

DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LAS  
PERSONAS QUE PADECEN ALZHEIMER Y  
SU ENTORNO FAMILIAR



CISNERO, CESAR

SALVAI, JOSÉ MARÍA

FACULTA DE INGENIERÍA

INGENIERA EN INFORMÁTICA

2023

**Título:** Ingeniero en Informática

**Alumno:** Cisnero, Cesar

**Firma:** .....

**Alumno:** Salvai, José María

**Firma:** .....

**Profesor guía:** Licenciada Patricia Aballay

**Firma:** .....

**Tribunal Evaluador:**

**Nombre:** .....

**Firma:** .....

**Nombre:** .....

**Firma:** .....

**Nombre:** .....

**Firma:** .....

**Fecha de exposición del trabajo:** .....

---

## Agradecimientos

Quiero agradecer a mi esposa Valeria, que siempre me apoyó incondicionalmente e incentivó en seguir adelante con lo que me gusta, sabiendo que parte del tiempo que podíamos estar juntos lo iba a dedicar a esta carrera.

A mi hijo Ian, que desde el primer momento que apareció en mi vida me dio fuerzas para avanzar y dar lo mejor de mí en cada momento hasta conseguir lo que me propongo y encaminarnos en un futuro mejor.

A mi familia, porque siempre se mantuvieron preocupados en mi avance y sus palabras de aliento en los momentos que más los necesitaba.

A mis profesores, porque llegar hasta este punto de mi carrera fue gracias a sus enseñanzas, experiencias y, sobre todo, sus consejos durante el cursado. Siempre introdujeron en mí buenas expectativas para el futuro y me enseñaron a seguir adelante teniendo como objetivo llegar al título.

A mi compañero de proyecto con quien compartí gran parte del transcurso de mi carrera y supo darme una mano y aguantarme en todo momento.

Por último, quiero agradecer a todos mis compañeros que me dieron su apoyo y ayuda para llegar hasta el final; también agradecerles por los lindos momentos compartidos en estos años y todo lo vivido en el trayecto.

Salvai, José María

Quiero agradecer a cada una de las personas que fueron parte de este largo camino universitario. Empezando por profesores y compañeros que he tenido en todos estos años que colaboraron de manera esencial para avanzar en la carrera y cumplir con los objetivos.

A aquellos compañeros que se han transformado en amigos, los cuales estuvieron dándome fuerzas y ayudándome para lograr lo que algunos ya consiguieron y lo que otros van a conseguir pronto.

A mi amigo y compañero de proyecto por la paciencia y el esfuerzo no solo en el desarrollo de la tesis sino también en todo el cursado de la carrera, la cual realizó de manera excelente.

A mi pareja Daniela, que sin dudas me ha dado un apoyo incondicional para nunca bajar los brazos y sobreponerme ante cualquier dificultad, teniendo siempre las palabras justas para seguir adelante.

A mis padres que confiaron desde el primer minuto cuando les comuniqué la carrera que quería seguir y siempre me han acompañado de la mejor manera todos estos años.

A mi abuela que no se encuentra físicamente con nosotros y fue protagonista con su enfermedad en la elección del tema de este proyecto.

Por último, a toda mi familia que con palabras de aliento y buenos gestos han colaborado para que todo este camino sea lo más ameno posible.

Cisnero, Cesar

## Índice de contenidos

Agradecimientos .....	III
Índice de contenidos.....	V
Índice de imágenes .....	VIII
Índice de tablas.....	X
Abstract .....	XI
1) Introducción .....	1
1.1) Motivación para abordar el problema.....	2
2) Estado de la cuestión.....	3
2.1) Marco teórico .....	3
2.1.1) Alzheimer.....	3
2.1.2) GPS .....	21
2.1.3) Arduino .....	22
2.1.4) React Native.....	26
2.1.5) Firebase.....	33
2.1.6) Sistemas operativos .....	37
2.2) Antecedentes.....	39
2.3) Metodología .....	43
2.3.1) Desarrollo iterativo e incremental.....	43
2.3.2) Prototipo .....	46
2.4) Alternativas tecnológicas .....	48
2.4.1) Módulo GSM .....	48
2.4.2) Módulo GPS .....	50
2.4.3) Front End .....	51
2.4.4) Back End.....	52
3) Definición del problema .....	53

---

3.1) Objetivo general.....	54
3.2) Objetivos específicos .....	54
4) Alcance del trabajo .....	55
4.1) Alcance Individual.....	55
5) Solución propuesta.....	56
5.1) Pasos a realizar para la resolución del problema .....	58
5.2) Planificación .....	59
5.3) Descripción de tareas .....	62
5.4) Planificación del proyecto .....	63
5.4.1) Recursos de la solución.....	63
5.4.2) Gestión de riesgos .....	64
5.5) Análisis Foda .....	66
5.5.1) Análisis interno.....	67
5.5.2) Análisis externo .....	67
5.5.3) Estrategias FODA.....	68
5.6) Estudio de factibilidad .....	70
5.6.1) Factibilidad económica.....	70
5.6.2) Factibilidad técnica.....	72
5.6.3) Factibilidad legal.....	72
5.6.4) Factibilidad de tiempo .....	73
5.6.5) Factibilidad de mercado.....	73
5.6.6) Factibilidad humana u operacional .....	73
6) Desarrollo del proyecto.....	74
6.1) Investigación.....	74
6.2) Análisis y determinación de recursos .....	74
6.3) Adquisición de dispositivos .....	74

---

6.4) Armado del prototipo.....	75
6.5) Arquitectura del flujo de datos .....	77
6.6) Back End con Firebase .....	79
6.7) Base de datos .....	81
6.8) Interfaz del software .....	83
6.9) Método de desarrollo del proyecto .....	91
6.9.1) Iteración 1 .....	91
6.9.2) Iteración 2 .....	92
6.9.3) Iteración 3 .....	92
6.9.4) Iteración 4 .....	93
7) Conclusiones y futuras líneas de investigación .....	94
7.1) Conclusiones.....	94
7.2) Futuras líneas de investigación.....	94
8) Bibliografía .....	96
9) Anexos .....	99
9.1) Entorno de Arduino y carga de programa.....	99
9.2) React Native.....	100
9.3) Código Fuente.....	101
9.3.1) Front-end.....	101
9.3.2) Arduino .....	101
9.4) APK .....	102

## Índice de imágenes

Figura 1 Evolución del grado de Alzheimer según MMSE (Mini Mental State Examination) .....	13
Figura 2 Constelación de satélites.....	21
Figura 3 Logo Arduino .....	22
Figura 4 Placa Arduino UNO Rev3 .....	25
Figura 5 Placa HW-598 (Sim 808) .....	26
Figura 6 TyN - Página Inicial.....	39
Figura 7 TyN - Juegos.....	40
Figura 8 TyN - Datos de Usuario.....	40
Figura 9 TyN - Datos de Contacto .....	41
Figura 10 NoMeOlvides - Página principal .....	42
Figura 11 NoMeOlvides - Menú.....	42
Figura 12 Valor de negocio.....	43
Figura 13 Proceso de desarrollo de prototipos .....	47
Figura 14 A modo ilustrativo geoposicionamiento por medio de una aplicación.....	56
Figura 15 Diagrama de Gantt.....	59
Figura 16 Línea de tiempo de tareas .....	61
Figura 17 Plan de datos Movistar.....	71
Figura 18 Frontal de placas .....	75
Figura 19 Trasera de placas.....	75
Figura 20 Carcaza superior .....	75
Figura 21 Carcaza inferior .....	75
Figura 22 Canto de carcaza.....	76
Figura 23 Canto de carcaza pintado .....	76
Figura 24 Carcaza inferior pintada y montaje de placas .....	76

---

Figura 25 Carcaza superior pintada montada.....	76
Figura 26 Flujo de datos.....	77
Figura 27 Módulos de Firebase.....	79
Figura 28 Colección implementada .....	81
Figura 29 Datos almacenados .....	82
Figura 30 Autenticador de Firebase .....	82
Figura 31 Ejemplo de usuario .....	82
Figura 32 Pantalla de inicio de sesión y crear cuenta en la aplicación móvil.....	85
Figura 33 Pantalla principal de bienvenida de la aplicación móvil .....	86
Figura 34 Pantallas de mapa con la ubicación en tiempo real y definición de dirección del paciente.....	87
Figura 35 Notificación de la aplicación móvil.....	88
Figura 36 Pantalla de perfil de usuario .....	89
Figura 37 Menú lateral de la aplicación móvil.....	90
Figura 38 Añadir librería en Arduino .....	99
Figura 39 Monitor Serie de Arduino.....	100
Figura 40 Página de Expo .....	101

---

## Índice de tablas

Tabla 1 Escala FAST. Graduación del Alzheimer .....	12
Tabla 2 Nivel de alteración funcional .....	15
Tabla 3 Nivel de dependencia según la actividad .....	16
Tabla 4 Alternativas módulos GSM.....	50
Tabla 5 Alternativas módulos GPS .....	51
Tabla 6 Tareas proyectadas .....	60
Tabla 7 Matriz de probabilidad e impacto .....	64
Tabla 8 Matriz FODA .....	66
Tabla 9 Costos de hardware .....	70
Tabla 10 Costos de RRHH.....	72

---

## Abstract

El Alzheimer es una enfermedad cuyo término se aplica a la pérdida de memoria y otras habilidades cognitivas que interfieren en la vida cotidiana. Esta enfermedad empeora de manera progresiva a través de los años. Entre sus consecuencias se destaca que, tanto el enfermo como el entorno familiar, viven situaciones indeseadas debido a que sus recuerdos tienden a desaparecer llegando a desconocer a su entorno. Otra situación muy preocupante es la pérdida de la persona que, debido a la enfermedad, suele extraviarse.

El objetivo de este proyecto es el de brindar ayuda a las personas afectadas por el Alzheimer y a su entorno familiar mediante herramientas tecnológicas que proporcionen un monitoreo por medio de un prototipo de pulsera y un aplicativo para dispositivos móviles que permita la interconexión con el prototipo y así determinar el geoposicionamiento del enfermo de manera rápida y eficiente extendiendo la independencia del mismo.

## 1) Introducción

Alguna vez pensaste, ¿qué podés hacer si un familiar se pierde? ¿Y si no te reconoce?

A los autores les ha despertado interés el impacto de estas preguntas, porque en algún momento de sus vidas han vivido o seguramente vivirán como padece esta enfermedad alguno de sus familiares, seres queridos o conocidos, como también quizás nunca se preguntaron si la pueden padecer en algún momento. Aprovechando lo mencionado anteriormente hacen referencia a una experiencia que ha permitido terminar de construir la idea del proyecto, la experiencia consiste en lo que vivió uno de los autores debido al Alzheimer que afectó la salud de su abuela materna desde hace varios años y todas las consecuencias y el impacto familiar que conlleva el avance de la misma.

Debido a los interrogantes y experiencias planteadas anteriormente el presente proyecto está enfocado en la enfermedad de demencia de tipo Alzheimer, un término que se aplica a la pérdida de memoria y otras habilidades cognitivas que interfieren en la vida cotidiana. El Alzheimer empeora con el tiempo, es una enfermedad progresiva, en la que los síntomas de demencia empeoran gradualmente con el paso de los años. En sus primeras etapas, la pérdida de memoria es leve, pero en la etapa final las personas pierden la capacidad de mantener una conversación y responder al entorno.

---

## 1.1) Motivación para abordar el problema

La principal motivación para la realización del proyecto son las consecuencias que padecen los enfermos de Alzheimer y su familia debido al avance de dicha enfermedad, las situaciones que se viven cotidianamente cuando se pierden o cuando progresivamente sus recuerdos tienden a desaparecer y terminan por desconocer a su entorno. Como se sabe, es una enfermedad que en la actualidad no tiene cura, las personas que la padecen viven un promedio de 8 (ocho) años después de que los síntomas se vuelven más evidentes, pero la supervivencia puede oscilar entre 4 (cuatro) y 20 (veinte) años, dependiendo de la edad y otras afecciones de salud, por lo tanto la importancia no se centra en resolver la problemática sino que radica en brindar herramientas para acompañar el proceso de la enfermedad, que posibilite una mejor calidad de vida y evitar situaciones de pérdida o en el caso que suceda poder tener herramientas adecuadas para facilitar la solución.

Los pasos para desarrollar el producto deseado y con la implementación del mismo, poder alcanzar los resultados deseados consisten en la investigación de la problemática, la elección de las herramientas tecnológicas adecuadas y la utilización de las mismas.

Los autores buscan con el proyecto involucrarse con la sociedad, brindando así, tanto a los médicos como a las familias, una alternativa para acompañar el proceso de la enfermedad de Alzheimer, utilizando los avances tecnológicos que les pueden ser de gran ayuda en situaciones que cotidianamente no se las consideran importantes solo hasta que suceden.

## 2) Estado de la cuestión

### 2.1) Marco teórico

#### 2.1.1) Alzheimer

*La enfermedad de Alzheimer es un tipo de demencia que ha saltado en los medios de comunicación en la última década. Todo el mundo escuchó hablar de ella o tiene algún familiar afectado o conoce a alguien que lo padece.*

*Popularmente se confunde el Alzheimer con los conceptos de demencia senil y la arteriosclerosis, términos que no se corresponden con la realidad y que se siguen utilizando inadecuadamente cuando una persona empieza a perder la memoria y a comportarse de manera inapropiada.*

#### 2.1.1.1) Historia del Alzheimer

*La historia de esta enfermedad empieza en el año 1907, cuando Alois Alzheimer, un psiquiatra y anatomopatólogo alemán, publicó el estudio clínico y anatómico del caso de una paciente –Auguste D.– de 51 años de edad, que falleció tras haber presentado durante cuatro años y seis meses la evolución de un importante cuadro de demencia, con una grave desorientación y alucinaciones. El descubrimiento de la historia clínica de esta paciente ha permitido recuperar su fotografía y muestras de su escritura [véase figs. 1 y 2, p. 15].*

*El estudio microscópico del cerebro de esta paciente permitió descubrir en el interior de las células la existencia de unas lesiones en forma de conglomerados, que Alois Alzheimer denominó degeneración neurofibrilar (ovillos neurofibrilares), que coexistían con las placas seniles, descritas con anterioridad por Blocq y Marinesco (1892) como parte de la neuropatología del envejecimiento normal. Poco más tarde, en 1911, en un estudio cuantitativo, otro autor–Simchowicz– llamó la atención sobre la coexistencia de placas y ovillos neurofibrilares y, por lo tanto, la superposición con el envejecimiento.*

*En 1910, en su Manual de psiquiatría, Emil Kraepelin denominó «enfermedad de Alzheimer» a la demencia presenil degenerativa. Se trataba del senium praecox (senilidad precoz o demencia precoz). Con este calificativo de presenil, Kraepelin restringía la*

---

enfermedad a los casos que se inician antes de los 65 años de edad. También observó la relación entre los ovillos neurofibrilares y las formas graves de demencia senil, y sugirió que la enfermedad asociada a ovillos neurofibrilares podía ser «más o menos independiente de la edad» (Kraepelin, 1910). En aquel entonces, los trastornos intelectuales seniles eran asimilados, de forma grosera, a factores esencialmente vasculares; en otras palabras, eran considerados consecuencia de problemas de circulación cerebral. Así, se consideraba que eran una consecuencia de la arteriosclerosis (endurecimiento de las arterias), que provocaba alteraciones en la oxigenación del cerebro.

Desde el caso inicial de 1907, el concepto de enfermedad de Alzheimer se ha modificado progresivamente, sobre todo durante los últimos veinte años.

En 1955, sir Martin Roth publicó una investigación fundamental para el estudio científico de la demencia, en la que se establecían las semejanzas entre la demencia senil y la presenil (es decir la anterior a los 65 años). Más tarde, el grupo de Roth hizo una nueva aportación al demostrar la relación existente entre la gravedad de la demencia y el número de placas seniles y ovillos neurofibrilares presente en determinadas áreas cerebrales. Estos mismos autores demostraron la relación entre el volumen del tejido cerebral lesionado (infartado) y la intensidad de la demencia vascular.

En 1978, Katzman y sus colaboradores insistieron en la importancia de evitar la distinción entre demencia senil y demencia presenil.

En 1984 se celebró en Estados Unidos una conferencia con el objetivo de consensuar criterios sobre el diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer. Los criterios consensuados en esta conferencia (los criterios NINCDS/ADRDA) se usan en la actualidad en muchos países. Uno de los méritos de estos criterios fue la introducción de los conceptos de enfermedad de Alzheimer «probable», «posible» y «definitiva» (McKhan y colaboradores, 1984).

En 1985, el National Institute of Aging [Instituto Nacional del Envejecimiento] creó los diez primeros centros de investigación sobre la enfermedad de Alzheimer en Estados Unidos. Posteriormente se creó el CERAD, o Consortium to Establish a Registry for Alzheimer Disease [Consortio para establecer un registro de la enfermedad de Alzheimer]. Este consorcio estableció una serie de criterios de trabajo que, básicamente, constituyen una adaptación

---

práctica de los criterios NINCDS/ADRDA establecidos en 1984. Esta sistematización de criterios de trabajo ha permitido mejorar notablemente la fiabilidad de los diagnósticos clínicos (alrededor del 90 % o más) en relación con los diagnósticos de autopsia.

#### 2.1.1.2) Definición

*La enfermedad de Alzheimer es una enfermedad neurodegenerativa progresiva que se caracteriza por una serie de rasgos clínicos y patológicos con una variabilidad relativa.*

*A continuación, se explican algunos detalles para entender aún mejor la enfermedad de Alzheimer:*

- *Rasgos clínicos: es lo que le sucede al paciente y lo que vemos. Se centran en tres aspectos: alteraciones cognitivas, es decir, alteraciones de la memoria y de otras capacidades mentales; alteraciones funcionales, que se refiere a una pérdida progresiva de independencia en las actividades de la vida cotidiana; y alteraciones psicológicas y del comportamiento (ansiedad, delirios, vagabundeo, agresión). Estas últimas manifestaciones son las que tienen más importancia para la familia.*
- *Rasgos neuropatológicos: son aquellos rasgos que observan los neuropatólogos cuando estudian el cerebro de un paciente de Alzheimer que ha fallecido. Se caracterizan por una atrofia cerebral con pérdida de neuronas y por los dos tipos de lesiones descritas por el Dr. Alzheimer: la degeneración neurofibrilar (ovillos neurofibrilares) y las placas seniles. Hay otras alteraciones, como la degeneración granulovacuolar, la angiopatía amiloide, etc.*
- *Variabilidad: hace referencia a la existencia de notables diferencias entre los pacientes en diversos aspectos: edad de inicio, velocidad de su evolución, tipo de alteraciones de sus capacidades mentales e, incluso, los hallazgos del estudio del cerebro al microscopio. Es variable también la aparición de diversos trastornos psicológicos y del comportamiento (pacientes con alucinaciones y agresividad, mientras que otros serán pasivos).*

#### 2.1.1.3) Evolución de la enfermedad

*La enfermedad de Alzheimer presenta un inicio lento, sutil y progresivo que, en sus fases iniciales, en muchas ocasiones, es difícil de diferenciar del envejecimiento normal o de otras*

---

entidades clínicas. En general, la sospecha sobre la naturaleza de la enfermedad se plantea cuando se detectan trastornos llamativos, sean cognitivos (memoria, lenguaje, orientación) o funcionales (problemas en el desarrollo de una vida independiente).

A continuación, se expondrán los primeros síntomas y la evolución de la enfermedad desde sus fases leves hasta las más graves y terminales del proceso.

#### 2.1.1.3.1) Primeros síntomas

Las sospechas de que existe algún problema vienen dadas, generalmente, por trastornos progresivos de memoria. Suele ser algún familiar o un amigo próximo quien lo detecta, pero en ocasiones quien constata «algo raro» es alguien que hace tiempo que no ve al paciente. Los trastornos pueden ser tan sutiles que la familia normalmente los excusa o los atribuye a la edad.

Tras los trastornos de memoria, o a la vez que éstos, aparecen fallos sutiles en otras capacidades mentales: en el lenguaje, en la orientación temporal, en el razonamiento... En ocasiones, la familia ha sido tolerante ante los pequeños fallos del paciente, pero un error llamativo es causa de alarma.

Estos pequeños –y a veces no tan pequeños– trastornos constituyen los signos de alarma del deterioro. Así, por ejemplo, la Alzheimer's Association de Estados Unidos ha establecido diez signos de alarma que pueden ser indicativos de una demencia.

Se comprenderá que para el diagnóstico sea fundamental la entrevista con la familia o con una persona que conozca adecuadamente al paciente. Los familiares deben exponer todos los cambios que han observado en relación con las capacidades previas del paciente, su intensidad y su evolución. Deben destacarse todos los cambios sutiles, o no tan sutiles, en sus capacidades mentales, emocionales y del comportamiento.

Raramente es el propio paciente el que solicita atención médica, ya que poco a poco se adapta a sus problemas de memoria o, simplemente, no es consciente de sus problemas, aunque ocasionalmente se queje de que su memoria no es «tan fina como antes». En ocasiones, la consulta se centra en trastornos de tipo ansiedad o depresión.

---

A veces, cuando se consulta por vez primera al médico el paciente ya se encuentra en fases avanzadas de la enfermedad. Con cierta frecuencia la enfermedad se hace evidente de forma brusca, tras un suceso traumático para el paciente, como la muerte o la enfermedad de la pareja. Otras veces, en cambio, el enfermo o su familia consideran –equivocadamente– que tal suceso constituye la causa de la demencia. Puede ocurrir que sean las características propias del enfermo las que dificulten el diagnóstico. Por ejemplo, una persona de una gran cultura, capaz de hablar sobre cualquier tema o con facilidad de palabra tendrá que padecer un deterioro más intenso antes de que se hagan patentes sus problemas.

También los cambios de personalidad («la forma de ser», por decirlo de forma simple) desempeñan un importante papel. Así, en el caso de una persona muy ordenada, limpia y cuidadosa y que siempre ha estado atenta a todas las fechas de aniversario de la familia, será más fácil detectar fallos que en el caso de una persona que siempre ha sido «despistada», que nunca ha sabido dónde dejaba las cosas o jamás ha recordado una fecha de aniversario. En ocasiones, son los cambios en las características de la personalidad los que sugieren que algo está sucediendo.

Una persona que siempre ha sido amable y tranquila puede volverse en poco tiempo muy irritable y discutirlo todo.

#### 2.1.1.3.2) Fases sucesivas de la enfermedad

El curso que tomará la evolución de la enfermedad constituye una de las preocupaciones de las personas que cuidan a un enfermo de Alzheimer. Muchas veces, los cuidadores preguntan explícitamente a los médicos cuánto tiempo vivirá el paciente. Antes de nada, no debe olvidarse que cuando un profesional establece un pronóstico sobre la evolución de un paciente lo hace en función de su experiencia con muchos otros pacientes. También tiene en cuenta las publicaciones de estudios sobre el tema. Sin embargo, una cosa son los estudios de grupos de pacientes y otra muy distinta el caso de cada paciente en particular. El curso general de la enfermedad es lento y variable (entre 3 y 20 años). Se considera que un paciente puede vivir un promedio de entre 8 y 10 años desde el momento del diagnóstico.

En general, puede decirse que la enfermedad evoluciona más rápidamente cuanto más joven es el paciente en el momento de declararse la enfermedad. Así, en los casos –

---

relativamente pocos en que la enfermedad se presenta en personas de entre 45 y 50 años, la enfermedad puede tener un curso devastador en un plazo de entre 3 y 4 años.

Mediante la escala GDS (Global Deterioration Scale, o escala de deterioro global), descrita en el año 1982 por Barry Reisberg y sus colaboradores, del Centro Médico de la Universidad de Nueva York, pueden especificarse muchos más detalles de la enfermedad.

La escala GDS establece una distinción de siete fases, que van desde la normalidad hasta los estadios más avanzados de la enfermedad de Alzheimer. Es importante aclarar que las fases 1 y 2 de la escala GDS no se refieren a la enfermedad de Alzheimer; se trata simplemente de adultos normales (GDS 1) y de adultos normales de más edad (GDS 2).

*GDS 1 (ausencia de alteración cognitiva)*

Ausencia de quejas subjetivas. Ausencia de trastornos evidentes de memoria en la entrevista clínica.

