

Aplicación móvil para la recolección y seguimiento de la información ambiental orientada al
cuidado de las plantas y/o cultivos agrícolas



Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones
Énfasis en Ingeniería de Software
Bogotá, Colombia
Abril 2020

Aplicación móvil para la recolección y seguimiento de la información ambiental orientada al
cuidado de las plantas y/o cultivos agrícolas



Autor

Raul Alejandro Buitrago Castellanos

Director

Roberto Manuel Poveda Chaves

Doctor en Ingeniería Sistemas y Computación

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones
Énfasis en Ingeniería de Software
Bogotá, Colombia
Abril 2020

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
PALABRAS CLAVE	8
INTRODUCCIÓN	9
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2 FORMULACIÓN DE PREGUNTA COMO SOLUCIÓN PROPUESTA	15
1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 JUSTIFICACIÓN	17
3.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	17
3.2 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA	17
3.3 JUSTIFICACIÓN PERSONAL	17
4 MARCO DE REFERENCIA	18
4.1 MARCO TEÓRICO	18
4.1.1 Internet de las cosas “ <i>Internet of Things (IoT)</i> ”	18
4.1.2 Hogares inteligentes “ <i>Smart Home</i> ”	18
4.1.3 Agricultura inteligente “ <i>Smart Agriculture</i> ”	19
4.1.4 Raspberry Pi	19
4.1.5 Event Sourcing	19
4.1.6 Programación orientada a objetos	19
4.1.7 Programación Funcional Reactiva	19
4.1.8 Aplicaciones móviles multiplataforma	20
4.1.9 Aplicación web progresiva “ <i>Progressive Web Application (PWA)</i> ”	20
4.2 ANTECEDENTES	21
4.2.1 IoT based Smart Agriculture	21
4.2.2 Multidisciplinary Model for Smart Agriculture using Internet-of-Things (IoT), Sensors, Cloud-Computing, Mobile-Computing and Big-Data Analysis	22

4.2.3 IOT Based Smart Agriculture Monitoring System	23
4.3 MARCO TEMPORAL	23
5 METODOLOGÍA	24
6 IMPACTO Y RESULTADOS ESPERADOS	25
7 TIEMPOS Y RECURSOS	26
7.1 CRONOGRAMA	26
7.2 RECURSOS Y PRESUPUESTO	27
8 ALCANCE Y LIMITACIONES	28
8.1 ALCANCE	28
8.2 LIMITACIONES	28
REFERENCIAS	29

LISTA DE FIGURAS

1	Arquitectura de un ecosistema agrícola inteligente [1]	7
2	Ejemplos de expresiones que muestra Lúa [2].	11
3	Uso del dispositivo Xiaomy mi Plant [3].	12
4	Comentarios de usuarios de la aplicación Flower Care [4].	14
5	Formas de comunicación de un teléfono inteligente [5]	14
6	Diagrama interacción de los datos en aplicaciones IoT [6]	18
7	Diagrama de una aplicación móvil smart home [7]	18
8	PWA desde un punto de vista multiplataforma [8]	20
9	Capacidades vs alcance entre las aplicaciones PWA, nativas y web [9]	21
10	Diseño del modelo de seguimiento basado en los nodos [10].	22
11	Diseño detallado del módulo para la recolección de datos ambientales [1]	22
12	Vista de la aplicación para recepción de notificaciones del micro-controlador descrito en [11]	23
13	Cronograma del actividades del proyecto de investigación	26

LISTA DE TABLAS

1	Metodología del proyecto de investigación	24
2	Impacto y resultados esperados del proyecto de investigación	25
3	Recursos y presupuesto del proyecto de investigación en pesos colombianos COP	27

RESUMEN

Este trabajo propone el diseño y la construcción del prototipo de una aplicación móvil para las tareas de recolección y seguimiento de la información ambiental orientada al cuidado de las plantas y/o cultivos agrícolas.

El desarrollo de la aplicación se soportara en la combinación de las tendencias en el desarrollo de aplicaciones móviles, el Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés Internet of Things) y la computación en la nube dado que las características físicas de los teléfonos inteligentes [5] podrían ser utilizadas para complementar o replantear el diseño de la arquitectura para un ecosistema agrícola que se ha planteado en trabajos anteriores y se encuentra en la figura 1.

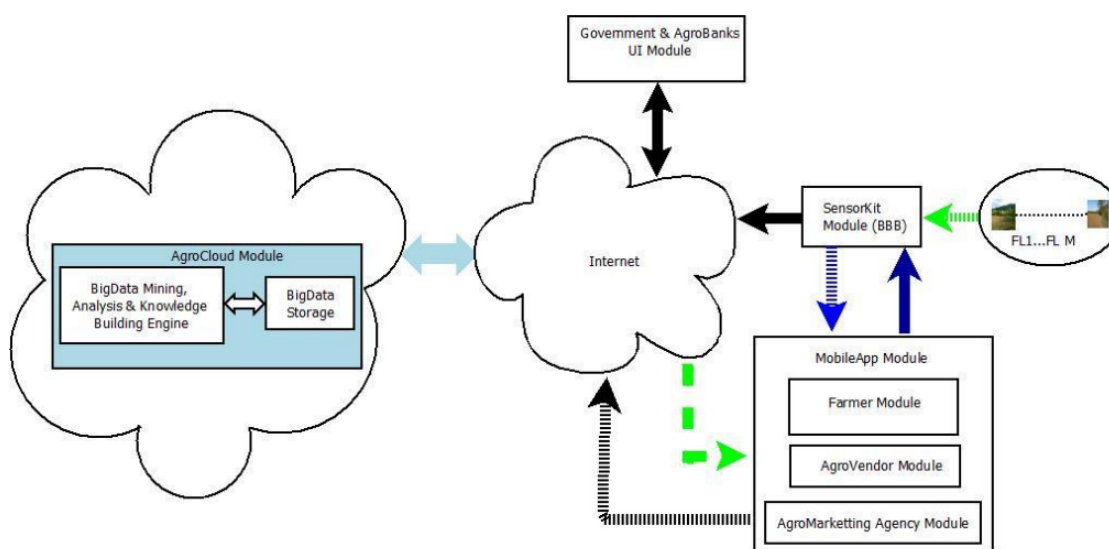


Figura 1: Arquitectura de un ecosistema agrícola inteligente [1]

