

Universidad Siglo 21



Licenciatura en Informática

Trabajo final de graduación

Sistema de información de apoyo a las decisiones en la agricultura de precisión basado en redes de sensores remotos y herramientas de sistemas de información geográfica (SIG).

Alumno: Carlos Andrés Odiard

Legajo: VINF0974

DNI: 23.660.070

Año 2020

Resumen

Este trabajo presenta la problemática asociada al cambio climático y la necesidad urgente de un aumento en la producción de alimentos, debido al crecimiento de la población mundial. Para abordar la problemática mencionada, se realizó un exhaustivo relevamiento incluyendo análisis de documentación y entrevistas al personal técnico de la Dirección de Contingencias Climáticas de la Provincia de Mendoza, para obtener los requerimientos y diseñar un prototipo de sistema que nos permite utilizar las tecnologías disponibles de redes de sensores remotos, caracterizados por un mínimo consumo de energía y poder funcionar condiciones adversas, para realizar un monitoreo y análisis de las variables meteorológicas, fisiológicas de los cultivos y de su entorno para tomar decisiones que permitan aumentar la productividad de los cultivos. Las variables se proyectan sobre el terreno por intermedio de sistemas de información geográficos utilizando herramientas y modelos de pronóstico meteorológico, cosecha, enfermedades y pestes. Todo esto con la premisa de que la información y protocolos son de libre uso. Facilitando crear una comunidad que comparta su información en forma cooperativa para contribuir al desarrollo de prácticas de agricultura intensiva.

Palabras Clave: clima, agricultura, productividad, medición, alimentos.

Abstract

This work presents the problems associated with climate change and the urgent need for an increase in food production, due to the rise in world population. To address this problem, we carried out an exhaustive research, including documentation analysis and interviews with technical staff of the Dirección de Contingencias Climáticas de la Provincia de Mendoza, to obtain the requirements and design a prototype system that allows us to use the available technologies of remote sensors network, devices characterized with a low power consumption and able to work in adverse conditions, to monitor and analyze the meteorological, physiological variables of crops and their environment to make decisions that increase the crop's productivity. The variables are projected onto the ground through Geographic Information Systems implementing tools and forecast models of weather conditions, harvest, diseases and pests with the premise that the information and protocols are free to use. All this contribute to create a community that share the information in a cooperative way and contribute to the development practices of intensive agriculture.

Keywords: weather, agriculture, productivity, measurement, food.

Índice

Título.....	7
Introducción	7
Antecedentes	8
Descripción del área problemática	9
Justificación	9
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
Marco teórico	11
Dominio del problema.....	14
Actividad del cliente	15
TICs	16
Competencias.....	18
Diseño metodológico	21
Relevamiento.....	24
Relevamiento estructural.....	24
Relevamiento funcional.....	25
Relevamiento de documentación	27
Proceso de Negocio.....	28
Diagnóstico y propuesta.....	28
Objetivos, Límites y Alcances del Prototipo	32
Objetivos del prototipo	32
Límites	32
Alcance	32
No contempla	32

Descripción del sistema.....	33
Requerimientos funcionales.....	33
Requerimientos no funcionales	33
Diagrama de Casos de uso	34
Descripción de Casos de uso	35
Diagrama de colaboración de análisis.....	47
Diagrama de clases.....	48
Diagrama de entidad-relación.....	49
Prototipos de interfaces de pantallas	50
Diagrama de despliegue.....	54
Seguridad.....	55
Acceso a la aplicación.....	55
Políticas de respaldo de la información	56
Análisis de costos	58
Costos de desarrollo.....	58
Costos de Hardware y Servicios	58
Análisis de riesgos	63
Conclusiones.....	67
Demo	67
Referencias.....	68
Anexos	71
Documentación	71

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 - El Protocolo LoRaWAN	14
Ilustración 2 - Estaciones del SMN	20
Ilustración 3 - Diagrama de Gantt Parte 1	22
Ilustración 4 - Diagrama de Gantt Parte 2	23
Ilustración 5 - Organigrama	25
Ilustración 6 - Proceso de negocio.	28
Ilustración 7 - Diagrama general de caso de uso.....	34
Ilustración 8 - Diagrama caso de uso gestionar dispositivos remotos.....	35
Ilustración 9 - Diagrama caso de uso gestionar propiedades.	37
Ilustración 10 - Diagrama caso de uso gestionar alertas.....	39
Ilustración 11 - Diagrama caso de uso visualizar panel de control y SIG.	41
Ilustración 12 - Diagrama caso de uso gestionar datos.....	43
Ilustración 13 - Diagrama caso de uso visualizar metadatos.	45
Ilustración 14 - Diagrama de colaboración de análisis.....	47
Ilustración 15 - Diagrama de Clases.....	48
Ilustración 16 - Diagrama de Entidades Relación.....	49
Ilustración 17 - Prototipo de interface de pantallas – Pantalla de acceso.....	50
Ilustración 18 - Prototipo de interface de pantallas – Registrar Usuarios.	50
Ilustración 19 - Prototipo de interface de pantallas – Administrar dispositivos.....	51
Ilustración 20 - Prototipo de interface de pantallas – Administrar dispositivos.....	51
Ilustración 21 - Prototipo de interface de pantallas – Administrar propiedades.	52
Ilustración 22 - Prototipo de interface de pantallas – Panel de control y SIG A.	52
Ilustración 23 - Prototipo de interface de pantallas – Panel de control y SIG B.	53
Ilustración 24 - Diagrama de despliegue.	54

Índice de tablas

Tabla 1 - Descripción de Casos de Uso - Gestionar dispositivos remotos.....	36
Tabla 2 - Descripción de casos de uso – Gestionar propiedades.	38
Tabla 3 - Descripción de casos de uso – Gestionar alertas.	40
Tabla 4 - Descripción de casos de uso - Visualizar panel de control.	42
Tabla 5 - Descripción de casos de uso - Gestionar datos.	44
Tabla 6 - Descripción de casos de uso - Visualizar metadatos.	46
Tabla 7 - Análisis de riesgos.....	66

Título

Sistema de información de apoyo a las decisiones en la agricultura de precisión basado en redes de sensores remotos y herramientas de sistemas de información geográfica (SIG).

Introducción

Con este trabajo se logró brindar información en tiempo real para la toma de decisiones en el proceso de producción agrícola intensiva utilizando información de sensores remotos y herramientas de sistemas de información geográficos (SIG), teniendo como premisa que los dispositivos remotos deben tener muy bajo consumo de energía, alimentados solamente con una batería y un pequeño panel solar para cubrir distancias de transmisión de los datos de hasta 15 kilómetros hasta un nodo, en el que se transmiten los datos a los servidores, vía internet para su almacenamiento, procesamiento y visualización en un panel de mando, que forma parte de un SIG y que le permite al administrador tomar decisiones en tiempo real para optimizar la producción, mitigando los daños por inclemencias climáticas, plagas y enfermedades y a su vez reducir el consumo de agua, fertilizantes, tratamientos químicos y combustibles.