*GDS 2 (disminución cognitiva muy leve)*

*Quejas subjetivas de defectos de déficit de memoria, sobre todo en las áreas siguientes:*

- a. *El paciente olvida los lugares donde ha dejado objetos familiares.*
- b. *El paciente olvida nombres previamente muy conocidos.*

*No hay evidencia objetiva de defectos de memoria en la entrevista clínica.*

*No hay evidencia de defectos objetivos en el trabajo o en situaciones sociales.*

*Preocupación apropiada respecto a la sintomatología.*

*GDS 3 (defecto cognitivo leve)*

*Aparecen los primeros defectos claros.*

*Manifestaciones en más de una de las siguientes áreas:*

- c. *El paciente puede haberse perdido yendo a un lugar no familiar.*
- d. *Sus compañeros de trabajo son conscientes de su escaso rendimiento laboral.*

- e. *Su dificultad para evocar palabras y nombres se hace evidente para las personas más próximas.*
- f. *El paciente puede leer un pasaje de un libro y recordar relativamente poco material.*
- g. *El paciente puede mostrar una capacidad disminuida para recordar el nombre de las personas que ha conocido recientemente.*
- h. *El paciente puede haber perdido un objeto de valor o haberlo colocado en un lugar equivocado.*
- i. *En la exploración clínica puede hacerse evidente un defecto de concentración.*

*Solo en una entrevista intensiva se observa evidencia objetiva de defectos de memoria.*

*Los rendimientos del paciente en actividades laborales y sociales exigentes han disminuido.*

*El paciente niega estos defectos o manifiesta desconocerlos.*

*Los síntomas son acompañados por una ansiedad de discreta a moderada.*

*GDS 4 (defecto cognitivo moderado). Defectos claramente definidos en una entrevista clínica cuidadosa.*

*Déficits manifiestos en las áreas siguientes:*

- a. *Disminución del conocimiento de los acontecimientos actuales y recientes.*
- b. *Cierto déficit en el recuerdo de su historia personal.*
- c. *Defecto de concentración, que se manifiesta en la sustracción seriada.*
- d. *Disminución de la capacidad para viajar, controlar la propia economía...*

*Con frecuencia, no se da defecto alguno en las siguientes áreas:*

- a. *Orientación en el tiempo y la persona.*
- b. *Reconocimiento de las personas y caras familiares.*
- c. *Capacidad para viajar a lugares familiares.*

*El paciente es incapaz de realizar tareas complejas.*

*La negación es el mecanismo de defensa dominante.*

---

*Se observa una disminución del afecto y se da un abandono en las situaciones más exigentes.*

*GDS 5 (defecto cognitivo moderado-grave)*

*El paciente no puede sobrevivir mucho tiempo sin algún tipo de asistencia.*

*Durante la entrevista, el paciente es incapaz de recordar aspectos importantes y relevantes de su vida actual:*

- a. Una dirección o un número de teléfono que no han cambiado desde hace muchos años.*
- b. Nombres de familiares próximos (como los nietos).*
- c. El nombre de la escuela o el instituto donde estudió.*

*A menudo, el paciente presenta cierta desorientación con respecto al tiempo (fecha, día de la semana, estación del año ...) o al lugar.*

*Una persona con educación formal puede tener dificultad para cotar hacia atrás desde 40 de 4 en 4 o desde 20 de 2 en 2.*

*En este estadio, el paciente mantiene el conocimiento sobre muchos de los hechos de más interés que le afectan a si mismo y a otros.*

*Invariablemente, conoce su nombre y, en general, el nombre de su cónyuge e hijos.*

*No requiere asistencia ni en el aseo ni para comer, pero puede tener alguna dificultad en la elección de la indumentaria adecuada.*

*GDS 6 (defecto cognitivo grave)*

*Ocasionalmente, el paciente puede olvidar el nombre del cónyuge, de quien, por otra parte, depende totalmente para sobrevivir.*

*Además, desconoce gran parte de los acontecimientos y experiencias recientes de su vida.*

*Mantiene cierto conocimiento de su vida pasada, pero de forma muy fragmentaria.*

*Por lo general, no reconoce su entorno, el año, la estación...*

---

*Puede ser incapaz de contra desde 10 hacia atrás, y a veces hacia adelante.*

*El paciente requiera cierta asistencia en las actividades cotidianas:*

- a. Puede presentar incontinencia.*
- b. Necesita asistencia para viajar, pero en ocasiones será capaz de viajar a lugares familiares.*

*Con frecuencia, su ritmo diurno está alterado.*

*Casi siempre recuerda su nombre.*

*A menudo sigue siendo capaz de distinguir entre las personas familiares y las no familiares de su entorno.*

*Tienen lugar cambios emocionales y de personalidad que son bastante variables, entre los que se incluyen:*

- a. Conducta delirante, por ejemplo, acusar a su cónyuge de ser un impostor, hablar con personas imaginarias o con su imagen reflejada en el espejo.*
- b. Síntomas obsesivos, por ejemplo, repetir continuamente actividades de limpieza.*
- c. Síntomas de ansiedad, agitación e incluso una conducta violenta previamente inexistente.*
- d. Abulia cognitiva, por ejemplo, pérdida de deseos por falta de desarrollo suficiente de un pensamiento para determinar una acción propositiva.*

*GDS 7 (defecto cognitivo muy grave)*

*A lo largo de esta fase el paciente va perdiendo todas las capacidades verbales.*

*Al principio, puede articular palabras y frases, pero su lenguaje es muy limitado.*

*Al final, no se expresa por medio del lenguaje; sólo emite sonidos inarticulados.*

*Se van perdiendo también las habilidades psicomotoras básicas (por ejemplo, caminar).*

Aparece la incontinencia urinaria. El paciente requiere asistencia en el aseo y también para ingerir alimentos.

El cerebro parece incapaz de indicarle al cuerpo lo que tiene que hacer.

A menudo se detectan signos y síntomas neurológicos generalizados y corticales.

Functional Assessment Staging (FAST). Según Reisberg, 1988. Reisberg, B. «Functional Assessment Staging (FAST)». *Psychopharmacology Bulletin*, 1988; 24, p. 653-659 (Reproducido con autorización. Traducción: J. Peña-Casanova. Copyright: 1984, Barry Reisberg, M. D. Todos los derechos reservados)

FAST	Diagnóstico clínico	Características	Duración estimada (**)
1	Adulto normal	Ausencia de dificultades funcionales objetivas o subjetivas.	
2	Adulto normal de edad	Quejas por haber olvidado dónde dejó objetos. Dificultades subjetivas en el trabajo.	
3	Compatible con DTA incipiente	Disminución de su capacidad laboral evidente según sus compañeros. Dificultad para viajar a lugares nuevos. Disminución de la capacidad organizativa.*	7 años
4	DTA leve	Disminución de la capacidad de realizar tareas complejas (por ejemplo planificar una cena para invitados) y de manejar las finanzas personales (por ejemplo olvido de pagar facturas); dificultad en las compras...	2 años
5	DTA moderada	Requiere asistencia para escoger la ropa adecuada para el día, la estación o la ocasión.	18 meses
6	DTA moderada-grave	Decremento en la habilidad del paciente para vestirse, bañarse y lavarse. Se especifican cinco subestadios:	
6 a		Se viste incorrectamente sin asistencia o indicaciones (por ejemplo puede ponerse ropa de calle sobre el pijama, los zapatos en el pie equivocado o tener dificultades para abotonarse) de vez en cuando o con mayor frecuencia en las últimas semanas.*	5 meses
6 b		Es incapaz de bañarse correctamente (por ejemplo, tiene dificultad para ajustar la temperatura del agua) de vez en cuando o con mayor frecuencia en las últimas semanas.*	5 meses
6 c		Es incapaz de manejar la mecánica del váter (por ejemplo, olvida tirar de la cadena, no se limpia correctamente o no deposita adecuadamente el papel higiénico) de vez en cuando o con mayor frecuencia en las últimas semanas.	5 meses
6 d		Incontinencia urinaria (de vez en cuando o con mayor frecuencia en las últimas semanas).	4 meses
6 e		Incontinencia fecal (de vez en cuando o con mayor frecuencia en las últimas semanas).	10 meses
7	DTA grave	Pérdida del habla y de la capacidad motora. Se especifican seis subestadios:	
7 a		Capacidad de hablar limitada aproximadamente a un promedio de media docena o menos de palabras diferentes en el curso de un día o en el curso de una entrevista detenida.	12 meses
7 b		Capacidad de hablar limitada a un promedio de una sola palabra inteligible en un día o en el curso de una entrevista detenida (el paciente puede repetir la palabra continuamente).	18 meses
7 c		Pérdida de la habilidad para caminar (no puede andar sin ayuda personal).	12 meses
7 d		Pérdida de la habilidad para estar sentado sin ayuda (por ejemplo, el individuo se caerá si no hay apoyos [brazos] en la silla).	12 meses
7 e		Pérdida de la capacidad de sonreír.	18 meses
7 f		Pérdida de la capacidad de mantener la cabeza erguida por sí solo.	12 meses

Tabla 1 Escala FAST. Graduación del Alzheimer

### 2.1.1.4) Ámbitos sintomáticos del Alzheimer

Los tres grandes ámbitos sintomáticos de la enfermedad de Alzheimer son:

- El cognitivo (neuropsicológico).
- El funcional: actividades de la vida diaria.
- El psicológico y del comportamiento (neuropsiquiátrico).

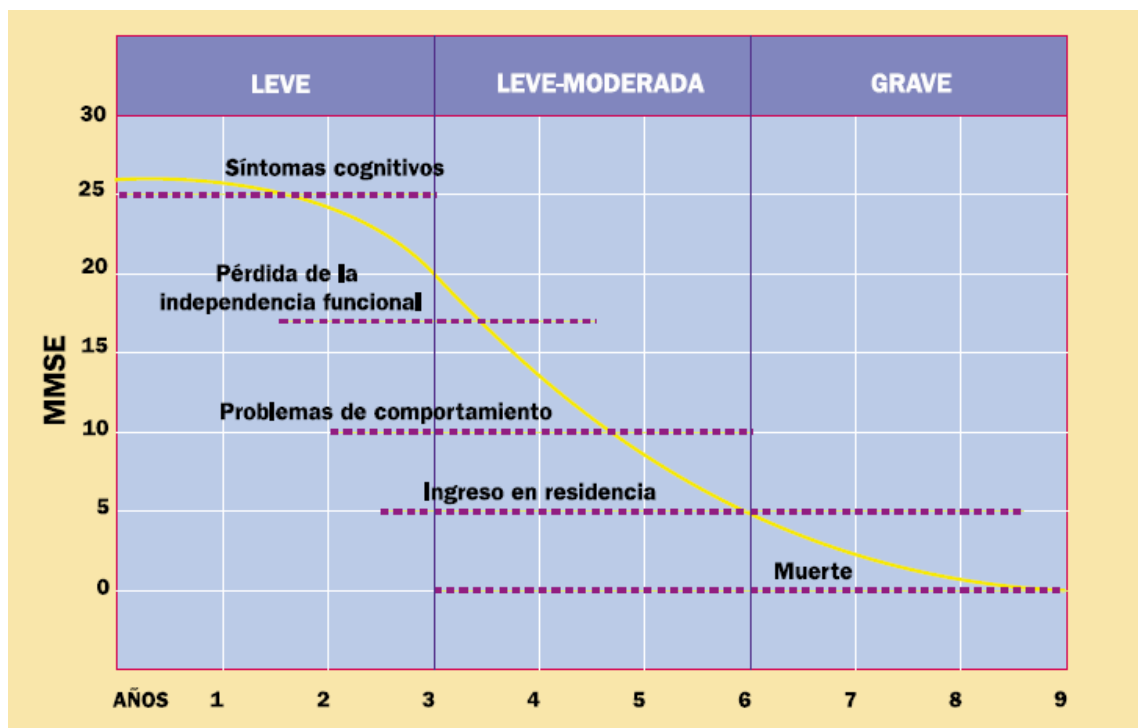


Figura 1 Evolución del grado de Alzheimer según MMSE (Mini Mental State Examination)

#### 2.1.1.4.1) Ámbito cognitivo

Los síntomas se presentan en distintas áreas y diversos niveles de gravedad, según la fase evolutiva y en función de cada caso concreto.

**Memoria:** La alteración progresiva de la memoria es el elemento central en la demencia de tipo Alzheimer. Amnesia es el término general usado para referirse a los trastornos de memoria o al olvido anormal.

**Orientación:** La evolución de la enfermedad de Alzheimer establece una progresiva alteración de la orientación. Esta alteración sigue un orden habitual: primero, el paciente está

---

desorientado con respecto al tiempo; a continuación, en lo que respecta al lugar en que se encuentra y más adelante respecto a sí mismo (persona).

*Capacidad visual y visuoespacial:* Las alteraciones de las capacidades visuales y visuoespaciales se manifiestan en el reconocimiento de los objetos (agnosia), así como en la capacidad de entender y manipular las relaciones de los objetos en el espacio.

*Lenguaje oral:* En la enfermedad de Alzheimer existe una evolución típica de los trastornos del lenguaje desde las etapas tempranas a las etapas finales: desde trastornos mínimos hasta la ausencia total de lenguaje.

*Lenguaje escrito (lectura y escritura):* Los pacientes con enfermedad de Alzheimer presentan trastornos de la lectura (alexia). Estos trastornos son habitualmente muy sutiles en el inicio de la enfermedad. En casos poco frecuentes, las alteraciones de la lectura destacan en el contexto de trastornos visuales más generales.

La alteración de la lectura puede dar lugar a una curiosa situación, en la cual el paciente es capaz de leer en voz alta, pero es incapaz de comprender lo que lee. En las fases más avanzadas de la demencia, la capacidad de leer se pierde por completo. Por lo general, los trastornos de la escritura (agrafia) son paralelos a los de la lectura, si bien en algunos casos está más preservada la escritura y, en otros, la lectura.

En las fases avanzadas de la demencia, la capacidad de escribir está sumamente afectada o incluso puede ocurrir que el paciente solamente sea capaz de realizar palotes, trazos informes o garabatos.

*Praxis:* Los pacientes con enfermedad de Alzheimer van perdiendo sus habilidades para manipular objetos y para comunicarse a través de gestos, lo que se denomina praxias. La vertiente patológica del gesto se denomina apraxia. En general, estas alteraciones son más bien tardías, excepto aquellas que afectan a la capacidad de realizar series de actos, como puede ser dar golpes en la mesa con la palma, el canto o el puño de la mano sucesivamente.

*Capacidades ejecutivas:* Las capacidades ejecutivas son las encargadas del razonamiento, la planificación y la flexibilidad para regular y verificar patrones de conducta

adaptada al medio y a las normas sociales. Su alteración constituye el llamado síndrome disejecutivo.

#### 2.1.1.4.2) Ámbito funcional

El trastorno mental tiene un impacto directo o indirecto sobre las capacidades del sujeto para vivir el día a día (capacidades funcionales). La situación clínica del paciente se puede analizar en el plano de su alteración funcional y su consecuente dependencia del entorno familiar.

Reisberg, B.; Franssen, E. H.; Souren, L. E. M.; Auer, S.; Kenowsky, S. «Progression of Alzheimer's Disease: Variability and Consistency: Ontogenic Models, their Applicability and Relevance». *Journal of Neural Transmission*, 1998, 54, p. 9-20.

(Reproducido con autorización. Traducción: J. Peña-Casanova. Copyright: 1997, Barry Reisberg, M. D. Todos los derechos reservados)

Estadio de deterioro global y funcional del envejecimiento y la enfermedad de Alzheimer	Edad de desarrollo	Necesidades de cuidados de los ancianos y pacientes con enfermedad de Alzheimer
1	Adulto	Ninguna
2	Adulto	Ninguna
3	12 + años	Ninguna
4	8 - 12 años	Supervivencia independiente aún posible
5	5 - 7 años	El paciente no puede sobrevivir por mucho tiempo en la comunidad sin asistencia a tiempo parcial
6	2 - 5 años	El paciente requiere supervisión total
7	0 - 2 años	El paciente requiere cuidados continuados

Tabla 2 Nivel de alteración funcional

Código de puntuación:				
1. No necesita ayuda	2. Necesita ayudas mínimas	3. Le tienen que ayudar bastante	4. Es totalmente dependiente	
<b>Ayuda en las capacidades de la vida cotidiana</b>				
	1	2	3	4 Especificaciones
1 Comer	Nada	Un poco	Mucho	Alimentado con cuchara o intravenoso
2 Andar (con bastón o andador si usa)	Nada	Un poco	Mucho	No anda
3 Movilidad (salir de casa e ir de un lado a otro, en silla de ruedas si la usa)	Nada	Un poco	Mucho	No puede salir de casa
4 Bañarse (incluye tener lo necesario, supervisarlo)	Nada	Un poco	Mucho	Hay que bañarlo
5 Vestirse (incluye ayuda en la selección del vestuario)	Nada	Un poco	Mucho	Hay que vestirle
6 Lavarse (incluye ayuda con la ropa, limpieza o ayuda con la ostomía o el catéter si los usa)	Nada	Un poco	Mucho	Emplea cuña o es incapaz de cuidar su ostomía o catéter
7 Arreglarse (afeitado en el hombre, peinado en la mujer, cuidado de las uñas y los dientes)	Nada	Un poco	Mucho	Hay que ayudarle a arreglarse
8 Tareas adaptativas (gestión del dinero, objetos personales, llamar por teléfono, comprar el periódico, artículos de tocador)	Nada	Un poco	Mucho	No es capaz de actuar solo
<b>Grado de incapacidad</b>				
9 Comunicación (expresarse)	Nada	Un poco	Mucho	No se comunica
10 Oído (con prótesis si la usa)	Nada	Un poco	Mucho	Parece que no oye
11 Vista (con gafas si las usa)	Nada	Un poco	Mucho	No ve
12 Dieta (desviación de la norma)	Nada	Un poco	Mucho	Alimentado por vía intravenosa
13 Encaramado durante el día	Nada	Un poco <3 horas	Mucho	La mayor parte del tiempo/ Todo el tiempo
14 Incontinencia (orina, heces, con catéter o prótesis si los usa)	Nada	Un poco	Frecuente 1/semana	No tiene control
15 Medicación	Nada	Un poco	A diario (oral)	A diario inyección y oral si usa
<b>Grado de problemas especiales</b>				
16 Confusión mental	Nada	Un poco	Mucho	Extrema
17 Falta de cooperación (se opone a los esfuerzos para ayudarle)	Nada	Un poco	Mucho	Extrema
18 Depresión	Nada	Un poco	Mucho	Extrema

Tabla 3 Nivel de dependencia según la actividad

---

#### 2.1.1.4.3) *Ámbito psicológico y del comportamiento*

*Los pacientes de Alzheimer muestran numerosas alteraciones en su comportamiento, que resultan en manifestaciones como agresividad, gritos, alucinaciones, ansiedad, depresión, deambulación incesante, trastornos del sueño...*

*Estos trastornos tienen una importancia capital en el proceso de la enfermedad, ya que acostumbra a ser los síntomas que más afectan a la familia y cuidadores.*

*Problemas relacionados con los trastornos de memoria y la conciencia de estar enfermo: En ciertos casos, el paciente no tiene conciencia de su enfermedad (lo que técnicamente se llama anosognosia) y niega rotundamente la existencia de los problemas que observa la familia.*

*Delirios: Los delirios son creencias falsas que se fundamentan en conclusiones incorrectas sobre la realidad y que el paciente mantiene a pesar de las evidencias contrarias.*

*Alucinaciones: Las alucinaciones son impresiones sensoriales o perceptivas que acontecen sin que exista un estímulo real que las provoque.*

*Interpretaciones erróneas e incapacidad para reconocer personas y cosas: Las interpretaciones erróneas pueden tener múltiples causas, como interpretaciones delirantes, ilusiones (percepciones distorsionadas) o interpretaciones anómalas debidas a trastornos del razonamiento.*

*Depresión: Entre el 40 y el 50 % de los casos de enfermedad de Alzheimer presentan depresión. La depresión puede explicarse como una reacción ante la consciencia de la propia pérdida de capacidades, pero este hecho no se da en todos los casos: no todos los pacientes presentan depresión. En otros casos, la depresión podría ser resultado de las lesiones cerebrales.*

*Labilidad emocional, reacciones catastróficas y enfados: La labilidad emocional consiste en la propensión de los pacientes a presentar cambios bruscos y fluctuaciones en sus sentimientos y expresiones emocionales. Sus emociones pueden oscilar entre los sentimientos*

---

depresivos y la desesperación, ansiedad y estados de alegría y euforia o conductas de furor y agresividad.

*Ansiedad:* La ansiedad constituye un sentimiento de miedo, de peligro inminente, cuya manifestación más frecuente es una excesiva preocupación anticipada sobre los acontecimientos venideros. Afecta aproximadamente a un 40 % de los pacientes y, si es grave, puede conducir a episodios de agitación.

*Agitación/agresión:* La agitación es un estado importante de tensión, con ansiedad, que se manifiesta en una hiperactividad de movimientos y conductas molestas. Es un fenómeno común en la enfermedad de Alzheimer y puede darse con independencia de otros trastornos del comportamiento.

*Alteraciones de personalidad:* Se han dado cifras de hasta un 70 % de pacientes que las sufren en las fases iniciales de la enfermedad. Los pacientes pueden volverse irritables, desinhibidos, infantiles, agresivos, apáticos o suspicaces.

*Alteraciones del sueño y alteraciones del ritmo diurno:* Entre los pacientes con enfermedad de Alzheimer los trastornos del sueño son muy frecuentes y llegan a alcanzar cifras situadas entre un 40 y un 70 % de los casos. Los trastornos del sueño y las conductas anómalas asociadas van haciendo mella, día tras día, en el cuidador, que no puede descansar.

*Cambios en el apetito y conducta Alimentaria:* En las fases discreta y moderada de la enfermedad de Alzheimer, el apetito puede aumentar o disminuir. Debido a los trastornos de memoria, a los problemas de identificación de los objetos y a la pérdida de las normas sociales, es posible que se produzcan numerosas situaciones anómalas en el momento de las comidas.

*Cambios en la actividad sexual:* Los cambios en la actividad sexual de los pacientes también pueden manifestarse de diversas formas. En general, el fenómeno más común es una disminución del impulso y del interés sexual. En los casos de demencia, las agresiones sexuales son raras.

*Alteraciones de la actividad Psicomotora:* Deambulación errante. Bastantes pacientes de Alzheimer manifiestan una clara tendencia a deambular sin rumbo ni objetivo. Algunas causas

---

de la deambulaci3n errante podrían ser los miedos, la desorientaci3n, la falta de ejercicio o simplemente la sensaci3n que experimentan los pacientes de estar perdidos.

En algunos casos, la deambulaci3n errante es consecuencia de algo que provoca frustraci3n o que molesta. En ocasiones, el paciente se pierde y luego camina sin rumbo. Si el paciente se desorienta o se pierde, ello puede generar una crisis de ansiedad y miedo.

#### 2.1.1.5) Tratamiento

El tratamiento farmacol3gico de la enfermedad de Alzheimer presenta tres grandes ámbitos:

- *Tratamiento de estabilizaci3n. Este tratamiento pretende interferir en los eventos bioquímicos cerebrales que conducen a la muerte neuronal.*
- *Tratamiento sintomático cognitivo. Pretende modificar el curso de la enfermedad, tratando de mejorar el estado cognitivo del paciente.*
- *Tratamiento sintomático de los trastornos psicol3gicos y del comportamiento. Pretende mejorar aspectos como la ansiedad, la depresi3n, el vagabundeo, la agresividad, los delirios, las alucinaciones...*

El tratamiento no farmacol3gico de la enfermedad de Alzheimer engloba una amplia variedad de técnicas. La aplicaci3n de las distintas técnicas se debe realizar de forma integrada y en funci3n del estado específcico del paciente.

**Orientaci3n a la realidad:** *La orientaci3n a la realidad es un método de tratar las alteraciones de la orientaci3n y la memoria a trav3s de la estimulaci3n de los pacientes para que «reaprendan» datos sobre ellos mismos y su entorno. Para alcanzar este objetivo, en las interacciones con el paciente se da constantemente informaci3n y se organizan las actividades mediante agendas, letreros y todo tipo de indicaci3n. La informaci3n se presenta como un recuerdo, no como una obligaci3n de memorizar.*

**Reminiscencia:** *La reminiscencia constituye el recuerdo sistemático de memorias antiguas; recordar hechos personales en toda su amplitud, ruidos, olores, imágenes, emociones... La reminiscencia constituye una forma de activar el pasado personal. Se trata de*

---

centrar el recuerdo en los aspectos personales de los acontecimientos, más que en la perfección del recuerdo y su correcta localización en el tiempo.

*Estimulación y terapia cognitiva:* La estimulación cognitiva pretende realizar tareas tendentes a activar y mantener las capacidades mentales.

*Adaptación cognitivo funcional del entorno y técnicas de comunicación:* Uno de los objetivos de la intervención no va directamente dirigido a la persona con trastornos cognitivos, sino que se centra en el medio externo y en las personas que interaccionan con el paciente. Se pretende compensar y facilitar los rendimientos del paciente para que presente, consecuentemente, menor trastorno funcional.

*Actividades significativas (ocupacionales) y de la vida diaria:* La realización de actividades significativas (ocupacionales) y de la vida diaria constituye un método de rehabilitación y de readaptación. Se pretende rehabilitar a través del trabajo (terapia ocupacional) o de cualquier actividad que conduzca a un fin. Se realiza, también, una adaptación del medio en el cual se desarrolla la acción con finalidad. En este ámbito entran actividades tan diversas como bailar, cocinar, pasear, trabajos de cestería, jardinería o musicoterapia. Dentro de este ámbito entra de pleno la actividad física para tratar de evitar la disminución de la fuerza y de la masa muscular y, con ello, los fenómenos consecutivos a estos trastornos: dependencia y caídas.

