolucionado para estar más centrados en dispositivos móviles. Esto significa que dejan de utilizar metáforas relacionadas con aplicaciones Web o de escritorio, para elaborar soluciones centradas en móviles.

En las siguientes secciones se estudian los patrones de diseño para interfaces móviles en base a las necesidades de la aplicación móvil (*frontend*).

2.4.1.1 Patrones de navegación primaria

La navegación organiza el contenido de manera que sea lo más simple posible encontrar un dato buscado. En particular se llama navegación primaria a la orientada a moverse entre las categorías más importantes de información (similar a los menús principales en las aplicaciones de escritorio).

La navegación primaria se divide en dos tipos[37]:

- **Persistente:** las opciones de navegación están siempre presentes: son inmediatamente visibles y claras al abrir la aplicación. Forman una estructura simple como un menú con listado o pestañas.
- **Transitoria:** las opciones de navegación están disponibles durante un breve período de tiempo y deben ser explícitamente mostradas con un *toque* o *gesto*. Surgen de las restricciones en el tamaño de las pantallas de los dispositivos, y la necesidad de mostrar información que no cabe en ellas.

2.4.1.2 Navegación persistente

Los patrones actuales de navegación persistente[37] son:

- **Springboard:** Este patrón consiste en un pantalla dividida por una grilla invisible en donde cada celda posee una opción que actúa como punto de partida para las operaciones principales. Este patrón fue popular en el año 2011 debido a las limitaciones existentes (en iOS y Android) para la visualización de pestañas: solamente se permitían de

3 a 5 elementos. Es por ello que este patrón encontraba la forma de ampliar esta restricción, añadiendo inclusive paginado para incluir más opciones.

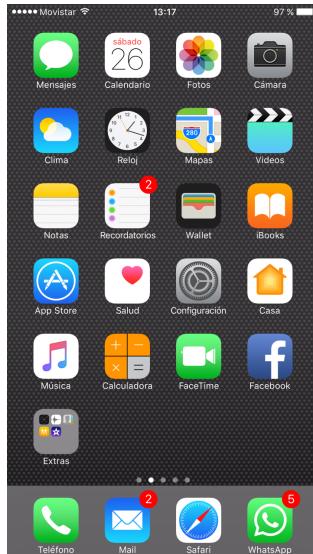


Figura 15: Ejemplo de patrón de navegación *springboard* a nivel de Sistema Operativo en iOS

Su desventaja es que aplana a las opciones, igualándolas en nivel de importancia y no pudiendo reflejar información de herencia entre ellas. Aunque *springboard* no es muy utilizado actualmente en aplicaciones, siguen existiendo implementaciones con algunas variantes que mejoran la interfaz y agregan herencia, como por ejemplo las aplicaciones: EasyJet, Kurogo (ver figura 7), Informática UNLP, entre otras.

- **Tarjetas:** Este patrón es una metáfora de una pila de tarjetas. Permite mostrar la información como si fuera una tarjeta y sus operaciones relacionadas: apilar, mezclar, descartar y ver reverso. Existen variantes como las utilizadas por Instagram y Facebook, en donde algunas de sus operaciones con gestos son removidas en pos de mejorar el estilo.
- **Menú lista:** Similar a *springboard* pero los ítems son ubicados en forma de lista, uno debajo del otro y para cambiar de módulo, es necesario volver a la lista principal.

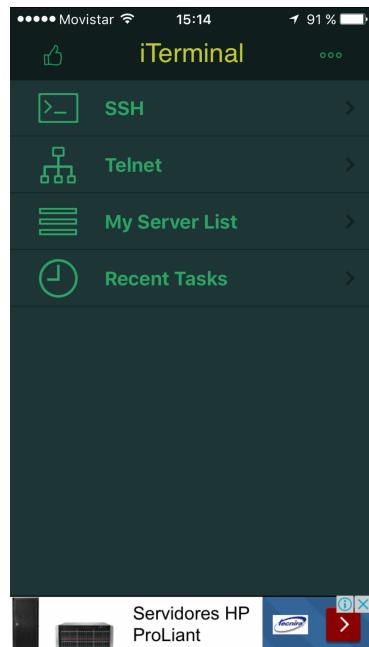


Figura 16: Ejemplo de patrón de navegación de “Menú lista” en iTerminal

- **Tablero:** Similar y combinable con los anteriores, pero brindando (en un vistazo) la información más relevante para el usuario, antes de navegar a la opción deseada.

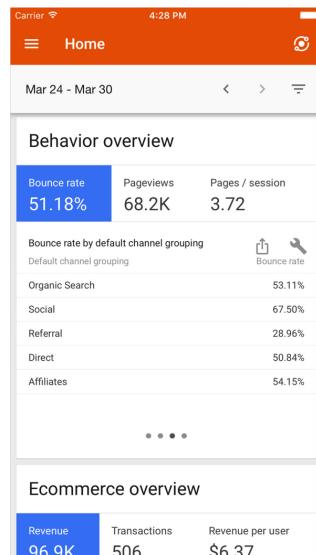


Figura 17: Ejemplo de patrón de navegación *dashboard* en Google Analytics

- **Galería:** Muestra el contenido¹² dentro de una grilla, carrusel o diapositivas.
- **Pestañas:** Recomendadas para una aplicación con una estructura plana, el esquema de pestañas, al estar siempre visible en la pantalla principal, permite navegar entre categorías con tan solo un toque o gesto. Android recomienda[38] el uso de pestañas si:
 - Se espera que el usuario cambie de vistas frecuentemente.
 - Se tiene un número limitado de vistas principales (hasta tres).
 - Se desea que el usuario sea consciente de las vistas alternativas.
- **Skeumórfica:** Este patrón se caracteriza por ser una interfaz que emula a un objeto real y su uso. Aunque no es muy común, algunas aplicaciones se valen de este recurso para mejorar la usabilidad cuando tienen que representar objetos reales. Es muy utilizada en videojuegos, pero no tanto en aplicaciones. Actualmente está en desuso[39].

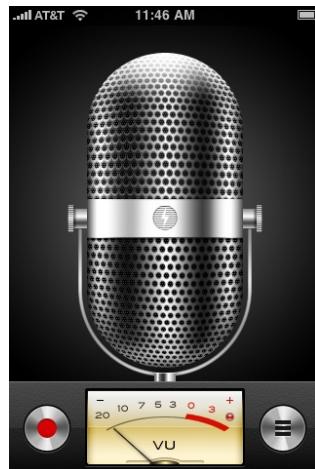


Figura 18: Ejemplo de interfaz con patrón skeumórfico en aplicación de grabadora para iOS

2.4.1.3 Navegación transitoria

Los patrones de navegación transitoria[37] son tres:

¹²Notar que esta vez se habla de contenido y no de opciones del menú u operaciones

- **Side drawer** (en español “cajón lateral”): Se trata del componente contenedor del menú que es desplegado desde el lateral de la pantalla hacia el centro. De ahí provine su nombre, ya que es similar al comportamiento de un cajón: oculto, se despliega, utiliza su contenido y es cerrado. Existen dos variantes: el que se muestra superpuesto sobre la pantalla principal y el que desplaza a esta.

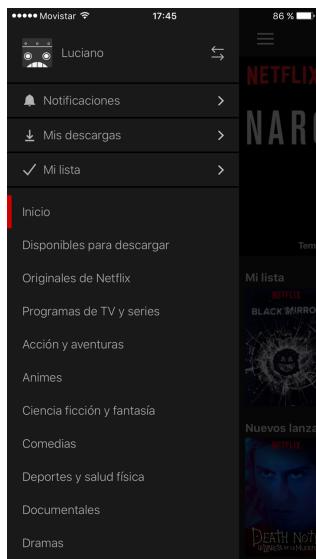


Figura 19: *Side Drawer* con menú en aplicación de Netflix (desplaza pantalla principal)

- **Toggle Menu** (en español menú desplegable o desplegado): Es similar al anterior, solo que se despliega desde el borde superior de la pantalla. Una característica clave es que se debe permitir que la misma acción que lo activó, lo pueda desactivar. El menú no debe cubrir toda la pantalla, dejando visible una porción de la vista principal, permitiendo desactivarlo al hacer un toque en esta sección.

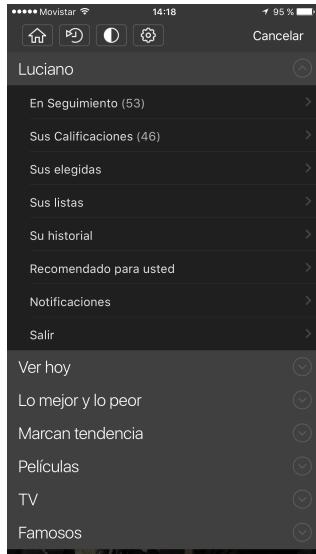


Figura 20: *Toggle menu* con menú en aplicación de IMDB

- **Pie Menu** (en español “menú de torta”, también conocido como “rueda” o “menú radial”): se trata de un menú contextual circular en donde la selección de las opciones depende de la dirección hacia donde se mueve el puntero (o el toque con el dedo). Está dividido en “porciones” (alrededor de un centro) que representan las distintas opciones. Su ventaja se basa en el uso de la memoria muscular para agilizar la interacción[40].

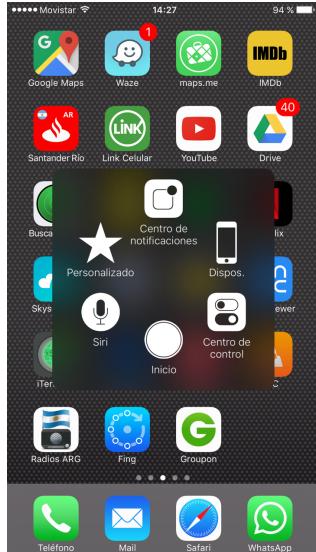


Figura 21: *Pie menu* en *assistive touch* de iPhone

No obstante, el uso de técnicas de interacción que no son basadas en un puntero (como por ejemplo toques o gestos con el dedo) son problemáticas[41].

2.4.1.4 Patrones de navegación secundaria

La navegación secundaria se centra en el movimiento dentro del módulo seleccionado (por la navegación primaria). Todos los patrones primarios también se pueden utilizar como secundarios, inclusive combinarse, por ejemplo, *pestañas* con *textitgalería*.

Además existen otros tres patrones secundarios más[37]:

- ***Page swiping*** (en español, “páginas deslizables”): se utiliza para navegar el contenido (agrupado en una página) deslizándolo hacia los costados. Para indicar este mecanismo, se recomienda mostrar un indicador visual de las páginas disponibles, por ejemplo una barra con puntos, en donde cada uno representa una página con contenido.
- ***Scrolling tabs*** (en español, “pestañas desplazables”): Es útil para mostrar múltiples categorías o vistas del contenido dentro de un mismo módulo. Pueden ser activadas con un toque o deslizadas en el sentido de la pestaña que se desea acceder.

- **Accordion** (en español, “acordeón”): Consiste en mostrar un resumen o título de cierta información, y al seleccionarlo, se abre, desplazando el resto del contenido contiguo y mostrando el detalle. Le permite al usuario ver más información, manteniéndose dentro de la misma pantalla. Es eficiente en el sentido que, para ver un contenido, evita que el usuario tenga que navegar a otra pantalla siendo probable que luego regrese a ella.

2.4.1.5 Elección de patrones de navegación

En base a lo expuesto anteriormente, se utiliza el patrón de *Pestañas* (persistente) en la navegación primaria para agrupar contenido con las mismas características. Se considera adecuado ya que en la aplicación no hay mas de 3 grupos de contenidos y el usuario se espera que frecuentemente visite todas las vistas. También se utiliza *Side drawer* (transitorio) para mostrar el acceso a otras operaciones de la aplicación y a contenidos específicos de cada servicio asociado. Debido a que estos ítems no son de consulta constante, se considera apropiado este patrón, ya que no es necesario que el menú esté visible todo el tiempo y además le permite a este crecer verticalmente a medida que se suma el contenido de nuevos servicios.

Para la navegación secundaria, dependiendo de la vista, se utilizan los patrones *tarjeta* y *menú lista*.

Debido a que todavía no se han visto los aspectos de funcionalidad de la aplicación, estas elecciones se detallan puntualmente en el capítulo 3.

2.4.2. Aplicación móvil

Al momento de comenzar el desarrollo hay que decidir qué tecnología utilizar para poder crear una aplicación móvil. En la actualidad existen varias, y su diferencia radica en base a las necesidades del desarrollo. En general, ninguna es mejor que la otra, pero en particular, de acuerdo a los requerimientos y necesidades, quizás sea más conveniente una por sobre la otra.

En las siguientes secciones se estudian los distintos métodos, tecnologías y lenguajes para desarrollar aplicaciones móviles y se analiza cuales son los más convenientes para *Mi Universidad*. Este análisis se basa en cumplir con los siguientes requerimientos:

- Que permita la utilización de características del dispositivo como co-

nexión a internet, Sistema de Posicionamiento Global (GPS), notificaciones, calendario, cámara, etc.

- Que sea capaz de brindar una experiencia de usuario de calidad y posibilite la implementación de los patrones de navegación anteriormente vistos.
- Que la aplicación sea potencialmente ejecutada en la mayor cantidad de dispositivos móviles, independientemente de su Sistema Operativo¹³.
- Que el costo de desarrollo sea bajo: para favorecer el mantenimiento, implementación y adopción de la aplicación por la UNLP y otras Universidades.

Existen dos tipos de técnicas y tecnologías de desarrollo para aplicaciones móviles: nativas e híbridas. Estas se discuten en las siguientes secciones.

2.4.2.1 Aplicaciones nativas

Las aplicaciones nativas son aquellas que para su programación se utiliza el lenguaje específico del sistema operativo del dispositivo y su desarrollo está optimizado para este. Esto significa que la aplicación creada será dependiente de la plataforma, no pudiendo ser directamente portada a otras[42].