Para lograr lo mencionado anteriormente, se tuvo que investigar, integrar y hacer pruebas sobre la tecnología disponible actualmente en el mercado y que es posible utilizar o modificar lo existente aprovechando las grandes ventajas del desarrollo de dispositivos de hardware libre y software libre.

Este trabajo se desarrolló en el ámbito de la Dirección de Contingencias Climáticas, dependiente del Ministerio de Energía y Producción de la Provincia de Mendoza para proveer a los productores de la provincia de Mendoza de las herramientas necesarias teniendo en cuenta que el agua que cada vez es más escasa en un contexto de cambio climático

Antecedentes

De acuerdo a los datos provistos por The Food and Agriculture Organization (FAO) en el foro How to feed the world by 2050, realizada en el año 2009. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2009):

Se estima que la población mundial llegará a los 9100 millones de habitantes. Este incremento de la población acelerará el crecimiento de las grandes urbes y el 70 por ciento de la población vivirá en zonas urbanas. Para poder alimentar a esta gran cantidad de población urbana y también producir biocombustibles, se deberá incrementar la producción agrícola en un 70 por ciento.

Según (Sumpi Viñas, 2012)

“El 90% (80% en los países en desarrollo) del incremento de la producción de alimentos procederá del aumento de los rendimientos de los cultivos, y solo un 10% (20% en los países en desarrollo) procederá del aumento de la superficie cultivada. La dispar evolución de la población mundial y de la superficie agraria total provocará que la superficie agraria por habitante disminuya de 4.3 hectáreas por habitante en 1960 a 2.6 hectáreas por habitante en 2010 y 1.5 hectáreas por habitante en 2050.”

Teniendo en cuenta esta proyección de una creciente demanda de alimentos, debida al aumento de la población mundial y la imposibilidad física de ampliar las zonas cultivables, como la pérdida parcial de la producción a causas naturales como las heladas tardías, granizo, viento y enfermedades específicas de los cultivos es apremiante la necesidad de implementar la agricultura de precisión.

La Sociedad Internacional de Agricultura de Precisión (International Society of Precision Agriculture, s.f.) la define como:

La Agricultura de Precisión es una estrategia de gestión que recoge, procesa y analiza datos temporales, espaciales e individuales y los combina con otras informaciones para respaldar las decisiones de manejo

de acuerdo con la variabilidad estimada, y así mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola.

Para llevar a cabo estas actividades, debemos hacer uso de tecnologías que nos permitan recolectar datos de los cultivos, suelo y meteorológicos con dispositivos de bajo costo, muy bajo consumo eléctrico y que puedan enviar la información a gateways o pasarelas que se encuentran físicamente a varios kilómetros de distancia, los que se encargan de reenviar la información vía internet al servidor, donde se deben clasificar, verificar la calidad, integrar y presentar de una forma ordenada y útil para la toma de decisiones en tiempo real por medio de paneles de control y sistemas de información geográficos.

Descripción del área problemática

Las nuevas tecnologías de sensores remotos se encuentran disponibles al público, pero por lo general solamente para los productores que adquieren los dispositivos, y no se encuentran integrados regionalmente para poder utilizar la información generada por toda la comunidad en la toma de decisiones, por lo que es necesaria la implementación de un sistema integre toda la información disponible y hacer que sea accesible de forma libre y gratuita para poder implementar la agricultura de precisión.

Justificación

La implementación del prototipo permite llevar a cabo la agricultura de precisión, logrando aumentar la producción agrícola y reducir el uso de insumos, con su correspondiente costo económico y ambiental.

Se implementó una red de sensores remotos, que dado las condiciones específicas de la agricultura deben sensar y transmitir la información a distancias de hasta 15 kilómetros, para lo cual se implementó la transmisión de radiofrecuencia en la banda no licenciada libre de 915 megahertz utilizando dispositivos con tecnología LoRa.

De acuerdo al fabricante de dispositivos Semtech (Semtech, 2020) lo define como:

LoRa (abreviatura de largo alcance, Long Range en inglés) es una técnica de modulación de espectro extendido derivada de la tecnología de espectro extendido de chirp (CSS). Los dispositivos LoRa y la tecnología de radiofrecuencia inalámbrica cuyo propietario es Semtech son una plataforma inalámbrica de largo alcance y baja potencia que se ha convertido en la tecnología de facto para las redes de Internet de las cosas (IoT) en todo el mundo.

Los datos están disponibles en tiempo real, y al ser una red de sensores se representa en paneles de control en forma resumida y para poder representarla distribuida en forma temporal y espacial se utilizaron herramientas de sistemas de información geográficos obteniendo una interpretación visual de la información, la cual pueden ser consultada vía web tanto desde computadoras de escritorio como dispositivos móviles.

Para los casos puntuales de enfermedades o eventos meteorológicos se pueden adicionar módulos externos que proveen un pronóstico por medio de modelos numéricos, machine learning e inteligencia artificial.

Objetivo general

Presentar información en tiempo real para la toma de decisiones y aplicación de la agricultura de precisión en el proceso de producción agrícola utilizando información de redes de sensores remotos y sistemas de información geográficos.

Objetivos específicos

- Registrar información relevante del estado de los cultivos y su entorno usando sensores remotos.
- Calcular datos derivados a partir de modelos, contrastar, categorizar, validar e integrar la información obtenida para que sirva como insumo para la toma de decisiones en agricultura de precisión.

- Mostrar la información obtenida en tiempo real y geolocalizada permitiendo distintas formas de consulta y exportación de la información.

Marco teórico

Según (Boninsegna, 2014)

En Argentina, una de las regiones más vulnerables al Cambio Climático son los oasis productivos del centro-oeste. La actividad agrícola, industrial, la producción de hidroelectricidad y los asentamientos humanos dependen casi exclusivamente del agua proveniente de la fusión de la nieve y de los cuerpos de hielo que se encuentran en la Cordillera de los Andes. La variabilidad de las nevadas (y de los caudales de ríos) es alta, con años de abundancia y de escasez, aunque para la región su tendencia es a disminuir. El aumento de la temperatura, observable en las series instrumentales, es coherente con el aumento pronosticado debido al incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera.

Según (Díaz, Rodríguez, Dölling, Bertoni , & Smre, 2016):

Se observó la ocurrencia de sequías plurianuales simultáneas en áreas de gran extensión espacial, producto de la variabilidad climática. Esta información es de relevancia para la gestión de los recursos hídricos, pues usos tales como el abastecimiento humano, riego y producción energética, entre otros, pueden ser seriamente afectados por la ocurrencia de manera simultánea de sequías severas en cuencas que aportan a una región y zonas vecinas.