*Prevención y tratamiento de los trastornos psicológicos y del comportamiento:* Para optimar el rendimiento cognitivo se han de diagnosticar y tratar las alteraciones de la percepción, el contenido del pensamiento, el humor o la conducta que se presentan frecuentemente en enfermos con demencia. Los trastornos psicológicos y del comportamiento constituyen una de las consecuencias más discapacitantes de las demencias y una de las mayores amenazas para la convivencia y estabilidad de la familia.

## 2.1.2) GPS

### 2.1.2.1) ¿Qué es el GPS?

El Sistema de Posicionamiento Global o por sus siglas en inglés, GPS (Global Positioning System). Es un sistema de radionavegación basado en una constelación de 24 satélites denominada Navstar desarrollado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos de América que permite a cualquier usuario saber su localización, velocidad y altura, las 24 horas del día, bajo cualquier condición atmosférica y en cualquier punto del globo terrestre.

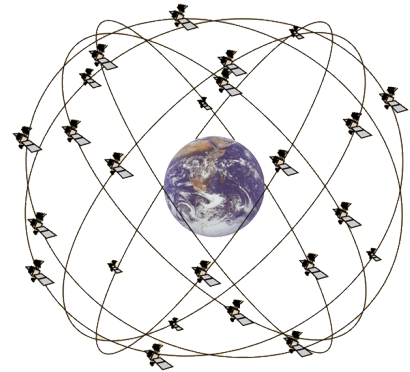


Figura 2 Constelación de satélites

GPS es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día.

Para la obtención de coordenadas el sistema se basa en la determinación simultánea de las distancias a cuatro satélites (como mínimo) de coordenadas conocidas. Estas distancias se obtienen a partir de las señales emitidas por los satélites, las que son recibidas por receptores especialmente diseñados. Las coordenadas de los satélites son provistas al receptor por el sistema.

### 2.1.2.2) Coordenadas Geográficas (Latitud/Longitud)

Es el sistema más utilizado. Proyecta líneas de latitud (paralelos) y líneas de longitud (meridianos) sobre la superficie terrestre. El ecuador es el paralelo de referencia. Los meridianos cortan perpendicularmente a los paralelos y pasan por los polos Norte y Sur.

En este sistema la posición queda definida como la intersección de un paralelo y un meridiano (Latitud/Longitud).

Por encima del Ecuador las latitudes son positivas, y por debajo (hacia el Sur) negativas. Las máximas latitudes están en los polos (+90° el polo Norte y -90° el polo Sur).

Las longitudes se miden al este del meridiano de Greenwich (0°) con valor positivo o al oeste con valor negativo o bien indicando la dirección, N, S, E u O.

Latitud y longitud normalmente se expresan en grados, minutos y segundos (DDMMSS).

La circunferencia está dividida en 360 partes iguales, cada una de ellas es un grado sexagesimal que está dividido en 60 partes denominadas minutos y cada minuto a su vez se divide en 60 segundos.<sup>1</sup>

### 2.1.3) Arduino

#### 2.1.3.1) ¿Qué es el Arduino?

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida (activar un motor, encender un LED, publicar algo en línea). Puede decirle a su placa qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la placa. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en el cableado) y el software Arduino (IDE), basado en el procesamiento.



Figura 3 Logo Arduino

Con los años, Arduino ha sido el cerebro de miles de proyectos, desde objetos cotidianos hasta instrumentos científicos complejos. Una comunidad mundial de creadores (estudiantes, aficionados, artistas, programadores y profesionales) se ha reunido en torno a esta plataforma de código abierto, sus contribuciones se han sumado a una increíble cantidad de conocimiento accesible que puede ser de gran ayuda para principiantes y expertos por igual.

<sup>1</sup> <https://gsm.org.es/gsm/wp-content/subidas/2006/01/Introducci%C3%B3n-al-GPS.pdf>

Arduino nació en el Instituto de Diseño de Interacción Ivrea como una herramienta fácil para la creación rápida de prototipos, dirigida a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación. Tan pronto como llegó a una comunidad más amplia, la placa Arduino comenzó a cambiar para adaptarse a las nuevas necesidades y desafíos, diferenciando su oferta de placas simples de 8 bits a productos para aplicaciones IoT, dispositivos portátiles, impresión 3D y entornos integrados.<sup>2</sup> Todas las placas Arduino son completamente de código abierto, lo que permite a los usuarios construirlas de forma independiente y eventualmente adaptarlas a sus necesidades particulares. El software también es de código abierto y está creciendo a través de las contribuciones de los usuarios de todo el mundo.

### 2.1.3.2) ¿Por qué Arduino?

Gracias a su experiencia de usuario sencilla y accesible, Arduino se ha utilizado en miles de proyectos y aplicaciones diferentes. El software Arduino es fácil de usar para principiantes, pero lo suficientemente flexible para usuarios avanzados. Se ejecuta en Mac, Windows y Linux. Los maestros y los estudiantes lo usan para construir instrumentos científicos de bajo costo, para probar los principios de la química y la física, o para comenzar con la programación y la robótica. Diseñadores y arquitectos construyen prototipos interactivos, músicos y artistas lo utilizan para instalaciones y para experimentar con nuevos instrumentos musicales. Los creadores, por supuesto, lo usan para construir muchos de los proyectos exhibidos en la Feria de Maker, por ejemplo. Arduino es una herramienta clave para aprender cosas nuevas. Cualquiera, niños, aficionados, artistas, programadores, puede comenzar a jugar siguiendo las instrucciones paso a paso de un kit.

Hay muchos otros microcontroladores y plataformas de microcontroladores disponibles para la computación física. Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard y muchos otros ofrecen una funcionalidad similar. Todas estas herramientas toman los detalles desordenados de la programación del microcontrolador y lo envuelven en un paquete fácil de usar. Arduino también simplifica el proceso de trabajar con microcontroladores, pero ofrece alguna ventaja para maestros, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas:

---

<sup>2</sup> <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

---

**Barato:** Las placas Arduino son relativamente baratas en comparación con otras plataformas de microcontroladores. La versión menos costosa del módulo Arduino se puede ensamblar a mano, e incluso los módulos Arduino preensamblados cuestan menos de \$ 50

**Multiplataforma:** El software de Arduino (IDE) se ejecuta en Windows, Macintosh OS X, y Linux. La mayoría de los sistemas de microcontroladores están limitados a Windows.

**Entorno de programación simple y claro:** El software Arduino (IDE) es fácil de usar para principiantes, pero lo suficientemente flexible como para que los usuarios avanzados también lo aprovechen. Para los maestros, está convenientemente basado en el entorno de programación de procesamiento, por lo que los estudiantes que aprendan a programar en ese entorno estarán familiarizados con el funcionamiento del IDE de Arduino.

**Software de código abierto y extensible:** El software Arduino se publica como herramientas de código abierto, disponibles para su extensión por programadores experimentados. El lenguaje se puede ampliar a través de las bibliotecas de C ++, y las personas que deseen comprender los detalles técnicos pueden dar el salto de Arduino al lenguaje de programación AVR C en el que se basa. Del mismo modo, puede agregar el código AVR-C directamente en sus programas Arduino si lo desea.

**Hardware de código abierto y extensible:** Los planes de las placas Arduino se publican bajo una licencia Creative Commons, por lo que los diseñadores de circuitos experimentados pueden hacer su propia versión del módulo, extenderlo y mejorarlo. Incluso los usuarios relativamente inexpertos pueden crear la versión del módulo de prueba para comprender cómo funciona y ahorrar dinero.<sup>3</sup>

### 2.1.3.3) Arduino Uno Rev3

Arduino Uno es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada / salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el

---

<sup>3</sup> <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

microcontrolador; simplemente conéctelo a una computadora con un cable USB o enciéndalo con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar. Puede jugar con su UNO sin preocuparse demasiado por hacer algo mal, en el peor de los casos, puede reemplazar el chip por unos pocos dólares y comenzar de nuevo.

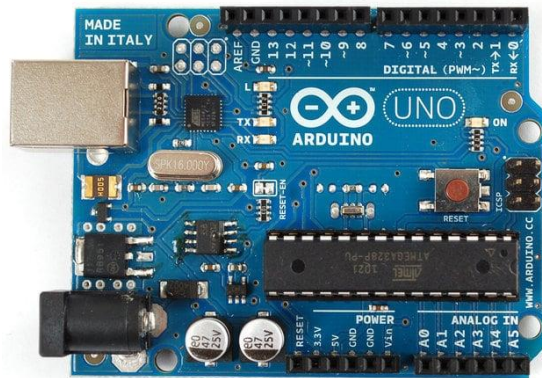


Figura 4 Placa Arduino UNO Rev3

"Uno" significa uno en italiano y fue elegido para marcar el lanzamiento de Arduino Software (IDE) 1.0. La placa Uno y la versión 1.0 de Arduino Software (IDE) fueron las versiones de referencia de Arduino, ahora evolucionadas a versiones más nuevas. La placa Uno es la primera de una serie de placas Arduino USB, y el modelo de referencia para la plataforma Arduino; Para obtener una lista extensa de placas actuales, pasados u obsoletos.<sup>4</sup>

#### 2.1.3.4) Placa HW-598 (Sim 808) Arduino

La placa HW-598 (Sim 808) se basa en el módulo u-blox SAM-M8Q GNSS (Global Navigation Satellite System). Este módulo está diseñado para operar con diferentes servicios de posicionamiento simultáneamente. Recibe y procesa las señales de GPS, GLONASS y Galileo. Se interconecta con placas Arduino a través de una interfaz I2C y un cable ESLOV dedicado.

<sup>4</sup> <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?selectedStore=us>



Figura 5 Placa HW-598 (Sim 808)

También ha sido diseñada para ofrecer una solución práctica y rentable para los fabricantes que buscan agregar conectividad GSM global a sus proyectos con una experiencia previa mínima en redes. Se basa en el Atmel SAMD21 y un módulo GSM SARAU201.

El diseño incluye la capacidad de alimentar la placa usando una batería LiPo o una fuente de alimentación externa de 5V. Una buena potencia de cálculo de 32 bits similar a la placa Cero, el rico conjunto habitual de interfaces de E / S, la comunicación global GSM y la facilidad de uso del software Arduino (IDE) para el desarrollo y programación de código. Todas estas características hacen de esta placa la opción preferida para los proyectos emergentes de IoT con baterías en un formato compacto. El puerto USB se puede usar para suministrar energía (5V) a la placa.

Durante las transmisiones celulares, la corriente máxima requerida por la placa excederá los 500 mA. Esto es más de lo que puede obtener un puerto USB estándar, por lo que es OBLIGATORIO tener una batería LiPo de 1500 mAh o más conectada todo el tiempo, la corriente proporcionada por el puerto USB se complementará con la batería.

#### 2.1.4) React Native

##### 2.1.4.1) ¿Qué es React Native Framework?

Un marco de desarrollo móvil es uno de los componentes más importantes para crear aplicaciones móviles de alto rendimiento y con muchas funciones. Seleccionar el marco adecuado tiene un impacto directo en la calidad del desarrollo y la experiencia del usuario.

React Native se encuentra entre los principales marcos de desarrollo móvil utilizados por desarrolladores en todo el mundo en la actualidad. Ofrece una funcionalidad robusta y una cantidad significativa de funciones potentes para aplicaciones de iOS y Android.

#### *2.1.4.2) ¿Qué es un marco de trabajo?*

Un marco de trabajo es una infraestructura sobre la que los desarrolladores pueden crear aplicaciones de manera más rápida y estandarizada. Los marcos ahora se utilizan para el desarrollo de aplicaciones en todas las plataformas web, móviles e IoT.

#### *2.1.4.3) ¿Por qué utilizar un marco de trabajo?*

El propósito principal de usar un marco de trabajo es automatizar los costos relacionados con el desarrollo de software. La utilización de un marco puede resultar muy ventajosa para los usuarios, ya que garantiza un desarrollo acelerado. Algunos otros beneficios del uso de marcos incluyen escalabilidad, un alto nivel de seguridad y solidez. Un marco también permite una integración sin problemas. La mayoría de los marcos son de código abierto y, por lo tanto, muy convenientes para los desarrolladores.

#### *2.1.4.4) ¿Qué es React Native?*

React Native hace referencia a un marco basado en JavaScript que se utiliza para crear aplicaciones móviles nativas de la plataforma iOS y Android. Está basado en React, la biblioteca JavaScript de Facebook, para crear interfaces de usuario para las plataformas móviles. Los desarrolladores web pueden usar JavaScript de React Native para escribir aplicaciones de Android y iOS que actúen y parezcan similares a las aplicaciones nativas. El código escrito con React Native también se puede compartir entre plataformas, lo que permite un desarrollo simultáneo de iOS y Android de manera eficiente.

Las aplicaciones en React Native se crean combinando JavaScript con marcado de tipo XML, es decir, JSX. El puente de React Native es responsable de realizar la representación nativa de API en Java (para Android) y Swift (para iOS). Las aplicaciones se procesan con componentes de interfaz de usuario móviles en lugar de vistas web y funcionan de manera similar a otras aplicaciones móviles. React Native puede mostrar interfaces JavaScript para API

---

de plataforma. Como resultado, las aplicaciones React Native pueden acceder a funciones de la plataforma móvil, como la ubicación del usuario y la cámara del teléfono.

React Native ofrece soporte para plataformas móviles Android y iOS y puede expandir el soporte a otras plataformas en el futuro. La mayor parte del código escrito dentro de este marco es multiplataforma, lo que ayuda a los desarrolladores a ahorrar tiempo y reducir el esfuerzo de programación. Algunas de las aplicaciones orientadas al usuario de Facebook y Coinbase ahora se producen con React Native.

#### 2.1.4.5) Historia

Mark Zuckerberg, de Facebook, comentó en 2012 que confiar en HTML para las versiones móviles en lugar de las nativas no era una decisión ideal para la empresa. Los problemas de inestabilidad estaban presentes con la versión móvil de Facebook basada en HTML5, la cual también era lenta en las tareas de recuperación de datos, por lo que la empresa se centró en encontrar una alternativa adecuada para ofrecer mejores experiencias de usuario en plataformas móviles.

Jordan Walke de Facebook ideó un método innovador para crear elementos de la interfaz de usuario de iOS utilizando un hilo de JavaScript de fondo. Facebook llevó a cabo un Hackathon interno para desarrollar el prototipo para mejorar el prototipo y desarrollar aplicaciones nativas con la tecnología.

Facebook lanzó la primera configuración de React JavaScript en 2015 después de muchos meses de desarrollo. Christopher Chedeau luego reveló que Facebook había comenzado a usar el marco React Native para sus aplicaciones Ads Manager App y Group App.

#### Aplicaciones famosas con React Native

- Facebook
- Coinbase
- Bloomberg
- Instagram
- Airbnb
- Walmart

- SoundCloud
- Wix
- Uber Eats
- Skype

#### 2.1.4.6) Ventajas

Estos son los beneficios de usar React Native:

**Es gratuito, de código abierto y tiene una gran comunidad que lo respalda:** React Native es un proyecto respaldado por una gran comunidad de desarrolladores, y la plataforma anima a los desarrolladores a contribuir a mejorar el marco de trabajo. Muchos desarrolladores que buscan aprender y usar React Native pueden hacer un uso completo de la tecnología impulsada por la comunidad.

Un desarrollador puede usar la ayuda de los miembros de la comunidad de React Native siempre que se enfrente a un problema durante un proceso de desarrollo. Como resultado, muchos desarrolladores hoy en día prefieren este marco de trabajo. El amplio apoyo de la comunidad también es útil para los desarrolladores, ya que pueden compartir sus aportes y experiencias para mejorar las perspectivas de programación para otros.

La comunidad de React Native de GitHub cuenta con más de 90.000 estrellas y es una plataforma que permite a los desarrolladores interactuar y compartir sus experiencias de desarrollo con este marco. También promueve el aprendizaje sobre nuevas características e innovaciones del marco de desarrollo. Los desarrolladores también pueden mejorar sus habilidades al recibir revisiones y comentarios calificados sobre diferentes aspectos del desarrollo con React Native.

Dado que la plataforma de desarrollo React Native es estable de Facebook, no hay escasez de soporte para sus esfuerzos de desarrollo. Actualmente, Facebook cuenta con una plataforma para ayudar a los desarrolladores a compartir información sobre las mejores prácticas o problemas existentes e interactuar libremente con otros.

**Cercano al rendimiento nativo, o incluso mejor:** Se sabe que React Native proporciona altos niveles de rendimiento mediante el uso de módulos y control nativo. React Native está

---

conectado a componentes nativos para ambos sistemas operativos y es conveniente para generar código API nativo. El rendimiento de las aplicaciones React Native es óptimo, ya que utiliza diferentes subprocesos para API y UI nativas. Los usuarios tienen la opción de utilizar Webview, pero eso puede reducir el rendimiento.

Según el artículo de John A, React Native ofrece niveles de rendimiento similares (a veces React Native incluso funciona mejor) en comparación con un desarrollo nativo de iOS.

### **Ahorra tiempo, dinero y reutiliza el código:**

Un código... dos plataformas...

La reutilización del código es uno de los beneficios críticos que los desarrolladores pueden esperar obtener de React Native. El desarrollo se vuelve mucho más conveniente ya que no tienen que desarrollar diferentes aplicaciones para cada plataforma de aplicaciones móviles.

Con React Native, los desarrolladores pueden usar principalmente un marco nativo para reutilizar código en sistemas operativos móviles. Los desarrolladores pueden ahorrar costos y tiempo considerables gracias a esta función. Los desarrolladores también pueden reutilizar el código de la aplicación web para la creación de aplicaciones móviles, dado que están programadas en React.

React Native también mejora el desarrollo al brindar a los profesionales algunos componentes predesarrollados presentes en su biblioteca de código abierto, lo cual se traduce en usuarios que tienen acceso a código preescrito que se puede utilizar en función de los requisitos de una aplicación. No se requieren recursos ni costos adicionales para que los desarrolladores utilicen este código.

Se trata de ahorrar dinero y tener un tiempo de comercialización más rápido...

La reutilización del código también hace que React Native sea una opción más rentable para los desarrolladores que crean aplicaciones para diferentes plataformas. No se requiere que los desarrolladores utilicen piezas separadas para programar para las plataformas iOS y Android. Escriben código una vez y reutilizan la mayor parte de ese código para la otra plataforma. Como resultado, los fabricantes de aplicaciones ahorran tiempo, costos y esfuerzos.

---

React Native puede reducir los costos del proyecto y hacer que los equipos de desarrollo sean más pequeños. Tampoco es necesario contratar varios desarrolladores si confía en este marco de trabajo.

**Live y hot reloading:** Live y Hot Reloading son dos de las características más populares del marco de desarrollo React Native. ¡Lo primero es lo primero! Live y Hot Reloading no son lo mismo. Las diferencias se detallan aquí.

El live reloading (recarga en vivo) recarga o actualiza toda la aplicación cuando un archivo cambia. Por ejemplo, si avanzó cuatro enlaces en su navegación y guarda un cambio, el live reloading reiniciaría la aplicación y la cargaría de nuevo a la ruta inicial.

El hot reloading (recarga activa) solo actualiza los archivos que se modificaron sin perder el estado de la aplicación. Por ejemplo, si avanzó cuatro enlaces en su navegación y guarda un cambio en algunos estilos, el estado no cambiaría, pero los nuevos estilos aparecerían en la página sin tener que navegar de regreso a la página en la que se encuentra porque aún estaría en la misma página.

El intermediario de Reemplazo de Módulo Activo coloca los archivos actualizados en un espacio designado incluso si una aplicación se está ejecutando. La principal ventaja del Hot Reloading es que permite la modificación del código fuente, lo que ayuda a los desarrolladores a evitar la recompilación de aplicaciones para ver el código.

Hot Reloading permite a los usuarios ver instantáneamente los resultados después de la implementación de cambios de código cuando las pantallas de aplicaciones y códigos están abiertas simultáneamente. El Hot Reloading también es una función que ayuda a reducir el tiempo necesario para realizar y visualizar cambios.

#### *2.1.4.7) Desventajas*

**Problemas de compatibilidad y depuración:** Lo crea o no, ¡React Native todavía está en beta! Los desarrolladores pueden enfrentarse a varios problemas de compatibilidad de paquetes o problemas con las herramientas de depuración. Tienen que familiarizarse con React Native para usarlo de una mejor manera. Hacerlo puede aumentar el tiempo y el esfuerzo

---

necesarios para desarrollar aplicaciones, principalmente debido a la resolución de problemas requerida.

**Seguridad:** React Native es un marco de código abierto y una biblioteca de JavaScript que no está libre de problemas de seguridad. JavaScript no es conocido por proporcionar el más alto nivel de seguridad para las aplicaciones. Como resultado, los usuarios deben tener cuidado al diseñar aplicaciones para categorías como finanzas o banca. El código malicioso puede resultar en una amenaza para la seguridad de una aplicación. Tiene sentido evitar la creación de aplicaciones financieras con el marco React Native.

**Escasez de módulos personalizados:** React Native es un marco de desarrollo refinado y rico en funciones, pero carece de ciertos componentes. Algunas características aún se encuentran en sus etapas subdesarrolladas iniciales. No brinda muchos módulos personalizados necesarios para el desarrollo, junto con su documentación. Los desarrolladores pueden necesitar escribir su propio código personalizado para que sea similar al de una aplicación nativa.

**Aún se requieren desarrolladores nativos:** Aunque la mayor parte del trabajo se realiza a través del conocimiento de JavaScript, es posible que aún se requieran iOS y Android. La implementación de funciones y módulos nativos requiere que los desarrolladores tengan un conocimiento integral de una plataforma. Los desarrolladores de React Native solían enfrentar algunos problemas debido a la ausencia de soporte de características listas para usar.

Las bibliotecas de código abierto ofrecen varias funciones que facilitan el acceso instantáneo a las funciones nativas, pero la implementación de funciones avanzadas puede requerir desarrolladores de Android y iOS.

El requisito de un desarrollador nativo depende de la complejidad del proyecto de desarrollo. Los equipos de desarrollo pequeños pueden enfrentar algunos problemas con el uso de React Native si carecen de experiencia móvil nativa.

**Gestión de la memoria:** React Native no es una opción ideal para usar dentro de aplicaciones de entornos de datos con gran necesidad de recursos informáticos, ya que está basado en JavaScript. El marco puede dañar tanto la velocidad como el rendimiento de las aplicaciones, y también es ineficiente para manejar cálculos flotantes. Como resultado, la gestión de la memoria puede convertirse en un desafío.

**La interfaz de usuario es complicada:** Muchos desarrolladores consideran que React Native no es la opción correcta para aplicaciones que requieren gestos complicados, transiciones de animación y múltiples interacciones. React Native posee un sistema de respuesta por gestos, pero los desarrolladores aún enfrentan problemas con las pantallas que presentan gestos complicados. El problema surge porque los subsistemas que controlan el tacto para Android y iOS son diferentes, y una API unificada puede no ser ideal.

**Mayor tiempo de inicialización:** La inicialización del tiempo de ejecución puede demorar más durante la primera vez con React Native. Es un problema que existe incluso con dispositivos de alto rendimiento, ya que los subprocesos de JavaScript requieren más tiempo de inicialización.<sup>5</sup>

#### 2.1.5) Firebase

Antes de iniciar con el concepto de Firebase, comentaremos un poco de sus inicios ya que es importante que conozcamos su “nacimiento”. Esta herramienta fue fundada en el año 2011 por Firebase, Inc., como un SDK de chat para móviles que llevaba por nombre “Envolv”, el cual no tuvo el éxito esperado. Por este motivo, posteriormente se convertiría en otro producto llamado “Firebase Realtime Database”, que durante dos años consecutivos (2012 – 2013) logró recaudar grandes cifras de dólares.

Debido a su éxito en el año 2014 salió al mercado “Firebase Hosting” y “Firebase Authentication”, ese mismo año la compañía fue comprada por Google, que entendiendo la necesidad y/o demanda de los desarrolladores de aplicaciones móviles maduraron la idea, aunque no fue hasta el año 2016 que lograron convertir a Firebase en una plataforma unificada y con una serie de productos para cubrir el objetivo principal de apoyar y facilitar sus labores a los desarrolladores. En ese lanzamiento Firebase incluyó:

- Google Cloud Platform
- Admob
- Google Ads

---

<sup>5</sup> <https://blog.back4app.com/es/que-es-react-native/#:~:text=Un%20marco%20de%20desarrollo%20m%C3%B3vil,y%20la%20experiencia%20del%20usuario.>

---

Y Firebase Cloud Messaging pasó a reemplazar a Google Cloud Messaging, permitiendo enviar notificaciones push a iOS, Android y Web.

En el año 2017 se incluyeron en la suite Firebase a Crashlytics y Fabric dos empresas de Twitter que Google compró en este momento. En ese mismo orden de ideas, para el último trimestre del 2017 llega Cloud Firestore quien sustituyó a Firebase Realtime Database como un novedoso producto en tiempo real de base de datos.

Firebase básicamente es una plataforma móvil diseñada y creada por Google, teniendo como principal función desarrollar y facilitar la creación de aplicaciones para dispositivos móviles que cuenten con una alta calidad a pesar de su rápida elaboración; esto con la finalidad de que se pueda incrementar la base de datos de usuarios y de esta manera incrementar la monetización de dicha app (ganar más dinero).