PALABRAS CLAVE

Internet de las Cosas (IoT), Agricultura inteligente *“Smart Agriculture”*, Arquitectura de software, Programación reactiva, Serverless, Event Sourcing, Aplicación híbrida, Aplicación web progresiva (PWA), Drones, Raspberry, Bluetooth, Scrum.

INTRODUCCIÓN

La agricultura ha tenido un papel fundamental en el desarrollo del hombre, la economía, y la sociedad. Por ejemplo, Friedrich Engels resalta la evolución del ser humano desde su etapa primitiva ya que dicha evolución conlleva a cambios en los medios de producción; como es el caso de la agricultura y menciona que:

“El trabajo es la fuente de toda riqueza, afirman los especialistas en Economía política. *Lo es, en efecto, a la par que la naturaleza, proveedora de los materiales que él convierte en riqueza.* Pero el trabajo es muchísimo más que eso. Es la condición básica y fundamental de toda la vida humana.” [12]

Por ello es relevante no desconocer que el perfeccionamiento y evolución de la agricultura; no solo incide directamente en la economía y la calidad de vida, también contribuye al crecimiento de diferentes áreas tales como en la ciencia, industria, cultura entre otros. Un claro ejemplo de este fenómeno en un contexto histórico de gran importancia y trascendencia para la humanidad se puede constatar en la revolución industrial. [13]

Un siglo después a la reflexión de Engels, José María Figueres menciona que “*no nos preocupamos por ella porque la gozamos*” [14] al hacer una comparación muy particular entre la agricultura, y la salud ya que propone la siguiente reflexión:

“Cuando comprendemos el desafío que significa duplicar la producción mundial de alimentos en los próximos 20 años y hacerlo sobre la misma base de recursos naturales que hoy disponemos, comprendemos un poco que podemos “perder la salud” si no invertimos lo suficiente en tecnología e infraestructura de producción.” [14]

En resumen de lo anterior, la evolución del ser humano ha sido acompañada por el uso de técnicas más sofisticadas y eficientes para afrontar los diversos desafíos en cuanto a la preservación y/o mejora en la calidad de vida. Por lo tanto, se introduce el concepto de Agricultura Inteligente derivado de la combinación de las tecnologías de la información y comunicaciones, el Internet de las Cosas, el análisis, el desarrollo de aplicaciones móviles y el procesamiento de grandes volúmenes de datos como lo sugieren los trabajos [6] [10] [11] enfocados al desarrollo de soluciones de ingeniería para abordar las necesidades de la industria agrícola.

En conclusión, la propuesta presentada en este documento esta enfocada en el diseño y construcción del prototipo de una aplicación móvil para la realización de tareas asociadas a

la recolección y seguimiento de la información ambiental orientada al cuidado de las plantas y/o cultivos agrícolas.

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La modernización tecnológica para la optimización de procesos de agricultura ha sido objeto de estudio en el transcurso de la historia, permitiendo el uso y adaptación de técnicas cada vez mas elaboradas [15][10]. Por lo tanto, el seguimiento de las condiciones ambientales para el cuidado de las plantas y/o cultivos agrícolas ha sido objeto de diversos trabajos tanto en la comunidad científica como en la industria entre los cuales se resaltan:

- El uso de **sensores basados en la ubicación GPS (Global Positioning System)** para obtener datos de tipo espacial, *ópticos* para realizar mediciones de luminosidad, *electroquímicos* para conocer el pH del suelo, y los *termicos* para hacer mediciones de temperatura [11].
- El uso de **nodos** que contienen sensores **conectados a dispositivos** que permiten controlar las condiciones ambientales (como lo sería un sistema de riego) y enviar alertas a una aplicación movil al alcance de la comunicación por medio de la interfaz **Bluetooth** [10].
- **Drones** para cubrir grandes plantaciones de forma rápida, realizar tareas de fumigación, monitoreo, realización de mapas y captura de imágenes [6].
- El emprendimiento **Lüa** en el cual a través del uso de sensores ubicados en el contenedor (maceta) de la planta dedicados a la recolección de datos y reglas predefinidas presentan por medio de expresiones humanas en una pantalla algunas condiciones ambientales que inciden la planta [2]. Por ejemplo, si el sensor detecta que falta agua, muestra expresión asociada es exhausta o sedienta como se puede observar en la figura 2.



Figura 2: Ejemplos de expresiones que muestra Lüa [2].

- El emprendimiento **Xiaomi My Plant** que consiste en la integración de un dispositivo portable que integra diferentes sensores y por medio de la interfaz **Bluetooth** [3] para su visualización utilizando las siguientes estrategias:
 1. Enviar la información recolectada por los sensores a un **teléfono inteligente** que se encuentre al alcance a través de la aplicación móvil **Flower Care** [16] como se puede ver en la figura 3.
 2. Establecer una conexión con un dispositivo Bluetooth de baja intensidad conectado a Internet permitiendo al usuario recibir la información captada por los sensores incluso estando fuera del alcance máximo de la comunicación Bluetooth [16].