De acuerdo a los datos provistos por (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2009) en el foro How to feed the world by 2050, realizada en el año 2009:

Se estima que la población mundial llegará a los 9100 millones de habitantes. Este incremento de la población acelerará el crecimiento de las grandes urbes y el 70 por ciento de la población vivirá en zonas urbanas. Para poder alimentar a esta gran cantidad de población urbana y también producir biocombustibles, se deberá incrementar la producción agrícola en un 70 por ciento.

En la misma línea la (World Meteorological Organization, 2019) afirma que:

Los riesgos relacionados con la variabilidad del clima y el cambio climáticos han exacerbado la inseguridad alimentaria en muchos lugares, en particular África debido al impacto de las sequías, que aumentó el riesgo general de enfermedades o muertes relacionadas con el clima. Mayores temperaturas de la superficie del mar ponen en peligro la vida marina y ecosistemas en peligro de extinción.

Las temperaturas más altas amenazan con socavar el desarrollo a través de impactos adversos en el producto interno bruto (PIB) en los países en vías de desarrollo.

Por su parte (Jin, Yajie, Yingcong, & Qihui, 2018) afirman que:

En la actualidad, existen muchos estándares de comunicación inalámbrica en el mercado, que pueden ser divididos en comunicación inalámbrica de corta, media y larga distancia según distancia de transmisión, como Zigbee, Bluetooth, WiFi, GPRS. La distancia y velocidad de transmisión de ellos son proporcionales entre sí, y el consumo de energía también es proporcional a la distancia de comunicación. La tecnología LoRa lanzada por la compañía Semtech resuelve perfectamente el problema de distancia de transmisión y consumo de energía, que puede alcanzar largas distancias comunicación manteniendo un bajo consumo de energía.

En lo que respecta a LoRaWAN (Lora Alliance, 2020), especifica que LoRaWAN® es:

un protocolo de red de baja potencia y área amplia (LPWAN) diseñado para conectar de forma inalámbrica 'cosas' que funcionan con baterías a internet en redes regionales, nacionales o globales, y se dirige a los requisitos clave de internet de las cosas (IoT), como servicios de comunicación bidireccional, seguridad de extremo a extremo, movilidad y localización.

La arquitectura de red LoRaWAN se implementa en una topología de estrella de estrellas en la que las puertas de enlace retransmiten mensajes entre dispositivos finales y un servidor de red central. Las puertas de enlace están conectadas al servidor de red a través de conexiones IP estándar y actúan como un puente transparente, simplemente convirtiendo paquetes RF en paquetes IP y viceversa. La comunicación inalámbrica aprovecha las características de largo alcance de la capa física LoRa, lo que permite un enlace de un solo salto entre el dispositivo final y una o varias puertas de enlace.

La seguridad es una preocupación principal para cualquier implementación masiva de IoT y la especificación LoRaWAN® define dos capas de criptografía:

Una clave de sesión de red única de 128 bits compartida entre el dispositivo final y el servidor de red.

Una clave de sesión de aplicación única de 128 bits (AppSKey) compartida de extremo a extremo a nivel de aplicación.

Los algoritmos AES se utilizan para proporcionar autenticación e integridad de paquetes al servidor de red y encriptación de extremo a extremo al servidor de aplicaciones. Al proporcionar estos dos niveles, es posible implementar redes compartidas 'multiinquilino' sin que el operador de la red tenga visibilidad de los datos contenidos en la carga útil de los usuarios.

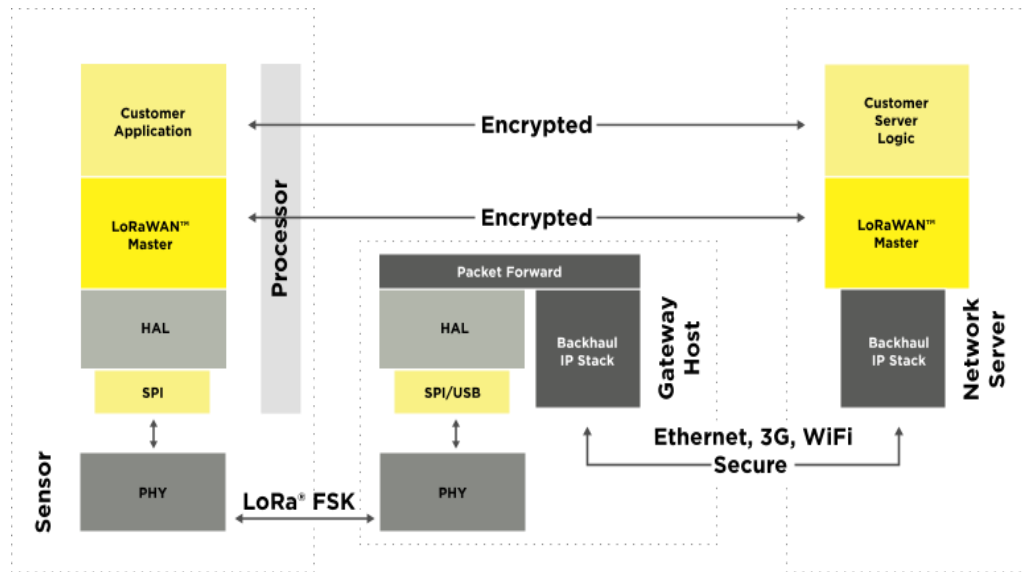


Ilustración 1 - El Protocolo LoRaWAN
Fuente: (Lora Alliance, 2020)

Dominio del problema

Según la Resolución N° 4653 del Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM), la Frecuencia de 915 Mhz, utilizada por los enlaces LORA se pueden utilizar libremente sin requerir autorización por parte de dicho organismo. (Ente Nacional de Comunicaciones - Poder Ejecutivo Nacional, 2019)

“ARTÍCULO 1°.- Dispóngase que las estaciones radioeléctricas que operen en las bandas 915 – 928 MHz, 2400 – 2483,5 MHz, 5150 – 5250 MHz, 5250 – 5350 MHz, 5470 – 5600 MHz, 5650 – 5725 MHz, 5725 – 5850 MHz y 57 – 71 GHz, en modalidad compartida y sin requerir autorización en conformidad con la Resolución N° 581- MM/2018, deberán respetar las condiciones y parámetros técnicos establecidos en el Anexo IF-2019-39048876- APN-DNPYC#ENACOM del GENERADOR ELECTRONICO DE DOCUMENTOS OFICIALES, que forma parte integrante, en un todo, de la presente Resolución.”

El software desarrollado será licenciado bajo la Licencia Pública General de GNU Versión 3.0 (Free Software Foundation, 2007)

¿Qué son los datos abiertos?

Según (Durán, 2019):

Los datos se consideran abiertos si pueden accederse, usarse, modificarse y compartirse libremente para cualquier propósito, estando sujetos a lo sumo a medidas que mantengan su autoría y apertura.