Esta plataforma se encuentra alojada en la nube y, por ende, está disponible para diferentes plataformas como Android, iOS, y web. Así mismo, cuenta con diversas funciones para que cualquier desarrollador pueda combinar y adaptar la plataforma a medida de sus necesidades.

Como lo hemos mencionado anteriormente, la función principal de Firebase es hacer que el ciclo de desarrollo, tanto de aplicaciones móviles como de web, se lleve a cabo de manera armónica y sencilla, lo que conlleva a que, tanto el trabajo como el tiempo empleado sean rápidos, sin dejar de lado la calidad que debe caracterizar a todo proyecto.

Es importante mencionar que Firebase es ideal para que los desarrolladores no requieran dedicar tanto tiempo a la construcción del backend (tanto en desarrollo, como en mantenimiento).

Así mismo, gracias a que su gran variedad de herramienta y su simple uso, teniendo en consideración que su agrupación simplifica las tareas de gestión bajo una misma plataforma podemos dividir en cuatro (04) grupos las finalidades principales de Firebase destacando las siguientes:

- Análisis
- Desarrollo

- Crecimiento
- Monetización

#### 2.1.5.1) Características

A continuación, detallaremos brevemente algunas de las características de Firebase:

- Es multiplataforma: Soportada por Android, iOS y web.
- Monetización: A través de Firebase podemos ganar dinero esto a través de AdMob con anuncios y publicidad.
- Gran poder de crecimiento: Gracias a la fácil gestión de los usuarios de las aplicaciones es posible obtener un alto crecimiento según los objetivos planteados. Esta herramienta cuenta con el valor añadido de que podemos llegar a nuevos usuarios con el envío de notificaciones e invitaciones.
- Es Ágil: Ofrece el desarrollo y gestión de apps multiplataforma gracias a sus APIs integradas a SDK tanto para JavaScript como para iOS y Android, permitiendo gestionar diferentes aplicaciones sin la necesidad de salir de la plataforma.

#### 2.1.5.2) Ventajas

De forma global se puede tomar como una gran ventaja a la Cloud Storage, la cual permite contar con una base de datos para que el usuario pueda contar con un espacio de almacenamiento y compartir imágenes y ficheros; sin recurrir a bases de datos propias. Así mismo, utiliza Cloud Functions, permitiendo ahorrar infraestructura de backend.

En líneas generales, sus funcionalidades se complementan entre sí a pesar de ser variadas. Firebase facilita los eventos en cuanto al envío de notificaciones que gracias a su simpleza son de fácil uso y permiten centrar la atención de los usuarios. Cuenta con SSL (Secure Sockets Layer).

Por otra parte, cuenta con un panel central muy intuitivo, simple y de fácil acceso. En este panel se puede contar con múltiples opciones, de las cuales se destaca el punto de englobar la analítica que permitirá tomar decisiones más acertadas en cada una de las fases del proyecto.

---

Otra de sus grandes ventajas es que permite a los desarrolladores centrar su atención y esfuerzo en aspectos en específico (como, por ejemplo: llevar a cabo el desarrollo del frontend y dejar al backend en segundo plano), gracias a todas las herramientas que fomentarán el crecimiento y serán parte del éxito de nuestro proyecto.

En este mismo orden de ideas podemos destacar que cuenta con una amplia comunidad y documentación de calidad en la web.<sup>6</sup>

### 2.1.5.3) Realtime Database

Almacena y sincroniza datos en base de datos NoSQL alojada en la nube. Los datos se sincronizan con todos los clientes en tiempo real y se mantienen disponibles cuando la app no tiene conexión.

Firebase Realtime Database es una base de datos alojada en la nube. Los datos se almacenan en formato JSON y se sincronizan en tiempo real con cada cliente conectado. Cuando se compilan las apps multiplataforma con los SDK elegidos para el proyecto en iOS, Android y JavaScript, todos los clientes comparten una instancia de Realtime Database y reciben actualizaciones automáticamente con los datos más recientes.

#### 2.1.5.3.1) Funciones claves

**Tiempo real:** En lugar de solicitudes HTTP típicas, Firebase Realtime Database usa la sincronización de datos (cada vez que cambian los datos, los dispositivos conectados reciben esa actualización en milisegundos). Proporciona experiencias colaborativas y envolventes sin pensar en el código de red.

**Sin conexión:** Las apps de Firebase continúan respondiendo, incluso sin conexión, dado que el SDK de Firebase Realtime Database hace que tus datos persistan en el disco. Cuando se restablece la conexión, el dispositivo cliente recibe los cambios que faltaban y los sincroniza con el estado actual del servidor.

---

<sup>6</sup> <https://openwebinars.net/blog/que-es-firebase-de-google/>

**Acceso desde dispositivos cliente:** Se puede acceder a Firebase Realtime Database directamente desde un dispositivo móvil o un navegador web; no se necesita un servidor de aplicaciones. La seguridad y la validación de datos están disponibles a través de las reglas de seguridad de Firebase Realtime Database: reglas basadas en expresiones que se ejecutan cuando se leen o se escriben datos.

**Escalamiento de varias bases de datos:** Con Firebase Realtime Database y el plan de precios Blaze, puedes satisfacer las necesidades de datos de la app a gran escala: podrás dividir la información en diversas instancias de bases de datos dentro del mismo proyecto de Firebase. Usa Firebase Authentication para optimizar el proceso de autenticación en el proyecto. Podrás autenticar a usuarios en varias instancias de la base de datos. Controla el acceso a la información de cada base de datos. Para ello, usa las reglas personalizadas de Firebase Realtime Database en cada una de las instancias de la base de datos.<sup>7</sup>

#### 2.1.6) Sistemas operativos

##### 2.1.6.1) Android

Se trata de un sistema operativo diseñado por Google para teléfonos móviles o smartphones basados en el S.O Linux. Su corazón está gobernado por un Kernel basado totalmente en Linux, que es el responsable de acoplar y lograr que todos los componentes de la terminal funcionen correctamente en el sistema operativo. En definitiva, el Kernel es una de las cosas más importantes de Android, ya que sin él sería imposible encontrar componentes básicos del dispositivo, tales como el tipo de procesador y sus parámetros de uso, la conexión Wifi y sus protocolos de actuación o incluso la cámara de fotos. Android está basado en Open Source, lo cual significa que el código del sistema y el software en general que lo compone está disponible para ser modificado o consultado de manera libre por quien lo desee. La ventaja inmediata es que un programador puede adaptar Android para que funcione en cualquier equipo o dispositivo informático. Este es un punto importante a tener en cuenta a la hora de entender porque Android ha extendido su uso en los últimos años.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> <https://firebase.google.com/products/realtime-database?hl=es-419>

<sup>8</sup> <https://culturacion.com/android-principales-caracteristicas-del-sistema-operativo-de-google/>

---

Características:

- Los móviles Android son relativamente baratos. Debido a que es un Sistema Operativo de libre uso, es posible encontrarlo en dispositivos de todo tipo y precio.
- Personalización: puede personalizarse ampliamente, es decir cada fabricante puede adaptarlo como mejor le parezca y los programadores tienen bastante libertad a la hora de personalizarlo ya que es Open Source.
- Es transportable. Existen dispositivos Android de todo tipo, desde smartphones y tablets hasta reproductores multimedia. Un gran número de fabricantes lanzan diferentes productos basados en Android, lo que permite que la oferta sea realmente amplia y sea fácil encontrar lo que necesitas.<sup>9</sup>

2.1.6.2) IOS

Es un sistema operativo de Apple orientado a dispositivos móviles táctiles como el iPhone, el iPod touch y el iPad. iOS es una variante del Mac OS X, que es el sistema operativo de computadoras marca Apple, que también está basado en Linux.

- Es un sistema confiable, sobre todo por su código de seguridad y otros elementos que lo hacen menos vulnerables a las amenazas relacionadas con delitos informáticos y virus.
- Cuenta con aplicaciones probadas y de alta calidad, esto hace q las mismas lleguen al usuario con un desarrollo más aceitado y prácticamente sin errores.
- Incorpora un asistente personal SIRI, que ayuda al usuario a resolver problemas cotidianos.
- Mayor duración de batería.
- Interfaz sencilla y sumamente intuitiva, con una economía de recursos que desemboca en una mayor funcionalidad y una mejor experiencia para el usuario.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> <https://webgenio.com/blog/que-es-android-y-que-es-un-telefono-movil-android/>

<sup>10</sup> <https://culturacion.com/ios-el-sistema-operativo-movil-de-apple/>

## 2.2) Antecedentes

**Alzheimer APP TyN:** esta aplicación fue desarrollada por una pequeña asociación sin fines de lucro, para ayudar a las personas que padecen la enfermedad y a sus familiares a través de la tecnología. Cuenta con funcionalidades para el enfermo y el cuidador.<sup>11</sup>

Para el enfermo:

- Juegos de memoria.
- Recordatorios de medicamentos, visitas a médicos, etc.
- Botón de emergencia para contactar con sus familiares o cuidadores.
- Para el cuidador o familiar:
- Recibir un e-mail si su familiar o paciente ha salido de un radio de 400 metros.
- Conocer la ubicación del familiar o paciente.
- Información de utilidad.
- Enlaces de interés.

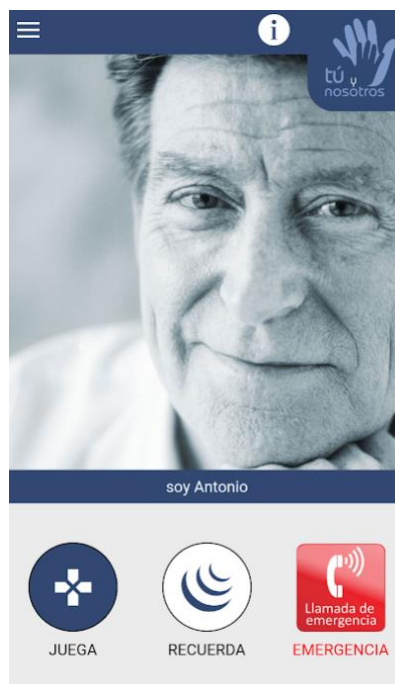


Figura 6 TyN - Página Inicial

<sup>11</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tuynosotros.alzheimertyn>

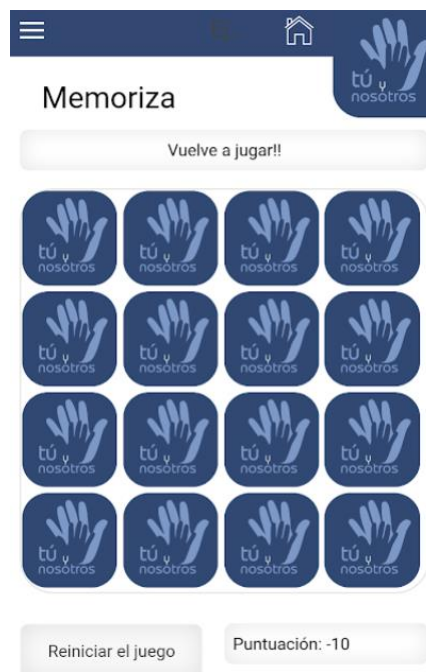


Figura 7 TyN - Juegos



Figura 8 TyN - Datos de Usuario

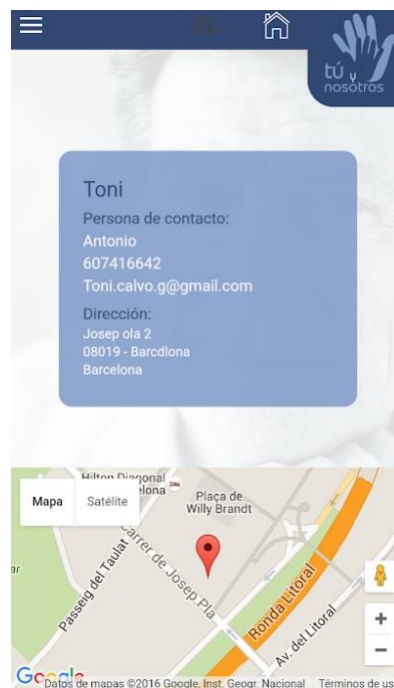


Figura 9 TyN - Datos de Contacto

**NoMeOlvides:** permite al paciente ser totalmente independiente y realizar los ejercicios por sí mismo o con ayuda de algùn familiar. Cuenta con ejercicios de lenguaje, operaciones matemáticas simples, adivinanzas y refranes, dibujar, identificar imágenes, escribir un diario y hacer un árbol genealógico. Todas estas actividades se diseñaron siguiendo pautas medicas encontradas en libros de refuerzo mental, Alzheimer, demencia senil u otro problema de memoria.

Existe un guía animado que acompaña al paciente en todas las operaciones que haga con la aplicaci3n. Además, incluye un servicio de seguimiento transparente al usuario, con envíos periódicos de informaci3n mediante correo electrónico a la direcci3n de e-mail que se elija. De esta manera se puede comprobar que ejercicios son lo que más realiza el paciente, tasa de fallos y aciertos, y el tiempo dedicado a cada actividad.



Figura 10 NoMeOlvides - Página principal



Figura 11 NoMeOlvides - Menú

## 2.3) Metodología

La metodología a implementar para el desarrollo del proyecto es el Desarrollo iterativo e incremental, utilizando el método de prototipado para cada iteración.

### 2.3.1) Desarrollo iterativo e incremental

En un desarrollo iterativo e incremental el proyecto se planifica en diversos bloques temporales llamados iteraciones.

Las iteraciones se pueden entender como miniproyectos: en todas las iteraciones se repite un proceso de trabajo similar (de ahí el nombre “iterativo”) para proporcionar un resultado completo sobre producto final, de manera que el cliente pueda obtener los beneficios del proyecto de forma incremental. Para ello, cada requisito se debe completar en una única iteración: el equipo debe realizar todas las tareas necesarias para completarlo (incluyendo pruebas y documentación) y que esté preparado para ser entregado al cliente con el mínimo esfuerzo necesario. De esta manera no se deja para el final del proyecto ninguna actividad arriesgada relacionada con la entrega de requisitos.

En cada iteración el equipo evoluciona el producto (hace una entrega incremental) a partir de los resultados completados en las iteraciones anteriores, añadiendo nuevos objetivos/requisitos o mejorando los que ya fueron completados. Un aspecto fundamental para guiar el desarrollo iterativo e incremental es la priorización de los objetivos/requisitos en función del valor que aportan al cliente.

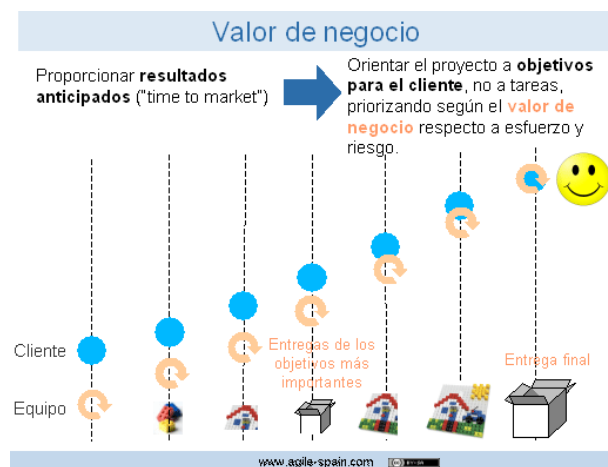


Figura 12 Valor de negocio

---

### 2.3.1.1) Beneficios

Se puede gestionar las expectativas del cliente (requisitos desarrollados, velocidad de desarrollo, calidad) de manera regular, puede tomar decisiones en cada iteración. Esto es especialmente interesante cuando:

El cliente no sabe exactamente qué es lo que necesita, lo va sabiendo conforme va viendo cuales son los resultados del proyecto.

El cliente necesita hacer cambios a corto plazo (nuevos requisitos o a cambios en los ya realizados) por:

Cambios en las condiciones del mercado (por un cambio de necesidades, por un nuevo producto que ha lanzado la competencia, urgencias).

La reacción y aceptación del mercado respecto al uso de los primeros resultados del proyecto.

Cualquier cambio en el entorno (recursos, etc.), que pueda incluso finalizar el proyecto manteniendo como mínimo los resultados alcanzados hasta ese momento.

El equipo necesita saber si lo que ha entendido es lo que el cliente espera.

El cliente puede comenzar el proyecto con requisitos de alto nivel, quizás no del todo completos, de manera que se vayan refinando en sucesivas iteraciones. Sólo es necesario conocer con más detalle los requisitos de las primeras iteraciones, los que más valor aportan. No es necesario realizar una recolección completa y detallada de todos los requisitos antes de empezar el desarrollo del proyecto.

El cliente puede obtener resultados importantes y usables ya desde las primeras iteraciones.

Se puede gestionar de manera natural los cambios que van apareciendo durante el proyecto. La finalización de cada iteración es el lugar natural donde el cliente puede proporcionar su feedback tras examinar el resultado obtenido (ver control empírico y demostración). Con esta información ya es posible planificar los cambios necesarios para

---

alinearse con las expectativas del cliente desde las primeras iteraciones, de manera que al finalizar el proyecto el cliente obtenga los objetivos esperados.

El cliente como máximo puede perder los recursos dedicados a una iteración, no los de todo el proyecto.

La finalización de cada iteración es el lugar natural donde el equipo puede decidir cómo mejorar su proceso de trabajo, en función de la experiencia obtenida. Con esta información ya es posible planificar los cambios necesarios para aumentar la productividad y calidad desde las primeras iteraciones.

Permite conocer el progreso real del proyecto desde las primeras iteraciones y extrapolar si su finalización es viable en la fecha prevista. El cliente puede decidir repriorizar los requisitos del proyecto, añadir nuevos equipos, cancelarlo, etc.

Permite mitigar desde el inicio los riesgos del proyecto. Desde la primera iteración el equipo tiene que gestionar los problemas que pueden aparecer en una entrega del proyecto. Al hacer patentes estos riesgos, es posible iniciar su mitigación de manera anticipada.

Permite gestionar la complejidad del proyecto.

En una iteración sólo se trabaja en los requisitos que aportan más valor en ese momento.

Se puede dividir la complejidad para que cada parte sea resuelta en diferentes iteraciones.

Dado que cada iteración debe dar como resultado requisitos terminados, se minimiza el número de errores que se producen en el desarrollo y se aumenta la calidad.

### *2.3.1.2) Restricciones*

La disponibilidad del cliente debe ser alta durante todo el proyecto dado que participa de manera continua:

En el inicio de una iteración, el cliente ha de detallar (o haber detallado previamente) los requisitos que se van a desarrollar.

En la finalización de cada iteración, el cliente ha de revisar los requisitos desarrollados.

La relación con el cliente ha de estar basada en los principios de colaboración y ganar/ganar más que tratarse de una relación contractual en la cual cada parte únicamente defiende su beneficio a corto plazo.

Cada iteración debe dar como resultado requisitos terminados, de manera que el resultado sea realmente útil para el cliente y no deje tareas pendientes para futuras iteraciones o para la finalización del proyecto.

Cada iteración ha de aportar un valor al cliente, entregar unos resultados cerrados que sean susceptibles de ser utilizados por él.

Es necesario disponer de técnicas y herramientas que permitan hacer cambios fácilmente en el producto, de manera que pueda crecer en cada iteración de manera incremental sin hacer un gran esfuerzo adicional, manteniendo su complejidad minimizada y su calidad.<sup>12</sup>

### 2.3.2) Prototipo

Un prototipo es una versión inicial de un sistema de software que se usa para demostrar conceptos, tratar opciones de diseño y encontrar más sobre el problema y sus posibles soluciones. El rápido desarrollo iterativo del prototipo es esencial, de modo que se controlen los costos, y los interesados en el sistema experimenten por anticipado con el prototipo durante el proceso de software.

Un prototipo de software se usa en un proceso de desarrollo de software para contribuir a anticipar los cambios que se requieran:

1. En el proceso de ingeniería de requerimientos, un prototipo ayuda con la selección y validación de requerimientos del sistema.
2. En el proceso de diseño de sistemas, un prototipo sirve para buscar soluciones específicas de software y apoyar el diseño de interfaces del usuario.

Los prototipos del sistema permiten a los usuarios ver qué tan bien el sistema apoya su trabajo. Pueden obtener nuevas ideas para requerimientos y descubrir áreas de fortalezas y debilidades en el software. Entonces, proponen nuevos requerimientos del sistema. Más aún,

---

<sup>12</sup> <https://proyectosagiles.org/desarrollo-iterativo-incremental/>

conforme se desarrolla el prototipo, quizá se revelen errores y omisiones en los requerimientos propuestos. Una función descrita en una especificación puede parecer útil y bien definida. Sin embargo, cuando dicha función se combina con otras operaciones, los usuarios descubren frecuentemente que su visión inicial era incorrecta o estaba incompleta. Entonces, se modifica la especificación del sistema con la finalidad de reflejar su nueva comprensión de los requerimientos.

Mientras se elabora el sistema para la realización de experimentos de diseño, un prototipo del mismo sirve para comprobar la factibilidad de un diseño propuesto. La creación de prototipos es una parte importante del proceso de diseño de interfaz del usuario y es la única forma sensible para desarrollar interfaces de usuario gráficas para sistemas de software.

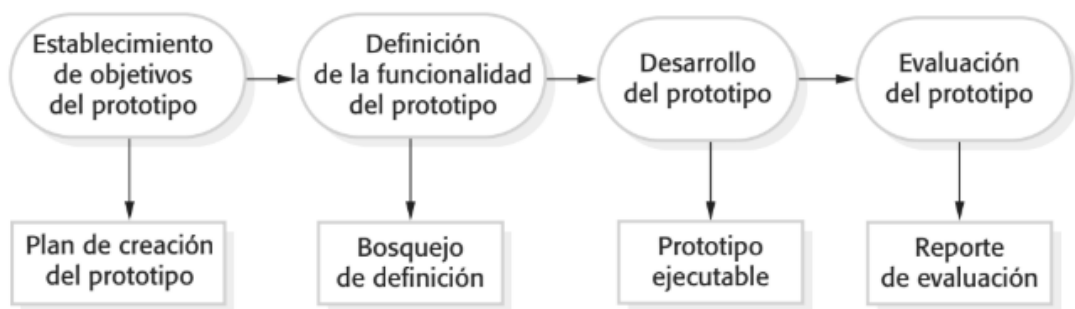


Figura 13 Proceso de desarrollo de prototipos

En la figura se muestra un modelo del proceso para desarrollo de prototipos. prototipos. Los objetivos de la creación de prototipos deben ser más explícitos desde el inicio del proceso. Esto tendría la finalidad de desarrollar un sistema para un prototipo de la interfaz del usuario, y diseñar un sistema que valide los requerimientos funcionales del sistema o desarrolle un sistema que demuestre a los administradores la factibilidad de la aplicación.

El mismo prototipo no puede cumplir con todos los objetivos, ya que, si éstos quedan sin especificar, los administradores o usuarios finales quizá malinterpreten la función del prototipo. En consecuencia, es posible que no obtengan los beneficios esperados del desarrollo del prototipo.

La siguiente etapa del proceso consiste en decidir qué poner y, algo quizá más importante, qué dejar fuera del sistema de prototipo. Para reducir los costos de creación de prototipos y


acelerar las fechas de entrega, es posible dejar cierta funcionalidad fuera del prototipo y, también, decidir hacer más flexible los requerimientos no funcionales, como el tiempo de respuesta y la utilización de memoria. El manejo y la gestión de errores pueden ignorarse, a menos que el objetivo del prototipo sea establecer una interfaz de usuario. Además, es posible reducir los estándares de fiabilidad y calidad del programa.



La etapa final del proceso tiene que ver con la evaluación del prototipo. Hay que tomar ciertas provisiones para la capacitación del usuario y usar los objetivos del prototipo para derivar un plan de evaluación. Los usuarios requieren cierto tiempo para sentirse cómodos con el nuevo sistema e integrarse a un patrón normal de uso. Una vez que logran utilizar el sistema de manera normal, descubren errores y omisiones en los requerimientos.