Las ventajas de utilizar aplicaciones nativas son:

- Logran un mejor rendimiento: al eliminar una capa de abstracción, su código se compilado y utilizar llamadas nativas, permiten una mayor optimización.
- Mejor *look and feel*: ya que se utilizan los controles desarrollados para la plataforma específica, lo que conlleva a una visualización e interacción pulida.
- Mayor capacidad de procesamiento gráfico y acceso a capacidades del dispositivo: si se desean crear nuevas interfaces, saliendo de lo preestablecido, o implementar juegos, en donde el apartado gráfico es más

¹³Para el alcance de esta tesis y por cuestiones de costos de licencia, se utiliza Android como principal plataforma, pero igualmente debe existir la posibilidad que la aplicación funcione para otros Sistemas Operativos.

Cuadro 2: Conocimientos de lenguajes necesarios por plataforma[42]

| Plataforma | Lenguajes |
|----------------|------------------------------------|
| Apple iOS | C, Objective C |
| Google Android | Java (Harmony flavored, Dalvik VM) |
| RIM BlackBerry | Java (J2ME flavored) |
| Symbian | C, C++, Python, HTML/CSS/JS |
| Windows Mobile | .NET |
| Window 7 Phone | .NET |
| HP Palm webOS | HTML/CSS/JS |
| MeeGo | C, C++, HTML/CSS/JS |
| Samsung bada | C++ |

importante. También tienen una mayor flexibilidad en la utilización de las capacidades del dispositivo.

Como desventajas:

- Dependencia a una plataforma debido a diferencias en los lenguajes, *Software Development Kit* (SDK), herramientas y APIs de cada una de ellas.
- Mayor costo: debido al hecho que portar la Aplicación móvil (App) a otro sistema operativo significa una reimplementación desde cero. Además se multiplican (por cada plataforma) los costos de mantenimiento, al corregir y agregar nuevas funcionalidades. Por ejemplo para las interfaces de usuario, no hay ninguna plataforma implemente los mismos paradigmas.
- Mayor curva de aprendizaje: ya que requiere el conocimiento de todas las características de cada plataforma (lenguaje, APIs, arquitectura, ver cuadro 2).

2.4.2.2 Aplicaciones híbridas

Se trata de aquellas aplicaciones que son desarrolladas utilizando las tecnologías Web (HTML, JavaScript, *Cascading Style Sheets* (CSS)). Esto implica que corran dentro de una contenedor nativo (Apache Cordova/PhoneGap) brindando una capa de abstracción y un acceso homogéneo a las diferentes capacidades del dispositivo (neutralizando las diferencias entre los sistemas operativos).

Las ventajas que tienen las aplicaciones híbridas son:

- Multiplataforma: una misma aplicación permite ser compilada para múltiples sistemas operativos móviles, lo que permite reutilizar el código.
- Menor costo: al realizarse un solo desarrollo y mantenimiento multiplataforma de una sola versión de la aplicación, los costos se reducen.
- Menor curva de aprendizaje: ya que al tratarse de lenguajes y tecnologías Web, se utiliza el mismo paradigma y solo resta conocer cuestiones del Framework de desarrollo. Además estas tecnologías son ampliamente conocidas, por lo que existe una mayor cantidad de recursos humanos.

Como desventajas podemos destacar:

- Menor diseño: ya que a veces no logra simular completamente el *look and feel* de los componentes nativos, además de unificar comportamientos y estilos de interfaz que son diferentes para cada plataforma.
- Menor *performance*: debido a que corren dentro de un contenedor lo que produce tiempos extra de parseo, interpretación y ejecución de scripts en JavaScript.

De acuerdo a los requerimientos establecidos al inicio de esta sección (apartado 2.4.2), se determina que la aplicación a desarrollar sea híbrida. Las razones de esta elección son:

- La aplicación desarrollada permite ser ejecutada en las principales plataformas móviles (multiplataforma).
- Un menor costo que favorece al futuro mantenimiento. En relación con el punto anterior, como el código desarrollado es uno sólo, se simplifica la tarea de corrección de errores e incorporación de nuevas funcionalidades. Por otro lado es más sencillo conseguir recursos humanos capacitados en tecnologías Web que en soluciones nativas móviles. Estas ventajas son clave ya que se ajustan a la realidad la Universidad Nacional de La Plata(y otras universidades).
- En la actualidad, existen Frameworks que posibilitan el uso de todas las capacidades del dispositivo (detallados en la siguiente sección).

Como característica adversa, aunque las soluciones híbridas no sean tan performantes y sus componentes visuales no estén tan pulidos como en las versiones nativas, la funcionalidad a implementar no requiere de una alta *performance*. Por otro lado el Framework elegido simula los componentes muy satisfactoriamente. A continuación, se ven las características de este.

2.4.2.3 Apache Cordova

En el año 2009, Nitobi crea PhoneGap, un Framework que intenta cerrar la brecha entre las plataformas móviles para el desarrollo de aplicaciones. Puesto que cada Sistema Operativo implementa sus APIs y su SDK de manera distinta y en lenguajes distintos, no existe una compatibilidad directa entre ellos. La solución que encuentra Nitobi para cerrar estas diferencias, es el uso de estándares. En particular los que mejor se adaptan para esta solución, son los estándares Web (como HTML5, JavaScript y CSS3). De esta forma, Nitobi desarrolla un contenedor que dota de una capa JavaScript capaz de utilizar funcionalidades nativas en los dispositivos móviles.

La empresa decide que para que el proyecto funcione mejor se necesita una mayor participación de colaboradores. Además esto también produciría un incremento en su uso. Es por ello que en 2011 dona el código fuente del Framework a la fundación Apache, pasando a ser un producto Open Source.

Más tarde ese mismo año, Adobe adquiere Nitobi, adueñándose de la marca PhoneGap. No obstante, esta empresa está de acuerdo con la donación, por lo que el proyecto Open Source sigue adelante.

A principios de 2012, Apache decide renombrar el proyecto para diferenciarlo de PhoneGap. El nuevo nombre es *Apache Callback* y luego *Cordova*. Este es elegido debido a que las oficinas de Nitobi estaban sobre la calle *Cordova* en Vancouver, Canadá.

En la actualidad, Cordova se define como un Framework móvil Open Source que permite utilizar las tecnologías estándar de la Web como HTML5, JavaScript y CSS3 para el desarrollo multiplataforma, evitando el lenguaje nativo de cada plataforma móvil. Las aplicaciones se ejecutan dentro de contenedores especiales orientados a cada plataforma y dependen de APIs estándares para acceder a las capacidades de cada dispositivo como sensores, datos, estado de la red, etcétera.[43]

Como se indica en la figura ??, la arquitectura de Cordova, consta de tres componentes:

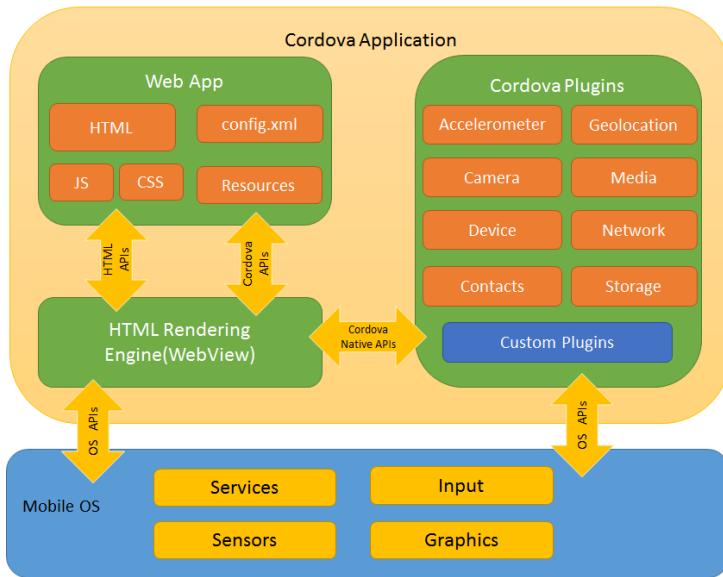


Figura 22: Arquitectura de Cordova. Fuente: Apache Cordova[43]

- **Web App:** Es el lugar donde reside la aplicación desarrollada. Esta es implementada como una página HTML, por lo que permite utilizar todos los recursos Web (imágenes, estilos, código JavaScript). Esta página es renderizada y ejecutada dentro un contenedor, por un componente denominado *WebView*.
- **WebView:** Su tarea es la de proveer de interfaz a la aplicación (ejecutando el código de la *WebApp*). También se encarga de ser la capa intermedia que conecta el código creado con el resto de los componentes (Sistema Operativo y extensiones de Cordova para el acceso a las capacidades del dispositivo).
- **Extensiones Cordova:** Proveen una interfaz entre los componentes de Cordova, los nativos del dispositivo, sus APIs. Esto permite hacer llamados nativos desde código JavaScript. Estas extensiones se dividen en dos: las del núcleo (disponibles para todos los dispositivos) y las creadas por terceros (agregan funcionalidades que no necesariamente están para todos).

Existe un repositorio de *plugins*¹⁴ donde se pueden buscar y descargar

¹⁴Disponible en <https://cordova.apache.org/plugins/>. Para npm: <https://www.npmjs.com/search?q=ecosystem%3Acordova>

las extensiones.

2.4.2.4 Ionic

Ionic es creado por *Drifty Co.* en 2012. Esta empresa se dedicaba a desarrollar herramientas para la creación de interfaces móviles con jQuery Mobile y Bootstrap. Decidieron crear su propio Framework de aplicaciones híbridas basado en las últimas tecnologías Web y centrado en la *performance*.

Ionic es un Framework Open Source (licencia MIT) que permite a los desarrolladores crear aplicaciones híbridas, con buena *performance*, utilizando Apache Cordova y las principales tecnologías Web (JavaScript, HTML5, CSS3, sass). En particular a partir de su versión 2, incorpora Angular (versión 2.0 y superiores) con TypeScript. Una de sus fortalezas es el *look and feel* de sus interfaces ya que se adaptan al diseño de las principales plataformas[44]. Su rapidez se debe a la utilización de animaciones y transiciones de CSS3, así como también el uso de Angular, lo que hacen que se utilice la aceleración por hardware del dispositivo[45].

Se destacan las siguientes ventajas de Ionic frente a la utilización solamente de Cordova[46]:

- Interfaz de usuario y usabilidad: existen decenas de plantillas, más de 700 íconos, componentes de interfaz como encabezados, botones, etcétera, disponibles en varios estilos dependiendo de la plataforma y simulando su comportamiento. La codificación de la funcionalidad de estos componentes es simple y sencilla. En cambio en Cordova, se comienza desde cero con una página en blanco.
- Proceso de desarrollo más conveniente ya que permite probar la mayoría de las modificaciones “en vivo” desde el navegador, sin la necesidad de recompilar la aplicación y ejecutarla en un emulador o dispositivo.
- Mayor *performance*: debido a una versión liviana de jQuery se reduce la manipulación de DOM. Además delega a la GPU el procesamiento de las animaciones y transiciones debido a CSS3.
- Angular (versión 2 y superiores) con TypeScript.

Como segundo aspecto, posee una interfaz de línea de comandos para generar componentes, compilar la aplicación en distintas plataformas, probar

el desarrollo en un navegador (con un servidor web integrado). Además permite programáticamente interactuar con los servicios de la nube que ofrece *Ionic*, entre ellos la publicación de aplicaciones en las distintas tiendas de manera centralizada.

El proyecto posee una amplia comunidad de desarrolladores, con más de 31.000 estrellas en GitHub¹⁵ y 26.000 preguntas en Stack Overflow¹⁶. En 2015 se crearon mas de 1,3 millones de aplicaciones con *Ionic*[44]. Además tiene una gran variedad de *plugins* para acceder a funcionalidades nativas del teléfono, entre otras cuestiones.

Por último, *Ionic* tiene una estructura que favorece al desarrollo de *Progressive Web Apps* (PWA). Desde hace un año, los desarrolladores están realizando actualizaciones para que además de funcionar en múltiples plataformas móviles, las aplicaciones realizadas con este Framework, también sean PWA[47].

Debido a las características anteriormente mencionadas, se considera a *Ionic* como marco de desarrollo para la aplicación híbrida. La versión del Framework utilizada es la 3.4.2.

2.4.2.5 Ionic y versiones de los Sistemas Operativos

El requerimiento mínimo de Ionic sobre el sistema operativo de los dispositivos móviles es[48]:

- Para la versión 1: iOS 7 o superior, Android 4.1 o superior.
- Para la versión 2: iOS 8 o superior, Windows 10 Universal App, Android 4.4 o superior¹⁷.

En base a lo analizado en la sección 1.1.1, se determina la utilización de Ionic 2 puesto que es soportado por más del 94% de los usuarios de Android de la Universidad Nacional de La Plata. A partir de la figura 2 se desprende el porcentaje de uso de versiones de Android (en alumnos de la UNLP) compatibles con el Framework utilizado (ver figura 23).