Para esto se requiere que los datos sean legalmente abiertos y técnicamente abiertos. Legalmente abiertos se refiere a que los datos estén en el dominio público o que tengan restricciones mínimas de uso. Técnicamente abiertos significa que los datos se publiquen en un formato que pueda ser leído por máquinas (machine readable) y de preferencia en un formato no propietario (formato abierto).

Actividad del cliente

La (Dirección de Contingencias Climáticas, 2015):

Es un organismo público dependiente del Ministerio de Energía y Producción, del Gobierno de Mendoza.

En su política de calidad reafirma su compromiso con las partes interesadas orientado a mejorar los resultados de las acciones tendientes a prevenir, asistir y disminuir los efectos de las contingencias climáticas optimizando el uso de los recursos humanos, económicos y tecnológicos, cumpliendo con los requisitos de la norma de calidad.

La planificación y la mejora continua de nuestros procesos nos permitirá optimizar el Sistema de Gestión de Calidad para:

- *Proteger la producción agrícola de la Provincia.*
- *Estimular el liderazgo y la participación del personal de la organización.*
- *Promover la investigación aplicada para la mejora continua del sistema.*

- *Efectuar estudios y estadísticas de agrometeorología para la toma de decisiones.*
- *Brindar información agrícola y agrometeorológica de utilidad para los productores y las partes interesadas.*

TICs

Dadas las necesidades de transmisión de datos, y que dichas redes funcionan sobre el conjunto de protocolos IPV4 en la actualidad se deberán aprovechar las posibilidades ofrecidas por dichos protocolos.

Según (VMWare, 2020):

La virtualización es el proceso de crear una representación basada en software (o virtual), en lugar de una física. La virtualización se puede aplicar a servidores, aplicaciones, almacenamiento y redes, y es la manera más eficaz de reducir los costos de las Tecnologías de la Información (TI) y aumentar la eficiencia

Ventajas de la virtualización

Puede aumentar la escalabilidad, flexibilidad y agilidad de las Tecnologías de la información y también genera ahorros importantes en los costos. Las cargas e implementaciones son más rápidas, mejorando el rendimiento, se reducen los costos de administración y consumo de energía y hardware, tiempos fuera de servicio por mantenimiento, recuperación en caso de catástrofes, entre otras ventajas.

Cloud Servers

Son servidores dedicados, que generalmente son máquinas virtuales en la nube, en las que sus recursos pueden ser modificados para ampliar o reducir sus prestaciones de acuerdo a las necesidades del usuario

Mysql

(MySQL TM, 2020) afirma que:

MySQL Es un administrador de bases de datos que provee interfaces SQL (Standard Query Language) para acceder los datos. La mayoría de las grandes organizaciones que crecen rápidamente, incluyendo Facebook, Google, Adobe, Alcatel Lucent y Zappos confían en MySQL para ahorrar tiempo y dinero impulsando sus sitios web de alto tráfico, sistemas comerciales críticos y software empaquetado.

Below you will find valuable resources including case studies and white papers that will help you implement cost-effective database solutions using MySQL.

Python

Python es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible.

Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma.

Es administrado por la Python Software Foundation. Posee una licencia de código abierto, denominada Python Software Foundation License,¹ que es compatible con la Licencia pública general de GNU a partir de la versión 2.1.1, e incompatible en ciertas versiones anteriores. (Comunidad Python Argentina, s.f.)

PHP

PHP es un lenguaje de código abierto muy popular y especialmente adecuado para el desarrollo web ya que puede ser incrustado en HTML. (PHP.net, 2020).

Bootstrap

Es el kit de herramientas o framework de código abierto más popular del mundo, el cual contiene componentes precompilados extensos y potentes complementos de JavaScript. (Bootstrap, 2020)

Javascript

JavaScript (JS) es un lenguaje de programación ligero, interpretado, o compilado justo-a-tiempo (just-in-time) con funciones de primera clase. Si bien es más conocido como un lenguaje de scripting (secuencias de comandos) para páginas web, es usado en muchos entornos fuera del navegador, tal como Node.js, Apache CouchDB and Adobe Acrobat. JavaScript es un lenguaje de programación basado en prototipos, multi-paradigma, de un solo hilo, dinámico, con soporte para programación orientada a objetos, imperativa y declarativa. (Mozilla, 2020)

Leaflet

Es una biblioteca de JavaScript de código abierto líder para mapas interactivos compatibles con dispositivos móviles. Con un peso de aproximadamente 38 KB de JS, tiene todas las características de mapeo que la mayoría de los desarrolladores necesitan. Leaflet está diseñado teniendo en cuenta la simplicidad, el rendimiento y la usabilidad. Funciona de manera eficiente en todas las principales plataformas de escritorio y móviles, se puede ampliar con muchos complementos, tiene una API hermosa, fácil de usar y bien documentada y un código fuente simple y legible al que es un placer contribuir. (LeafLet, 2019)

Competencias

Dentro de los sistemas disponibles en el mercado, la mayoría se ofrecen en interface web como software como servicio o SaaS (del inglés Software as a Service), que generalmente está disponible para los clientes, tanto del servicio pago como usuarios de equipamiento de su marca, o en otros casos son instituciones públicas que proveen acceso web a su información pública.

Se pueden enumerar los siguientes:

Fieldclimate.com

La empresa Pessl Instruments de Austria provee el servicio de FieldClimate <https://www.fieldclimate.com> a los clientes que han adquirido estaciones de su marca Metos.

Metos y Fieldclimate.com el sistema de gestión del riesgo Rentabilizando la Información - empleando sistemas de gestión del riesgo. La combinación de sistemas inalámbricos de monitorización en tiempo real con nuestra plataforma web profesional Fieldcliamte.com le ayudará a reducir el riesgo y mejorar su rentabilidad. (Metos, s.f.)

openweathermap.org

Se promocionan como:

Una empresa de TI con experiencia práctica en Big Data y tecnologías geoespaciales. Al igual que la mayoría de organizaciones privadas que proveen dichos servicios, tienen un esquema gratuito para un servicio básico y para mayor volumen de información tiene un esquema pago, al mismo tiempo nos ofrece una interfaz de programación de aplicaciones para enviar información y descargar información. También dentro de sus condiciones hay que aceptar que la información aportada para almacenar se utilice para otros fines, como por ejemplo, como datos de entrada para sus modelos de pronóstico. (Open Weather Org, s.f.)

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Sistema de Información y Gestión Agrometeorológico - Inta. Sistema utilizado por el INTA para su red de estaciones agrometeorológicas. En la página web muestra solamente los productos disponibles al público. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, s.f.)

Servicio Meteorológico Nacional

El principal componente del más importante programa de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), es el Sistema Mundial de Observación (SMO). Este sistema se compone de instalaciones terrestres, marítimas, aéreas y espaciales destinadas a la observación y medida de los distintos parámetros meteorológicos. El Servicio Meteorológico Nacional, en su carácter de miembro activo desde la fundación de la OMM y siguiendo las normas y procedimientos recomendados internacionalmente, ha diseñado y mantiene en operación una vasta red de estaciones meteorológicas en toda la extensión del territorio nacional. En el diseño de estas redes se han tenido en cuenta, en forma prioritaria, las necesidades nacionales de datos meteorológicos, tratando asimismo de contribuir en forma simultánea, al desarrollo de los programas internacionales en vigencia. (Servicio Meteorológico Nacional, s.f.)