## 2.4) Alternativas tecnológicas

A continuación, se describen las alternativas tecnológicas para la creación del prototipo de pulsera, las mismas tienen el fin de obtener geoposicionamiento, conectarse con la red de datos y transmitir los mismos por GPRS:

### 2.4.1) Módulo GSM


IMAGEN MÓDULO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	SIM 900	<p>El SIM900 es un teléfono GSM / GPRS de cuatro bandas (850/900/1800/1900 MHz) integrado con un potente procesador AMR926EJ-S. Incorpora una pila TCP / IP y se controla mediante comandos AT. Su pequeño tamaño (24 x 24 x 3 mm), permiten el desarrollo de dispositivos muy compactos como localizadores, marcadores telefónicos GSM, control remoto, alarma a distancia, etc. El módulo es de montaje superficial (SMT), y no necesita enchufe.</p>

	<p>GSM/GPRS WAVECOM</p>	<p>Módulo ultradelgado GSM / GPRS 800/900/1800/1900 MHz, con 32 Mbits de memoria Flash y 16 Mbits de SRAM. Programable con Open AT de Wavecom, Easy GPRS, antena soldada en el módulo.</p>
	<p>SIM 800L</p>	<p>-Es un módulo GSM/GPRS para módulo celular cuatribanda Simcom SIM800L. Se controla a través de comandos AT (GSM 07.07, 07.05 y SIMCOM mejorado), y puede usarse con Arduino o cualquier microcontrolador.</p> <p>-Es un producto de niveles lógicos de 2.8V por lo tanto es necesario adaptar los niveles cuando se usa con placas de 3.3V y 5V.</p> <p>-Proporciona conectividad GSM/GPRS a nuestro proyecto de una forma muy sencilla.</p> <p>-La placa está basada en el módulo GSM SIM800L de la firma SIMCOM. -----Este módulo proporciona una completa solución GSM/GPRS cuatribanda 850/900/1800/1900MHz con cobertura mundial, apto para todo tipo de aplicaciones: Monitoreo y control remoto, robótica, vehículos autónomos, seguimiento de objetos o vehículos, etc.</p> <p>-El módulo se configura y controla a través de una conexión serial (UART) y empleando comandos AT.</p>
	<p>A6 GSM/GPRS</p>	<p>Esta es la versión profesional de la placa de desarrollo de núcleo GSM / GPRS de serie basada en el módulo GPRS A6. Es compatible con la red GSM /</p>

		<p>GPRS de doble banda, disponible para transmisión remota de datos de mensajes SMS y GPRS.</p> <p>Cabe destacar que GSM significa Sistema Global para Comunicaciones Móviles y es el estándar global para comunicaciones móviles y GPRS significa General Packet Radio Service. GPRS es un servicio móvil en las comunicaciones celulares 2G y 3G.</p> <p>La placa presenta un tamaño compacto y bajo consumo de corriente. Con la técnica de ahorro de energía, el consumo de corriente es tan bajo como 3 mA en modo de suspensión.</p>
--	--	--

Tabla 4 Alternativas módulos GSM

## 2.4.2) Módulo GPS

IMAGEN DEL MÓDULO	NOMBRE	DESCRIPCION
	<p>Shield GPS Royaltek Itead</p>	<p>El shield GPS Royaltek Itead es un dispositivo que te permitirá dotar a su arduino de la capacidad de recibir señales de GPS y de almacenar las coordenadas o cualquier otro dato recibidas en una tarjeta de memoria micro SD. El dispositivo está basado en un módulo EB-365 y es compatible con las tarjetas Arduino UNO y Mega. Los pines de comunicación del módulo GPS pueden seleccionarse para ser conectados a los pines digitales D0 a D7 (señales TX y RX).</p> <p>El shield GPS, además de proporcionar la ubicación geográfica con una precisión de unos cuantos metros, también proporciona información sobre la hora con gran precisión, por lo que podemos utilizar este</p>


		shield en aplicaciones donde se requiere una base de tiempo muy precisa.
	GPS NEO 7M	<p>Este módulo de GPS ya viene incluido con su antena cerámica para conectarse directamente a la PCB. No necesitas de ningún accesorio extra para hacer funcionar este componente si deseas solamente transmitir las señales a tu microcontrolador. El módulo se basa en receptor Ublox NEO-7M el cual tiene una alta precisión en los datos y viene con una batería de respaldo que permite conservar los datos recolectados si le deja de llegar alimentación por parte de la fuente de poder.</p> <p>Este módulo es una versión más nueva del módulo de GPS Ublox 6-M</p>

Tabla 5 Alternativas módulos GPS

### 2.4.3) Front End

**Flutter:** Flutter es un framework que lanzó Google en 2017 y permite crear aplicaciones para uso móvil, web y de escritorio. Se trata de un kit de desarrollo de software de código abierto que facilita el desarrollo fluido y sencillo de aplicaciones móviles multiplataforma.

De hecho, sirve para Android, iOS, Windows, Linux y MacOS. Este marco de trabajo está ganando peso específico al permitir el desarrollo de aplicaciones visualmente atractivas con gran sencillez. En tal sentido, según una encuesta de 2021 Flutter es el framework móvil multiplataforma más popular al ser utilizado por el 42% de los desarrolladores globales encuestados.

Cabe indicar que los marcos móviles multiplataforma se utilizan para generar una aplicación a la que se pueda acceder a través de una gran cantidad de dispositivos finales. De

tal manera facilitan la máxima exposición al público objetivo, ya que una sola aplicación puede orientarse a las plataformas iOS y Android, por caso.<sup>13</sup>

#### 2.4.4) Back End

**.NET Core:** Es la plataforma de desarrollo de Microsoft más moderna, de código fuente abierto, multiplataforma y de alto rendimiento para la creación de todo tipo de aplicaciones.

.NET Core es fundamentalmente modular en su diseño y arquitectura. Los componentes del compilador, el tiempo de ejecución y la biblioteca son entidades independientes que se comunican a través de interfaces adecuadamente diseñadas. Esto permite que se incorporen o quiten componentes según las necesidades concretas. Las propias bibliotecas son modulares y se distribuyen mediante NuGet, lo que permite usar solamente lo necesario para que se pueda optimizar la superficie de .NET Core en cualquier sistema determinado.<sup>14</sup>

**C#:** Es un lenguaje de programación multiparadigma y muy sofisticado que ha evolucionado en conjunto con la estrategia de .NET. Tiene nuevas características, como tipos por referencia nullables, rangos, índices, streams asíncronos... es la opción por defecto a la hora de crear aplicaciones en .NET Core y de la que más documentación vas a encontrar.<sup>15</sup>

**MySQL:** MySQL es el sistema de gestión de bases de datos relacional más extendido en la actualidad al estar basada en código abierto. Desarrollado originalmente por MySQL AB, fue adquirida por Sun Microsystems en 2008 y esta su vez comprada por Oracle Corporation en 2010, la cual ya era dueña de un motor propio InnoDB para MySQL.

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos que cuenta con una doble licencia. Por una parte, es de código abierto, pero por otra, cuenta con una versión comercial gestionada por la compañía Oracle.

Las versiones Enterprise, diseñadas para aquellas empresas que quieran incorporarlo en productos privativos, incluyen productos o servicios adicionales tales como herramientas de monitorización y asistencia técnica oficial.<sup>16</sup>

---

<sup>13</sup> <https://baufest.com/tendencias-desarrollo-apps-flutter/>

<sup>14</sup> <https://www.programaenlinea.net/que-es-net-core-y-para-que-sirve/>

<sup>15</sup> <https://openwebinars.net/blog/que-es-net-core/>

<sup>16</sup> <https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>

### 3) Definición del problema

Las proyecciones para el número de casos de la enfermedad Alzheimer a nivel mundial son alarmantes. En el año 2008 la cifra de casos en el mundo era 30 millones, teniendo en cuenta estos números se ha calculado que para el 2030 serán 59 millones, mientras que para el 2050 serían alrededor de 104 millones de casos. Además, se estima que las regiones que llegarán a quintuplicar sus números de casos serán América del sur, América Central y África.

Esta enfermedad afecta no solo a la persona que lo padece sino también a la familia. Solo en las primeras etapas de la enfermedad muestra una preocupación por los síntomas funcionales y cognitivos, pero a medida que avanza la enfermedad va a ser ajeno a los síntomas, siendo en este caso el entorno familiar el que tendrá que variar sus actividades diarias para asistir al enfermo.

En el ámbito cognitivo, es decir en todo lo relacionado con lo neuropsicológico del paciente, la problemática se enfoca en un punto importante que se conoce como Orientación. Este aspecto tiene que ver con que la enfermedad altera de manera progresiva la orientación, es decir, el paciente se desorienta con respecto al tiempo y luego con respecto al lugar, y más adelante respecto a sí mismo. Llevado a la vida diaria tiene que ver con el peligro que corren todos los pacientes que salen de sus hogares con el propósito de realizar actividades cotidianas, desde ir a comprar al negocio de la esquina o recorrer distancias más largas, y terminan perdidos ya que no pueden recordar como volver o simplemente olvidan donde están. Toda esta situación impacta de manera negativa sobre la vida del entorno familiar causando preocupación, desesperación y temor sobre el paradero del familiar debido a los posibles accidentes que puede tener a causa de su propia enfermedad y otros tipos de enfermedades que pudiese tener.

### 3.1) Objetivo general

El proyecto tiene como objetivo brindar ayuda a las personas afectadas por la enfermedad neurológica Alzheimer y a su entorno familiar mediante una herramienta tecnológica que mejore la seguridad física del paciente y la tranquilidad emocional familiar favoreciendo la calidad de vida de ambos.

### 3.2) Objetivos específicos

- Proporcionar una herramienta tecnológica de monitoreo al entorno familiar que comprende:
  - ✓ Crear un prototipo del dispositivo de monitoreo (pulsera).
  - ✓ Desarrollar un aplicativo para dispositivos móviles para la conexión con el dispositivo.
- Disminuir el extravío de personas con Alzheimer, a través del uso de la aplicación y la pulsera con geoposicionamiento, aumentando la independencia del paciente en sus actividades.

## 4) Alcance del trabajo

- Investigar las tecnologías y estándares de comunicación.
- Construir el prototipo de pulsera.
- Desarrollar la aplicación móvil.
- Establecer conectividad entre aplicación móvil y prototipo de pulsera.
- Emitir notificaciones desde el dispositivo móvil.
- Localizar el paciente en tiempo real.
- Permitir configuración de zona segura.

### 4.1) Alcance Individual

- Uno de los miembros del equipo del proyecto estará a cargo de integrar la placa de geolocalización y comunicación HW-589 (Sim 808) a la placa base de programación ARDUINO (Uno), lo que componen el prototipo de geolocalización, el cual reportará la ubicación del mismo y enviará los datos a la base de datos noSql (Firebase). También se encargará de la construcción del prototipo utilizando materiales reciclados y adaptándolos para tal fin, y la programación en el lenguaje nativo de Arduino.
- El otro integrante será el encargado de la creación de la base de datos noSql que mejor se adecue al funcionamiento del prototipo, el diseño y desarrollo del Front-end de la aplicación móvil con la cual va a interactuar el usuario, la obtención de coordenadas en tiempo real desde la base de datos y el almacenamiento de datos en la misma.

A pesar de que las tareas fueron repartidas entre los miembros del equipo, siendo José María el encargado de la creación del prototipo integrando las placas y programando en Arduino y Cesar el encargado de la creación de la base de datos y programación de la aplicación móvil, el trabajo se realizó en conjunto, es decir, proponiendo soluciones y alternativas, discutiendo y eligiendo la mejor solución y validando los resultados obtenidos. También se realizaron las pruebas de integración entre el dispositivo y la aplicación móvil; esto abarca la obtención del geoposicionamiento, transmisión a la base de datos y obtención desde la aplicación móvil de los mismos en tiempo real con su eventual activación de alarma en los casos requeridos.

## 5) Solución propuesta

Como mencionamos anteriormente, el paciente que padece Alzheimer sufre de dificultades que surgen en el ámbito cognitivo con respecto a la orientación; está desorientado con respecto al tiempo, a continuación, con respecto al lugar en el que se encuentra y luego con respecto a si mismo.

Es por esto que, la solución propuesta a la problemática que surge por el deterioro cognitivo que padecen las personas con Alzheimer, se divide en dos etapas.

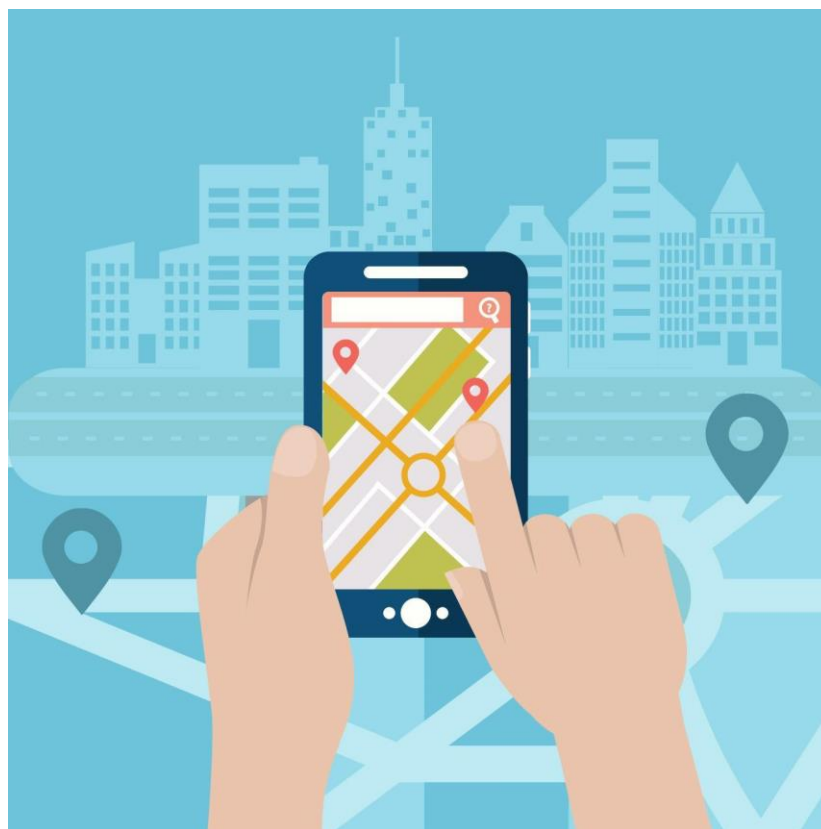


Figura 14 A modo ilustrativo geoposicionamiento por medio de una aplicación

En la primera etapa se realizó la investigación sobre la enfermedad Alzheimer, el impacto en la salud del que la padece y su entorno familiar, como así también los tratamientos farmacológicos y no farmacológicos que existen actualmente.

Por otro lado, se investigó sobre las tecnologías existentes en el mercado sobre obtención de geoposicionamiento, conexión con la red móvil de datos, transmisión de datos, frameworks

---

para el desarrollo de aplicaciones móviles y bases de datos; haciendo hincapié en sus costos de adquisición y aprendizaje. De acuerdo a la investigación y análisis de las mismas se eligieron las más adecuadas a lo que requería el proyecto de grado.

La segunda etapa abarcó dos tipos de desarrollo: hardware y software. Con respecto al hardware se construyó un prototipo de pulsera y se realizó la comunicación de las placas Arduino correspondientes. En lo que respecta con el software, se programó los procesos de obtención de datos de geoposicionamiento, conexión con la red de datos móviles, la transmisión y guardado de datos en tiempo real en Firebase. De forma simultánea se realizó el desarrollo de la aplicación móvil con React Native, la cual permite la obtención y visualización de datos desde Firebase.

Lo que resulta de ambas etapas es una aplicación móvil compatible con el sistema operativo Android, que permite al familiar responsable de la persona que padece la enfermedad realizar un seguimiento del mismo en todo momento, a través del geoposicionamiento que nos brinda el prototipo de pulsera colocado sobre el paciente. El aplicativo permite la visualización de un mapa en el cual se puede ver la ubicación en tiempo real, la definición de un rango de seguridad (zona cercana al domicilio) y la emisión de alertas en el caso que el paciente salga del rango, es decir cuando se ha alejado demasiado de su hogar o zona segura. Por último, facilita encontrar al paciente en el caso que se encuentre perdido y no sepa o recuerde como regresar a su hogar.

## 5.1) Pasos a realizar para la resolución del problema

- Definir esquema y arquitectura del sistema a desarrollar.
- Definir la estructura de base de datos y los campos correspondientes.
- Crear proyecto en Firebase.
- Implementar en Firebase la base de datos definida (Back-end).
- Diseñar el circuito electrónico de comunicación entre placas Arduino (uno) y HW-589 (Sim 808).
- Diseñar y construir el prototipo de pulsera con materiales reciclados.
- Integrar Arduino (uno) con HW-589 (Sim 808) mediante lenguaje nativo de Arduino.
- Comunicar HW-589 (Sim 808) con red móvil de datos.
- Comunicar HW-589 (Sim 808) con satélites de geoposicionamiento y obtener coordenadas geográficas.
- Transmitir e impactar datos obtenidos en base de datos (Firebase).
- Diseñar la interfaz de la aplicación móvil.
- Maquetar App.
- Desarrollar App (Front-end).
- Vincular Back-end (Firebase) con Front-end.

## 5.2) Planificación

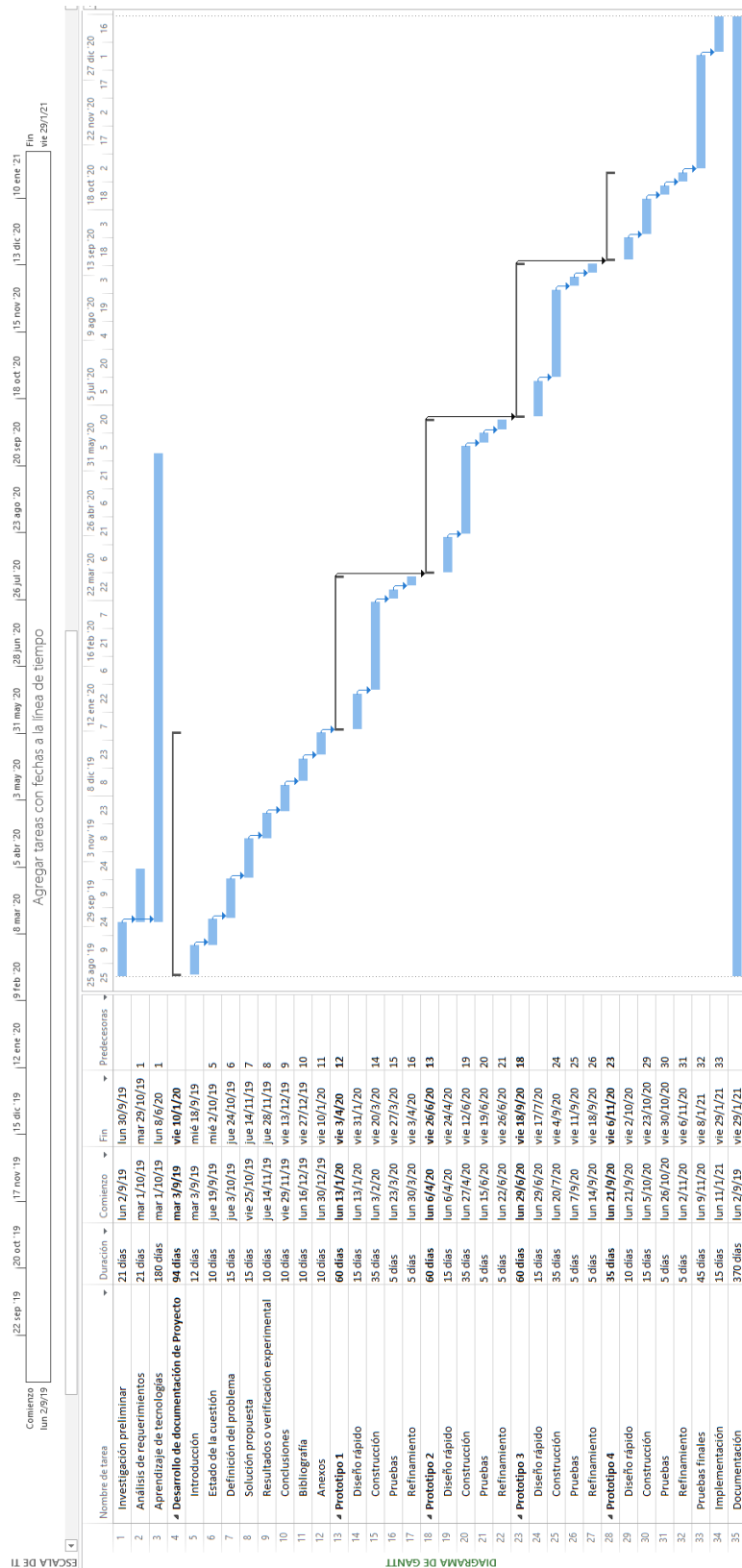


Figura 15 Diagrama de Gantt

DIAGRAMA DE GANTT

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	Investigación preliminar	21 días	lun 2/9/19	lun 30/9/19	
2	Análisis de requerimientos	21 días	mar 1/10/19	mar 29/10/19	1
3	Aprendizaje de tecnologías	180 días	mar 1/10/19	lun 8/6/20	1
4	<b>Desarrollo de documentación de Proyecto</b>	<b>94 días</b>	<b>mar 3/9/19</b>	<b>vie 10/1/20</b>	
5	Introducción	12 días	mar 3/9/19	mié 18/9/19	
6	Estado de la cuestión	10 días	jue 19/9/19	mié 2/10/19	5
7	Definición del problema	15 días	jue 3/10/19	jue 24/10/19	6
8	Solución propuesta	15 días	vie 25/10/19	jue 14/11/19	7
9	Resultados o verificación experimental	10 días	jue 14/11/19	jue 28/11/19	8
10	Conclusiones	10 días	vie 29/11/19	vie 13/12/19	9
11	Bibliografía	10 días	lun 16/12/19	vie 27/12/19	10
12	Anexos	10 días	lun 30/12/19	vie 10/1/20	11
13	<b>Prototipo 1</b>	<b>60 días</b>	<b>lun 13/1/20</b>	<b>vie 3/4/20</b>	<b>12</b>
14	Diseño rápido	15 días	lun 13/1/20	vie 31/1/20	
15	Construcción	35 días	lun 3/2/20	vie 20/3/20	14
16	Pruebas	5 días	lun 23/3/20	vie 27/3/20	15
17	Refinamiento	5 días	lun 30/3/20	vie 3/4/20	16
18	<b>Prototipo 2</b>	<b>60 días</b>	<b>lun 6/4/20</b>	<b>vie 26/6/20</b>	<b>13</b>
19	Diseño rápido	15 días	lun 6/4/20	vie 24/4/20	
20	Construcción	35 días	lun 27/4/20	vie 12/6/20	19
21	Pruebas	5 días	lun 15/6/20	vie 19/6/20	20
22	Refinamiento	5 días	lun 22/6/20	vie 26/6/20	21
23	<b>Prototipo 3</b>	<b>60 días</b>	<b>lun 29/6/20</b>	<b>vie 18/9/20</b>	<b>18</b>
24	Diseño rápido	15 días	lun 29/6/20	vie 17/7/20	
25	Construcción	35 días	lun 20/7/20	vie 4/9/20	24
26	Pruebas	5 días	lun 7/9/20	vie 11/9/20	25
27	Refinamiento	5 días	lun 14/9/20	vie 18/9/20	26
28	<b>Prototipo 4</b>	<b>35 días</b>	<b>lun 21/9/20</b>	<b>vie 6/11/20</b>	<b>23</b>
29	Diseño rápido	10 días	lun 21/9/20	vie 2/10/20	
30	Construcción	15 días	lun 5/10/20	vie 23/10/20	29
31	Pruebas	5 días	lun 26/10/20	vie 30/10/20	30
32	Refinamiento	5 días	lun 2/11/20	vie 6/11/20	31
33	Pruebas finales	45 días	lun 9/11/20	vie 8/1/21	32
34	Implementación	15 días	lun 11/1/21	vie 29/1/21	33
35	Documentación	370 días	lun 2/9/19	vie 29/1/21	

Tabla 6 Tareas proyectadas

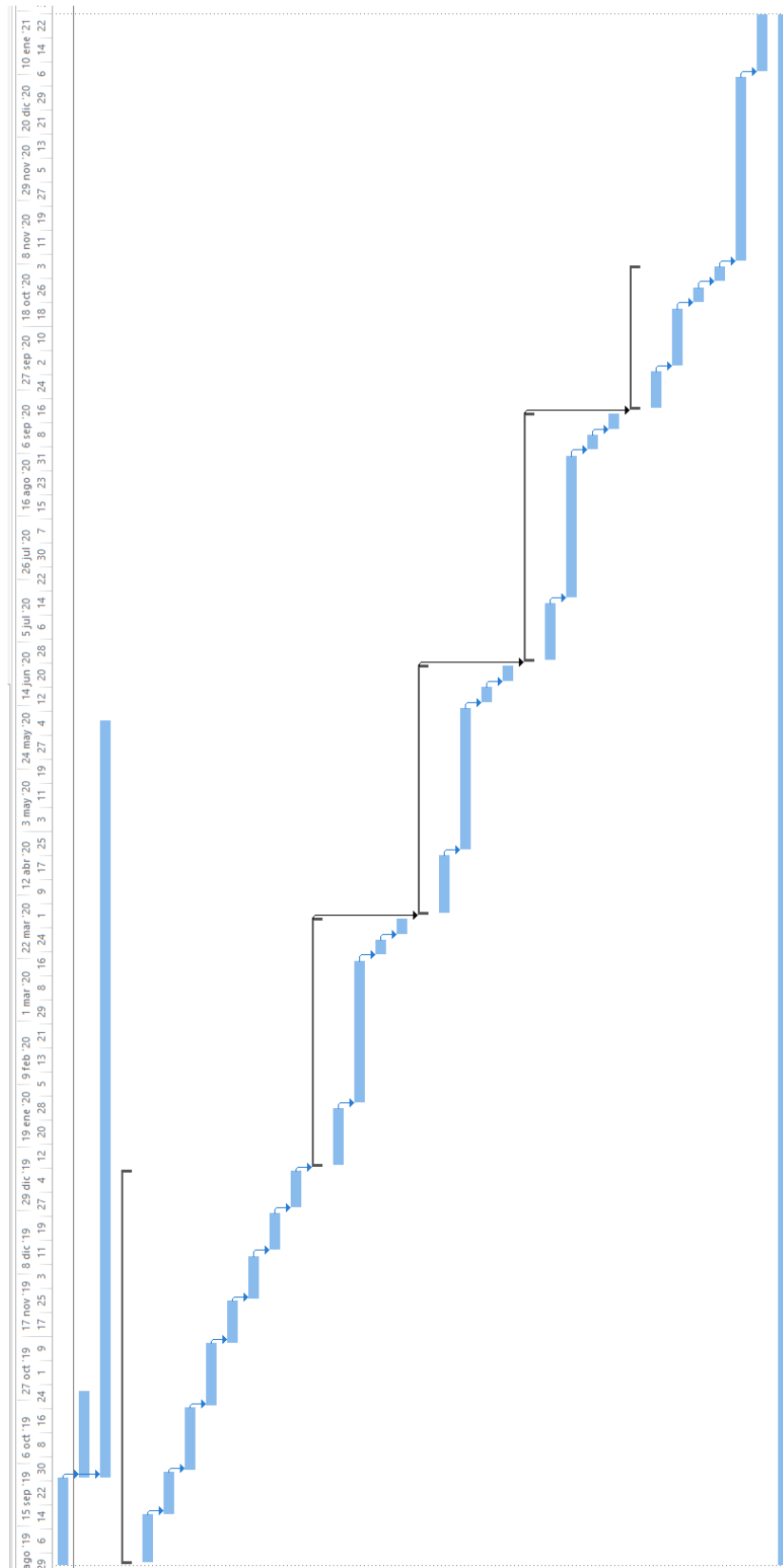


Figura 16 Línea de tiempo de tareas

---

### 5.3) Descripción de tareas

**Investigación preliminar:** consiste en la recopilación de información para sustentar la base teórica del proyecto y su realización, es decir, la búsqueda de bibliografía sobre la enfermedad en cuestión y tecnologías posibles de utilizar como así también las desarrolladas a la fecha. Para ello se debe indagar en libros que traten sobre la enfermedad y ahondar con expertos en los temas relacionados con el proyecto.