¹⁵<https://github.com/ionic-team/ionic>

¹⁶<https://stackoverflow.com/questions/tagged/ionic-framework>

¹⁷Es soportado por Android 4.1 mediante la instalación de Crosswalk

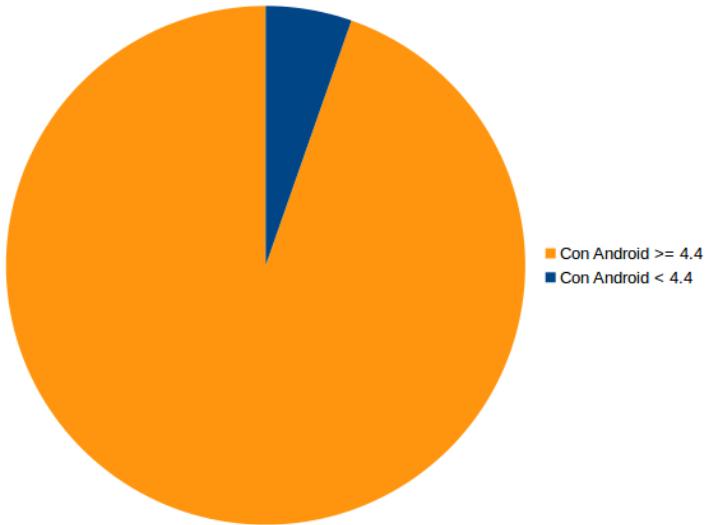


Figura 23: Porcentaje de uso en versiones de Android compatibles con Ionic2 (igual o mayor a 4.4)

2.4.2.6 Otros *frameworks* híbridos

Vale la pena mencionar que existen otros Frameworks para el desarrollo de aplicaciones híbridas que han sido revisados para el presente desarrollo pero que no fueron utilizados. A continuación se listan y mencionan algunas de sus principales características:

- **React Native:** Creado por Facebook, este Framework se basa en React (JavaScript) y se caracteriza por definir una interfaces con XML que traducen a componentes nativos. También permite utilizar código nativo cuando se necesita optimizar algún aspecto de la aplicación. Sólo funciona con Androir e iOS.
- **NativeScript:** Es Open Source y en la actualidad permite desarrollar solo para Android e iOS. Se caracteriza por utilizar lenguajes independientes a la plataforma que ejecuta, como JavaScript y TypeScript (con Angular). A diferencia de otras soluciones, no utiliza un *WebView* y APIs simuladas, sino que a través de XML, implementa una abstracción entre plataformas que es capaz de traducir las características comunes a llamados nativos[49]. Además sus interfaces utilizan componentes nativos de la plataforma.

2.5. Análisis de algunos servicios de la UNLP

Las siguientes secciones examinan algunos de los servicios que actualmente se implementan en la Universidad Nacional de La Plata y potencialmente permiten su integración con la aplicación desarrollada en el marco de esta tesis.

En la actualidad existen muchos sistemas funcionando en la Universidad y sus dependencias, entre los cuales varios son implementados por el CeSPI. El criterio para la elección de los sistemas que en esta primer instancia se integran con la aplicación móvil, es debido al alcance y marco de mi trabajo en esa dependencia. Esto no significa que se limite solo a ellos, por el contrario, el objetivo es establecer una interfaz común y mostrar la posible integración con otros servicios.

2.5.1. SIU Guaraní

El Sistema de Información Universitaria (SIU) tiene sus orígenes en el año 1996 con un préstamo del Banco Mundial. Su objetivo fue la construcción de sistemas que mejoren la calidad y disponibilidad de los datos para mejorar el estado de las instituciones[50]. En 2003 finalizó el financiamiento, y a través del Consejo Interuniversitario Nacional y la Secretaría de Políticas Universitarias se analizaron medidas para mantener y financiar su funcionamiento.

En el año 2007 se conforma un consorcio de Universidades Nacionales al que adhieren casi todas ellas, conformando un grupo colaborativo y favoreciendo con sus aportes al desarrollo grupal.

En 2013 pasa a formar parte del Consejo Interuniversitario Nacional.

El SIU desarrolla el sistema *SIU Guaraní* para todas las Universidades Nacionales que integren el consorcio. Este sistema se encarga de gestionar la actividad académica de los alumnos desde que ingresan a la Universidad hasta que egresan de alguna de sus carreras. Es implementado por 62 instituciones educativas¹⁸ (entre Universidades Nacionales y otras dependencias) y tiene más de 460 instalaciones.

¹⁸De acuerdo a los datos relevados en Agosto 2017. <http://www.siu.edu.ar/listado-de-implementaciones/>

Actualmente el sistema consta de dos partes (denominadas por el SIU como *interfaces*):

- Una interfaz de gestión (a la que referiremos como *gestión*) que es una aplicación de escritorio, utilizada por el personal de la dirección de enseñanza. Esta es capaz de definir Carreras, planes, calendario, mesas de examen, comisiones, cursadas, etc. Está desarrollada con *Power Builder* y funciona para *Windows*¹⁹.
- Una Interfaz Web (a la que llamaremos *el Web*): es utilizada por Alumnos, Docentes y Directivos (además de un perfil administrador). Está desarrollada en PHP.

Otro componente importante (en sus versiones 2.x) es su base de datos ya que hace de nexo entre *gestión* y *el Web*. Utiliza Informix y gran parte del funcionamiento (común a ambas interfaces) está implementado a través de *Stored Procedures*.

Su amplia utilización en Universidades de Argentina hace que exista la necesidad de diseñar el sistema considerando cuestiones de funcionamiento específico de cada institución educativa. Por ello a partir del año 2014, en su versión 2.8, se reimplementa su interfaz Web y se incorpora el Framework *SIU Chulupí*.

Esta herramienta es desarrollada por el SIU y sus principales objetivos son mejorar la *performance*, flexibilidad y la capacidad de crear personalizaciones que soporten los cambios de versión. Además se tuvieron en cuenta otros aspectos para mejorar la herramienta y la Usabilidad para alumnos y docentes.

Chulupí está desarrollado en PHP, es basado en el paradigma *Model View Controller* (MVC) y utiliza un conjunto de librerías de código abierto, algunas provenientes de Symfony. Este brinda la posibilidad de realizar personalizaciones (similares a *plugins*), sin la necesidad de modificar código del núcleo, y soporta un esquema de versionado que facilita el mantenimiento del código al publicar nuevas actualizaciones[51].

Actualmente conviven dos versiones de Guaraní: la 2.9.x y la 3.x. En esta última hay un cambio radical respecto de *gestión* y la base de datos. Por un lado se deja de utilizar la aplicación de escritorio para implementarse su

¹⁹Algunas Universidades la utilizan en Linux con Wine.

funcionalidad desde la Web con el Framework SIU Toba. Por otro, se cambia el motor de base de datos a PostgreSQL. Además se replantea el modelo para incorporar nuevas funcionalidades y que el sistema sea más genérico.

Para la interfaz de Alumnos, Docentes y Directivos, se sigue utilizando Chulupí, y solo cambian cuestiones del modelo, manteniendo la vista y el controlador (en MVC).

En la Universidad Nacional de La Plata, Guaraní se implementa por primera vez en el año 2003 para la Facultad de Ciencias Económicas, llegando al día de hoy, a 23 instalaciones, incluyendo todas las Facultades (para carreras de grado), algunos postgrados y otras dependencias de la Universidad[52]. También existen implementaciones de Guaraní en su versión 3.x.

Para esta tesis, se utiliza el esquema de personalizaciones de Chulupí para realizar las modificaciones necesarias e integrar aspectos útiles del sistema de alumnos en la aplicación móvil. A su vez, esta personalización se deja disponible a la comunidad de Universidades Nacionales para que también puedan implementar *Mi Universidad*.

2.5.2. Moodle

Moodle es una plataforma de aulas virtuales implementada en PHP que permite a los docentes y estudiantes crear un ambiente de aprendizaje personalizado a sus necesidades. Este sistema es de código abierto, con una gran comunidad de colaboradores que aportan código a la plataforma y creando nuevas extensiones. Su desarrollo es motivado en base a una filosofía que hace hincapié en la “pedagogía construcción social”²⁰.

Moodle es utilizado por más de 100 millones de usuarios en aproximadamente 79 mil instalaciones²¹ en múltiples idiomas. Particularmente en Argentina hay alrededor de 1680 sitios registrados de los cuales 9 están relacionados con la Universidad Nacional de La Plata²². Estos son:

- “Asignaturas de la Facultad Virtual Informática - Ingeniería” en <https://docs.moodle.org/all/es/Filosof%C3%ADA>

²⁰Para más información sobre su filosofía visitar <https://docs.moodle.org/all/es/Filosof%C3%ADA>

²¹Según <https://moodle.net/stats/> en Julio de 2017

²²Sitios registrados y públicos en Argentina, disponibles <https://moodle.net/sites/index.php?country=AR>

//asignaturas.linti.unlp.edu.ar/

- “AU24 Campus Virtual FCE UNLP” en <http://www.au24.econo.unlp.edu.ar>.
- “AULA VIRTUAL - FCV” de la Facultad de Ciencias Veterinarias en <http://ead.fcv.unlp.edu.ar>
- “Campus virtual de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación - Fahce” en <http://campus.fahce.unlp.edu.ar>
- “Campus Virtual Escuela Media 26” en <http://campusem26.fahce.unlp.edu.ar>
- “Cátedras de la Facultad de Informática - UNLP” en <https://catedras.info.unlp.edu.ar>
- “Cursos - LINTI - UNLP” en <https://cursos.linti.unlp.edu.ar>
- “Docentes en línea” de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación en <http://intercambioenlinea.fahce.unlp.edu.ar>
- “Entorno virtual de aprendizaje basado en software libre - UNLP” en <https://postgrado.linti.unlp.edu.ar>
- “Facultad de Odontología - Entorno de Enseñanza Virtual” en [http://cursos.folp.unlp.edu.ar/moodle.](http://cursos.folp.unlp.edu.ar/moodle)

Este sistema permite el desarrollo de extensiones de diferentes tipos de acuerdo a sus funcionalidad (bloques, autenticación, mensajería, etc). Brinda la posibilidad de asociar funciones a eventos definidos, permitiendo de manera flexible extender el comportamiento de su núcleo.

Se utiliza este mecanismo de extensiones para desarrollar la integración entre *Moodle* y *Mi Universidad*. En el capítulo 3 se detallan las características técnicas específicas de su implementación así como también su funcionalidad.

2.5.3. Otros servicios

Existen otros servicios en la Universidad Nacional de La Plata que se pueden integrar y compartir alguno de sus aspectos en *Mi Universidad*. Por ejemplo, el sistema de bibliotecas *Meran*.

Desarrollado por el CeSPI, *Meran* es un “Sistema Integrado de Gestión de Bibliotecas (SIGB) que permite administrar los procesos bibliotecarios y gestionar servicios a los usuarios en forma integrada”[53]. Es de código abierto (licencia GNU GPL v3) y está implementado en varias Facultades, colegios y dependencias de la Universidad Nacional de La Plata²³. Este realiza notificaciones a sus usuarios sobre la disponibilidad en las reservas de libros, o emite avisos que un ejemplar está listo para retirar. Este tipo de información podría integrarse a la aplicación haciendo uso de las notificaciones y novedades personales. También maneja fechas de vencimiento para regresar los libros prestados, pudiendo este dato ser agregado al calendario del dispositivo móvil.

Dando a conocer en la Universidad, la existencia del servicio *Mi Universidad* y su documentación, otros servicios internos a dependencias podrían integrarse y así mejorar la experiencia de los alumnos de la Universidad Nacional de La Plata.

²³Listado de quienes usan *Meran* disponible en http://www.cespi.unlp.edu.ar/articulo/2013/6/14/quienes_usan_meran

3. Capítulo III: Desarrollo

En este capítulo se detallan todas las características referentes a la creación y funcionalidad de la aplicación móvil. Se describen los aspectos técnicos del desarrollo enmarcados por los temas vistos en el capítulo anterior, ya no abordados genéricamente desde un marco teórico, sino particularizados concretamente en el proyecto *Mi Universidad*.



Figura 24: Pantalla de Mi Universidad para la Universidad Nacional de La Plata (login)

²⁴El diseño y los estilos aplicados fueron creados especialmente para la UNLP por la DCV Nancy Vara

3.1. Licencia

Como se indica al comienzo del capítulo 2, una de las necesidades es la posibilidad de indicar que el software desarrollado sea libre para ser usado, copiado o modificado. Es por ello que se elige la licencia GNU GPL versión 3 para que aplique a este proyecto. Para llevar a cabo esto, se eligió como plataforma de distribución del código fuente a GitHub (utilizando *git* como sistema de control de versiones).

Dentro de esta plataforma, el código de *Mi Universidad* está dividido en dos:

- El *backend*, con el desarrollo de la API RESTful en *Lumen* (PHP) ubicado en <https://github.com/tanoinc/mi-universidad-api>.
- El *frontend* con el código de la aplicación móvil para *Ionic* en <https://github.com/tanoinc/mi-universidad-app>. Cabe destacar que el proyecto general está en la rama *master*, mientras que el personalizado con la estética de la Universidad Nacional de La Plata extiende a este y se encuentra en la rama *unlp*.

Por otra parte, bajo esta licencia también es público el *plugin* de *Moodle* en https://github.com/tanoinc/moodle-message_miuniversidad²⁵. Respecto a la personalización para SIU Guaraní (en Chulupí), quedará disponible para la comunidad de Universidades Nacionales, no pudiendo ser totalmente pública, debido a limitaciones en la licencia de *Guaraní*.

Por último, este informe documental realizado con *LaTeX* es público y está disponible en <https://github.com/tanoinc/tesis>. Queda libre como referencia para otras personas interesadas en el proyecto, o simplemente como modelo para la escritura del informe final en *LaTeX*²⁶.

3.2. Funcionalidad

En este apartado se describe el funcionamiento del sistema: se revisan las distintas características que posee y la interacción entre sus distintos

²⁵El nombre del repositorio es distinto respetando la nomenclatura de *plugins* de *Moodle*

²⁶El proyecto de *LaTeX* creado por Cuesta Luengo y Carbone para su tesis, me ha servido como base para este informe. Disponible en <https://github.com/ncuesta/tesis>

componentes. Antes de continuar, se deben definir algunos conceptos que serán mencionados en varias ocasiones.

En primer lugar, a cada una de las características que tendrá *Mi Universidad* se las refiere como *puntos de integración* y a estos, se los definen como: una funcionalidad clave, genérica y transversal a cualquier servicio, que tiene el potencial de ser integrada en la aplicación. Cabe destacar que hay una relación directa entre estos puntos y la definición de la API, ya que estos serán expuestos a través de ella.

Por otro lado, se le llama *servicios externos* (o servicios) a aquellos sistemas independientes (ajenos al proyecto) que tienen la capacidad de integrarse (o ya están integrados) a *Mi Universidad*. Su comunicación se establece a través de la API haciendo referencia a los *puntos de integración*. Además, los usuarios tienen la posibilidad de añadir a sus cuentas personales, los servicios a los cuales estén interesados.