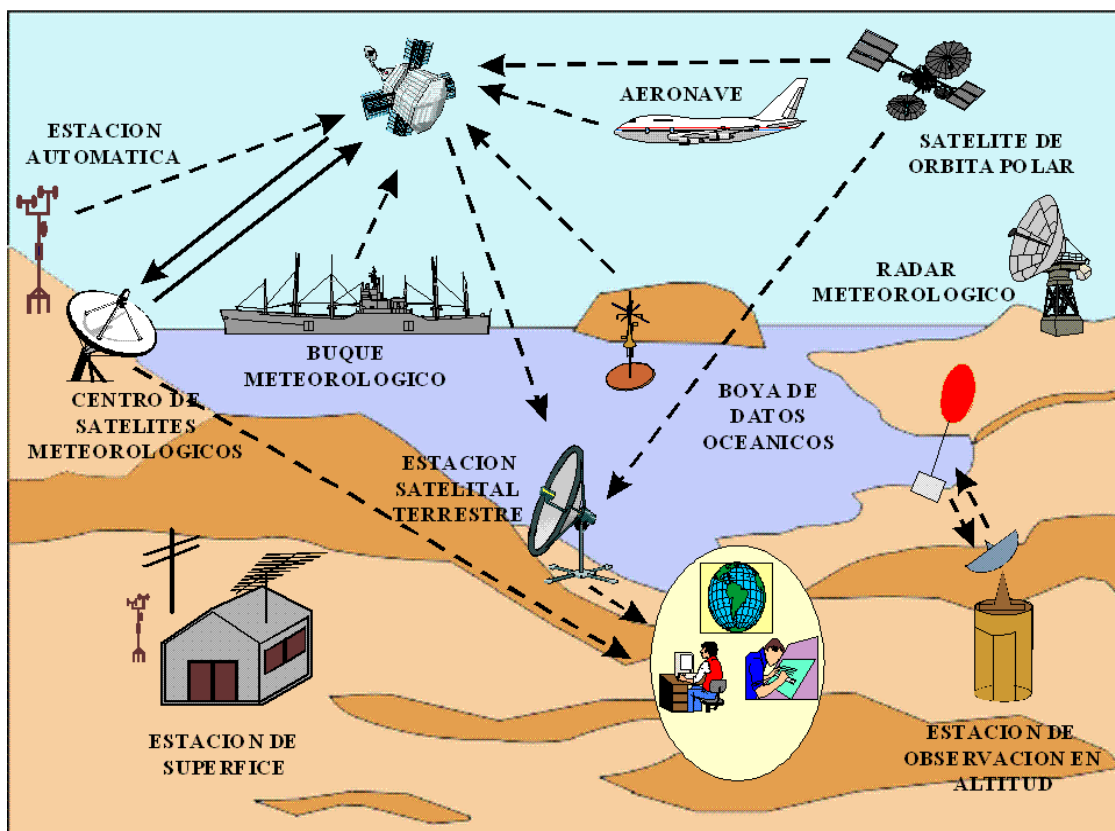


Ilustración 2 - Estaciones del SMN
Fuente: (Servicio Meteorológico Nacional, s.f.)

Diseño metodológico

Herramientas metodológicas

El proceso para desarrollar el sistema seguirá los lineamientos de UML (Lenguaje Unificado de Modelado) desarrollo basado en el paradigma de orientación a objetos. Con la utilización las siguientes herramientas:

- Diagramas de casos de uso.
- Fichas de casos de uso.
- Diagrama de colaboración.
- Diagrama de clases.
- Diagrama de despliegue.
- Adicionalmente se utilizaron diagramas de entidad relación y prototipos de interfaces de pantalla.

Recolección de datos

Se utilizó la observación directa, y entrevistas informales dirigidas al Meteorólogo y al Ingeniero agrónomo a cargo de la Delegación Valle de Uco de la Dirección de Contingencias Climáticas para profundizar las necesidades desde el punto de vista agronómico y meteorológico y a partir de la experiencia de operar una red de estaciones meteorológicas.

Planificación de actividades

La planificación de actividades se detalla en el siguiente diagrama de Gantt, detallando los objetivos del desarrollo del trabajo.