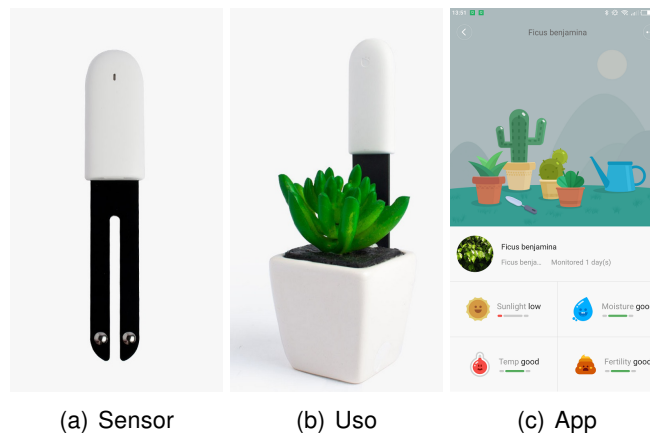


Figura 3: Uso del dispositivo Xiaomy mi Plant [3].

De los trabajos consultados se puede concluir que aunque presentan puntos de vista, ideas, tecnologías e implementaciones que hacen aportes significativos, tienen cosas en común como son:

1. El uso de sensores dedicados, o agrupados para recolectar de la información ambiental que afecta la planta.
2. Se enfocan en el procesamiento y/o la presentación de los datos obtenidos por los sensores.
3. El procesamiento de los datos recolectados es basado en reglas de inferencia, o la comunicación con otro dispositivo.
4. Se muestra que la interfaz Bluetooth y el uso de aplicaciones móviles podría ser una tendencia o camino para el desarrollo de trabajos futuros asociados al seguimiento de variables ambientales y al control de las mismas en plantas.

Pero también se pueden destacar ciertas limitaciones en dichos trabajos como son:

1. No tienen memoria, por lo tanto se utiliza únicamente la información que detecta el sensor en un instante de tiempo.
2. En la mayoría de los trabajos consultados para conocer la información detectada por los sensores requiere la presencia física del observador, o en el mejor caso utilizan una conexión fija a un dispositivo de procesamiento (como lo puede ser una Raspberry) para conectarse a Internet y transmitir la información recolectada, lo cual sugiere una infraestructura rígida y no muy portable.
3. En el caso puntual **Xiaomi My Plant** ofrece características robustas en cuanto a su portabilidad, ya que es un sensor de tamaño reducido y alternativas para seguimiento presencial por medio de su aplicación móvil, o por el emparejamiento de un dispositivo Bluetooth de baja intensidad para seguimiento remoto, pero la comunicación con dicho dispositivo esta limitada a una sola conexión.

En ese sentido, el desarrollo de una aplicación móvil que se base en los enfoques más relevantes de los trabajos consultados y aborde las limitaciones de los mismos podría realizar una mejora considerable con respecto a la recolección y seguimiento de información ambiental asociada al cuidado de las plantas y/o cultivos agrícolas.

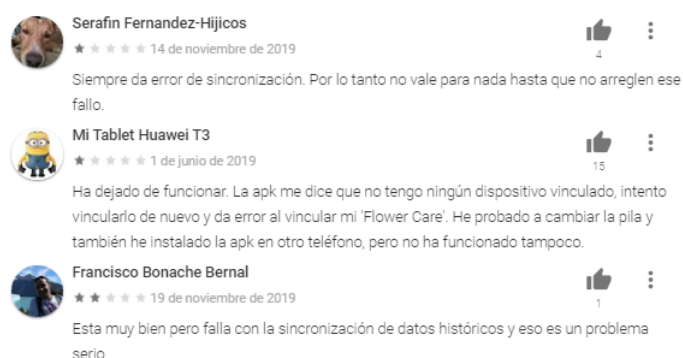
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la revisión de trabajos existentes orientados a la combinación del Internet de las Cosas, el uso de teléfonos inteligentes y el desarrollo de aplicaciones móviles asociado al seguimiento de las condiciones ambientales para el cuidado de las plantas, el proyecto más destacado es **Xiaomi My Plant** en términos de simplicidad en el diseño, conectividad y alcance.

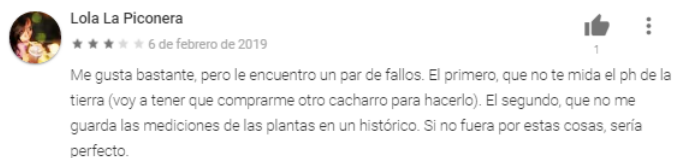
Además de las limitaciones mencionadas en la sección anterior, y luego de realizar una revisión rápida a los comentarios de usuarios que han interactuado con la aplicación móvil **Flower Care** como los muestra la figura 4 se deben considerar los siguientes aspectos en el desarrollo del prototipo:

1. Resolver los posibles errores de sincronización entre el teléfono y la aplicación que no permiten establecer la comunicación con el dispositivo.
2. Reestructurar el uso del GPS, dado que no todos los usuarios están interesados en conocer la ubicación espacial y se consume mayor energía al utilizar esa característica.