Con respecto a los usuarios, se indica como *identificador externo* (o *id externo*) al valor clave que identifica únicamente al usuario dentro del servicio externo. *Mi Universidad* provee de mecanismos para relacionar el usuario de la aplicación con el proveniente del servicio (en caso que se requiera).

Por último, se denomina *contextos* a las temáticas definidas por los *servicios externos*. Estas permiten ser suscritas por los usuarios independientemente de si han añadido el servicio, definiendo un nivel más fino de grano de información. La suscripción a *contextos* es la manera que tiene un usuario de indicar su interés por una temática y recibir toda la información relacionada a ella. Los *contextos* existen en el marco de un *servicio* y su semántica es dada de acuerdo a la lógica de cada sistema. Dentro de la aplicación se los denomina “tema” o “temática”.

A continuación, el informe comienza por definir los *puntos de integración*.

3.2.1. Novedades

Una de las características a implementar (referidas en la sección 1.2.1) es la publicación y notificación de *Novedades* (también referidas como noticias). Se detecta como factor común, que los sistemas y aplicaciones móviles analizadas, tienen algún componente de *novedades* y sus atributos se pueden modelar de forma genérica. Se trata de uno de los principales *puntos de integración*.

Dentro de la Aplicación móvil, se destaca a las noticias como el ítem

con mayor relevancia. Es la primer pantalla en aparecer al abrir la aplicación (estando el usuario *logueado*), ubicada en la pestaña “Inicio”. Su modalidad de navegación secundaria es de *lista y tarjeta* (similar a aplicaciones como *Facebook*, *Instagram* y *YouTube*).

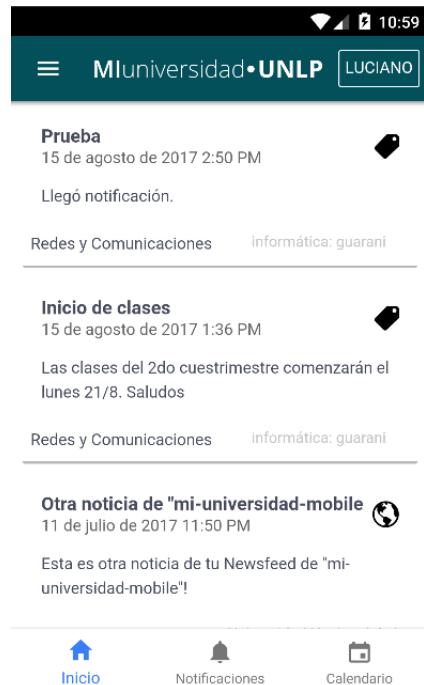


Figura 25: Pantalla de inicio de *Mi Universidad* (*newsfeed*)

El área donde se muestran las novedades se denomina *newsfeed*. Cada una de ellas indica el título, fecha y contenido de la novedad, el servicio que la emite, el contexto (si existiera) y el alcance (global, de contexto y/o personal). Las noticias se muestran intercaladas una a continuación de la otra, de cualquier servicio y en orden por fecha descendente, siendo las más recientes, las que primero aparecen.

El alcance es representado por íconos dentro de la noticia:

- Un “mundo” representa que la novedad es global y puede ser vista por todos los que hayan añadido el servicio que la emite. Este tipo de noticias pueden ser útiles cuando desde el servicio externo se quiera notificar a todos sus usuarios. Por ejemplo, desde *Guaraní* una facultad podría notificar a todos sus alumnos que cierto día hay asueto.

- Una “etiqueta” indica que la noticia es enviada en el marco de un contexto. Esta novedad le aparecerá a los usuarios que estén suscritos a este. Por ejemplo, desde un sistema de aulas virtuales, en donde para su lógica, un contexto puede ser una materia, se podría enviar a todos los interesados en esa materia, el aviso de la publicación de una práctica.
- Si no aparece ningún ícono, indica que el mensaje es personal: sólo lo verá el usuario al que esté dirigido.

3.2.2. Calendario

El siguiente *punto de integración* aborda la planificación estudiantil por lo que implementa el calendario y los eventos. Al igual que las novedades, se destaca su importancia, es por ello que ocupan un lugar relevante dentro de la aplicación.

Mi Universidad permite a los *servicios externos* comunicar eventos a sus usuarios.

Dentro de la aplicación móvil, en la pantalla principal, una de las tres pestañas que se muestran es la de *calendario*. Al acceder a ella, su vista ofrece tres modalidades de visualización: por mes, por semana y por día (navegación primaria y secundaria con *pestañas*).

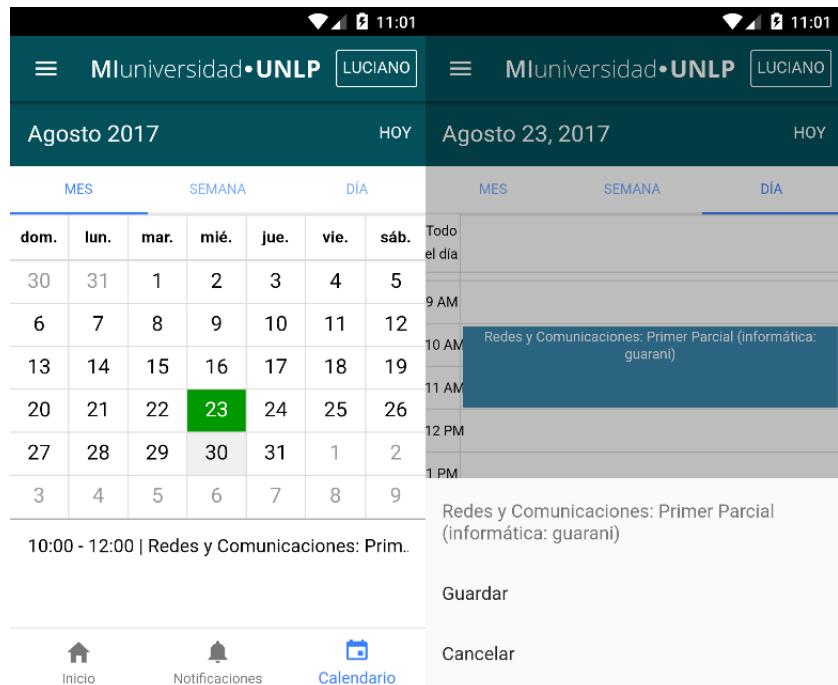


Figura 26: Calendario: en la primera se ve la vista por mes y en la segunda por día, luego de haber hecho un toque sobre el evento que figura en pantalla.

De esta manera se permiten recorrer las fechas cercanas a la actual, dando saltos por distintos criterios de acuerdo a la amplitud temporal considerada.

En la parte inferior de la pantalla figura el listado de eventos del día seleccionado (en el caso de la vista por mes), o sobre el calendario (para las vistas por semana y día). Al hacer un toque sobre el evento, la aplicación ofrece la opción de guardarla en el dispositivo. Esto permite la integración con otras herramientas, como por ejemplo el calendario de Google, ayudando a la planificación del usuario.

Sus propiedades son: nombre, descripción, fecha, duración y ubicación. Además, al igual que las novedades, los *servicios externos* pueden optar por enviar una notificación a los usuarios en la creación de un evento. Estos también pueden estar asociados a un contexto, ser globales o personales, regulando de esta manera su visibilidad y alcance.

3.2.3. Contenidos

El último *punto de integración* remite a los contenidos. Estos son globales a todo el servicio y figurarán solamente cuando este sea añadido por el usuario a la aplicación. En dichas condiciones, los contenidos aparecerán en el menú lateral izquierdo (ver *Side drawer* en la sección 2.4.1.3).

Los contenidos son recursos genéricos ofrecidos por la aplicación que representan cierto tipo de información para el usuario. Se caracterizan por:

- Ser generales a un servicio: ya que pertenecen a estos, son públicos (dentro del servicio) y están siempre disponibles.
- Ser pasivos, al no iniciar la interacción con el usuario sino que este debe acceder a ellos para consultarlos.
- Tener un rol secundario frente a los otros *punto de integración*, es por ello que se separan en un menú aparte. Los contenidos no deberían tener la importancia como para figurar entre las pestañas principales²⁷.

²⁷Podría ser que de acuerdo con el comportamiento de los usuarios, la importancia varíe, llevando a tener que cambiar la representación del contenido, por ejemplo, moviéndolo a una pestaña.



Figura 27: Contenidos y suscripciones: Se ve la opción de suscripción y debajo contenidos (de prueba) asociados al servicio de la UNLP. Este contiene dos mapas y un texto.

Los *servicios externos* tienen la posibilidad de crear los contenidos que deseen. Para el alcance de esta tesis se definen dos tipos de contenidos: mapas (de Google) y texto. A continuación se describen.

3.2.3.1 Mapa de Google

Este contenido muestra un mapa (de *Google Maps*) sobre el cual dibujar información. Al abrirse el mapa, este realiza una solicitud HTTP a una URL externa para obtener datos de:

- Marcadores: Representan puntos en el mapa asociados con un ícono y un texto.
- Centro: Indica las coordenadas geográficas en donde centrar la vista del mapa.
- Polígonos y líneas: para ser trazados sobre el mapa, pudiendo indicar caminos o áreas.

Este mecanismo permite de generar mapas dinámicos en base a una solicitud externa²⁸. Opcionalmente (actualmente no implementado) se proveerán mecanismos para cachear la información de los mapas.

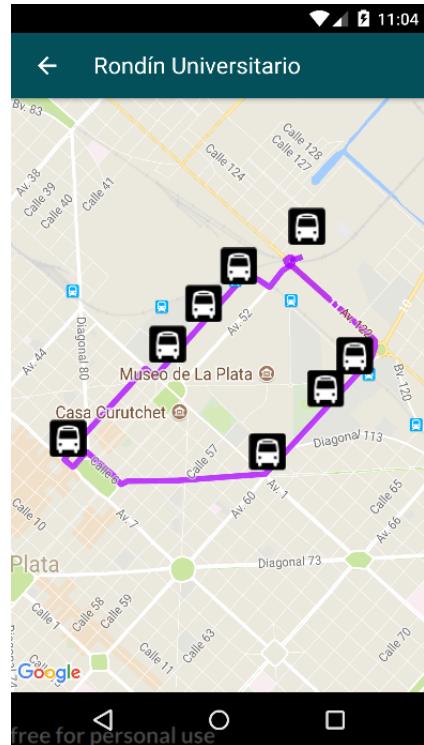


Figura 28: Contenidos Mapa de Google: Ejemplo de dibujo del recorrido del colectivo Universitario. Se utilizan polígonos y marcadores.

Una funcionalidad interesante es que permite enviar información del usuario que accede al mapa: Cuando este lo abre, se envían los datos de [id externo] y posición geográfica a la URL especificada por el servicio. Este la procesa y genera los datos de marcadores, centro y polígonos. De esta manera se pueden realizar operaciones en base a la posición de la persona que consulta el mapa.

Por otra parte, la API provee métodos para consultar las posiciones geográficas de otros usuarios. Todo ello se puede integrar para generar un mapa dinámico y personalizado al usuario.

²⁸El formato de estos datos se especifica en la documentación

3.2.3.2 Texto

Se tratan de contenidos simples, muestran un texto con formato (encabezados, párrafos, listas, tablas, etcétera) con información estática similar a la de un documento. La API permite recibir el contenido del texto en formato Markdown (texto plano). Este es mostrado y renderizado cuando el usuario consulta por esta opción en el menú.

Es útil para mostrar contenidos informativos, relativamente estáticos, que contienen texto.

3.2.4. Notificaciones

Las notificaciones refieren a las acciones que realiza el dispositivo móvil para llamar la atención del usuario ante la ocurrencia de un nuevo evento. En particular para la aplicación móvil *Mi Universidad*, se utilizan notificaciones *push* y estas se dan con nuevas noticias o eventos del calendario. Para enviar enviarlas se utiliza un servicio externo proveído por Ionic²⁹. Este se encarga de abstraer la implementación de las APIs de cada plataforma móvil. Estas son las que se encargan de conectar con el dispositivo móvil.

Si bien se destaca a esta característica como una funcionalidad importante, no se considera un *punto de integración* ya que no tiene entidad por sí sola y siempre depende de otros *puntos*, como las novedades o el calendario.

El comportamiento de las notificaciones se define común a todos los *punto de integración* “notificables”. De acuerdo a su alcance y a sus destinatarios, estas se comportan:

- Globales

- Con usuarios asociados: Notifican a todos los usuarios que utilizan los *servicios externos* (se ignora listado de usuarios específicos ya que la noticia es global).
- Sin usuarios asociados: Notifican a todos los usuarios que utilizan los *servicios externos*.
- Con contexto asociado: Notifican a todos los usuarios que utilizan los *servicios externos* y a los interesados en el contexto.

²⁹Ionic services: <https://docs.ionic.io/services/>

- No globales

- Con destinatarios: Notifican solamente a los usuarios del listado asociado.
- Sin destinatarios: No notifican a nadie en particular. Este caso no debería existir, puesto que no tiene sentido que un ítem no tenga destinatarios, no sea global y no tenga asociado un contexto. No podría ser visto por nadie.
- Con contexto asociado: Notifican a todos los usuarios interesados en el contexto. Además puede tener o no destinatarios particulares.

Puesto que el objetivo de enviar una notificación es el de destacar un cierto contenido, se considera importante que el usuario pueda llevar un seguimiento de lectura de los elementos notificados y resaltarlos por sobre otros de menor relevancia. Es por ello que en la pantalla principal de la aplicación, se muestra una pestaña específica con el listado de notificaciones. La metáfora utilizada para esta pestaña es una “campana” con una insignia (*badge*) que indica el número de notificaciones recientes.