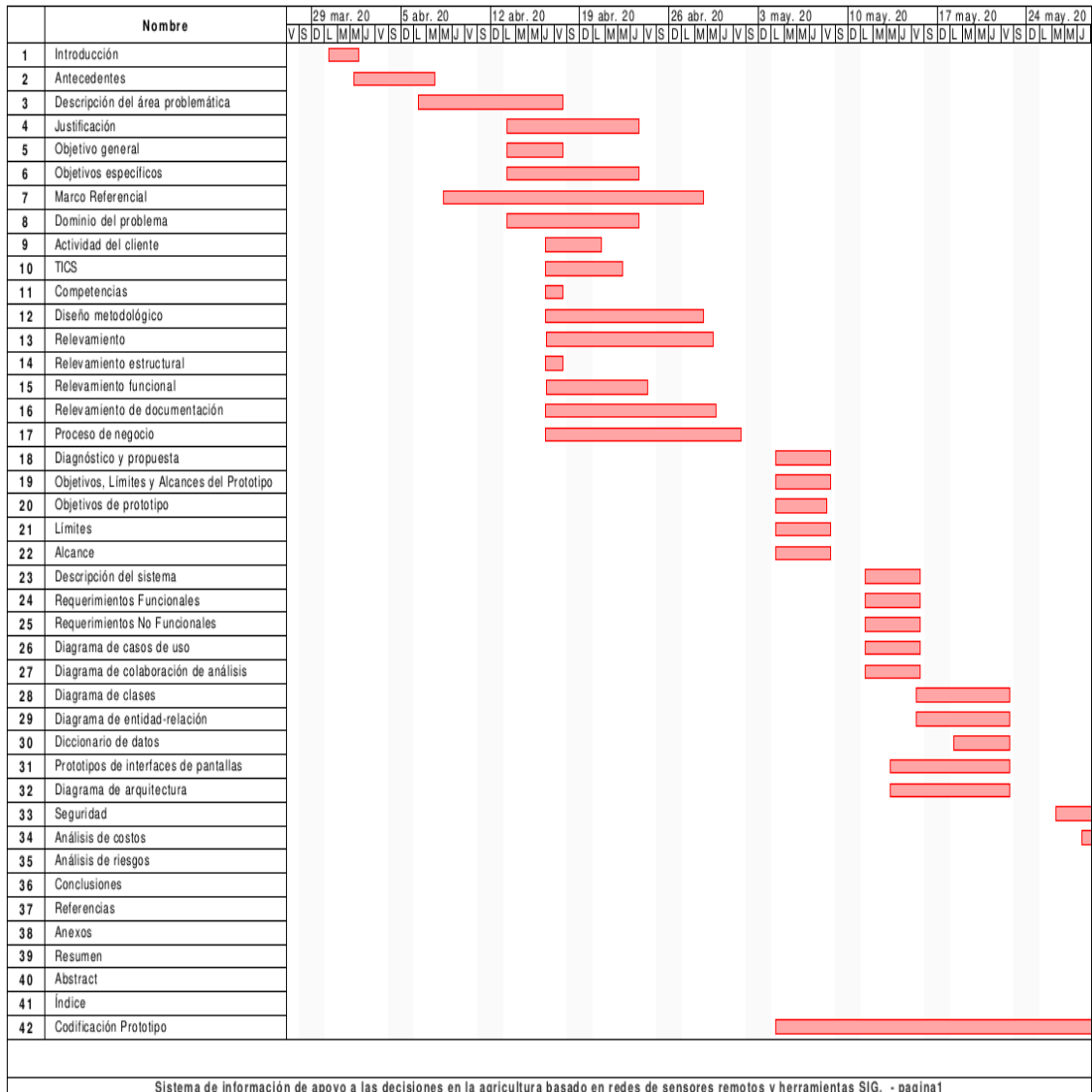


Ilustración 3 - Diagrama de Gantt Parte 1
Elaboración propia.

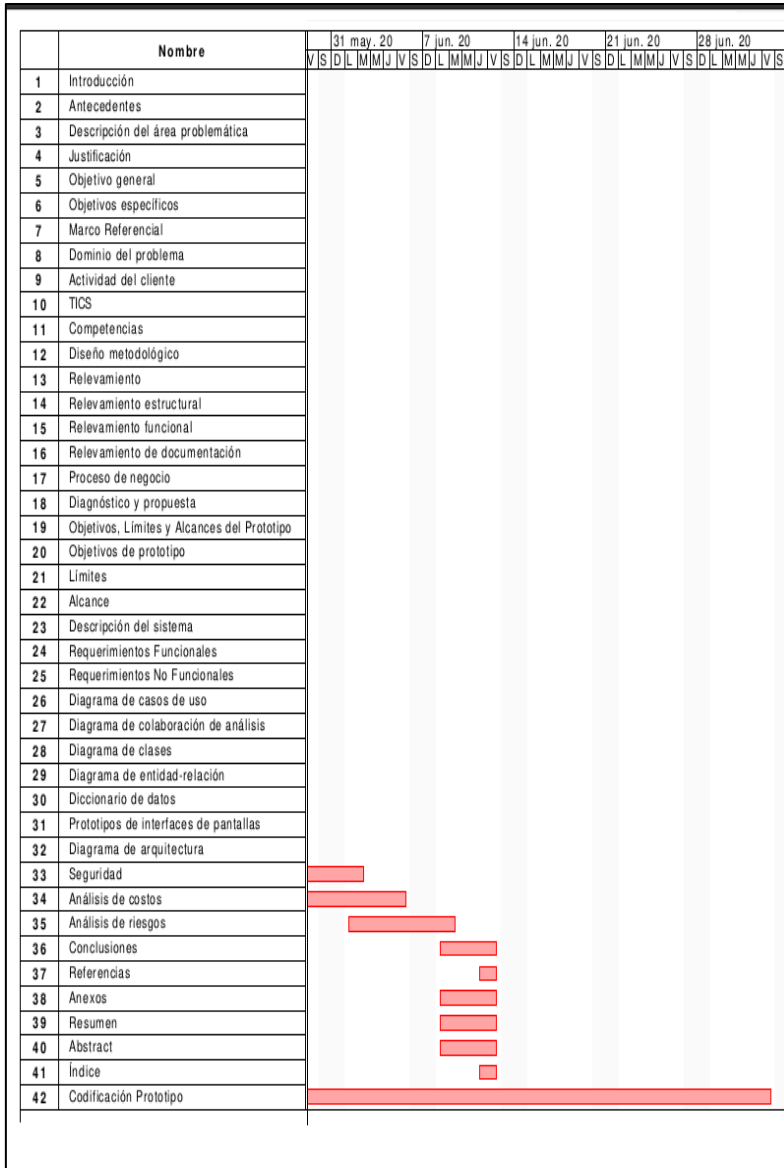


Ilustración 4 - Diagrama de Gantt Parte 2
Elaboración propia.

Relevamiento

El presente trabajo se llevará a cabo en la Dirección de Contingencias Climáticas (DCC) como un proyecto libre al que puedan acceder los productores agropecuarios, generalmente en forma de cooperación entre el Estado Provincial, particulares y asociaciones como la Cámara de Comercio Industria y Agricultura de Tunuyán.

Relevamiento estructural

La DCC se encuentra distribuida en los tres oasis cultivados de la Provincia de Mendoza de la siguiente manera:

- Sede Central – Delegación Norte (Las Heras, Guaymallén, Luján de Cuyo, Maipú, Lavalle y Godoy Cruz): Boulogne Sur Mer 3050 – Ciudad de Mendoza.
- Departamento de Aeronáutica: Hangar Nº 7 - Hangar 7 IV Brigada Aérea -Las Heras – Mendoza / Aero Club San Rafael – Mendoza.
- Delegación Este: (San Martín, Junín, Rivadavia, Santa Rosa y La Paz): Viamonte 1000 - San Martín - Mendoza - (5570) .
- Delegación Centro (Tunuyán, Tupungato y San Carlos): San Martín 1900 - Centro Cívico Tunuyán - Mendoza - (5560).
- Delegación Sur: (San Rafael, General Alvear y Malargüe): Comandante Salas 227 - San Rafael - Mendoza - (5600)
- Radar San Martín: Radar meteorológico Banda S y X Modelo MRL5 ubicado en Viamonte 1000 – San Martín – Mendoza (5570).
- Radar Cruz Negra: Radar meteorológico Banda S y X Modelo MRL5/Móvil ubicado en Ruta 40 Km 4646 – Tupungato – Mendoza.
- Radar La Llave: Radar meteorológico Banda S y X Modelo MRL5 Base La Llave - Predio DACC – La Llave – San Rafael – Mendoza
- Radar Bowen: Radar meteorológico Banda S y X Modelo MRL5/Móvil Bowen - Predio DACC – Bowen – San Rafael – Mendoza.

La DCC tiene en producción los sistemas del Registro del uso de la tierra, Emergencia Agropecuaria, Sistema de Generadores de Yoduro de Plata y bases de

datos de las 36 estaciones agrometeorológicas de la Provincia de Mendoza alojados en servidores virtuales que corren sobre 2 servidores físicos propiedad de la DCC e instalados en el centro de datos del Gobierno de Mendoza, como así teniendo la posibilidad de utilizar servidores virtuales de la infraestructura que tiene a disposición la Dirección de Informática y Comunicaciones del Gobierno de Mendoza.