**Análisis de requerimientos:** consiste en identificar una necesidad, especificar las características, tanto de software como de hardware, evaluar y definir la metodología a implementar y elaborar un plan de desarrollo e implementación.

**Aprendizaje de tecnologías:** consiste en el proceso de capacitación sobre las tecnologías a utilizar en el proyecto, adquiriendo los conocimientos necesarios para el desarrollo del mismo.

**Desarrollo de documentación del proyecto:** consiste en el desarrollo de toda la documentación referida a la materia proyecto de grado, la cual incluye la introducción, la metodología a utilizar, el estado de la cuestión y marco teórico, definición del problema junto con la solución propuesta y la documentación bibliográfica utilizada en el proyecto, como así también los anexos correspondientes.

**Prototipos:** consiste en la construcción de los prototipos correspondientes a cada iteración, incluyendo un diseño simple de cada uno e integrándolos a los anteriores, realizando pruebas necesarias para validar su comportamiento y proceder al refinamiento, obteniendo así una nueva versión del prototipo final.

**Pruebas finales:** consiste en probar el prototipo para verificar que su funcionamiento es el correcto y para identificar errores antes de la implementación.

**Implementación:** consiste en poner en funcionamiento el prototipo en la persona que padece la enfermedad y la aplicación móvil mediante la persona o familiar responsable del paciente.

---

## 5.4) Planificación del proyecto

### 5.4.1) Recursos de la solución

Los recursos requeridos para llevar a cabo la solución propuesta en cuanto a hardware son:

- Notebook para desarrollar el sistema.
- Material reciclado para el prototipo.
- Placa Arduino (uno) compuesta por un microcontrolador que actúa como circuito integrado en el que se graban instrucciones.
- Placa HW-589 (Sim 808) para obtener datos de geoposicionamiento; conectarse y transmitir en la red móvil de datos.
- Chip de teléfono móvil para la conexión a la red móvil de datos.
- Antena de GPS como medio de comunicación con los satélites de geoposicionamiento.
- Cable USB de tipo B para comunicar la placa Arduino (uno) con la notebook y así enviar las instrucciones.
- Transformador de 220V a 9V para alimentar HW-589 (Sim 808).
- Power Bank para alimentar HW-589 (Sim 808) y Arduino (uno).
- Pintura en aerosol para mejorar el aspecto visual del material reciclado.
- Herramientas de trabajo (cúter, taladro inalámbrico, destornillador).

En cuanto a los recursos requeridos para el desarrollo del sistema (software) son:

- Firebase como base de datos NoSQL para almacenar coordenadas geográficas y permitir la autenticación de usuarios.
- Editor de código Visual Studio Code para el Front-end realizado con React Native e integración con GitHub.
- GitHub para almacenar un repositorio de código para los diferentes desarrollos del proyecto.
- React Native como framework para el desarrollo móvil.
- JavaScript como lenguaje de programación para el Front-end de la aplicación móvil.
- Arduino IDE como plataforma de desarrollo en Arduino.
- NodeJs como entorno para ejecución de JavaScript.

## 5.4.2) Gestión de riesgos

Consiste en identificar los factores que puedan afectar a la realización exitosa del proyecto, analizarlos y evaluar el impacto que tendrán.

		Probabilidad				
		Raro	Poco probable	Probable	Muy probable	Casi seguro
Consecuencias	Despreciable					
	Menores					
	Moderadas				Variación de políticas	Variación de precios
	Mayores		Fallos en el Hardware	Demoras en la obtención de Hardware		
	Catastróficas	Soporte				

Tabla 7 Matriz de probabilidad e impacto

**Demoras en la obtención del hardware:** debido a que los componentes electrónicos no son de producción nacional, pueden generar ciertas demoras en la obtención de los mismos por cuestiones de importación, las cuales pueden ser demoras en el transporte y aduana, restricciones impositivas y de aduana; y demoras en la distribución dentro del país.

**Variación de precios:** la devaluación de la moneda (peso argentino) con respecto al dólar y la inflación generan un aumento en el precio de los componentes necesarios afectando al costo del proyecto.

**Variación de las políticas:** en cada cambio de gobierno las políticas relacionadas con el comercio exterior sufren variaciones, las cuales pueden afectar en la adquisición de componentes para el desarrollo del proyecto.

**Fallas en el hardware:** las fallas tanto en las placas del prototipo como en los elementos para el desarrollo del proyecto, pueden retrasar el avance del mismo, alterando así la planificación.

---

**Soporte:** el software empleado para el desarrollo del proyecto puede dejar de tener soporte, lo cual implicaría una migración a una versión más nueva y estable o en su defecto el cambio de tecnología para el desarrollo.

## 5.5) Análisis Foda

El Análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que en su conjunto diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa, es decir las oportunidades y amenazas. Es un ejercicio introspectivo de diagnóstico empresarial, en donde se realiza la identificación a través de un análisis previo, con la mayor objetividad posible, de las características propias de la organización o persona que la hacen fuerte ante los competidores, y que la distinguen de la competencia. También se identifican las debilidades, o sea aquellas características o áreas en las que se encuentran en desventaja con respecto al resto de la comunidad empresarial y que hace falta mejorar o fortalecer para equilibrar el desempeño global de la entera organización.<sup>17</sup>

	Internos	Externos
Positivos	Fortalezas: beneficio para las familias con personas que padecen Alzheimer y entorno familiar, costo del desarrollo, escalabilidad y finalidad del proyecto, conocimiento de tecnologías para la implementación.	Oportunidades: pocas personas u organizaciones dedicadas al desarrollo de una solución como la planteada en el proyecto, variedad de herramientas (hardware y software) y fácil acceso a las mismas.
Negativos	Debilidades: bajo conocimiento sobre la enfermedad en cuestión y todo lo que involucra la misma.	Amenazas: constante inflación y suba de precios de los materiales para la realización del proyecto. Organizaciones que desarrollen el mismo producto de una manera más simple y con una mejor calidad.

Tabla 8 Matriz FODA

<sup>17</sup> <https://obgin.net/cursos/wp-content/uploads/2019/10/AnalisisFoda.pdf>

---

### 5.5.1) Análisis interno

#### 5.5.1.1) Fortalezas

El beneficio primordial es el de brindarle a la persona con Alzheimer y a su entorno un complemento o herramienta para acompañar la enfermedad, como así también, evitar que este tipo de demencia lleve a situaciones que pongan en peligro la integridad de la persona y altere la vida cotidiana de sus cercanos.

El costo para construir el prototipo y el sistema es bajo, debido a que los elementos necesarios para su realización son de bajo valor económico, destacando que son de fácil adquisición y aprendizaje que permite un desarrollo amigable y sencillo.

La finalidad del proyecto tiene como objetivo que el entorno familiar pueda realizar un seguimiento en tiempo real de la persona con Alzheimer, conociendo así la ubicación del mismo y poder localizarlo en el caso que se encuentre desorientado o perdido. Se busca proteger al paciente de cualquier situación que ponga en peligro su vida y brindar una herramienta de la mano de la tecnología para hacer más llevadera la enfermedad.

#### 5.5.1.2) Debilidades

El proyecto podría tener un enfoque más profundo si se tuviese en el equipo un profesional de salud, más específicamente un neurólogo, el cual podría ampliar conocimientos y lograr un entendimiento mucho mejor en base a experiencias en lo que tiene que ver con el tratamiento de la enfermedad y su origen.

### 5.5.2) Análisis externo

#### 5.5.2.1) Oportunidades

La oportunidad más importante que tiene este proyecto es que ninguna organización referida o no a la salud, empresa o individuo está desarrollando e implementado una solución tecnológica igual a la planteada en el proyecto, teniendo en cuenta que los costos que tiene este proyecto son bajos y considerando que el mismo se lo puede utilizar sin limitaciones ni facturaciones adicionales.

---

El proyecto se puede escalar significativamente ampliando el alcance, es decir desarrollando nuevas funcionalidades que hagan aún mucho más útil el sistema propuesto, por ejemplo, generando informes que brinden información complementaria para un profesional de la salud, estadísticas e historial para el responsable del paciente y un tratamiento no farmacológico a través de juegos que estimulen la memoria.

#### 5.5.2.2) Amenazas

Las amenazas se centran en la situación económica del país, que tiene que ver con la inestabilidad que existe en el valor de las cosas, en este caso los elementos para la realización del proyecto. La inflación y la suba de precios provoca que de un día para el otro un producto pase a costar mucho más, lo cual influye de manera significativa en la realización del proyecto.

#### 5.5.3) Estrategias FODA

DA: se intenta minimizar debilidades y amenazas, mediante estrategias de carácter defensivo, pues un gran número de amenazas externas y debilidades internas pueden llevar a la empresa a una posición muy inestable. Agregando personal con conocimientos sobre medicina permite competir de una mejor manera con propuestas o desarrollos de otras organizaciones, desarrollando así un producto más preciso y completo.

DO: tienen como objetivo la mejora de las debilidades internas valiéndose de las oportunidades externas. A veces una empresa aprovecha las oportunidades externas decisivas, pero presenta debilidades internas que le impiden explotar dichas oportunidades. Agregar personal médico al equipo del proyecto permite desarrollar nuevas funciones y características para mejorar la solución propuesta y aprovechar que organizaciones con facilidades de desarrollar un mejor producto no dedican sus esfuerzos en brindar un producto que apoye al tratamiento de la enfermedad.

FA: se basan en la utilización de las fortalezas de una empresa para evitar o reducir el impacto de las amenazas externas. Este objetivo consiste en aprovechar las fortalezas de la empresa reduciendo a un mínimo las amenazas. Con el objetivo y la finalidad del proyecto despertar el interés de organismos de salud u organizaciones que ayuden a la obtención de mejores componentes para la realización del proyecto, como así también facilidad para adquirirlos y con ello evitar los efectos secundarios de la inflación y aumento de precios.

FO: se basan en el uso de las fortalezas internas de una empresa con objeto de aprovechar las oportunidades externas. Aprovechar la solución propuesta en conjunto con las habilidades con respecto a las tecnologías para posicionarse por sobre organizaciones que no identificaron que existía la necesidad que es objeto principal del proyecto y lograr escalabilidad del mismo incluyendo a organizaciones de la salud, el gobierno u otros profesionales para hacer aún mucho más grande el alcance y el impacto del producto. Las tecnologías utilizadas para el desarrollo ponen al proyecto en una posición favorable de competencia con otras organizaciones ya que se utilizan herramientas que en la actualidad tienen mucha demanda de recursos humanos y son empleadas para el desarrollo de grandes aplicaciones.

## 5.6) Estudio de factibilidad

### 5.6.1) Factibilidad económica

Las herramientas software utilizadas para el desarrollo de la aplicación no tienen ningún costo para el proyecto. Los elementos empleados para el hardware si tienen un costo, el cual debe cumplir con la relación calidad/precio para lograr un resultado útil, optimo y eficiente a un precio dentro de lo razonable. Los costos descritos a continuación corresponden a la construcción del prototipo de una unidad de la pulsera.

Los costos de hardware se determinan en la siguiente tabla:




Ítem	Placa	Precio	Descripción
Arduino UNO Rev3 Atmega328p		\$ 2500.00	Hardware que permite el procesamiento y transmisión / recepción de datos
Placa HW-589 (Sim808)		\$ 5229.00	Hardware que permite la obtención de geoposicionamiento y la conexión con la red Gprs
Cables Dupont Macho Macho 20cm.		\$ 310.00	Cables de conexión entre placas
<b>Total</b>		<b>\$ 8039.00</b>	

Tabla 9 Costos de hardware

Para la conexión a la red de datos móviles, se utilizó un chip de la empresa Movistar ya que esta presenta un plan de datos adaptable y con menor costo.

Actualmente se puede activar una línea y programar una recarga mensual; estimando como suficiente el uso de 1 GB para cubrir la transmisión requerida durante un mes completo, se puede armar un pack con un costo de **\$ 1040**.

Tu Pack Prepago ideal lo armás vos

Ahora podés armar tu Pack como quieras.  
Elegí no solo cuánto querés, sino qué querés.

Seleccióná los gígas, minutos o SMS que quieras.

¿Cuántos días querés que dure tu pack?

30 Días 15 Días 10 Días 7 Días 3 Días 1 Día

¿Cuántos gígas querés?

5 GB 3 GB 2 GB 1 GB 0 GB

¿Cuántos minutos querés?

100 Min 0 Min

¿Cuántos SMS querés?

Ilimitados 0

**Este es tu Pack**

- 1 GB de Internet
- ¡WhatsApp Gratis!
- 0 Min a todas las compañías
- 30 Días de duración
- SMS 0 SMS

**Total \$1040**

**Continuar**

Figura 17 Plan de datos Movistar

Los costos de RRHH según tabla de honorarios indicativos de profesionales informáticos de salta 2022 emitida por el Consejo Profesional Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines (COPAIPA) (<http://www.copaipa.org.ar/informatica/>) son los siguientes:

Ítem	Precio x hora	Cantidad	Horas	Subtotal	Descripción
Programador	\$ 690,00	2	1500	\$ 2.070.000,00	Desarrollo del sistema

Analista	\$ 1040,00	1	900	\$ 468.000,00	Relevamiento de necesidades a cubrir
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 2.538.000,00</b>	

Tabla 10 Costos de RRHH

Ante una situación de pérdida del paciente, el entorno familiar, aparte de transitar una situación indeseada y desagradable, tiene que alterar su día cotidiano para buscar al paciente. Esto se transforma en un problema si no se lo encuentra al transcurrir el tiempo ya que con el correr del mismo las probabilidades de encontrarlo disminuyen drásticamente. Por otro lado, una vez que se dio con el paradero del paciente, se debe realizar un chequeo de salud para descartar que éste haya sufrido algún tipo de daño mientras se encontraba extraviado, lo que puede derivar en gastos de medicación adicional.

De manera concluyente, podemos decir que los beneficios que brinda el prototipo como herramienta de seguimiento del paciente son muy amplios considerando los gastos económicos extras que implican el extravío, seguido de la búsqueda y luego del control y chequeo de salud del mismo. Lo que hace que contar con un dispositivo que brinde con el geoposicionamiento en tiempo real del paciente sea muy benéfico para el entorno familiar del mismo.

#### 5.6.2) Factibilidad técnica

Es factible técnicamente la solución propuesta ya que la infraestructura técnica responde de manera favorable y eficiente para desarrollar el proyecto; y se poseen los conocimientos técnicos para llevar a cabo el mismo.

#### 5.6.3) Factibilidad legal

Es factible legalmente porque la solución no atenta o incumple alguna ley o norma. No se requieren datos sensibles de las personas involucradas ni existe divulgación de información, a menos que el usuario así lo requiera o decida. En este punto cabe destacar que el acceso a la ubicación se podrá realizar sólo si el usuario lo permite mediante la aplicación.

---

#### 5.6.4) Factibilidad de tiempo

Es factible con respecto al tiempo porque el tiempo planeado (1 año y 4 meses aproximadamente) se ajusta al tiempo real de desarrollo.

#### 5.6.5) Factibilidad de mercado

En el mercado existen muchas personas interesadas, más que nada el entorno familiar de una persona que padece la enfermedad, los cuales buscan diversas alternativas para disminuir el riesgo producido por el desgaste cognitivo. No solo puede despertar interés en la familia o entorno del paciente sino también en organismos de salud y/o profesionales de la salud, que pueden recomendar el uso de la aplicación como herramienta para mejorar la calidad de vida de los que padecen la enfermedad.

#### 5.6.6) Factibilidad humana u operacional

Es factible humanamente porque cuenta con todos los recursos o personal con todas las competencias necesarias para llevar a cabo el proyecto, los cuales son:

- Programadores.
- Analistas.

Es factible que la persona responsable del paciente pueda operar la aplicación, porque la misma es intuitiva y no requiere de un conocimiento elevado si cuenta con un teléfono móvil en el cual tuvo que instalar aplicaciones de uso cotidiano. En el caso que sea la primera vez que realice lo mencionado, deberá informarse sobre el proceso para realizarlo.

---

## 6) Desarrollo del proyecto

### 6.1) Investigación

En una primera etapa se investigó sobre la enfermedad, cuál es el impacto que se tiene en la sociedad, en particular en el entorno familiar del paciente y en él mismo. Se indagó en las proyecciones con respecto a la cantidad de personas que padecen la enfermedad y en cuántos de los enfermos desaparecen de sus hogares sin saber cómo regresar al mismo.

También se investigó sobre alternativas al proyecto en cuanto a dispositivos existentes y cuáles eran de fácil acceso para su adquisición.

### 6.2) Análisis y determinación de recursos

Ya habiendo visto todo esto, se realizó el análisis de requerimientos a partir del cual se pudo determinar cuáles eran los recursos necesarios para dar curso al proyecto. Se determinaron cuáles serían las placas que más se adecuaban al mismo, realizando un análisis de sus características y se determinaron las herramientas software a utilizar. Como consecuencia de estos análisis se determinó que para la programación en Arduino se iba a utilizar el IDE propio de Arduino ya que, si bien cuenta con lo básico para programar, no hacía falta algo más complejo; se determinó como lenguaje de desarrollo móvil a React, considerando su versatilidad y agilidad para el desarrollo de aplicaciones móviles y a Firebase como base de datos porque para implementarla no generaba costos y contaba con los requisitos suficientes para realizar el proyecto.

### 6.3) Adquisición de dispositivos

Se decidió comprar una placa Arduino UNO Rev3, que es la que más fácil se consigue en el mercado, y considerando que se iba a realizar un prototipo se determinó que ésta cumple con todas las expectativas necesarias, un Módulo Gsm Gprs Gps Sim808, el cual integraba todas las necesidades del proyecto en cuanto a comunicación y geoposicionamiento. La compra se la realizó con una empresa de venta de insumos tecnológicos ubicada en Buenos Aires por medio de la página web de Mercado Libre, agregando al mismo pedido un juego de cables Dupont Macho Macho para poder interconectar la placa Arduino UNO con el módulo GSM –

GPRS – GPS. La entrega del paquete completo demoró aproximadamente una semana, período en el cuál continuamos con la preparación de los entornos de desarrollo y el armado de la base de datos.

#### 6.4) Armado del prototipo

Una vez obtenidas las placas, se realizó el conexionado como lo indica la siguiente imagen y para que no quede todo suelto y, favoreciendo al medio ambiente con los desechos tecnológicos, se adaptó la carcasa de un modem Huawei ADSL en desuso junto con una placa de acrílico para fijar las plaquetas dentro del mismo y armar un prototipo que pueda ser fácilmente transportable y maniobrable.

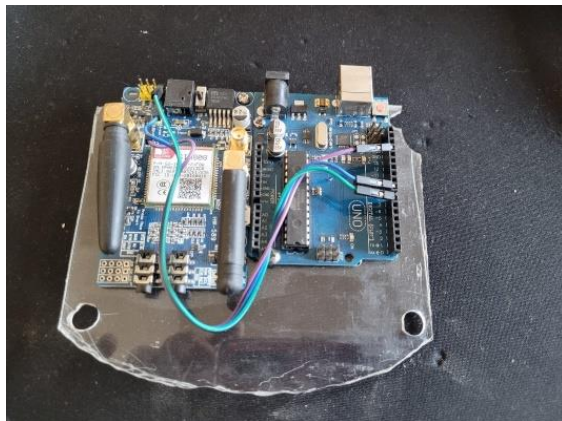


Figura 18 Frontal de placas

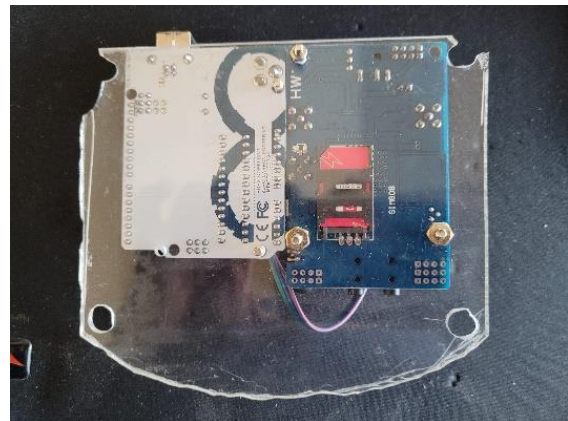


Figura 19 Trasera de placas



Figura 20 Carcaza superior

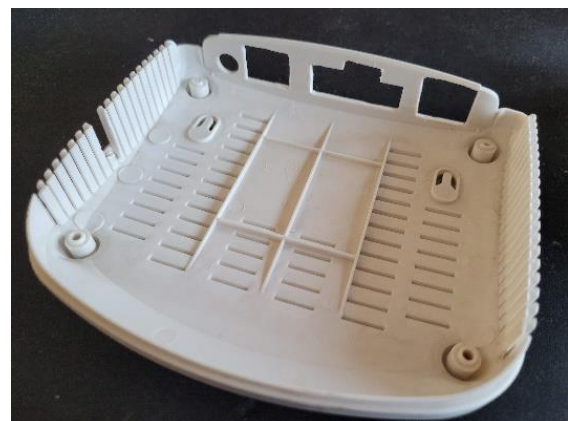


Figura 21 Carcaza inferior



Figura 22 Canto de carcasa



Figura 23 Canto de carcasa pintado

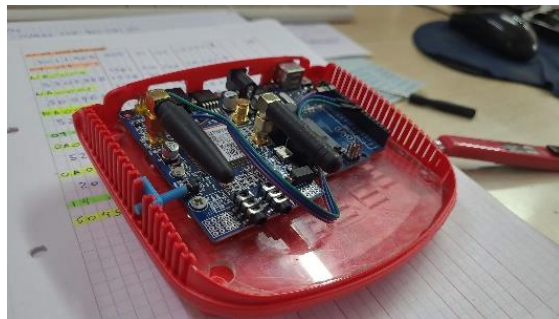


Figura 24 Carcasa inferior pintada y montaje de placas



Figura 25 Carcasa superior pintada montada

Para alimentar las placas, se utilizó un cable USB tipo B, que fue adquirido como parte de la placa Arduino UNO, para alimentar desde la computadora a esta misma y un transformador de 220V a 9V reciclado y en funcionamiento para alimentar a la placa encargada de transmitir los datos GPRS y obtener las coordenadas de GPS.

Ya habiendo ensamblado el prototipo se procedió a realizar la programación para su funcionamiento. Si bien en un principio no se programó la solución propuesta, se fue avanzando con líneas de código que tenían como objetivo aprender el funcionamiento de los dispositivos y como objetivo final el poder implementar la solución propuesta.