3. La inclusión de un módulo para la revisión del histórico de datos recolectados por los sensores utilizando canales de comunicación multidireccionales permite que un mensaje recibido por un receptor pueda ser respondido al emisor, o inclusive reenviado a otros receptores [17] como lo muestra en la figura 5



(a) Errores de funcionamiento



(b) Mejoras

Figura 4: Comentarios de usuarios de la aplicación Flower Care [4].

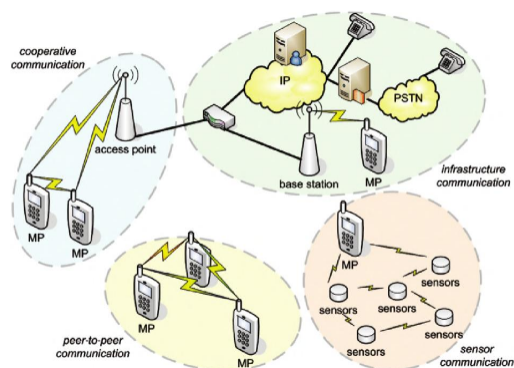


Figura 5: Formas de comunicación de un teléfono inteligente [5]

Adicionalmente, la aplicación se implementara utilizando una de las tendencias para el desarrollo de aplicaciones móviles más populares usadas en la interacción entre teléfonos inteligentes o tabletas y sensores con interfaz Bluetooth [18] entre ellas:

- Aplicaciones nativas en sistemas operativos Android o iOS.

- Aplicaciones multiplataforma.
- Aplicaciones web embebidas.

1.2 FORMULACIÓN DE PREGUNTA COMO SOLUCIÓN PROPUESTA

¿Cuales son las características de una aplicación móvil para el seguimiento remoto de las condiciones ambientales asociadas a los cultivos agrícolas?

1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1. ¿Qué conjunto de tecnologías y dispositivos se requieren para desarrollar la aplicación?
2. ¿Cuál es el diseño de la solución de software?
3. ¿Cómo elaborar el prototipo de la aplicación móvil?
4. ¿Cómo se validará el prototipo?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Construir una aplicación móvil para el seguimiento remoto de las condiciones ambientales asociadas al cuidado de las plantas y/o cultivos agrícolas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar conjunto de tecnologías y dispositivos que se requieren para desarrollar la aplicación por medio de pruebas de concepto.
- Construir el prototipo funcional de la aplicación móvil utilizando metodologías ágiles.
- Validar la funcionalidad del prototipo con usuarios finales por medio de encuestas.

3 JUSTIFICACIÓN

La modernización tecnológica y la búsqueda de formas mas eficientes para optimizar un proceso, en este caso agrícola; hace que las iniciativas como la presente tengan un impacto en múltiples contextos, por ejemplo:

3.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Esta es quizá la razón mas interesante de este proyecto, puesto que la agricultura es el pilar de la economía de varias naciones [10] y en caso que la ejecución de este proyecto tenga resultado muy positivo podría contribuir al mejoramiento de los procesos agrícolas y hacer aportes considerables a la economía.

3.2 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

A pesar que existen otros trabajos e iniciativas que son usadas para la recolección y monitoreo de la información ambiental asociada a cultivos, el uso de aplicaciones móviles en temas agrícolas no es una práctica muy explorada en la academia y la industria. Por ello para la ejecución de este proyecto se pretende utilizar dispositivos existentes en el mercado para de una forma práctica recortar la brecha entre la academia y la industria.

3.3 JUSTIFICACIÓN PERSONAL

Identificar nuevas oportunidades de negocio y/o alternativas para la mejora procesos existentes mediante la combinación entre el Internet de las Cosas, el desarrollo de aplicaciones móviles, la computación en la nube y la programación reactiva.

Como lo muestra la figura 7 al conectar los dispositivos o sensores a internet, se podrían desarrollar componentes que permitan el control remoto del hogar por medio de aplicaciones móviles.

4.1.3 Agricultura inteligente “Smart Agriculture”

Es una tendencia en el desarrollo e implementación de tecnologías de la información y comunicaciones en el sector agrícola cuya finalidad es la modernización de los métodos tradicionales de agricultura, mediante el aprovechamiento de la automatización y las oportunidades que ofrece el *Internet de las Cosas* para optimizar el rendimiento de los cultivos [10], basándose en la inclusión de diversos dispositivos (sensores) que capturan la información ambiental para su respectivo análisis, procesamiento, y toma de decisiones [11].

4.1.4 Raspberry Pi

En esencia un Raspberry Pi es un dispositivo que podría decirse es un ordenador de placa reducida (mini computador) de muy bajo costo al cual se le pueden dar diferentes usos y soporta múltiples lenguajes de programación como lo son Python, C, Ruby, Java y Pearl entre otros. Además cuenta con una serie de conectores que ofrecen compatibilidad con varios dispositivos, lo cual es muy popular entre la comunidad de desarrolladores de microcontroladores ya que ofrece una alta capacidad de procesamiento y su integración con otros dispositivos electrónicos es muy sencilla [21].

4.1.5 Event Sourcing

Aunque hay autores que lo definen como una arquitectura y otros tan solo como un patrón; coinciden en que es una forma de desarrollar software orientada a eventos, la cual se centra en la ejecución de los eventos asociados a los cambios en el estado de una aplicación [22].

4.1.6 Programación orientada a objetos

Es un paradigma en el que la abstracción esta centrada en objetos, donde un objeto es la representación de algun elemento en la realidad o de la aplicación agrupando sus características, relaciones e interacciones con otros objetos [23].