Paralelamente a esto se encuentran distribuidos servidores físicos que principalmente realizan el procesamiento de información de radar en los radares meteorológicos y en los Centros de Operaciones del Sistema Provincial de Lucha Antigranizo, utilizando en estos últimos virtualización de terminales para ofrecer mayor confiabilidad al sistema.

Tanto la Sede Central, como las delegaciones y radares se encuentran conectados a la Red WAN del Gobierno de Mendoza sobre fibra óptica, y en el caso de necesitar otros accesos, la totalidad de oficinas administrativas, hospitales, centros de salud y escuelas de la provincia están conectados a la misma red o se pueden solicitar nuevos enlaces, sujetos a disponibilidad física de los operadores externos y a cargo del presupuesto de la DCC.

Relevamiento funcional

A continuación, se presenta el organigrama de la DCC.



Ilustración 5 - Organigrama. Dirección de Contingencias Climáticas.

Áreas involucradas en el proyecto:

- **Análisis de datos de superficie:** Se encarga del desarrollo de nuevos modelos de pronóstico utilizando métodos estadísticos y matemáticos.
- **Pronóstico y alerta de heladas:** Se encarga de la elaboración diaria del pronóstico del tiempo y alertando ante la probabilidad de ocurrencia de heladas y otros fenómenos meteorológicos que se deben tener en cuenta para su prevención o mitigación.
- **Estaciones meteorológicas:** Se encarga de la gestión, mantenimiento físico y control de calidad de los datos.
- **Pronóstico del tiempo y WRF:** En este sector se mantiene en funcionamiento en forma operativa el modelo numérico de pronóstico Weather Research Forecast (WRF) con dos simulaciones diarias a las 0 horas UTC y 12 Horas UTC por un período de 48 horas y presentadas en intervalos de 3 horas. De dicho modelo se obtienen las variables pronosticadas de temperatura, humedad, vientos, precipitación y reflectividad de nubes.
- **Productos Agrometeorológicos:** En este sector se definen los informes meteorológicos a publicar en la página web, o en casos puntuales como solicitudes de particulares o requerimientos de la Justicia elaborar informes a 'medida'.
- **Administración de Hardware y Software:** Coordina con los sectores mencionados anteriormente el desarrollo y publicación de la información generada.

Procesos relevados:

Nombre del proceso: Importación de datos

Roles: Estaciones meteorológicas, Administración de Hardware y Software.

Ejecución: Cada una hora se importan automáticamente los datos generados por las estaciones meteorológicas, dispositivos remotos, y se incorporan a la base de

datos, los cuales a partir de ese momento son accesibles, sean correctos o tengan errores, generalmente en origen por falla o rotura de sensores y/o unidades remotas.

Nombre del proceso: Emisión de informes

Roles: Análisis de datos de superficie, Pronóstico y alerta de heladas, Pronóstico del tiempo y WRF, Productos Agrometeorológicos, Administración de Hardware y Software.

Ejecución: En el caso de pronóstico, los informes son elaborados manualmente con la ayuda del modelo numérico WRF, modelos elaborados por el departamento de Meteorología para eventos específicos. En el caso de informes agrometeorológicos mensuales, están disponibles en la web, y en el caso de solicitar nuevos, estos son definidos y desarrollados para su publicación. En el caso de solicitudes específicas de usuarios o requerimientos de la Justicia, estos son generados realizando consultas a la base de datos con herramientas genéricas de consulta.

Relevamiento de documentación

La documentación que se pudo consultar de la Dirección de Contingencias Climáticas se encuentra disponible de forma libre en su página web y se incluye en el Anexo A.

Proceso de Negocio

En la siguiente imagen se muestra el proceso de negocio de la DCC, teniendo que aclarar que se restringe solamente al área de interés.

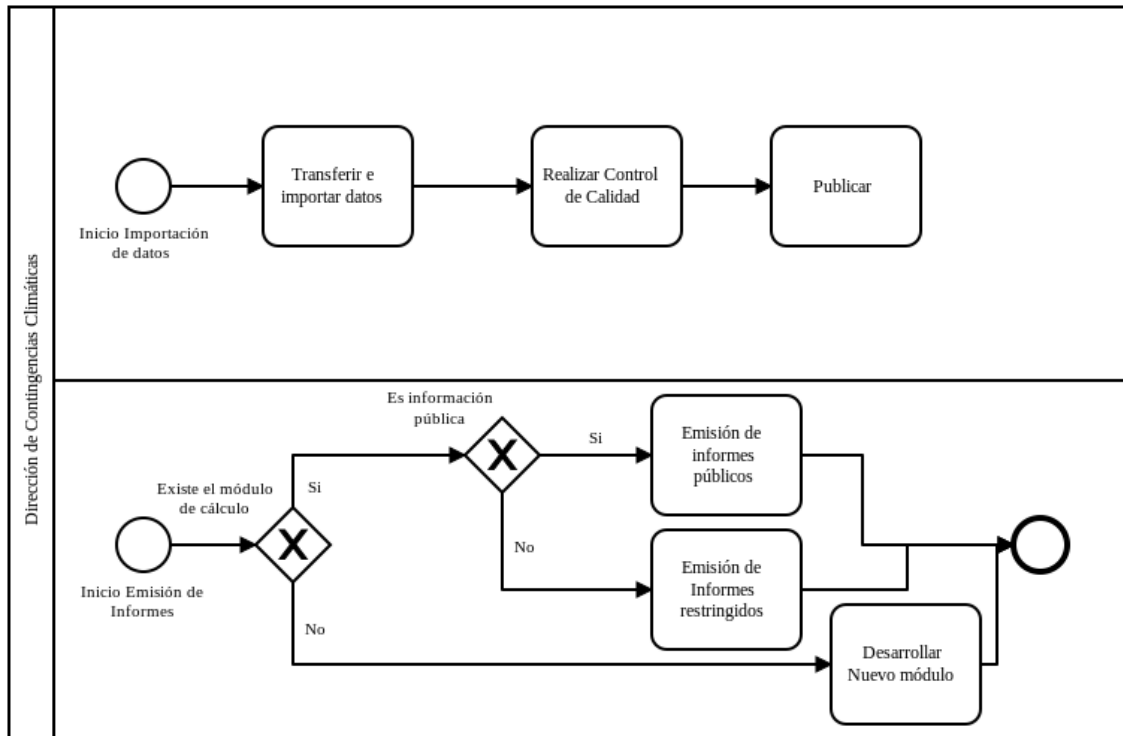


Ilustración 6 - Proceso de negocio.
Elaboración propia

Diagnóstico y propuesta

Proceso: Importación de datos

Problemas:

- Se cuenta únicamente con datos de dispositivos propios utilizando mayormente transmisión por radiofrecuencia en bandas licenciadas y redes móviles de segunda generación con protocolos no estandarizados por lo que no es posible utilizar redes de sensores remotos, propias ni de los productores agrícolas.
- Los datos se transmiten en forma de texto plano, sin utilizar ningún tipo de optimización ni encriptación.
- No se cuenta con información actualizada de los metadatos de los dispositivos y sensores.