## 6.5) Arquitectura del flujo de datos

Definimos el flujo de datos, las tareas y responsabilidades de cada una de las partes del sistema y el resultado obtenido fue el siguiente:

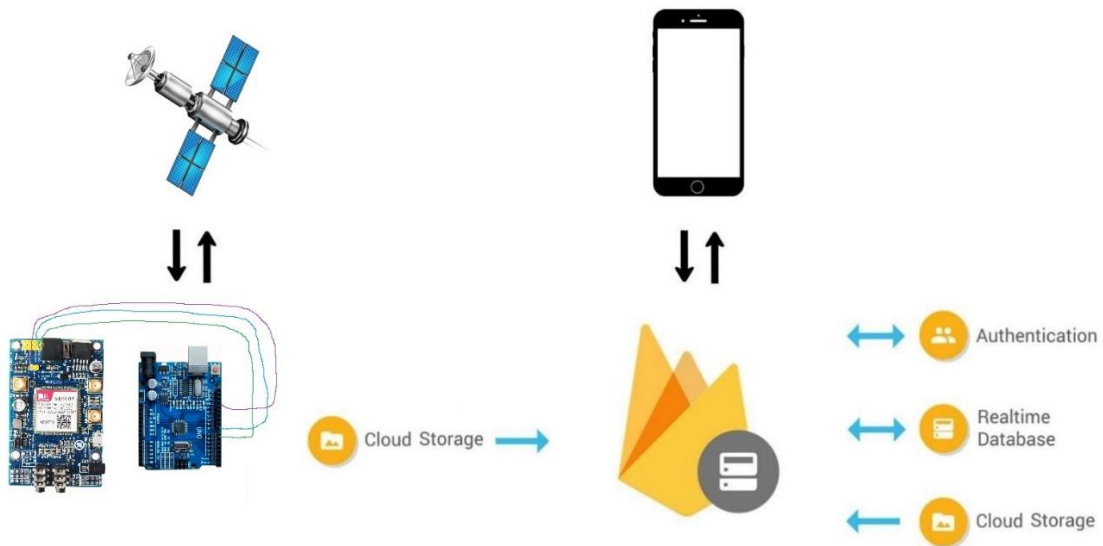


Figura 26 Flujo de datos

El esquema representa el flujo de datos siguiente:

- Existe un aplicativo móvil (Front End) que está constantemente escuchando cambios en la base de datos.
- La placa Arduino establece conexión con Firebase para emitir datos.
- Firebase recibe y registra las coordenadas geográficas enviadas en tiempo real por la placa Arduino.
- El Front End mediante un método en tiempo real proporcionado por Firebase obtiene los datos para manipularlos.

Cuando se realiza el registro o inicio de sesión de un usuario, el Front End se comunica con Firebase para impactar y validar los datos del mismo.

Optamos por esta arquitectura porque podemos establecer las responsabilidades de cada una de las partes. El Back End (Firebase) permite tener centralizado el manejo de datos y peticiones, el Front End obtiene la información proporcionada y realiza una presentación de la

misma, mientras que la placa Arduino envía la información a la base de datos (NoSQL) que brinda Firebase.

Para la presentación de los datos se eligió React Native, un Framework para crear aplicaciones multiplataformas basado en JavaScript y ReactJs, donde estas aplicaciones tienen un look and feel similar, un rendimiento prácticamente igual y una experiencia de navegación y de usuario similar a las aplicaciones nativas, ya que lo que se está generando es una interfaz nativa.

Se optó por usar Arduino IDE para programar placas Arduino y conectar las mismas a Firebase. En este punto se hizo uso de una librería específica de Firebase que permite establecer el vínculo y emitir datos a la base de datos NoSQL.

Como ya venimos mencionando, se hizo uso de Firebase, una plataforma de desarrollo de aplicaciones web y móviles respaldada por Google que cuenta con una variedad de servicios.

Lo que hizo que nos inclinemos por Firebase es RealTime Database (base de datos NoSQL alojada en la nube), ya que en el proyecto necesitamos obtener coordenadas geográficas en tiempo real, es decir a medida que la persona se desplaza; y este servicio en lugar de solicitudes HTTP típicas, usa la sincronización de datos, que consiste en que cada vez que cambian los datos, los dispositivos conectados reciben esa actualización en milésimas de segundos.

Más allá del motivo principal de elección de Firebase mencionado anteriormente, cabe destacar que se eligió también por la posibilidad de no requerir conocimientos de Devops, validación de varios tipos de datos, herramienta integral para el Back End de una pequeña aplicación móvil, facilidad de uso y aprendizaje, uso gratuito, desarrollo rápido y transmisión fácil de datos.

## 6.6) Back End con Firebase

El Back End de la aplicación realizada se realizó con Firebase, una base de datos ya montada en la cual podemos enviar y obtener datos. De lo contrario tendríamos que haber optado por el despliegue de una base de datos de algún tipo, ya sea MySQL, Oracle o alguna no relacional.

Firebase cuenta con distintos módulos que se dividen en tres grandes grupos categorizados según su finalidad:

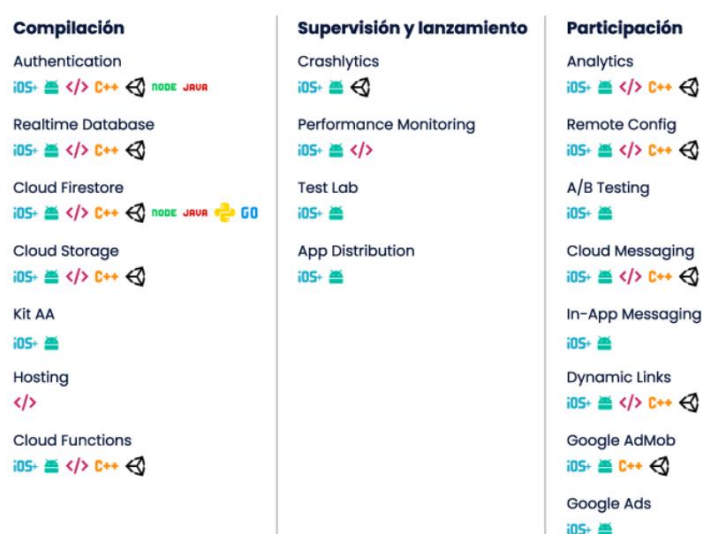


Figura 27 Módulos de Firebase

En el desarrollo de la aplicación utilizamos los módulos de compilación, que permiten iniciar el Back End sin administrar servidores y escalar a medida que la aplicación va creciendo. A continuación, se detallarán cada uno en profundidad.

**Authentication:** brinda un proceso de autenticación del usuario para que este pueda hacer uso de la aplicación. Cuenta con diversos mecanismos de autenticación: contraseñas, números de teléfono, proveedores de identidad federada populares, como Google, Facebook, Twitter, etc. En esta ocasión el mecanismo elegido fue correo electrónico y contraseña, el cual necesita ambos campos que son requeridos y enviados como parámetros en el método de autenticación. A continuación, presentamos los métodos utilizados en la aplicación:<sup>18</sup>

<sup>18</sup> <https://firebase.google.com/docs/auth?hl=es-419>

- **firebase.default.auth().createWithEmailAndPassword(email, password)** : crear una nueva cuenta en la aplicación con correo electrónico y contraseña.
- **firebase.default.auth().signInWithEmailAndPassword(email,password)**: acceder con una cuenta previamente creada a la aplicación con correo electrónico y contraseña. En el caso de que el usuario ingrese con una cuenta errónea o inexistente se bloquea el acceso devolviendo el error correspondiente.
- **firebase.default.auth().signOut()**: cerrar sesión de un usuario.
- **firebase.default.auth().currentUser**: obtener información del perfil de usuario con sesión activa.

**RealTime Database:** es una base de datos NoSQL alojada en la nube, que almacena los datos en formato JSON y se sincronizan en tiempo real con cada cliente conectado.<sup>19</sup>

Para el envío y obtención de datos se utilizaron dos métodos:

- **app.database.ref("location/").on("value", function(snapshot))**: obtener datos ante cualquier cambio en la referencia “location”. Esto sucede cada vez que se obtienen nuevas coordenadas geográficas (latitud, longitud) desde la pulsera.

**Cloud Firestore:** es una base de datos flexible, escalable y situada en la nube que permite almacenar y sincronizar datos en tiempo real. Los datos están estructurados como documentos organizados en colecciones.<sup>20</sup>

Dentro de este módulo utilizamos los siguientes métodos:

- **firebase.default.firestore().collection("usuario").add(data)**: almacenar datos en un documento que pertenece a la colección “usuario”.
- **firebase.default.firestore().collection("usuario").where("uid","==",uid).get()**: obtener datos de un documento por uid del usuario perteneciente a la colección “usuario”.

---

<sup>19</sup> <https://firebase.google.com/docs/database?hl=es-419>

<sup>20</sup> <https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=es-419>

- **firebase.default.firestore().collection("usuario").doc(docId).update(data):**  
actualizar datos de un documento en particular perteneciente a la colección “usuario”.

## 6.7) Base de datos

Antes de la creación de la base de datos y la utilización de las herramientas de Firebase, se realizó el diseño de la misma. A continuación, podemos ver la colección implementada en Cloud Firestore, con un documento y sus respectivos campos:

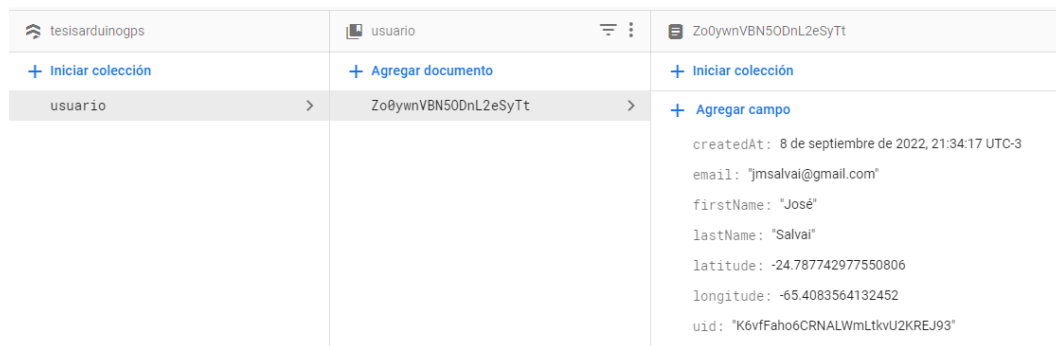


Figura 28 Colección implementada

Esta colección a través de un documento almacena los datos del usuario, empezando por el email, firstName y lastName que son requeridos en el registro para una nueva cuenta, a su vez se agrega un campo createdAt con la fecha de creación del usuario. El campo uid es el que se genera una vez que se crea una cuenta y se hace uso del módulo de autenticación de Firebase, el cual brinda una identificación única para el usuario. Los campos latitude y longitude son los que se guardan al establecer la dirección del domicilio del paciente una vez que se inicia sesión en la aplicación.

En la base de datos en tiempo real contamos con una referencia “location/”, la cual cuenta con dos campos: latitude y longitude. Estos campos almacenan las coordenadas geográficas que emite la pulsera a medida que el paciente se desplaza.

Realtime Database permite que estemos escuchando constantemente los cambios de datos, siendo de gran utilidad en esta aplicación que necesita reflejar en tiempo real la ubicación del paciente.

```
https://tesisarduinogps-default-rtdb.firebaseio.com > location
location
├── latitude: -24.781262486930977
└── longitude: -65.40475577934602
```

Figura 29 Datos almacenados

Queremos destacar la importancia del módulo de Authentication de Firebase, que nos brinda herramientas simples y rápidas para realizar el registro y el inicio de sesión de un usuario. A continuación, se presenta la configuración del proveedor de acceso (correo electrónico y contraseña) y un ejemplo de un usuario autenticado de forma correcta.

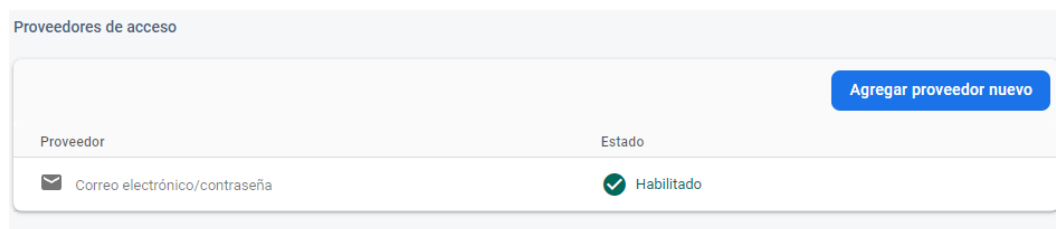


Figura 30 Autenticador de Firebase

Identificador	Proveedores	Fecha de creación	Fecha de acceso	UID de usuario
jmsalvai@gmail.com	✉	8 sept 2022	19 sept 2022	K6vFah06CRNALWmLtkvU2KREJ...

Figura 31 Ejemplo de usuario

---

## 6.8) Interfaz del software

La interfaz de usuario fue realizada en el framework React Native, el cual nos da la posibilidad de desarrollar una aplicación móvil multiplataforma.

Los objetivos primordiales de esta interfaz eran ser de fácil uso e intuitiva, presentar la información necesaria para el usuario, obtener y visualizar ubicación en tiempo real del paciente que padece la enfermedad.

Para ello se definió el diseño de dos partes importantes del aplicativo. La primera parte se encarga de gestionar el registro y/o creación de una cuenta y el inicio de sesión del usuario. La segunda parte de la aplicación tiene que ver con la obtención de las coordenadas geográficas en tiempo real del paciente, la visualización de las mismas en un mapa y la recepción de notificaciones.

Antes de empezar a desarrollar como fueron creadas las distintas vistas de la aplicación, vamos a explicar brevemente cómo funciona React Native para la creación de interfaces. React Native utiliza JavaScript para acceder a las API de su plataforma, así como para describir la apariencia y el comportamiento de su interfaz de usuario utilizando componentes de React: paquetes de código reutilizable y anidable.

En el desarrollo de Android e IOS, una vista es el componente básico de la interfaz de usuario: un pequeño elemento rectangular en la pantalla que se puede usar para mostrar texto, imágenes o responder a la entrada del usuario. Hasta los elementos visuales más pequeños de una aplicación son considerados tipos de vistas y algunas de ellas pueden contener otras vistas. Con React Native se puede invocar a estas vistas con JavaScript utilizando componentes de React y en tiempo de ejecución crea las vistas correspondientes de Android e iOS para esos componentes que están respaldados por la plataforma de componentes nativos.

React Native cuenta con un conjunto de componentes nativos y permite también crear propios de acuerdo a las necesidades de la aplicación.

Un componente está compuesto por una función, el cual podemos pensarlo como algo plano. Cualquier cosa que devuelva un componente de función se representa como un elemento

---

React, que permiten describir lo que se ve en la pantalla. El componente puede ser exportado para ser utilizado en toda la aplicación.

React y React Native usan JSX porque aceptan que la lógica de renderizado está intrínsecamente unida a la lógica de la interfaz de usuario: cómo se manejan los eventos, como cambia el estado con el tiempo y como se preparan los datos para su visualización. En lugar de separar artificialmente tecnologías poniendo el maquetado y la lógica en archivos separados, React separa interfaces con unidades ligeramente acopladas llamadas componentes que contienen ambas. JSX es una sintaxis que permite escribir elementos dentro de JavaScript (`<Text>”Hello world”</Text>`) y usar variables dentro de él.

Para la creación de las distintas pantallas del aplicativo se definieron componentes para cada una, es decir un archivo único reutilizable que contiene el maquetado, la lógica y conexiones con Firebase que determinan la funcionalidad del mismo.

Es importante destacar la utilización de native base que tiene componentes de interfaz de usuario como Button, Image, Alert, Card, etc. Otro punto esencial es la navegación entre pantallas para la cual se hace uso de librerías como Stack Navigator que proporciona una forma para que se haga la transición entre pantallas donde cada nueva pantalla se coloca encima de una pila y Drawer Navigator que representa un cajón de navegación que se puede abrir y cerrar mediante gestos.

Los Hooks de React tienen un papel importante en el desarrollo de nuestra aplicación, los que utilizamos son el Use State y Use Effects. Un Hook es una función especial que permite engancharse a las características de React. Use State nos permite almacenar el estado de nuestro componente a través de una variable y Use Effects le indica al componente que tiene que realizar algo después de renderizarse.<sup>21</sup>

Otras de las librerías importantes que utilizamos es la de Google Maps, que nos proporciona y facilita la presentación de las coordenadas geográficas obtenidas desde Firebase. Y hablando de Firebase también incorporamos una librería que nos permite acceder a sus servicios como Cloud Firestore, Authentication, RealTime Database, etc.).

---

<sup>21</sup> <https://reactnative.dev/docs/getting-started>

Utilizamos un dispositivo móvil Samsung para emular la aplicación, para ello también necesitamos descargar Expo en el dispositivo y mediante ella escanear un código QR. Una de las ventajas que tenemos con React Native es la posibilidad de hacer hot reload y visualizar los cambios en tiempo real del código cuando la aplicación está en ejecución.

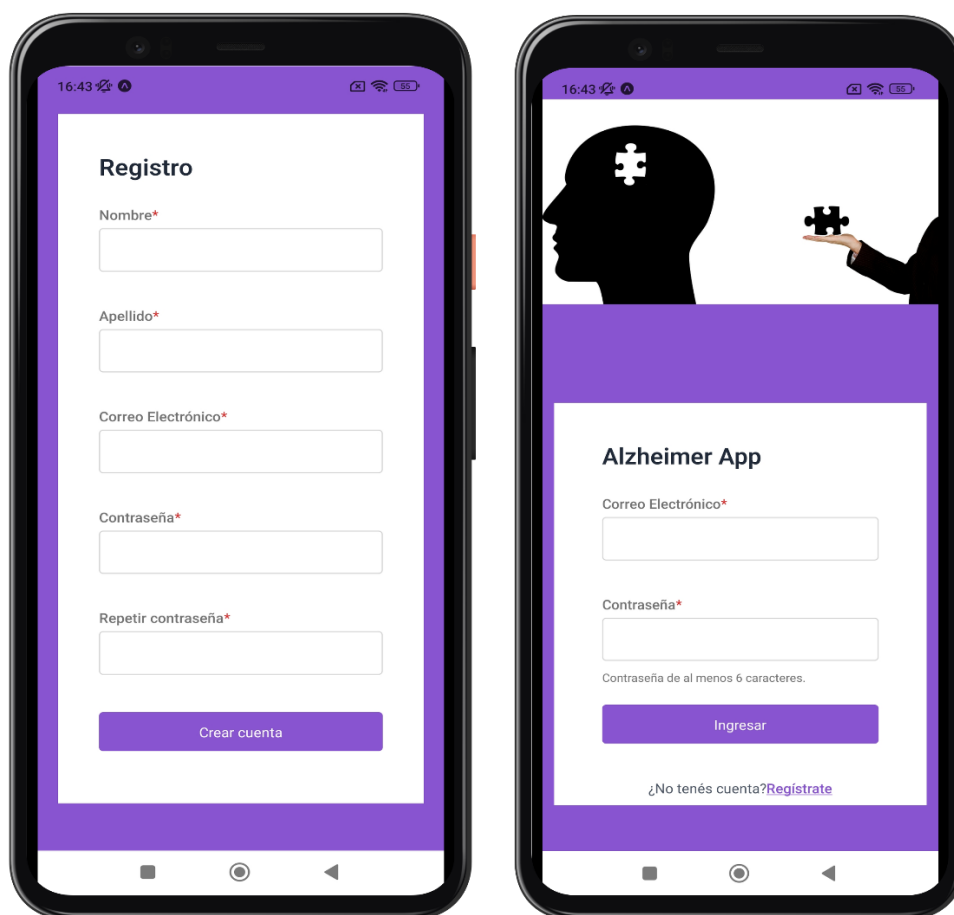


Figura 32 Pantalla de inicio de sesión y crear cuenta en la aplicación móvil

Pantalla inicial de la aplicación donde el usuario puede iniciar sesión y registrar una nueva cuenta.

En la pantalla para crear cuenta, se solicitan ciertos datos como nombre, apellido, correo electrónico, contraseña y repetición de la misma, los cuales son requeridos y obligatorios. Una vez completado el registro vuelve a la pantalla inicial, en la cual es necesario ingresar el correo electrónico y contraseña para iniciar sesión en la aplicación.



Figura 33 Pantalla principal de bienvenida de la aplicación móvil

Una vez que el usuario inicia sesión, la pantalla que podemos observar es la de bienvenida, la cual cuenta con dos opciones: Ver Mapa y Establecer dirección. Cuando se inicia sesión por primera vez o no se ha definido la dirección del domicilio del paciente, la primera opción se encuentra bloqueada. Al establecer la dirección y radio de seguridad podemos acceder a la pantalla del mapa en tiempo real.

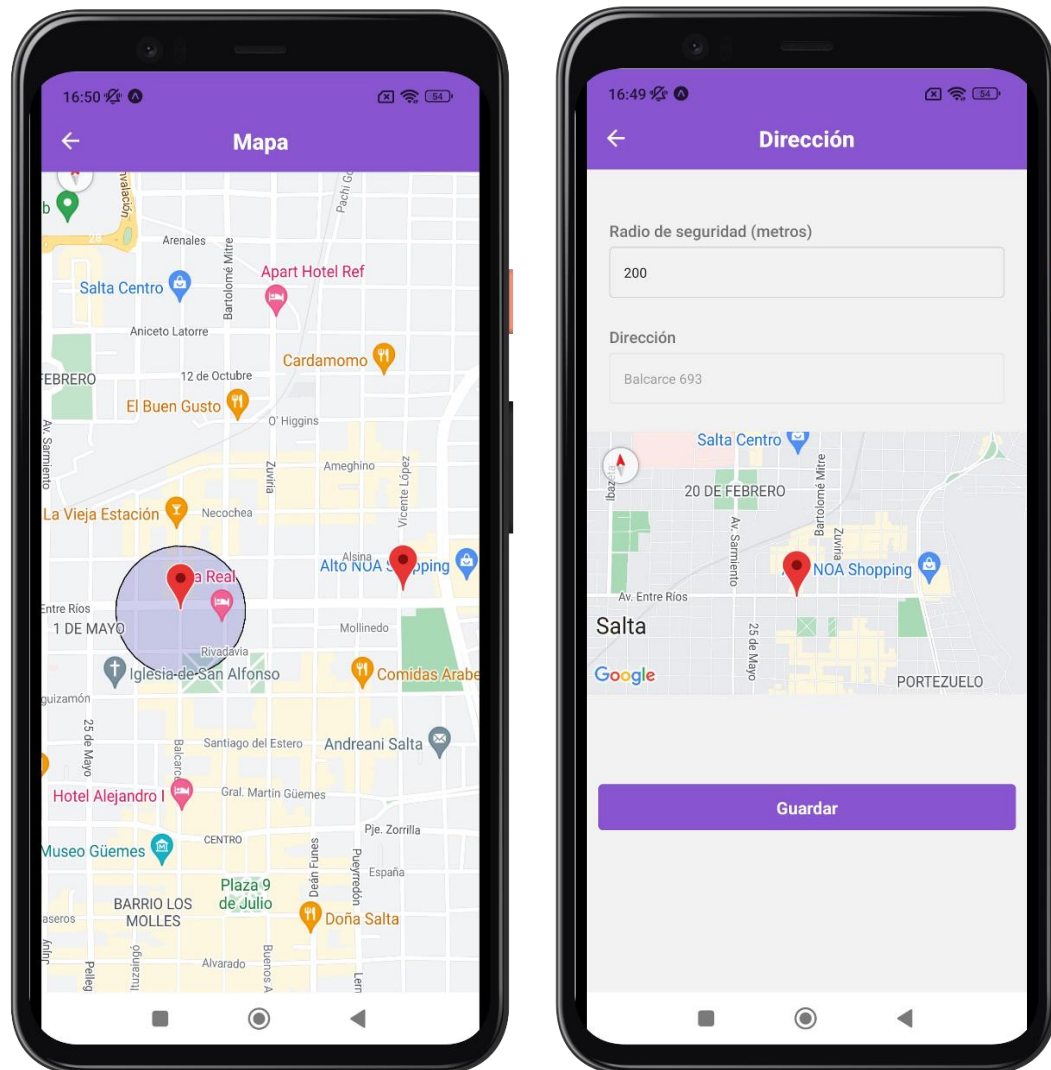


Figura 34 Pantallas de mapa con la ubicación en tiempo real y definición de dirección del paciente

En la primera pantalla se visualizan dos ubicaciones: domicilio y ubicación en tiempo real del paciente. El domicilio tiene que ver con la dirección de la casa del paciente en conjunto con la zona segura. La ubicación en tiempo real se obtiene desde la pulsera a medida que el paciente se desplaza, la cual nos permite detectar si el mismo está dentro o fuera de la zona segura.

En la segunda pantalla podemos definir la dirección del domicilio del paciente seleccionando un punto en el mapa y visualizando la dirección en un input. También podemos definir el radio de seguridad expresado en metros ingresándolo y haciendo click en el botón

guardar. Una vez realizado esto podemos acceder a la primera pantalla para realizar el seguimiento del paciente.



Figura 35 Notificación de la aplicación móvil

En esta pantalla podemos ver una notificación reciente que indica que el paciente no se encuentra en el radio de seguridad, lo cual alerta al familiar o persona a cargo.