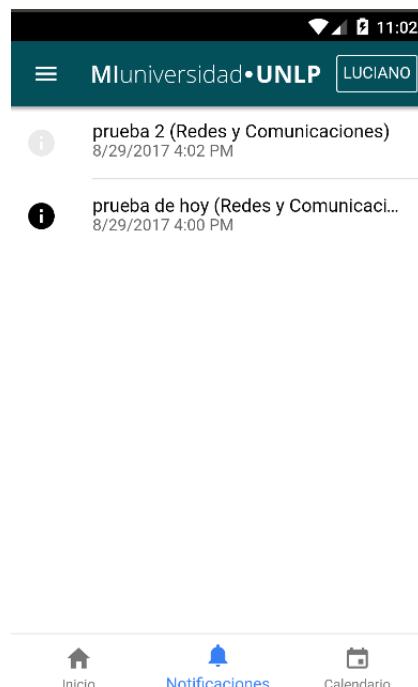


Figura 29: Notificaciones: Pantalla de notificaciones del usuario

La pantalla de notificaciones (figura 29), tiene una navegación secundaria de tipo *lista* con información de cada notificación. También posee un ícono que indica su tipo, como metáfora para novedades y calendario de eventos. Al tocar sobre un ítem de la lista, este se marca como leído (tornándose gris) y se accede al detalle del mismo.

3.2.5. Suscripciones

Existe una sección de suscripciones que le permite al usuario añadir nuevos servicios de la universidad y revisar qué *contextos* poseen estos.

El proceso de agregar un nuevo servicio depende de los requisitos del mismo. Actualmente se definen dos modalidades de añadido:

- Libre: Cualquier usuario de la aplicación puede añadir el servicio. Este proceso es directo: al hacer un toque sobre el botón “Añadir”, el servicio queda automáticamente asociado a la cuenta del usuario.
- Requiere autenticación: Solo usuarios que puedan autenticarse ante el servicio pueden añadirlo. Al añadirlo se abrirá una pantalla de *login* con el sistema externo. Luego de ingresar (si sus credenciales son correctas) este sistema debería mostrar una pantalla con los permisos que utiliza y, si estos son aceptados, enviar a la API de *Mi Universidad* los datos del *id externo*. De esta forma quedará asociada la cuenta del sistema externo con *Mi Universidad*.

Al requerir autenticación se produce un intercambio de identificadores de usuario entre *Mi Universidad* y el servicio externo. Cuando se inicia la solicitud, la aplicación genera un *hash* único y se lo envía al servicio externo. Al identificarse el usuario, el servicio envía este dato a *Mi Universidad* junto con el identificador de su usuario. De esta manera, *Mi Universidad* enlaza sus datos con el *id externo*, ocultando la identificación interna.

Siempre que se necesite hacer una referencia a un usuario (por ejemplo para enviar una novedad personal) se utilizará el *identificador externo*.

Otro aspecto a destacar es que el usuario puede acceder al listado de contextos (o temas) de cada servicio y realizar la suscripción a los que sean de su interés (sin necesidad de añadir el servicio). Desde esta pantalla también puede cancelarlas (figura 30). Esto es útil para indicar el interés sobre una temática y recibir las novedades y eventos asociados a ella.

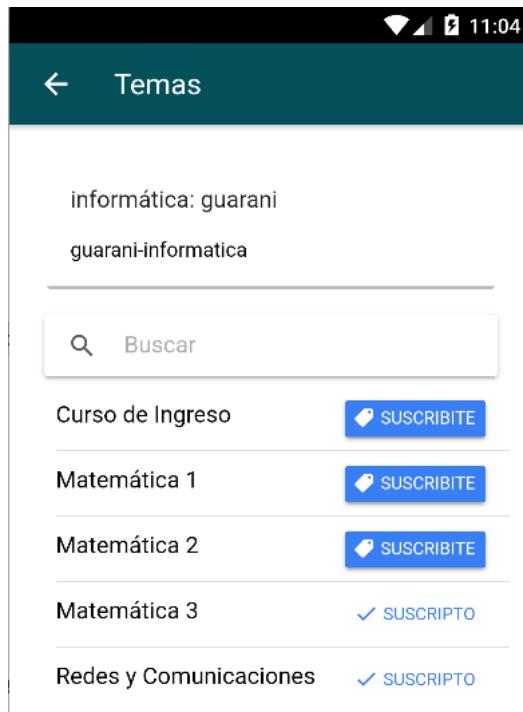


Figura 30: Pantalla de suscripción a temas

3.2.6. Otras

Existen otras funcionalidades que no tienen tanta entidad como las anteriormente mencionadas, pero que resulta interesante describir.

- **Pull to refresh:** Para cada vista que posea un listado dinámico de elementos, estos se pueden refrescar con el gesto *pull to refresh* (“deslizar para recargar”). Este consiste en deslizar la pantalla hacia abajo para actualizar los contenidos. Esta es una característica común en las aplicaciones actuales (mencionadas en la sección 1.2.1)
- **Login:** Respecto al ingreso del usuario a la aplicación, el sistema permite hacerlo de dos maneras:
 - Con el login de *Mi Universidad*, mediante un usuario registrado desde un formulario en la aplicación.
 - Con la cuenta de Facebook, enlazando su perfil con *Mi Universidad*.



Figura 31: Pantalla de login y registro

- **Internacionalización (i18n):** La aplicación soporta múltiples lenguajes que toma de la configuración del dispositivo. Para el alcance de esta tesis, solo hay definidos dos: Español e Inglés³⁰.
- **Estilos personalizables:** Mediante Sass (soportado por Ionic) se permiten personalizar los estilos y sus variables en archivos separados. Esto facilita la edición del diseño para otras Universidades. Por otro lado, si se necesitan realizar modificaciones, se puede aprovechar del mecanismo de versionado de GitHub para hacer un *fork* del proyecto y realizar los cambios necesarios. Por ejemplo, en el repositorio existen dos ramas, la *master* con el código genérico, y una rama *unlp* con estilos personalizados para la Universidad Nacional de La Plata.
- **Introducción configurable:** La primera vez que se abre la aplicación aparecen una serie de diapositivas (*slides*) que hacen de tutorial para mostrar las funcionalidades del sistema. Estas son configurables.

3.3. API

En la siguiente sección se describen brevemente algunos aspectos de la API RESTful. La intención no es realizar una especificación completa de toda la interfaz, sino revisar el mecanismo general de su utilización. Para

³⁰Algunos términos todavía no están traducidos

la especificación completa se utiliza *Swagger* y está disponible en <https://app.swaggerhub.com/apis/tanoinc/mi-universidad/1.0.0>.

En base a lo establecido con REST en el marco teórico (sección 2.3.1.5), el llamado a la API está orientado a recursos. En el caso de *Mi Universidad* son los *puntos de integración* y otra información. Los “verbos” que representan a las acciones sobre estos, son los métodos HTTP. También se indica que las solicitudes corresponden a la versión 1 de la API, por lo que esta información va en la URI. En base esto se determina la siguiente interfaz:

- Para novedades:
 - POST /api/v1/newsfeed: Crea una novedad
- Para eventos del calendario:
 - POST /api/v1/calendar_event: Crea un evento de calendario
- Para contenidos:
 - POST /api/v1/content/google_map: Crea un mapa de Google
 - POST /api/v1/content/text: Crea un contenido de texto
 - DELETE /api/v1/content/id: Elimina un contenido
- Para geolocalización:
 - GET /api/v1/geolocation/user/{id_usuario}: Obtiene la ubicación geográfica de un usuario
 - POST /api/v1/geolocation/users: Obtiene la ubicación geográfica de una lista de usuarios. Se utiliza el método post para poder pasar una lista de valores que puede ser extensa. Por ello requiere que la solicitud tenga un cuerpo, no pudiéndose realizar esto con el método GET.

Las solicitudes no mantienen ningún estado entre sucesivas peticiones y la autenticación (explicada en la siguiente sección) se realiza en cada *request*. La respuesta es devuelta con su código en formato JSON debido a las ventajas mencionadas en 2.3.1.3.

En base a lo analizado en la sección 2.3.2, la autenticación con los dispositivos móviles se realiza con OAuth2, y los servicios externos utilizan su API key y firma (generada con la clave secreta). La figura 32 muestra un

diagrama simplificado de la interacción y conexión de los *servicios externos* y los dispositivos móviles, con la API de *Mi Universidad*.

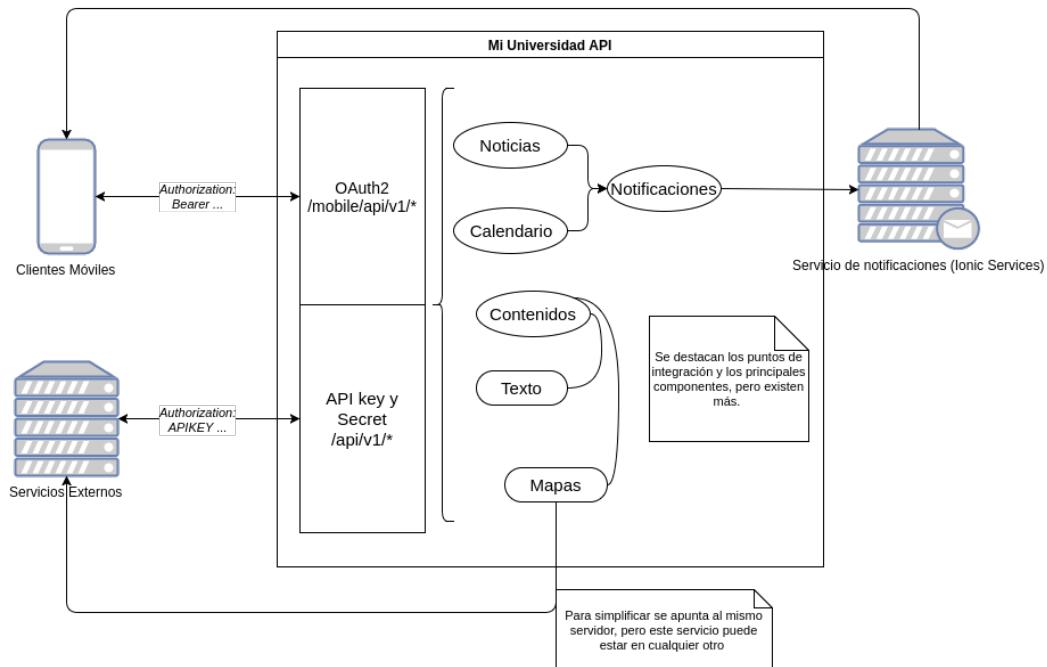


Figura 32: Diagrama de componentes de la API de *Mi Universidad*

En el siguiente ejemplo se ve un *request* HTTP para la creación de una novedad. Esto sería lo que envía un servicio externo a *Mi Universidad*.

- **POST /api/v1/newsfeed³¹.**
 - El cuerpo de la solicitud HTTP está armado para enviar una noticia con notificación *push* para los usuarios con *id* “id_externo_1”, “id_externo_2” y “id_externo_3”:

```
{
    "title": "Título de la novedad",
    "content": "Contenido del texto de la novedad",
    "global": 0,
    "send_notification": 1,
```

³¹Esto es solo demostrativo. La especificación completa en Swagger puede consultarse en <https://app.swaggerhub.com/apis/tanoinc/mi-universidad/1.0.0>

```

    "recipients": [
        "id_externo_1",
        "id_externo_2",
        "id_externo_3"
    ]
}

```

Bloque de código 2: Ejemplo de cuerpo JSON en solicitud de POST /newsfeed

- La respuesta obtenida, considerando que todo funcionó correctamente, sería (con código HTTP 200):

```

{
    "newsfeed" : {
        "updated_at" : "2017-05-25 00:10:11",
        "created_at" : "2017-05-25 00:10:11",
        "global" : 0,
        "id" : 1134,
        "title" : "Título de la novedad",
        "send_notification" : 1,
        "content" : "Contenido del texto de la novedad"
    },
    "notification_push_data_uuid" : "e10adc-asda34-asdasdas-bbc"
}

```

Bloque de código 3: Ejemplo de respuesta JSON de POST /newsfeed

Otros posibles códigos HTTP de respuesta, dependiendo del resultado de la transacción, son:

- 200: Procesado correctamente
- 401: No autorizado
- 403: Acceso prohibido
- 422: Error de validación
- 500: Errores en el servidor. Ver detalle en respuesta

En la siguiente sección se detalla la autenticación necesaria para el llamado a estos servicios desde sistemas externos. Luego especifica este aspecto, pero para los clientes móviles.

3.3.1. Autenticación de servicios externos

Para poder integrar a los servicios externos en la aplicación, es necesario identificarlos, asegurarse que son quienes dicen ser y que su mensaje es el que han querido enviar. Para ello se utiliza el mecanismo visto en la sección 2.3.2.2. Se verá su implementación aplicada a este proyecto.

En primera instancia, la API de *Mi Universidad* correrá sobre HTTPS. Esto evita que el mensaje pueda ser visto por terceros, y el ataque Replay Attack.

En segundo lugar, el *backend* conoce la identificación y clave secreta de todos sus servicios. Excede al alcance de esta tesis el mecanismo de envío de claves secretas a los administradores de los servicios externos. Estos deberán mantenerla guardada y asegurarse que no se revele. De todas formas, si alguna vez se ve comprometida, existe la posibilidad de que sea cambiada.

El servicio que envíe una solicitud a *Mi Universidad* deberá firmar el pedido con su clave secreta (utilizando HMAC con sha256) y adjuntar el encabezado HTTP `Authorization` con el valor `APIKEY`, su identificación de servicio y la firma (separados por “dos puntos”). Por ejemplo, para enviar una nueva noticia, si:

- La API key es: `0b0eedd9e23e30840fed24b8d1ab11c03913beca`
- La clave secreta de API es: `402082e593fee526fa64e13b47841fdbcc7a786d`
- La URL es: `https://localhost:8800/api/v1/newsfeed`
- El método es: `POST`
- El contenido es (tipo `application/x-www-form-urlencoded`): `title=Titulo de prueba&content=Texto contenido&send_notification=1&global=0&context=matematica`

La firma con HMAC (sha256) se deberá generar con la clave secreta (`402082e593fee526fa64e13b47841fdbcc7a786d`) y el siguiente contenido³²:

³²Para favorecer la visualización en este documento, el JSON se muestra formateado con saltos de línea y *tabs*, pero en la implementación estos no existen. Esto es importante ya que una diferencia en un carácter, cambia la firma.

```
{
    "full_url": "http://localhost:8800/api/v1/newsfeed",
    "method": "POST",
    "input": {
        "title": "Titulo de prueba",
        "content": "Texto contenido",
        "send_notification": "1",
        "clobal": "0",
        "context": "matematica"
    }
}
```

Bloque de código 4: JSON generado en base a una solicitud utilizando los atributos del *request* HTTP.