4.1.7 Programación Funcional Reactiva

Teniendo en cuenta que la programación reactiva es una práctica que permite manipular secuencias de eventos y/o datos asíncronos [24]; y la programación funcional se basa el uso de funciones matemáticas soportándose en la declaración y uso de funciones determinísticas que no tienen efectos secundarios [23]. Por lo tanto la programación funcional reactiva permite hacerle tratamiento a secuencias de eventos y/o datos utilizando un punto de vista funcional [24].

4.1.8 Aplicaciones móviles multiplataforma

Al hablar de aplicaciones móviles multiplataforma se pueden identificar tres tendencias:

1. Soportada en tecnologías como Ionic o Phongap para crear aplicaciones móviles nativas a partir de la inyección de una aplicación web la cual se compone de Html5, Css y Javascript [25].
2. Basada en el uso frameworks como Xamarin, React Native, y Flutter para la escritura de aplicaciones multiplataforma, ya que compila a código nativo [26].
3. Utilizar aplicaciones web progresivas *PWA*.

4.1.9 Aplicación web progresiva “*Progressive Web Application (PWA)*”

Antes de abordar conceptos sobre *PWA* es necesario aclarar que **no es una PWA**; ya que según la literatura [27] una *PWA* no es:

- Un framework,
- una tecnología específica,
- un lenguaje de programación
- una aplicación nativa o híbrida.

Además una *PWA* agrupa conjunto de prácticas, técnicas y estrategias que le permiten a los desarrolladores web construir aplicaciones que brinden una experiencia de usuario similar a la que ofrecen las aplicaciones nativas [27].

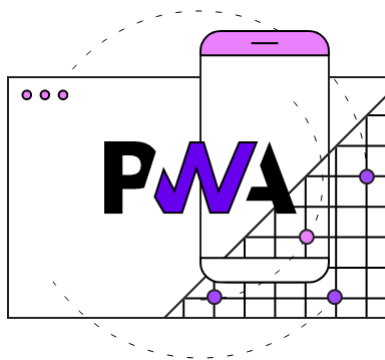


Figura 8: *PWA* desde un punto de vista multiplataforma [8]

. En una *PWA* a partir del mismo código fuente se pueden productos que interactúan desde una web, y desde una pseudo-aplicación muy similar a una aplicación nativa como lo resalta la figura 8, para ello la documentación [28] sugiere que debe cumplir unas características particulares, entre ellas:

- Tener un diseño adaptativo a cualquier resolución de pantalla *responsive*,
- incluir *service workers* para la ejecución de tareas en segundo plano entre ellas las notificaciones push y la actualización [29],
- debe proveer información básica para su instalación como lo es la versión, el icono, y el nombre de la aplicación,
- y quizá la más importante y es no olvidar que así parezcan aplicaciones nativas, no dejan de ser una aplicación web cuyos límites son las funcionalidades que soportan los navegadores plasmado en la figura 9.

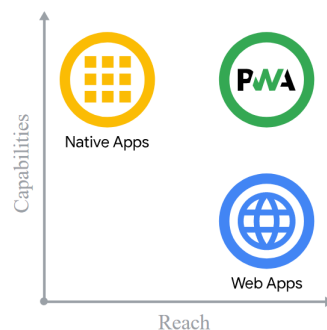


Figura 9: Capacidades vs alcance entre las aplicaciones PWA, nativas y web [9]

4.2 ANTECEDENTES

4.2.1 IoT based Smart Agriculture

En este proyecto se presenta un modelo para hacer seguimiento y control de las condiciones ambientales de un cultivo utilizando nodos como se puede ver en la figura 10 encargados de:

- **Nodo de control de humedad**, encargado de recibir información ambiental en tiempo real y alterarla si se requiere, por ejemplo controlar la apertura y cierre de las válvulas de agua.
- **Nodo de sensores**, se encarga de recolectar la información que proveen los sensores de humedad y temperatura, y su envío al nodo de control de humedad.
- **Nodo del robot basado en coordenadas GPS** Es el encargado de la vigilancia del cultivo, puesto que esta equipado con una *Raspberry Pi* que esta conectada dispositivos como sirenas para repeler animales, sensores de movimiento y detección de obstáculos, además de una cámara que permite la vigilancia remota ya que este robot puede ser controlado a través de una conexión a Internet.

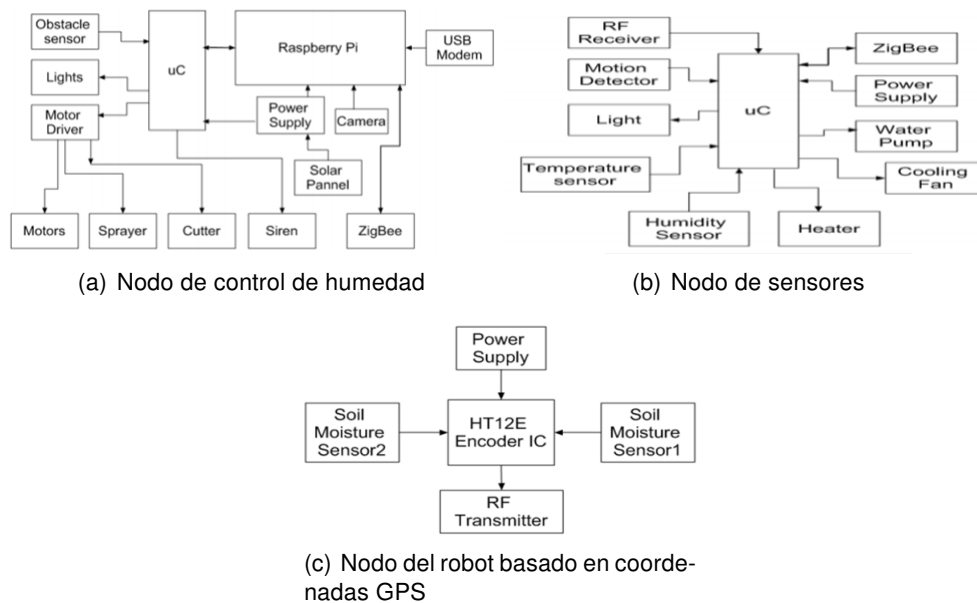


Figura 10: Diseño del modelo de seguimiento basado en los nodos [10].