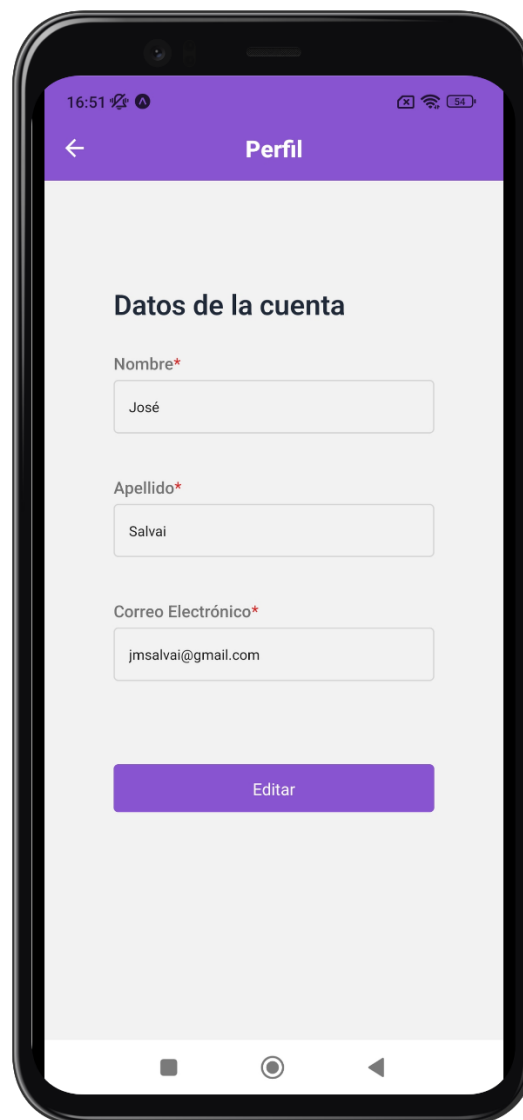


Figura 36 Pantalla de perfil de usuario

En esta pantalla se presenta el perfil de usuario con los datos ingresados en el momento del registro, los cuales pueden ser editados al presionar el botón Editar perfil.

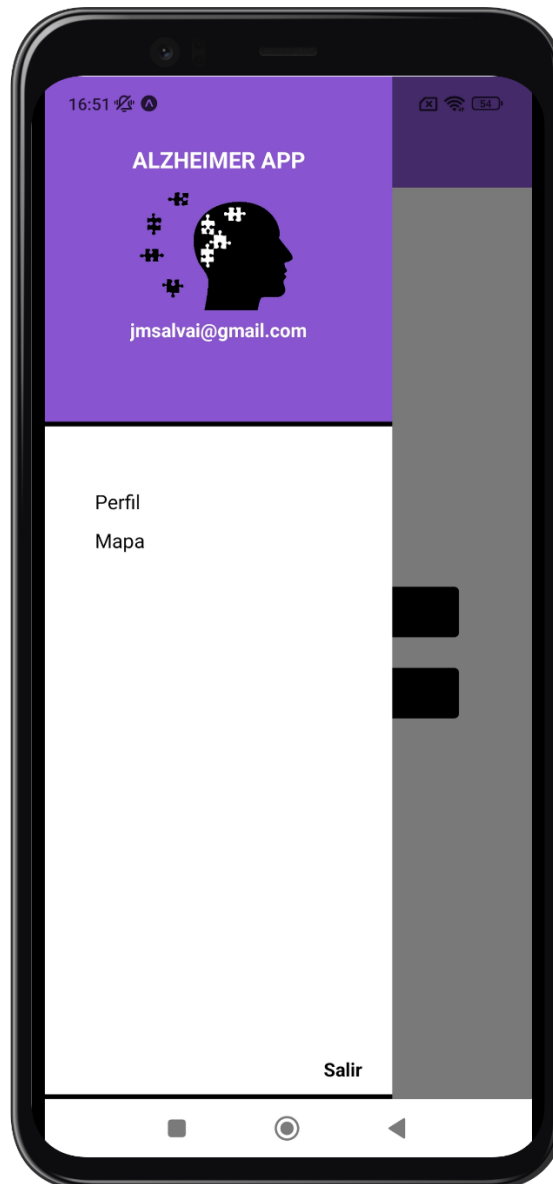


Figura 37 Menú lateral de la aplicación móvil

En el menú lateral tenemos acceso a ver o editar el perfil y al mapa para el seguimiento en tiempo real del paciente. Abajo a la derecha contamos con la opción salir, la cual permite cerrar sesión con la cuenta que utilizamos para ingresar y regresar a la pantalla de inicio de sesión.

---

## 6.9) Método de desarrollo del proyecto

Como ya mencionamos el proyecto se desarrolló utilizando el “Método de Desarrollo Iterativo e Incremental”, el cual se realizó en cuatro iteraciones incrementales en las cuales se fue avanzando en el proyecto como se detalla a continuación:

### 6.9.1) Iteración 1

En la primera iteración (duración 60 días) se realizó el diseño de la interfaz, es decir las pantallas de login, registro, menú lateral y visualización de mapa para ubicación. También se definieron las pantallas necesarias para completar la estructura general de la aplicación.

En lo que respecta a base de datos se establecieron las estructuras y los datos que posee la misma, configurando el ambiente en este caso Firebase.

En relación al prototipo, se comenzó con el conexionado, es así que se conectaron las placas Arduino UNO Rev3 al Módulo de comunicación Gsm Gprs Gps Sim808 y se alimentaron las mismas para su encendido y posterior programación para comenzar con las pruebas. El énfasis de esta iteración fue la obtención del geoposicionamiento del prototipo por lo que se desarrolló un programa donde se activara el módulo de GPS y, una vez registrado en la red de geoposicionamiento, obtener los datos de ubicación del mismo.

En una primera instancia se realizó el encendido y la obtención del geoposicionamiento a través de comandos AT ingresados de manera manual por medio de la consola de comunicación del programa de Arduino para ir controlando los mismos y analizando los resultados obtenidos.

Una vez que se logró encender el módulo GPS y se obtuvo el geoposicionamiento del mismo se pudieron analizar y configurar los datos para poder extraer los necesarios al proyecto de manera automática. La manera de obtener el geoposicionamiento es una cadena donde se obtienen los datos separados por coma y de esta cadena es de donde se tomará la latitud y longitud obtenida para su posterior envío a la base de datos.

### 6.9.2) Iteración 2

En la segunda iteración (duración 60 días) se diseñan las interfaces y navegaciones faltantes para completar la aplicación, como ser la pantalla para definir la ubicación del domicilio del paciente que implica un mapa, perfil de usuario y primera pantalla al iniciar sesión con opciones rápidas de navegación. Se realiza el desarrollo (programación) de las interfaces realizadas y validadas en la primera iteración, como así también la conexión con Firebase, implementando la autenticación en el registro y login, y la obtención en tiempo real de coordenadas geográficas a mostrar en el mapa.

En relación al prototipo se procedió a realizar un programa que permita realizar la conexión del prototipo a la red GSM, lo que incluyó la activación del módulo GPRS y registro del dispositivo en la red de datos GSM obteniendo de esta manera un número de línea celular a través del cual se va a comunicar.

Para corroborar el registro en la red de datos se hicieron pruebas, tanto de llamadas como de mensajes de texto entre un dispositivo móvil y el prototipo y a su vez la obtención de los datos HTTP de una página web aleatoria para lograr que el dispositivo se comunique con la red de datos y pueda obtener datos de la misma.

### 6.9.3) Iteración 3

En la tercera iteración (duración 60 días) se procede a desarrollar las últimas pantallas diseñadas, conectándolas también con Firebase, tanto para enviar como para recibir datos desde la base de datos. Se identifican los campos a editar en el perfil de usuario y se realizan los cambios necesarios en base de datos para agregar dichos campos.

En el desarrollo del prototipo se integraron los programas utilizados en las dos primeras iteraciones, activación del módulo GPS y obtención del geoposicionamiento junto a la conexión a la red GSM y transmisión de latitud y longitud a la base de datos Firebase.

De la misma manera se comenzó con el ensamblado del prototipo, lo que abarcó la colocación de las placas en una plaqueta acrílica para fijarlas de manera conjunta y poder fijarlas en la carcasa del módem reciclado; también se realizaron cortes sobre la carcasa para poder extraer las antenas de transmisión. Un inconveniente que se observó fue que la antena de GPS

provista en la placa tenía un cable muy extenso que terminaba en la antena propiamente dicha que debía ser fijada de manera imantada. Esto hacía que el conector quede en riesgo de rotura y como consiguiente la pérdida de la obtención del geoposicionamiento. Es por esto que se consiguió otra antena con mayor ganancia y sin cables de conexión que quedó fijada en la placa y acoplada de manera íntegra en el prototipo.

#### 6.9.4) Iteración 4

En la cuarta iteración (duración 35 días) se corrigieron, en la aplicación móvil, aspectos visuales como mejoras en la interfaz en relación al logo, colores y ubicación de elementos dentro de la aplicación y funcionales como vinculación entre pantallas, mejoras de accesos y configuraciones.

Y en el prototipo se realizó un pintado de la carcasa para embellecer el mismo y se diseñó un botón que luego se imprimió en una impresora 3D para poder acceder al botón principal del módulo GSM GPRS GPS Sim808 sin tener que abrir el prototipo.

En cuanto al programa se culminó con la integración de los programas obtenidos en las iteraciones anteriores y se corrigieron los problemas encontrados en el mismo en cuanto a desarrollo y tiempos de respuesta del mismo, obteniendo el programa final que fue cargado en la placa Arduino UNO Rev3 para que quede de manera operativo el proyecto.

## 7) Conclusiones y futuras líneas de investigación

### 7.1) Conclusiones

Las conclusiones que podemos expresar sobre el proyecto de grado es que se concretó la construcción del prototipo de pulsera en conjunto con la aplicación móvil para la visualización de la ubicación en tiempo real y el control del paciente.

Como equipo consideramos que fue una experiencia enriquecedora ya que nos permitió el aprendizaje de distintas tecnologías relacionadas con el software y el hardware, como así también el conocimiento sobre el impacto que tiene el Alzheimer no solo en la vida de quien la padece sino de su entorno más cercano.

La realización del proyecto de grado nos dio la posibilidad de aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra educación universitaria, en las prácticas profesionales, en el trabajo actual y durante la investigación.

Por último, destacamos que como consecuencia de este trabajo se consiguió el desarrollo de una solución a una problemática real, lo que nos lleva como futuros ingenieros a lo que es la actividad diaria profesional.

### 7.2) Futuras líneas de investigación

Teniendo como base el trabajo realizado pueden surgir proyectos enfocados en dos grupos de líneas de investigación:

Por un lado se puede actualizar y / o extender el enfoque del proyecto haciendo uso de tecnologías similares o distintas; por ejemplo que en base a un histórico de ubicaciones se realice un análisis de datos, incorporando nuevas funcionalidades a la aplicación realizada, agregar un botón en el prototipo que realice una llamada de emergencia en caso de que el paciente se encuentre en una situación de emergencia, realizar la trazabilidad del geoposicionamiento del dispositivo, activar una llamada desde la aplicación que no requiera de la acción de contestar para establecer comunicación y así ayudar a la búsqueda del paciente en caso de extravío, cabe aclarar que para ciertos enfoques habría que agregar dispositivos electrónicos según lo que se desee realizar;

Y, por otro lado, se puede extender la optimización del mismo a partir del recambio de hardware pudiendo adaptarse hacia otros ámbitos de uso, como por ejemplo la creación de un collar para las mascotas, un rastreador para instalar en vehículos y evitar el hurto, tobilleras para personas con libertad condicional y como línea de investigación fundamental es la de dejar el prototipo de lado y crear el dispositivo final.

## 8) Bibliografía

Casanova - Peña, J. & González - Palau, J. (1999). *Enfermedad de Alzheimer: del diagnóstico a la terapia: conceptos y hechos*. Barcelona: Fundación La Caixa.

Que es Android y para qué sirve. (s.f). Recuperado de <https://webgenio.com/blog/que-es-android-y-que-es-un-telefono-movil-android/>. Página vigente al 10/10/2019.

Android: Principales características del sistema operativo de Google. (s.f). Recuperado de <https://culturacion.com/android-principales-caracteristicas-del-sistema-operativo-de-google/>. Página vigente al 10/10/2019.

iOS: El sistema operativo móvil de Apple. Recupero de <https://culturacion.com/ios-el-sistema-operativo-movil-de-apple/>. Página vigente al 10/10/2019.

APKpure. (2014-2019). Alzheimer APP TyN. Recuperado de <https://apkpure.com/es/alzheimer-app-ty/com.tuynosotros.alzheimertyn>. Página vigente al 5/11/2019

Google. (s.f). No me olvides. Recuperado de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.alvaroga.nomeolvides.lite>. Página vigente al 5/11/2019.

Arduino. (2019). Introducción. Recuperado de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Página vigente al 5/11/2019.

Arduino. (2019). Arduino Mkr Gps Shield. Recuperado de <https://store.arduino.cc/usa/mkr-gps-shield>. Página vigente al 5/11/2019.

Arduino. (2019). Arduino Mkr Gsm 1400. Recuperado de <https://store.arduino.cc/usa/sim-bundle>. Página vigente al 5/11/2019.

SIM808: GSM/GPRS + GPS Tienda y tutoriales de Arduino. Recuperado de <https://www.prometec.net/sim808/#:~:text=Para%20encender%20el%20m%C3%B3dulo%20utilizaremos,parpadear%20una%20vez%20por%20segundo>. Página vigente al 5/09/2022.

---

Armá tu Pack – Movistar Argentina. Recuperado de <https://www.movistar.com.ar/armatupack>. Página vigente 5/09/2022.

APN Movistar Argentina 2023 -> Configurar Internet [https://configurarinternet.com/apn-movistar-argentina/?expand\\_article=1](https://configurarinternet.com/apn-movistar-argentina/?expand_article=1)

Mini GSM/GPRS GPS Breakout SIM808 – Seeed Wiki. Recuperado de [https://wiki.seeedstudio.com/Mini\\_GSM\\_GPRS\\_GPS\\_Breakout\\_SIM808/](https://wiki.seeedstudio.com/Mini_GSM_GPRS_GPS_Breakout_SIM808/). Página vigente al 5/09/2022.

Enviar SMS con Arduino y módulo GSM SIM800L – Geek Factory. Recuperado de <https://www.geekfactory.mx/tutoriales-arduino/enviar-sms-con-arduino-y-sim800l/>. Página vigente al 5/09/2022.

Arduino Uno + Sim808: Using HTTP client for GPRS GSM. Recuperado de <https://arduino.stackexchange.com/questions/43201/arduino-uno-sim808-using-http-client-for-gprs-gsm>. Página vigente al 5/09/2022.

Mateos-Pérez, J. (s.f). Introducción al Gps. Recuperado de <https://gsm.org.es/gsm/wp-content/subidas/2006/01/Introducci%C3%B3n-al-GPS.pdf>. Página vigente al 5/11/2019.

Huerta, E. & Mangiaterra, A. & Noguera, G. (2015). *Gps Posicionamiento satelital*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.

Desarrollo iterativo e incremental – Proyectos Ágiles. Recuperado de <https://proyectosagiles.org/desarrollo-iterativo-incremental/>. Página vigente al 5/09/2022.

Sommerville, I. (2011). *Ingeniería del Software*. Mexico: Pearson Educación.

¿Qué es React Native Framework?. Recuperado de <https://blog.back4app.com/es/que-es-react-native/#:~:text=Un%20marco%20de%20desarrollo%20m%C3%B3vil,y%20la%20experiencia%20del%20usuario>. Página vigente al 5/02/2023.

¿Qué es Firebase? Conoce la plataforma de Google. Recuperado de <https://openwebinars.net/blog/que-es-firebase-de-google/>. Página vigente al 5/02/2023.

---

Base de datos en tiempo real de Firebase. Recuperado de <https://firebase.google.com/docs/database?hl=es-419>. Página vigente al 5/02/2023.

¿Qué es .NET Core y para qué sirve?. Recuperado de <https://www.programaenlinea.net/que-es-net-core-y-para-que-sirve/>. Página vigente al 5/02/2023.

Tendencias en desarrollo de apps: ¿qué es Flutter?. Recuperado de <https://baufest.com/tendencias-desarrollo-apps-flutter/>. Página vigente al 5/02/2023.

¿Qué es .NET Core?. Recuperado de <https://openwebinars.net/blog/que-es-net-core/>. Página vigente al 5/02/2023.

¿Qué es MySQL? Características y ventajas. Recuperado de <https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>. Página vigente al 5/02/2023.

Introduction React Native. Recuperado de <https://reactnative.dev/docs/getting-started>. Página vigente al 5/02/2023.

Authentication Firebase. Recuperado de <https://firebase.google.com/docs/auth?hl=es-419>. Página vigente al 5/02/2023.

Realtime Database Firebase. Recuperado de <https://firebase.google.com/docs/database?hl=es-419>. Página vigente al 5/02/2023.

Cloud Firestore Firebase. Recuperado de <https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=es-419>. Página vigente al 5/02/2023.

## 9) Anexos

### 9.1) Entorno de Arduino y carga de programa

Para la instalación del entorno Arduino IDE debemos ingresar en la página de Arduino y descargarlo

<https://www.arduino.cc/en/software>

A continuación, se deben descargar las librerías a utilizar en el programa. Las mismas se encuentran alojadas en la Web y se pueden acceder a las mismas a través de:

Librería TinyGsmClient.h <https://github.com/vshymansky/TinyGSM>

Librería ArduinoHttpClient.h <https://github.com/arduino-libraries/ArduinoHttpClient>

Para hacer uso de estas librerías, una vez descargadas, se deben agregar al listado de librerías disponibles en el IDE de Arduino; para realizar esto debemos ingresar al menú Programa / Incluir Librería / Añadir biblioteca ZIP ...

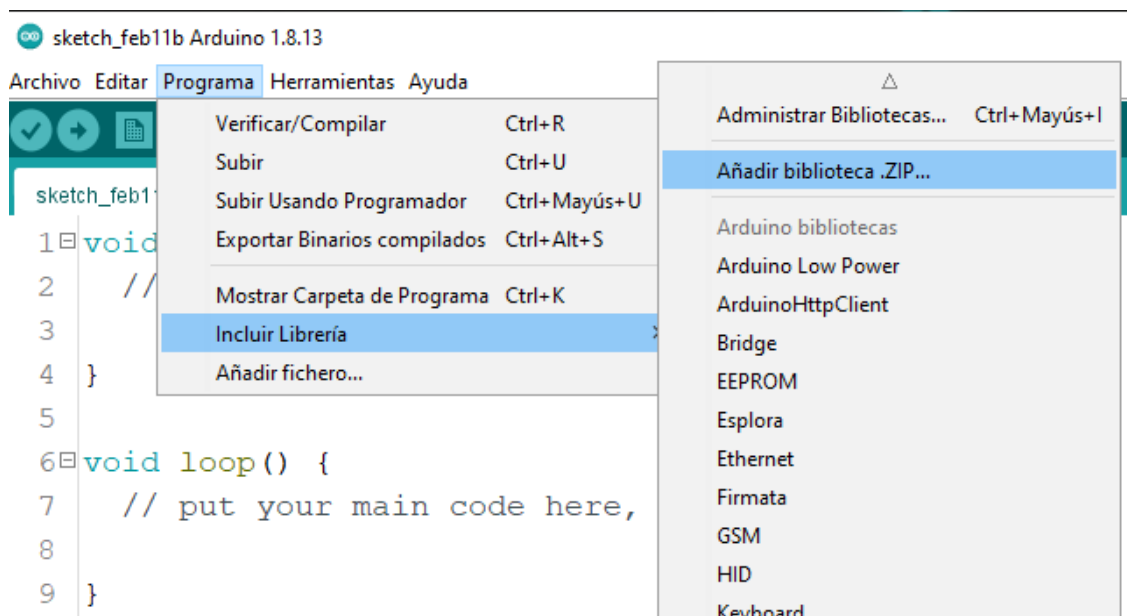


Figura 38 Añadir librería en Arduino

Ya cargadas las librerías solo nos queda incluirlas en el desarrollo del proyecto agregándolas al mismo procediendo de igual manera que para agregarlas, pero en este caso hay que elegir las del listado de librerías disponibles. El procedimiento se hace con las dos librerías

agregadas y también se debe agregar la librería SoftwareSerial.h, la cual nos ayudará en la visualización de los resultados obtenidos de las comunicaciones con las placas a través del Monitor Serie

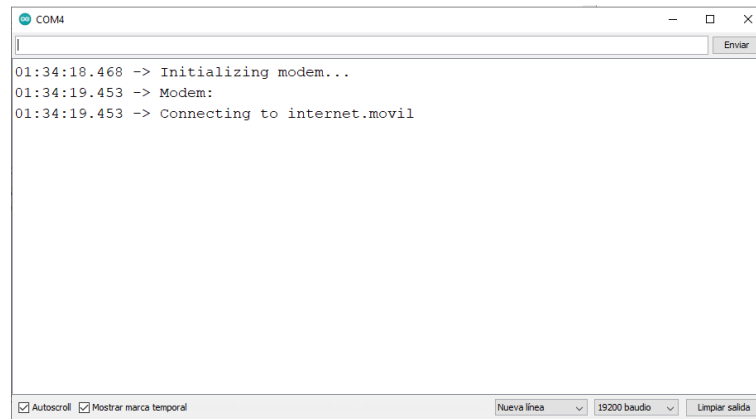


Figura 39 Monitor Serie de Arduino

## 9.2) React Native

Para instalar React native necesitamos tener NodeJs por lo tanto, se debe visitar la siguiente página y descargarlo:

<https://nodejs.org/es/>

A continuación, debemos instalar Expo tanto en el dispositivo donde vamos a ejecutar la aplicación como en la pc donde vamos a desarrollar.

Para la instalación en el dispositivo se debe buscar Expo en Play Store y para la pc debemos ejecutar el siguiente comando:

```
npm install --global expo-cli
```

Una vez realizado lo anterior debemos crear el proyecto ejecutando lo siguiente:

```
npm create-expo-app NameApp
```

Para ejecutar el proyecto se pueden utilizar dos comandos:

```
npm start
```

```
expo start
```

Se abre una página de expo referida al proyecto en la cual podemos escanear un código QR y visualizar la aplicación como así también los cambios que vamos realizando a medida que desarrollamos.

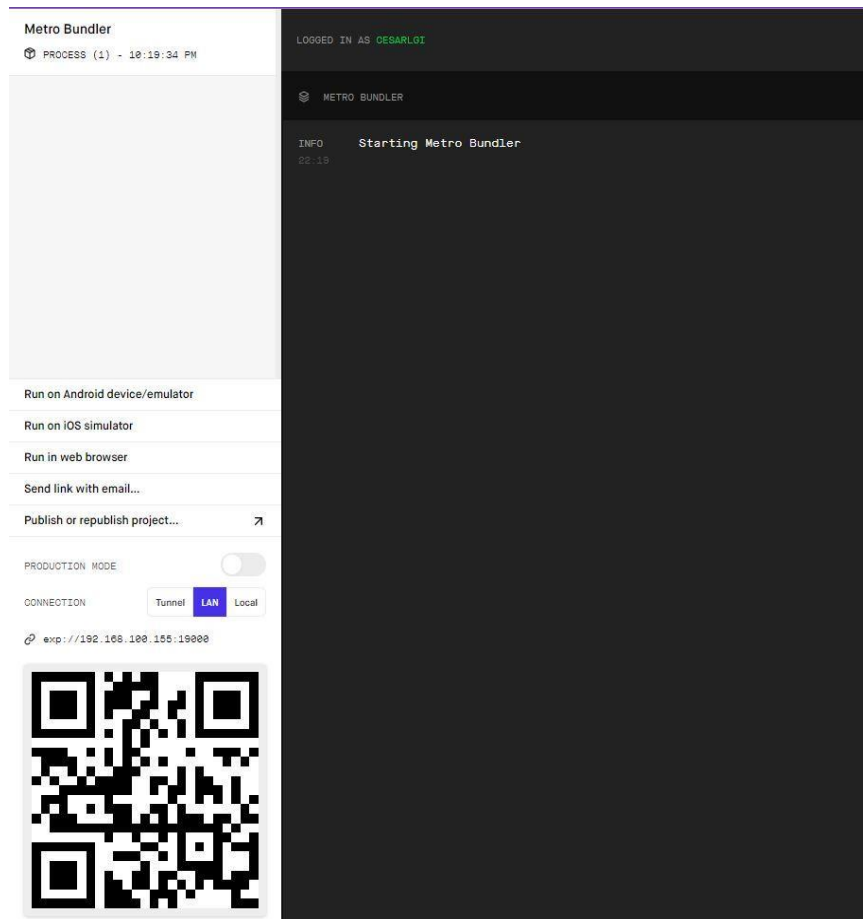


Figura 40 Página de Expo

### 9.3) Código Fuente

Los códigos fuentes del proyecto de grado se encuentran disponibles para su descarga en los siguientes enlaces:

#### 9.3.1) Front-end

<https://github.com/tesisApp/tesis-app>

#### 9.3.2) Arduino

<https://github.com/tesisApp/tesis-arduino>

---

#### 9.4) APK

La aplicación se encuentra disponible para la descarga e instalación en un dispositivo móvil. A continuación, el link correspondiente.

<https://expo.dev/artifacts/eas/4fn8ak4ZnDQtK95BUro9jm.apk>