El resultado es la siguiente firma:

```
a42e995848c48f51a226b5089196d225e0635d3536be126c0331a9cde700d398
```

Notar que todos los datos de la solicitud se utilizan para generar el *hash* con la firma, por lo que si alguno cambia, esta firma ya no tendría sentido.

La solicitud HTTP enviada quedaría de la siguiente manera³³:

```
POST /api/v1/newsfeed HTTP/1.1
HOST: localhost:8800
authorization: APIKEY 0b0eedd9e23e3...:a42e995848c48f51...
content-length: 94
content-type: application/x-www-form-urlencoded

title=Titulo de prueba&content=Texto contenido
&send_notification=1&clobal=0&context=matematica
```

Bloque de código 5: JSON generado en base a una solicitud utilizando los atributos del *request* HTTP.

De esta manera el servidor realiza el proceso inverso y si las firmas son iguales, entonces la solicitud es válida: es de quien dice ser y no fue alterada.

³³La API key y la firma se recortan para que puedan entrar en el ancho de la página

En la figura 32 este mecanismo se realiza entre los servicios externos y la interfaz con *API key* y *secret*.

3.3.1.1 Permisos

Los permisos indican qué operaciones pueden ser utilizadas por cada servicio. Existe un permiso por cada entrada de la API (URL y método HTTP).

La aplicación *Mi Universidad* maneja un sistema que controla qué operaciones están habilitadas para cada servicio. Esta asociación permiso-servicio está indicada con un número de versión que luego es utilizado cuando un usuario añade un servicio. Este es aceptado en una versión, por lo que si se modifica deberá volver a aceptarse. De esta manera se informa al usuario de cada cambio en las operaciones que requieran los servicios.

3.3.2. Autenticación con aplicación móvil

La autenticación con el cliente móvil se realiza mediante OAuth2 (según lo definido en el marco teórico de la sección 2.3.2) con el tipo de acceso *password grant*. De su utilización se destacan cuatro pasos:

- La solicitud del token de acceso: mediante un *POST* a la API en */oauth/token* con las credenciales. Esta devuelve un token de acceso y refresco en formato *JSON Web Token* (JWT), que serán utilizados en todos los request subsiguientes como mecanismo de autenticación.
- La utilización del token en los llamados: En cada solicitud para el acceso a un recurso, se debe enviar en el encabezado HTTP **Authorization**, el tipo de token (en este caso *Bearer*) y el token de acceso.
- La actualización del token vencido: Cuando pierda validez el token de acceso, se utiliza el token de refresco para solicitar uno nuevo de acceso.
- Salir del sistema: Se envía una solicitud *DELETE* con el token y se invalidan los tokens evitando ser utilizados en futuros accesos.

En la figura 32 este mecanismo se refleja entre los clientes móviles y la interfaz con Oauth2.

3.4. Plugins

Como parte de este proyecto, además del desarrollo de la aplicación móvil (y su *backend*), los objetivos son desarrollar extensiones para sistemas utilizados en la Universidad Nacional de La Plata. En particular se utilizan servicios en los que tengo acceso debido a mi trabajo en el CeSPI.

A continuación, se pasan a detallar cuestiones relacionadas con la integración de: SIU Guaraní y Moodle.

3.4.1. Personalización SIU Guaraní

En Guaraní se utiliza el esquema de personalizaciones de Chulupí para desarrollar la integración con *Mi Universidad*.

El significado de los contextos está dado por las materias. Esto significa que un usuario de la aplicación móvil podría suscribirse a la materia que está interesado.

La personalización se denomina “mi_universidad” e implementa (en principio) tres funcionalidades:

- Interconexión entre usuarios. Esta operación es utilizada cuando un usuario añade un servicio de Guaraní. Esta envía a *Mi Universidad* el identificador externo del usuario *logueado*.
- Envío de mensajes. Al enviar mensajes en Guaraní, se enviarán novedades a *Mi Universidad*. El alcance de las mismas estará determinado por los destinatarios del mensaje. Si este es a toda una comisión o mesa de examen, se enviará a todos los inscriptos y además tendrá la materia como contexto asociado. Esto significa que todos los interesados (más allá de los inscriptos) podrán ver en sus noticias el mensaje.
- Fechas de parciales. Guaraní permite, desde su módulo *Docente*, definir los parciales en cada comisión. La personalización envía a *Mi Universidad* la fecha de los mismos, asociados al contexto de la materia y a todos sus inscriptos.

Se planifica incorporar más novedades y eventos del calendario, como por ejemplo, fechas de inscripción a cursadas, mesas de examen, horarios y aulas de materias y notificación de carga de notas, entre otras.

Esta personalización estará disponible para otras Universidades que deseen implementar *Mi Universidad*.

3.4.2. Plugin Moodle

Otra de las extensiones propuestas en los objetivos de esta tesina es la de Moodle. Se trabajó con la última versión 3.3.1 pudiendo ser portada a versiones anteriores.

El tipo de extensión de Moodle utilizada es la de *messaging consumers*³⁴. Esta permite conectar un componente a ciertos tipos de eventos, y es configurable desde Moodle por el administrador y personalizable por los usuarios.

Para Moodle se define que los contextos serán los cursos.

El *plugin* implementa, en principio, dos funcionalidades:

- Mensajería: Los mensajes personales que se reciban dentro de la plataforma, se envían como novedades personales con notificación a *Mi Universidad*. De esta manera un alumno podrá saber con una notificación cuando le envían un mensaje privado. Esta característica se puede deshabilitar y es configurable por el usuario desde Moodle.
- Foro de novedades y consultas: Los anuncios que se realicen en el foro de novedades, serán enviados a través de *Mi Universidad* a los alumnos del curso y además quedarán asociados a su contexto. De esta manera los alumnos que no pertenezcan al curso pero quieran estar al tanto de las novedades, puedan hacerlo, suscribiéndose.

La extensión queda disponible con licencia GNU GPL versión 3 en https://github.com/tanoinc/moodle-message_miuniversidad.

3.5. Pruebas de Usabilidad

Se hicieron pruebas de usabilidad sobre la aplicación móvil en base a las recomendaciones de estudio de *Nielsen Norman Group* (NN/g)[54]³⁵. Para

³⁴Se puede ver en https://docs.moodle.org/dev/Messaging_consumers

³⁵El grupo es liderado por Jackob Nielsen y Don Norman

ello se orientó el estudio a obtener datos de los *tests* cualitativos y a resolver cuestiones relacionadas con el diseño.

Se realizaron reuniones con grupos de usuarios³⁶ e individualmente a cada uno se le asignó una lista de tareas a realizar. Estos encuentros se llevaron a cabo en el CeSPI, fueron en persona y moderados. Los participantes pertenecían a diversos ámbitos relacionados con la Universidad (alumnos, egresados, docentes y no docentes).

El grupo de personas consistía en:

- Un estudiante de Periodismo.
- Un estudiante de Ingeniería en Sistemas.
- Un estudiante de Licenciatura en Sistemas y Locución.
- Una egresada de Bellas Artes.
- Una empleada no docente.
- Un docente.

La lista de tareas a realizar era:

- Crear una cuenta de usuario.
- Ingresar al sistema con una cuenta del sistema.
- Ingresar al sistema con una cuenta de Facebook.
- Suscribirse a un servicio de la universidad: Guaraní de su facultad.
- Suscribirse a un tema: Alguna materia de interés.
- Revisar las últimas novedades.
- Revisar las notificaciones.
- Revisar el calendario visualizando por día, el día siguiente.
- Revisar el calendario visualizando por semana, la semana siguiente.

³⁶Coordinadas y guiadas con la ayuda Ivana Harari y Paola Amadeo

- Revisar el calendario visualizando por mes, el mes siguiente.
- Guardar un evento en el calendario del teléfono.
- Visualizar la ubicación de los comedores de la Universidad en el mapa.
- Visualizar el recorrido de la línea universitaria en el mapa.
- Visualizar otra información del servicio de la universidad al cual está suscrito.
- Cerrar la aplicación: al recibir una notificación, acceder a su contenido.
- Con la aplicación abierta: al recibir una notificación, acceder a su contenido.
- Desuscribirse a un servicio de la universidad (puede suscribirse a uno para luego poder cancelarlo).
- Desuscribirse a un tema (puede suscribirse a uno para luego poder cancelarlo).
- Desloguearse de la aplicación.

En base a lo hablado con los usuarios se determinaron las siguientes mejoras en el diseño³⁷:

- Agregar aclaración del tamaño de clave al registrar un nuevo usuario.
- Resaltar el proceso inicial de suscripciones.
- Establecer ayudas para aclarar qué realiza cada botón.
- En Android: modificar el gesto para eliminar un servicio. No es con “swipe” sino manteniendo apretada la opción.
- Agregar un mensaje de bienvenida al abrir la aplicación mostrando un resumen de sus funcionalidades. Considerar la posibilidad de volver a reproducir y cancelar.
- En cuanto a la accesibilidad:

³⁷Si bien todas son tenidas en cuenta, solo algunas se implementan dentro del alcance de esta tesis

- Completar información extra de los campos en el formulario de registro ya que el lector de pantalla solo muestra e-mail.
 - Mejorar los listados vacíos: el lector de pantalla no indica cuando el resultado de un listado es vacío.
 - Agregar indicación en el botón de borrar texto para el campo de búsqueda.
-
- Mostrar un mensaje al agregar un nuevo servicio (que requiere autenticación), indicando que las credenciales son las del servicio externo. Además es conveniente dar un indicador visual que la pantalla de *login* está fuera del contexto de la aplicación.
 - Cambiar el término de “servicio” por “aplicaciones” .
 - Agregar la posibilidad de ver un resumen de suscripciones a temas.
 - Cambiar término de “suscripción a temas” a “suscripcion a categorías” .

4. Capítulo IV: Conclusión

Las universidades de Argentina, y específicamente la Universidad Nacional de La Plata y sus dependencias, disponen de un conjunto de sistemas variados. En base a esto, y luego de transitar laboralmente por el CeSPI, afirmo desde mi experiencia que uno de los aspectos que se destacan en cada desarrollo es el de favorecer y mejorar la integración de dichos sistemas universitarios. Por ende, el desarrollo de la aplicación *Mi Universidad* pretende extender este mismo lineamiento conceptual hacia los alumnos, para favorecer y facilitar su tránsito académico por la Universidad.

De lo expuesto en la presente tesina se concluye que: se puede desarrollar una solución para facilitar el acceso a la información por parte de los alumnos, que sea:

- abierta (utilizando software Open Source),
- distribuida,
- extensible a otras Universidades,
- con una interfaz pública que pueda ser consultada y utilizada por otros servicios,
- que permita integrar aspectos claves de múltiples sistemas.

Estas características ayudan a mejorar su experiencia como usuarios de múltiples sistemas universitarios, manteniendo una comunicación inmediata con la casa de altos estudios.

4.1. Trabajos futuros

A continuación se destacan algunos trabajos futuros (muchos de ellos serán llevados a cabo en el marco de mi trabajo en el CeSPI):

- Mejorar contenidos existentes e incorporar nuevos:
 - Nuevo contenido de tipo “Certificado”: que permita a los servicios asociar certificados, pudiendo ser estos accedidos desde la aplicación, generando un texto y un código QR de validación del mismo. Este código contendría una URL apuntando a un servicio externo que controla su validez.

- Mejorar el contenido de “Mapas” para que permita mayor interacción de usuario, como puede ser la incorporación de algunos controles o la actualización dinámica de los datos dibujados sobre el mapa.
 - Incorporar más tipos de contenido, siempre teniendo en cuenta que estos sean genéricos y no se involucres en aspectos específicos de la lógica correspondiente a los servicios externos.
 - Implementar el contenido de mapas con *OpenStreetMaps* o alternativas abiertas.
 - Enviar avisos (en novedades) al haber cambios en los contenidos.
- Incorporar un motor de búsqueda (como Sphinx, ElasticSearch, Lucene, etc.) para buscar sobre novedades, calendario y todo contenido “buscable”.
 - Mejorar la integración con redes sociales, permitiendo la incorporación de novedades desde páginas de *Facebook*, *Twitter* y *Google+*.
 - Incorporar la posibilidad de insertar multimedia en las novedades.
 - Analizar la integración de la API dentro de un *API Gateway* (como *Tyk*) para favorecer la implementación del modelo de microservicios.
 - Ampliar la compatibilidad de la aplicación con iOS y versiones de Android menores a 4.4 (mediante *Crosswalk*). Comprobar que la funcionalidad sea correcta.

A. Anexo I

A.1. Versiones de Android por Facultad en la Universidad Nacional de La Plata

En el cuadro 3 se ven: Agronomía, Arquitectura, Bellas Artes, Derecho, Dirección de Organización Institucional, Económicas, Especialización en Docencia Universitaria, la Escuela Universitaria de Recursos Humanos, Ciencias Exactas, Humanidades, e Informática.

En el cuadro 4 se ven: Informática/Ingeniería, Ingeniería, Medicina, Ciencias Naturales y Museo, Astronómicas y Geofísicas, Odontología, Periodismo, Arquitectura (postgrado), Psicología, Trabajo Social y Veterinarias.

El cuadro 5 muestra los totales de las cantidades por versión. Se detallan también cuales son soportadas por defecto por Ionic v2 (mayor o igual a 4.4) y cuales no.