4.2.2 Multidisciplinary Model for Smart Agriculture using Internet-of-Things (IoT), Sensors, Cloud-Computing, Mobile-Computing and Big-Data Analysis

En este proyecto se presenta el diseño de la arquitectura para un ecosistema agrícola como se muestra en la figura 1 y el uso de múltiples sensores conectados a un dispositivo **BeagleBone Black** (similar a una Raspberry Pi) encargado de consolidar y transmitir la información obtenida por los sensores a un repositorio de datos dedicado a analizar y procesar los datos para la toma de decisiones como lo muestra la figura 11.

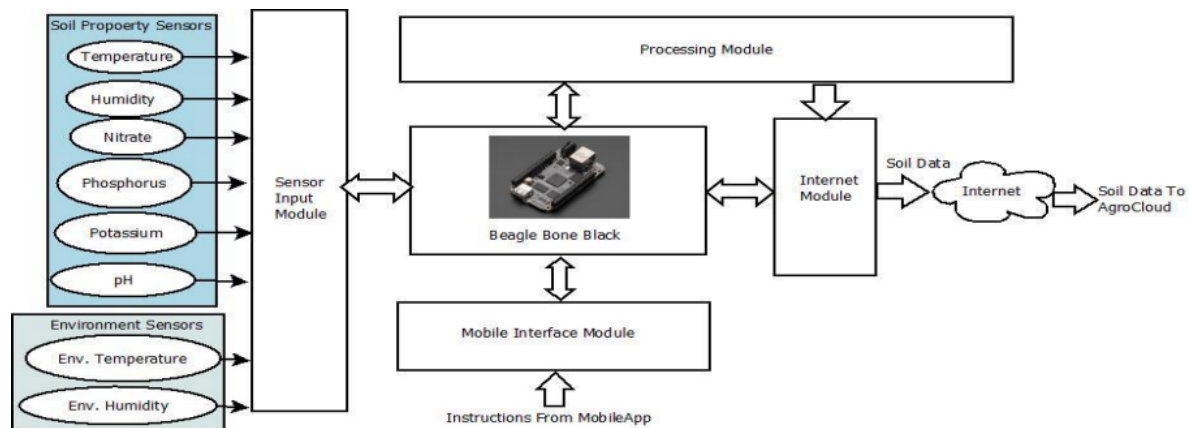


Figura 11: Diseño detallado del módulo para la recolección de datos ambientales [1]

4.2.3 IOT Based Smart Agriculture Monitoring System

En este proyecto se documenta el diseño de un micro-controlador encargado de recibir la señal de diferentes sensores por medio de la interfaz de comunicación bidireccional RS-232 para enviar alertas al agricultor a través de una aplicación móvil como se puede ver en la figura 12.



Figura 12: Vista de la aplicación para recepción de notificaciones del micro-controlador descrito en [11]

4.3 MARCO TEMPORAL

El proyecto será desarrollado durante 6 meses a partir del mes de mayo hasta el mes de octubre del año 2020.

5 METODOLOGÍA

Fase	Método	Objetivo Específico	Actividades	Resultado
Contexto	Análisis de literatura	Seleccionar conjunto de tecnologías y dispositivos que se requieren para desarrollar la aplicación	Revisión de los sensores disponibles en el mercado	Identificar las variables ambientales sobre las cuales se realizara la recolección de datos
Análisis	Análisis de literatura	Seleccionar conjunto de tecnologías y dispositivos que se requieren para desarrollar la aplicación	Prueba de concepto	Determinar la infraestructura que respaldara el funcionamiento de la aplicación
Análisis	Análisis de literatura	Seleccionar conjunto de tecnologías y dispositivos que se requieren para desarrollar la aplicación	Realización de pruebas de concepto	Determinar con qué tecnología se implementara el prototipo de la aplicación móvil
Análisis	Documentación lluvia de ideas (brainstorming)		Registrar todas las funcionalidades que podría tener la aplicación	Definir y priorizar las funcionalidades que constituyen el prototipo
Diseño	Documentación	Documentar el diseño de la solución	Definición de las componentes que constituyen la solución	Construir el diagrama de arquitectura de la solución
Implementación	Desarrollo	Construir el prototipo funcional de la aplicación móvil	Usar la metodología de desarrollo de software <i>Scrum</i> , realizando un proceso incremental por iteraciones	El prototipo con la implementación de funcionalidades definidas
Pruebas	Documentación	Validar la funcionalidad del prototipo con usuarios finales	Registrar las observaciones realizadas por los usuarios finales a través de una encuesta	Consolidar los resultados de las evaluaciones de los usuarios
Retroalimentación	Documentación	Registrar las lecciones aprendidas, trabajos futuros y mejoras a la aplicación	Documentar el resultado del proyecto de investigación	Registrar las lecciones aprendidas, trabajos futuros y mejoras a la aplicación

Tabla 1: Metodología del proyecto de investigación

6 IMPACTO Y RESULTADOS ESPERADOS

Dimensión	Item Colciencias	Elemento tangible
Generación de conocimiento	Producción Bibliográfica. Artículo.	Un (1) artículo de resultados del proyecto y lecciones aprendidas.
	Producción técnica y tecnológica.	Un (1) artículo que contenga el diseño de la solución.
Apropiación social del conocimiento.	Circulación de conocimiento Especializado. Evento Científico.	Un (1) artículo de resultados del proyecto y lecciones aprendidas.