Cuadro 3: Versiones de Android por Facultad (parte 1)

| | agro | arq | bartes | derecho | doi | econo | edu | eurh | exactas | humanidades | info |
|--------------------|------|-------|--------|---------|-----|-------|-----|-------|---------|-------------|------|
| 8.0.0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| 7.1.2 | 1 | 88 | 56 | 111 | 0 | 21 | 0 | 13 | 56 | 5 | 349 |
| 7.1.1 | 32 | 268 | 243 | 182 | 0 | 461 | 3 | 63 | 150 | 51 | 430 |
| 7.1 | 0 | 14 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 |
| 7.0.99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 7.0 | 1720 | 2538 | 3676 | 7781 | 107 | 11418 | 56 | 2056 | 2865 | 2211 | 2808 |
| 6.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 6.0.99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.0.1 | 4683 | 14080 | 18307 | 33678 | 215 | 39780 | 195 | 12295 | 9073 | 8464 | 5801 |
| 6.0 | 4515 | 8677 | 13027 | 17085 | 109 | 24393 | 89 | 5502 | 6039 | 5262 | 3806 |
| 5.1.2 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5.1.1 | 3864 | 9168 | 16474 | 21919 | 150 | 23135 | 48 | 8488 | 5785 | 6429 | 2255 |
| 5.1 | 1315 | 3449 | 5233 | 6072 | 41 | 10163 | 17 | 1789 | 2254 | 2417 | 1631 |
| 5.0.2 | 1315 | 3863 | 6011 | 8567 | 40 | 11261 | 11 | 2731 | 2511 | 2414 | 1099 |
| 5.0.1 | 1904 | 3770 | 6734 | 7451 | 93 | 8348 | 30 | 2764 | 2630 | 2824 | 897 |
| 5.0 | 259 | 834 | 1076 | 1657 | 2 | 2347 | 10 | 465 | 957 | 389 | 340 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.4.4 | 1840 | 4655 | 7508 | 10533 | 39 | 10818 | 17 | 3560 | 3463 | 3610 | 1026 |
| 4.4.3 | 11 | 1 | 25 | 10 | 0 | 90 | 0 | 32 | 74 | 1 | 6 |
| 4.4.2 | 1516 | 3556 | 6677 | 7028 | 26 | 9106 | 22 | 3205 | 2609 | 2795 | 902 |
| 4.4 | 0 | 6 | 21 | 26 | 0 | 7 | 0 | 12 | 2 | 8 | 0 |
| 4.3.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4.3 | 352 | 480 | 915 | 1292 | 2 | 1725 | 4 | 751 | 315 | 398 | 317 |
| 4.2.2 | 204 | 783 | 1498 | 2115 | 11 | 2090 | 3 | 689 | 630 | 739 | 116 |
| 4.2.1 | 1 | 125 | 12 | 65 | 0 | 27 | 0 | 3 | 0 | 4 | 1 |
| 4.1.2 | 713 | 1109 | 2471 | 2171 | 6 | 2895 | 10 | 1251 | 751 | 1139 | 351 |
| 4.1.1 | 3 | 20 | 38 | 22 | 0 | 58 | 0 | 36 | 14 | 14 | 3 |
| 4.0.4 | 45 | 148 | 299 | 243 | 7 | 218 | 1 | 124 | 83 | 330 | 23 |
| 4.0.3 | 2 | 29 | 47 | 94 | 0 | 81 | 0 | 35 | 8 | 33 | 1 |
| 4.0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.2.1 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 3.1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.3.7 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.3.6 | 1 | 11 | 52 | 34 | 0 | 27 | 0 | 19 | 21 | 14 | 9 |
| 2.3.5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 2.3.4 | 0 | 0 | 94 | 4 | 0 | 4 | 0 | 15 | 1 | 2 | 0 |
| 2.3.3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.2.2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 2.2.1 | 0 | 0 | 1 | 10 | 0 | 8 | 0 | 3 | 0 | 3 | 3 |
| 2.2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.1-update1 | 5 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Cuadro 4: Versiones de Android por Facultad (parte 2)

| | infoinge | inge | med | naturales | observatorio | odonto | perio | pos_arq | psico | tsocial | veterinarias |
|-------------|----------|-------|-------|-----------|--------------|--------|-------|---------|-------|---------|--------------|
| 8.0.0 | 20 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.1.2 | 150 | 438 | 7 | 8 | 5 | 1 | 119 | 0 | 123 | 52 | 40 |
| 7.1.1 | 245 | 901 | 79 | 44 | 17 | 16 | 100 | 0 | 316 | 10 | 59 |
| 7.1 | 2 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 7.0.99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.0 | 1386 | 11759 | 6420 | 758 | 338 | 3273 | 2802 | 3 | 4257 | 631 | 1668 |
| 6.1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.0.99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.0.1 | 3719 | 34470 | 29706 | 3780 | 987 | 12880 | 11838 | 24 | 23014 | 4099 | 8485 |
| 6.0 | 2435 | 23722 | 13993 | 3013 | 618 | 7506 | 7439 | 25 | 14604 | 3239 | 6231 |
| 5.1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5.1.1 | 1600 | 16961 | 17294 | 2969 | 537 | 9466 | 8693 | 13 | 19228 | 4722 | 7358 |
| 5.1 | 977 | 9125 | 5429 | 1215 | 196 | 3210 | 2789 | 4 | 6538 | 1409 | 2635 |
| 5.0.2 | 1012 | 9934 | 7189 | 1005 | 246 | 4064 | 3263 | 12 | 7435 | 1310 | 3020 |
| 5.0.1 | 734 | 5871 | 6085 | 1040 | 282 | 3645 | 3572 | 5 | 6667 | 1565 | 2409 |
| 5.0 | 189 | 2844 | 1156 | 162 | 66 | 571 | 692 | 2 | 987 | 393 | 432 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.4.4 | 656 | 7836 | 8345 | 1876 | 346 | 5336 | 4123 | 10 | 9343 | 2281 | 3469 |
| 4.4.3 | 0 | 2 | 52 | 0 | 0 | 45 | 6 | 0 | 19 | 0 | 7 |
| 4.4.2 | 767 | 8565 | 7212 | 1201 | 281 | 3684 | 3248 | 2 | 7588 | 1519 | 3241 |
| 4.4 | 25 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4.3.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.3 | 245 | 1614 | 1156 | 128 | 36 | 943 | 289 | 0 | 1245 | 246 | 404 |
| 4.2.2 | 164 | 1744 | 1917 | 334 | 84 | 883 | 952 | 0 | 1006 | 451 | 784 |
| 4.2.1 | 2 | 27 | 5 | 0 | 0 | 53 | 23 | 0 | 24 | 1 | 1 |
| 4.1.2 | 218 | 2647 | 2711 | 688 | 80 | 1437 | 1387 | 0 | 3086 | 805 | 959 |
| 4.1.1 | 0 | 15 | 189 | 10 | 11 | 60 | 35 | 0 | 84 | 5 | 15 |
| 4.0.4 | 26 | 504 | 436 | 83 | 14 | 110 | 164 | 0 | 501 | 119 | 115 |
| 4.0.3 | 0 | 59 | 93 | 18 | 14 | 13 | 26 | 0 | 33 | 30 | 29 |
| 4.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.2.1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3.2 | 0 | 9 | 5 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 3.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2.3.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.3.6 | 1 | 25 | 22 | 8 | 0 | 1 | 42 | 0 | 35 | 3 | 17 |
| 2.3.5 | 0 | 0 | 8 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 9 | 0 | 0 |
| 2.3.4 | 0 | 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 21 | 0 | 1 |
| 2.3.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.2.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 2.2.1 | 0 | 6 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 |
| 2.2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.1-update1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Cuadro 5: Versiones de Android: Totales por versión

| | | |
|-----|--------|------------------------------|
| 8 | 84 | |
| 7 | 75886 | |
| 6 | 450905 | Mayor o igual a 4.4: 1110751 |
| 5 | 417938 | |
| 4.4 | 165938 | |
| 4.3 | 12858 | |
| 4.2 | 17571 | |
| 4.1 | 27517 | |
| 4.0 | 4239 | Menor a 4.4: 62845 |
| 3 | 37 | |
| 2 | 622 | |
| 1 | 1 | |

Referencias

- [1] Antti Oulasvirta, Tye Rattenbury, Lingyi Ma, and Eeva Raita. Habits make smartphone use more pervasive. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(1):105–114, 2012.
- [2] Google. Apps from the University of Oxford. <http://es.slideshare.net/delgadocristian/estudio-de-google-sobre-smartphones-en-argentina>, 2017. [Online; accedido 17-01-2017].
- [3] Christina Voskoglou Mark Wilcox, Stijn Schuermans. The state of the developer nation q3 2016. *Developer Economics*, Agosto 2016. <https://www.developereconomics.com/reports/developer-economics-state-developer-nation-q3-2016> [Online; accedido 23-11-2016].
- [4] kantarworldpanel. Smartphones OS sales market share. <http://www.kantarworldpanel.com/global/mobile-os-market-share/>, 2016. [Online; accedido 22-02-2017].
- [5] Google. Cómo se define una sesión web en Analytics. <https://support.google.com/analytics/answer/2731565?hl=es>. [Online; accedido 01-09-2017].
- [6] Laura Tucker. Most Helpful Apps for Students. <https://www.topuniversities.com/blog/most-helpful-apps-students>, 2016. [Online; accedido 17-01-2017].
- [7] Eva Durall Gazulla, Begoña Gros Salvat, Marcelo Fabián Maina, Larry Johnson, and Samantha Adams. Perspectivas tecnológicas: educación superior en iberoamérica 2012-2017. 2012.
- [8] María Ripoll. ¿POR QUÉ NECESITA MI EMPRESA UNA APLICACIÓN MÓVIL? <https://www.emprenderalia.com/por-que-necesita-mi-empresa-una-aplicacion-movil/>, 2016. [Online; accedido 20-01-2017].
- [9] Jamil Velji. 4 Ways Your Business Can Benefit From Having a Mobile App. <https://buildfire.com/ways-business-benefit-having-mobile-app/>, 2016. [Online; accedido 17-01-2017].

- [10] harvard.edu. Harvard Mobile Apps. <http://www.harvard.edu/about-harvard/harvard-mobile-apps>, 2017. [Online; accedido 17-01-2017].
- [11] ox.ac.uk. Apps from the University of Oxford. <http://www.ox.ac.uk/apps>, 2017. [Online; accedido 17-01-2017].
- [12] Free Software Foundation. ¿Qué es el software libre? <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>. [Online; accedido 17-08-2017].
- [13] Katherine Noyes. *10 Reasons Open Source Is Good for Business*. http://www.pcworld.com/article/209891/10_reasons_open_source_is_good_for_business.html. [Online; accedido 17-08-2017].
- [14] Free Software Foundation. *A Quick Guide to GPLv3*. <https://www.gnu.org/licenses/quick-guide-gplv3>. [Online; accedido 17-08-2017].
- [15] Pier Luigi Capucci. Art, multiplicity and awareness. 2005.
- [16] Andrew S Tanenbaum and Maarten Van Steen. *Distributed systems: principles and paradigms*. Prentice-Hall, 2007.
- [17] UDDI Consortium et al. Uddi executive white paper, 2001.
- [18] Gustavo Alonso, Fabio Casati, Harumi Kuno, and Vijay Machiraju. Web services. In *Web Services*, pages 123–149. Springer, 2004.
- [19] Don Box, David Ehnebuske, Gopal Kakivaya, Andrew Layman, Noah Mendelsohn, Henrik Frystyk Nielsen, Satish Thatte, and Dave Winer. Simple object access protocol (soap) 1.1, 2000.
- [20] Cesare Pautasso, Olaf Zimmermann, and Frank Leymann. Restful web services vs. big'web services: making the right architectural decision. In *Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web*, pages 805–814. ACM, 2008.
- [21] Roy Thomas Fielding. Rest: architectural styles and the design of network-based software architectures. *Doctoral dissertation, University of California*, 2000.
- [22] Hatem Hamad, Motaz Saad, and Ramzi Abed. Performance evaluation of restful web services for mobile devices. *Int. Arab J. e-Technol.*, 1(3):72–78, 2010.

- [23] Alex Rodriguez. Restful web services: The basics. *IBM developerWorks*, 2008.
- [24] Roberto Lucchi, Michel Millot, and Christian Elfers. Resource oriented architecture and rest.
- [25] Kazuaki Maeda. Performance evaluation of object serialization libraries in xml, json and binary formats. In *Digital Information and Communication Technology and it's Applications (DICTAP), 2012 Second International Conference on*, pages 177–182. IEEE, 2012.
- [26] Roy Fielding and Julian Reschke. Hypertext transfer protocol (http/1.1): Semantics and content. 2014.
- [27] Troy Hunt. Your API versioning is wrong, which is why I decided to do it 3 different wrong ways. <https://www.troyhunt.com/your-api-versioning-is-wrong-which-is/>. [Online; accedido 01-02-2017].
- [28] Universidad de Boston. *Understanding Authentication, Authorization, and Encryption*. <https://www.bu.edu/tech/about/security-resources/bestpractice/auth/>, 2016. [Online; accedido 21-05-2017].
- [29] Dick Hardt. The oauth 2.0 authorization framework. 2012.
- [30] Randall Degges. *The Ultimate Guide to Mobile API Security*. <https://stormpath.com/blog/the-ultimate-guide-to-mobile-api-security>. [Online; accedido 21-01-2017].
- [31] Hugo Krawczyk, Mihir Bellare, and Ran Canetti. Rfc 2104: Hmac: Keyed-hashing for message authentication. 1997.
- [32] Amazon. *Signing and Authenticating REST Requests*. <http://docs.aws.amazon.com/AmazonS3/latest/dev/RESTAuthentication.html>, 2017. [Online; accedido 30-01-2017].
- [33] Mehdi Achour, Friedhelm Betz, Antony Dovgal, and Nuno Lopes. Php manual, 2017.
- [34] w3techs.com. *Usage of server-side programming languages for websites*. https://w3techs.com/technologies/overview/programming_language/all, 2017. [Online; accedido 17-08-2017].