Tabla 2: Impacto y resultados esperados del proyecto de investigación

7 TIEMPOS Y RECURSOS

Las siguientes estimaciones de tiempos y costos están sujetas a ajustes puesto que corresponden a una estimación de alto nivel por lo tanto no se contemplan los imprevistos.

7.1 CRONOGRAMA

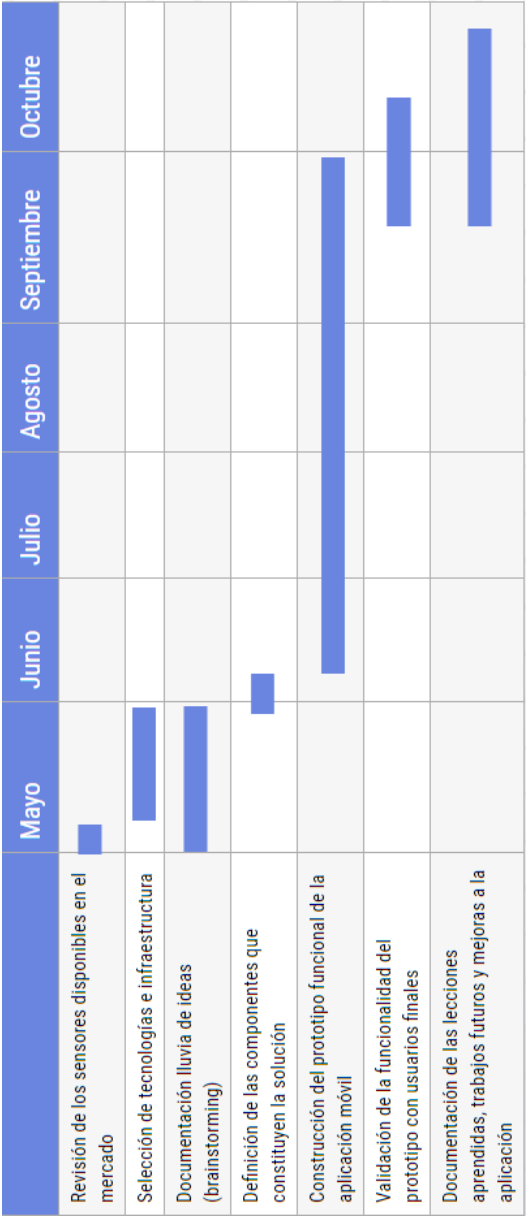


Figura 13: Cronograma del actividades del proyecto de investigación

7.2 RECURSOS Y PRESUPUESTO

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total concepto
Tutor	Horas	100	150000	15000000
Tesista	Horas	400	80000	32000000
Publicación	Publicación	1	2500000	2500000
Ponencia	Inscripción a evento / Viaje Ponencia	1	14000000	14200000
Equipo	Computador	1	2500000	2500000
Equipo	Teléfono inteligente	1	1500000	1500000
Equipo	Sensores	5	45000	225000
Equipo	Tableta	1	450000	450000
Software	Contratación de proveedores	1	3000000	3000000
Papelería	Impresión de documentos	10	50000	500000
Otros	Otros gastos			300000
			Costo total	72075000

Tabla 3: Recursos y presupuesto del proyecto de investigación en pesos colombianos COP

8 ALCANCE Y LIMITACIONES

8.1 ALCANCE

Este proyecto pretende aportar una solución de software que se constituya como una fuente de datos confiable, importante y útil para la administración de cultivos en ambientes controlados. Por lo tanto es pertinente aclarar y resaltar que:

- Para el desarrollo del prototipo no se incluirá la publicación en tiendas como lo son *Play Store* y *App Store*.
- En condiciones idóneas sería de gran valor tener todas las variables ambientales que interactúan directa e indirectamente sobre el objeto de estudio, pero teniendo en cuenta que tanto el rendimiento de la aplicación y los costos de infraestructura se podrían ver afectados considerablemente, se recolectará únicamente la información que provea alguno de los dispositivos dedicados a esa labor y que estén disponibles en el mercado.
- No se hará ningún tipo de análisis, clasificación o tratamiento a los datos recolectados ya que el prototipo se limita a la presentación de la información y únicamente se realizarán las transformaciones respectivas para cumplir con ese fin.

8.2 LIMITACIONES

Entre los diversos factores que pueden presentarse en el desarrollo y ejecución de una solución tecnológica; las siguientes son de gran relevancia y alto impacto para la ejecución de este proyecto, por lo tanto es necesario considerar:

- *La cobertura y velocidad del canal de comunicaciones.* Teniendo en cuenta que si falla o no funciona adecuadamente; el producto de software no tendrá el resultado y/o el impacto esperado.
- *La capacidad de almacenamiento y procesamiento los dispositivos es limitada.* Por lo tanto no se guardarán registros ambientales en la memoria del dispositivo donde se instale el prototipo y la aplicación será compatible con los teléfonos que se determinen en la fase de diseño e implementación.