- [35] Google Trends. *Tendencias de google sobre frameworks PHP*. <https://trends.google.com.ar/trends/explore?date=today%205-y&q=%2Fm%2F0jwy148,yii,%2Fm%2F09cjcl,%2Fm%2F09t3sp,%2Fm%2F0cdvjh>, 2017. [Online; accedido 20-08-2017].
- [36] Darwin Biler. Laravel Lumen's performance under production use. <http://www.darwinbiler.com/laravel-lumen-performance-production/>. [Online; accedido 22-01-2017].
- [37] Theresa Neil. *Mobile design pattern gallery: UI patterns for smartphone apps*. .”O'Reilly Media, Inc.”, 2014.
- [38] Android.com. App Structure. <http://developer.android.com/design/patterns/app-structure.html>. [Online; accedido 13-02-2017].
- [39] Klaus Göttling. *Skeuomorphism is dead, long live skeuomorphism*. <https://www.interaction-design.org/literature/article/skeuomorphism-is-dead-long-live-skeuomorphism>, 2017. [Online; accedido 20-08-2017].
- [40] Don Hopkins. The design and implementation of pie menus. *Dr. Dobb's Journal*, 1991.
- [41] Daniel Leithinger and Michael Haller. Improving menu interaction for cluttered tabletop setups with user-drawn path menus. In *Horizontal Interactive Human-Computer Systems, 2007. TABLETOP'07. Second Annual IEEE International Workshop on*, pages 121–128. IEEE, 2007.
- [42] Andre Charland and Brian Leroux. Mobile application development: web vs. native. *Communications of the ACM*, 54(5):49–53, 2011.
- [43] Apache Software Foundation. *Architectural overview of Cordova platform*. <https://cordova.apache.org/docs/en/7.x/guide/overview/index.html>. [Online; accedido 20-02-2017].
- [44] Ionic Framework. *Core Concepts*. <http://ionicframework.com/docs/intro/concepts/>. [Online; accedido 20-01-2017].
- [45] Mike Hartington (Ionic). *Animating Elements in your Ionic App*. <http://blog.ionic.io/animating-elements-in-your-ionic-app/>. [Online; accedido 25-01-2017].

- [46] Noupe Editorial Team. *Ionic vs. Pure Cordova: Three Reasons Ionic Wins.* <https://www.noupe.com/development/ionic-vs-pure-cordova-97503.html>. [Online; accedido 27-01-2017].
- [47] Max Lynch (Ionic). *What are Progressive Web Apps?* <https://blog.ionic.io/what-is-a-progressive-web-app/>. [Online; accedido 26-01-2017].
- [48] Ionic Framework. Browser Support. <http://ionicframework.com/docs/v1/overview/#browser-support>. [Online; accedido 01-09-2017].
- [49] NativeScript. *The basics.* <https://docs.nativescript.org/ui/basics>. [Online; accedido 27-01-2017].
- [50] SIU. Página Web del Sistema de Información Universitaria. <http://www.siu.edu.ar/nosotros/>. [Online; accedido 17-08-2017].
- [51] SIU. SIU-Chulupí. <https://repositorio.siu.edu.ar/trac/chulupi>. [Online; accedido 11-02-2017].
- [52] CeSPI. Sistema de gestión de alumnos. http://www.cespi.unlp.edu.ar/sistemas_academicos_cespi. [Online; accedido 11-02-2017].
- [53] CeSPI. Qué es Meran. http://www.cespi.unlp.edu.ar/articulo/2013/6/14/que_es_meran. [Online; accedido 20-08-2017].
- [54] Hoa Loranger. *Checklist for Planning Usability Studies.* <https://www.nngroup.com/articles/usability-test-checklist/>. [Online; accedido 21-08-2017].

Glosario

AJAX

JavaScript asíncrono y XML, del inglés *Asynchronous JavaScript And XML* . 23

Android

Sistema operativo desarrollado por Google para dispositivos como smartphones y tabletas. 33, 48, 80

API

Application Programming Interface. 21–27, 29, 42, 44, 45, 48, 55, 56, 62, 63, 65, 67–69, 71, 73, 80

App

Aplicación móvil. 42

Bootstrap

Bootstrap es un Framework CSS Open Source para diseño de interfaces Web. . 46

CeSPI

Centro Superior para el Procesamiento de la Información. 4, 49, 53, 74, 76, 79

Chulupí

Framework desarrollado por el SIU para la implementación de Guaraní Web.. 50, 51, 55, 74

Clustering

Agrupamiento de computadoras conectadas por una red de alta velocidad que figuran como si fuesen una sola computadora. 21

CRUD

Sigla en inglés de *Create Read Update Delete* que significan el listado de operaciones básicas asociadas a una entidad: Crear, leer, actualizar y eliminar.. 23

CSS

Cascading Style Sheets. 42, 44, 46, 89

FOSS

Free and open-source software. 15

Framework

Es un entorno de trabajo: representa un conjunto de herramientas enfocadas a resolver problemáticas comunes evitando reimplementarlas en cada nuevo desarrollo.. 28–32, 43, 44, 46–48, 50, 51, 89, 91, 92, 95, I

GET

Método HTTP para obtener un recurso. 23

GitHub

Plataforma de desarrollo colaborativo basada en Git.. 47, 55

GNU GPL

GNU General Public License. 17, 53, 55, 75

GPS

Sistema de Posicionamiento Global. 41

Guaraní

Sistema desarrollado por el SIU para la gestión académica de alumnos desde su ingreso hasta su egreso.. 4, 49–51

HHVM

HipHop Virtual Machine es una máquina virtual desarrollada por *Facebook, open source*, que optimiza la ejecución de código PHP y Hack.. 31

HMAC

Código de autenticación de mensajes en clave/*hash*. 27

HTML

HyperText Markup Language. 29, 42, 44–46, 92

HTTP

HyperText Transfer Protocol. 19, 21–24, 27–29, 61, 68–73

HTTPS

HyperText Transfer Protocol Secure. 27, 71

i18n

Internacionalización. 67

IETF

Internet Engineering Task Force. 21

iOS

Sistema operativo desarrollado por Apple Inc. para dispositivos como smartphones y tabletas. 14, 33, 48, 80

JavaScript

JavaScript es un lenguaje interpretado y ligero. Comúnmente utilizado del lado del cliente en aplicaciones web (ejecutado en el browser). Existen también implementaciones *server side*. . 23, 42–46, 48, 91–93

jQuery

Librería JavaScript que simplifica y potencia el desarrollo sobre JavaScript y abstrae diferencias de implementación entre plataformas y navegadores Web.. 46

JSON

JavaScript Object Notation. 21, 23, 68

JWT

JSON Web Token. 73

Laravel

Es un Framework PHP (que corre del lado del servidor) para desarrollar aplicaciones web.. 29, 30

Markdown

Es un lenguaje de marcado ligero con una sintaxis de formato expresada en texto plano. 63

Microframework

Es un Framework con funcionalidades innecesarias removidas para que sea más liviano.. 29

MIME

Multipurpose Internet Mail Extensions. 21

MVC

Model View Controller. 50, 51

NN/g

Nielsen Norman Group. 75

Open Source

Software de código abierto. 28, 44, 46, 48, 79, 89, 93

PhoneGap

Framework (propiedad de *Adobe*) para el desarrollo de aplicaciones móviles híbridas, basado en JavaScript y HTML5.. 44

PHP

PHP: *Hypertext Preprocessor.* 28–32, 50, 51, 55, 90–93, 95

PHP-FPM

FastCGI Process Manager de PHP es una implementación de FastCGI optimizada para la ejecución de PHP en sitios de alto tráfico.. 31

PWA

Progressive Web Apps. 47

Replay Attack

Ataque de reproducción en español: es un ataque de red y consiste en que una transmisión de datos válida sea fraudulentamente repetida.. 27, 71

REST

REpresentational State Transfer. 21–25, 28, 29, 68, 95

RESTful

Adjetiva a servicios o APIs, indicando que implementa REST. 21, 22, 26, 29, 55, 67

SDK

Software Development Kit. 42, 44

SIU

Sistema de Información Universitaria. 49, 50, 55

smartphone

Nombre en inglés dado a los teléfonos inteligentes. 1

SMTP

Simple Mail Transfer Protocol. 19

SOAP

Simple Object Access Protocol. 19, 20, 22, 96

Stack Overflow

Sitio web para la comunidad informática de desarrolladores en el cual se pueden hacer preguntas y responder sobre cuestiones de desarrollo..
47

Symfony

Symfony es un *framework* PHP basado en MVC para el desarrollo de aplicaciones Web.. 50

TypeScript

Lenguaje Open Source desarrollado por Microsoft que extiende la sintaxis de JavaScript para añadir tipado estático y objetos basados en clases. Este código se “transpila” a código JavaScript y es totalmente compatible con este.. 46, 48

UDDI

Universal Description, Discovery and Integration. 19

URI

Uniform Resource Identifier. 21, 23, 24, 68

URL

Uniform Resource Locator. 24, 61, 62, 71, 73, 79

W3C

World Wide Web Consortium. 21

WSDL

Web Services Description Language, es un formato del Extensible Markup Language (XML) que se utiliza para describir servicios web (WS).
20

XML

Del inglés *eXtensible Markup Language*, que significa Lenguaje de Marcas Extensibles: es un meta-lenguaje que permite definir lenguajes de marcas.. 19–21, 23, 48

Índice de figuras

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Porcentaje de desarrolladores que eligen como plataforma primaria el sistema operativo. | 3 |
| 2. | Porcentaje de uso en versiones de Android en accesos a Guaraní Web | 6 |
| 3. | Captura de pantalla: ejemplo de uso de Facebook para la publicación de noticias. | 7 |
| 4. | Capturas de pantalla de la aplicación de la Facultad de Informática: <i>Informática UNLP</i> | 9 |
| 5. | Captura de pantalla de la aplicación de la Facultad de Ciencias Jurídicas y sociales: <i>JursocUNLP</i> | 10 |
| 6. | Captura de pantalla de la aplicación <i>UNLP: ART Salud</i> | 11 |
| 7. | Capturas de pantalla del menú principal de aplicaciones realizadas con Kurogo. | 12 |
| 8. | Captura de pantalla de la aplicación oficial de la universidad de Oxford. | 14 |
| 9. | <i>Meme</i> que bromea acerca de las discusiones en Internet sobre el versionado de las interfaces REST | 24 |
| 10. | Flujo de información en el proceso de autenticación por <i>Resource Owner Password Credentials Grant</i> de OAuth2 | 26 |
| 11. | Porcentaje de uso de lenguajes del lado del servidor. Fuente: w3techs.com [34] | 29 |
| 12. | Tendencia en búsquedas sobre los principales Frameworks PHP en los últimos 5 años. Fuente: Google Trends[35] | 30 |
| 13. | Tiempo de respuesta de las transacciones web con Lumen para aproximadamente 50k solicitudes por minuto. Fuente: darwinbiler.com [36] | 31 |
| 14. | Ánalisis de escalabilidad de Lumen: tiempo de respuesta vs solicitudes por minuto. Fuente: darwinbiler.com [36] | 32 |
| 15. | Ejemplo de patrón de navegación <i>springboard</i> a nivel de Sistema Operativo en iOS | 34 |
| 16. | Ejemplo de patrón de navegación de “Menú lista” en iTerminal | 35 |

| | | |
|-----|--|----|
| 17. | Ejemplo de patrón de navegación <i>dashboard</i> en Google Analytics | 35 |
| 18. | Ejemplo de interfaz con patrón skeumórfico en aplicación de grabadora para iOS | 36 |
| 19. | <i>Side Drawer</i> con menú en aplicación de Netflix (desplaza pantalla principal) | 37 |
| 20. | <i>Toggle menu</i> con menú en aplicación de IMDB | 38 |
| 21. | <i>Pie menu</i> en <i>assistive touch</i> de iPhone | 39 |
| 22. | Arquitectura de Cordova. Fuente: Apache Cordova[43] | 45 |
| 23. | Porcentaje de uso en versiones de Android compatibles con Ionic2 (igual o mayor a 4.4) | 48 |
| 24. | Pantalla de Mi Universidad para la Universidad Nacional de La Plata (login) | 54 |
| 25. | Pantalla de inicio de <i>Mi Universidad</i> (<i>newsfeed</i>) | 57 |
| 26. | Calendario: en la primera se ve la vista por mes y en la segunda por día, luego de haber hecho un toque sobre el evento que figura en pantalla. | 59 |
| 27. | Contenidos y suscripciones: Se ve la opción de suscripción y debajo contenidos (de prueba) asociados al servicio de la UNLP. Este contiene dos mapas y un texto. | 61 |
| 28. | Contenidos Mapa de Google: Ejemplo de dibujo del recorrido del colectivo Universitario. Se utilizan polígonos y marcadores. | 62 |
| 29. | Notificaciones: Pantalla de notificaciones del usuario | 64 |
| 30. | Pantalla de suscripción a temas | 66 |
| 31. | Pantalla de login y registro | 67 |
| 32. | Diagrama de componentes de la API de <i>Mi Universidad</i> | 69 |

Listado de bloques de código

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Ejemplo de estructura básica de mensaje XML en SOAP. <i>Envelope</i> tiene dos hijos: <i>header</i> y <i>body</i> | 20 |
| 2. | Ejemplo de cuerpo JSON en solicitud de POST /newsfeed . . . | 70 |
| 3. | Ejemplo de respuesta JSON de POST /newsfeed | 70 |

| | | |
|----|---|----|
| 4. | JSON generado en base a una solicitud utilizando los atributos del <i>request</i> HTTP. | 72 |
| 5. | JSON generado en base a una solicitud utilizando los atributos del <i>request</i> HTTP. | 72 |

Índice de cuadros

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Cantidad de sesiones en Guaraní desde Android, por versión (Enero a Septiembre 2017) | 5 |
| 2. | Conocimientos de lenguajes necesarios por plataforma[42] . . . | 42 |
| 3. | Versiones de Android por Facultad (parte 1) | 82 |
| 4. | Versiones de Android por Facultad (parte 2) | 83 |
| 5. | Versiones de Android: Totales por versión | 83 |