REFERENCIAS

- [1] H. Channe, S. Kothari, and D. Kadam, "Multidisciplinary model for smart agriculture using internet-of-things (iot), sensors, cloud-computing, mobile-computing and big-data analysis," *Hemlata Channe et al, Int.J.Computer Technology and Applications*. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/e914/d431520f4cb60b9d80b123f7d43782c1aba8.pdf>
- [2] "Lua," 2019. [Online]. Available: <https://mu-design.lu/lua#lua-intro>
- [3] "Xiaomi mi plant flowers." [Online]. Available: <https://xiaomiencasa.com/gadgets/domotica/xiaomi-mi-plant-flowers.html>
- [4] Beijing HHCC Plant Technology Co Ltd, "Flower care." [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.huahuacaocao.flowercare&hl=es&showAllReviews=true>
- [5] F. H. P. Fitzek and F. Reichert, *Mobile Phone Programming: and its Application to Wireless Networking*. Springer, 2007. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=jgEVcfOdQilC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [6] R. C. Poonia, X.-Z. Gao, L. Raja, S. Sharma, and S. Vyas, *Smart Farming Technologies for Sustainable Agricultural Development*. IGI Global, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=nG5IDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [7] M. Miller, *My Smart Home for Seniors*. AARP Real Possibilities, 2017. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=zqMoDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [8] "Progressive web apps," 2020. [Online]. Available: <https://web.dev/progressive-web-apps/>
- [9] S. Richard and P. LePage, "What are progressive web apps?" 2020. [Online]. Available: <https://web.dev/what-are-pwas/>
- [10] N. Gondchawar and R. S. Kawitkar, "Iot based smart agriculture," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*. [Online]. Available: <http://www.kresttechnology.com/krest-academic-projects/krest-major-projects/ECE/BTech%20Major%20ECE%20EMBEDDED%202016-17/Btech%20ECE%20Embedded%20Major%20BP%202016-17/3.%20Automated%20Irrigation%20System%20In%20Agriculture.pdf>
- [11] N. Suma, S. Rhea Samson, S. Saranya, G. Shanmugapriya, and R. Subhashri, "Iot based smart agriculture monitoring system," *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/278f/384d0db82009073cde01d3588ac77e45986a.pdf>
- [12] F. Engels, "El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre."

- [13] K. Educación, “La revolución industrial en inglaterra, fin del siglo xviii y principios del siglo xix,” in *Historia Universal Siglo XVIII y XIX*, 2017.
- [14] J. M. Figueres, “Reinventando la agricultura en américa latina,” *El papel de la tecnología en la reinención de la agricultura en América Latina*. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=5cEqAAAAAYAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [15] G. Fortino and P. Trunfio, *Internet of Things Based on Smart Objects. Technology, Middleware and Applications*. Springer, 2019. [Online]. Available: https://books.google.com.co/books?id=G1pFAwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=internet+of+things&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjzWMWzvd_oAhUEZN8KHZDjBdMQ6AEINDAB#v=onepage&q=internet%20of%20things&f=false
- [16] “[review] mi plant flower care ¡el sensor para cuidar tus plantas!” 2018. [Online]. Available: <https://c.mi.com/thread-926372-1-0.html>
- [17] J. Villar Rodríguez, *Gestión y planificación de redes sociales profesionales: Todo lo que debes saber para gestionar correctamente redes sociales corporativas*. Deusto, 2016. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=k4OeDAAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [18] K. Townsend, C. Cufí, Akiba, and R. Davidson, *Getting Started with Bluetooth Low Energy: Tools and Techniques for Low-Power Networking*. O'Reilly, 2014.
- [19] N. Tesla, *Colliers Magazine*, 1926.
- [20] M. Kranz, *Internet of Things. Construye nuevos modelos de negocio*. Ediciones de la U, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=tqE0DwAAQBAJ&pg=PT73&dq=mas+dispositivos+conectados+a+internet+que+personas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjN6emD8-DoAhWOG-AKHUJbC-EQ6AEISjAE#v=onepage&q=mas%20dispositivos%20conectados%20a%20internet%20que%20personas&f=false>
- [21] E. López Aldea, *Raspberry Pi Fundamentos y Aplicaciones*. Ra-Ma, 2017. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=mo6fDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [22] M. Fowler, “Event sourcing,” 2005. [Online]. Available: <https://martinfowler.com/eaDev/EventSourcing.html>
- [23] M. McBride, *Functional Programming in Python*. Axlesoft Ltd, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=PPXADwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [24] N. Singh, *Reactive Programming with Swift 4: Build asynchronous reactive applications with easy-to-maintain and clean code using RxSwift and Xcode 9*. Packt, 2018. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=ZOIODwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [25] E. Blasco Blanquer, *Desarrollo de Aplicaciones IOS con SWIFT*. Ra-Ma, 2016. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=Zo6fDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

- [26] R. Payne, *Beginning App Development with Flutter: Create Cross-Platform Mobile Apps*. Apress, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.com.co/books?id=Zo6fDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [27] D. Sheppard, *Beginning Progressive Web App Development: Creating a Native App Experience on the Web*. Apress, 2007. [Online]. Available: https://books.google.com.co/books?id=9_RADwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false
- [28] A. Russell, "Progressive web apps: Escaping tabs without losing our soul," 2015. [Online]. Available: <https://infrequently.org/2015/06/progressive-apps-escaping-tabs-without-losing-our-soul/>
- [29] M. Gaunt, "Introducción a los service workers," 2019. [Online]. Available: <https://developers.google.com/web/fundamentals/primers/service-workers?hl=es>