- Los errores en la obtención de la información deben ser detectados y corregidos de forma manual, dando lugar al procesamiento de datos erróneos y correr el riesgo de perder datos al tener acceso a la base de datos distintas personas desde una herramienta de edición genérica, no quedando constancia de los cambios realizados o los datos eliminados.

Causas:

- La principal causa es el uso de dispositivos que datan de la década de 1990, y que tienen sus propias tecnologías, configuraciones y protocolos no estándar y sin documentación.
- En lo que respecta a los metadatos, solamente hay información parcial en cuadernos y de unos pocos dispositivos.
- Debido a la gran cantidad de información que se procesa, se torna imposible realizar el control de calidad exhaustivo de los datos. Tampoco hay una registración de los cambios realizados para poder realizar una reversión de los cambios, o determinar las causas de dichas anomalías.

Propuesta:

Se implementó la comunicación con los dispositivos remotos utilizando el protocolo LoRaWAN para la transmisión de los datos, que al ser un protocolo libre y estándar nos permite interconectar dispositivos desarrollados con hardware y software libre o dispositivos 'llave en mano' de última generación de fabricantes de sensores remotos. El uso de LoRaWAN nos permite utilizar la infraestructura de red de distintos proveedores, como (The Things Network, 2020) y (LORIoT, 2020), y en caso de no tener cobertura existe la posibilidad de instalar un gateway propio para ampliar la red.

Adicionalmente se pueden reemplazar los servicios nombrados anteriormente utilizando el software libre <https://www.chirpstack.io/> (ChirpStack, s.f.) en infraestructura propia.

En todos los casos la transmisión se realiza de forma encriptada desde el dispositivo hasta el servidor de forma nativa en el protocolo.

Todos los servicios mencionados anteriormente publican los datos en un broker de Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), siendo también un protocolo estándar utilizando un modelo del tipo publicador – suscriptor al cual nuestro sistema se suscribe al momento de dar de alta los dispositivos y recibe en tiempo real la información publicada por los dispositivos.

Para llevar un control estricto de los metadatos, el sistema tiene un módulo de gestión de sensores y unidades remotas, registrando todo cambio en la estructura y la ubicación física a campo permitiendo hacer una trazabilidad del instrumental utilizado.

Se implementaron métodos de detección de errores por validación de desviaciones del mismo sensor, con sensores complementarios, sensores cercanos, inteligencia artificial y machine learning para detectar errores y realizar correcciones, registrarlas y en caso de situaciones no previstas solicitar la intervención manual de personal especializado generalmente un Licenciado en Meteorología.

Proceso: Emisión de informes.

Problemas:

- Únicamente se emiten informes por cada dispositivo puntual y con información limitada a los últimos tres meses.
- No se pueden realizar cálculos entre parámetros de una misma unidad remota o comparaciones entre distintas unidades remotas.
- No se realiza la visualización de los datos georeferenciados en forma dinámica sobre el terreno.
- No se emiten alertas personalizadas por áreas de influencia sobre valores extremos, riesgo de heladas, viento, peligrosidad de incendios, inundaciones, necesidad de agua como la probabilidad de aparición de plagas y enfermedades en los cultivos.

- No se publican alertas basadas en parámetros personalizados por ningún medio, únicamente en el pronóstico que es elaborado en forma manual por el meteorólogo de la institución, básicamente probabilidad de heladas y vientos regionales de Mendoza, llamados viento zonda, que por sus altas velocidades, baja o nula humedad relativa es altamente nocivo para la producción agrícola como para la población.
- La falta de información disponible mencionada en los puntos anteriores dificulta la toma de decisiones por parte de los productores agrícolas y es imposible la realización de una agricultura de precisión.

Causas:

- No se publica toda la información disponible en la página web.
- Al ser concebido el sistema para proporcionar información únicamente de dispositivos propios y para generar información sólo a nivel regional y de unas pocas decenas de dispositivos se diseñaron informes similares a los que producen organismos como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuario o el Servicio Meteorológico Nacional desde mediados del siglo pasado.
- No se cuenta con la cantidad suficiente de redes de dispositivos remotos para poder realizar cálculos, interpolaciones y extrapolaciones para realizar sus visualizaciones.

Propuesta:

Se diseñó un panel de control que permite acceder de forma sencilla toda la información registrada, visualizarla en línea y exportarla en estándar como csv o pdf.

Se integró al panel de control un sistema de información geográfico (SIG) que permite visualizar sobre el terreno la información disponible, de forma puntual, o realizando una interpolación y extrapolación con los datos disponibles para cubrir la totalidad de las áreas de interés.

Se puso en marcha un módulo de gestión y emisión alertas personalizadas que se emiten al cumplirse condiciones definidas por el usuario y por intermedio de diferentes vías como correo electrónico, SMS o mensajes push.

Objetivos, Límites y Alcances del Prototipo

Objetivos del prototipo

Proporcionar información en tiempo real para la toma de decisiones y aplicación de la agricultura de precisión en el proceso de producción agrícola utilizando información de redes de sensores remotos y sistemas de información geográficos.

Límites

El sistema se contempla desde que se tienen los datos disponibles en un prestador de servicio de datos LoRaWAN hasta que son presentados a los usuarios.

Alcance

- Gestionar dispositivos remotos.
- Gestionar propiedades.
- Gestionar alertas.
- Visualizar panel de control – SIG.
- Gestionar datos.
- Visualizar metadatos.

No contempla

- Gestión de dispositivos y datos con el proveedor de LoRaWAN.
- Importar datos.
- Validar datos.
- Calcular datos derivados.

Descripción del sistema

Requerimientos funcionales

RF1 - Gestionar dispositivos remotos.

RF2 - Gestionar propiedades.

RF3 - Gestionar alertas.

RF4 - Visualizar panel de control - SIG.

RF5 - Gestionar datos.

RF6 - Visualizar los metadatos.

Requerimientos no funcionales

RNF1: Los usuarios deben estar registrados y aceptar los términos y condiciones de uso de la aplicación, pudiendo registrarse mediante un correo electrónico válido, el que tendrán que validar o mediante la validación de redes sociales.

RNF2: El sistema debe ser accesible vía web utilizando encriptación de punto a punto, tanto por computadoras de escritorio como por dispositivos móviles y estar disponible las 24 horas los 365 días del año.

RNF3: - Mantener el sistema actualizado con una mínima intervención técnica.

RNF4: Reducir la probabilidad de que los datos medidos y almacenados sean erróneos.

RNF5: Utilizar la infraestructura de servidores disponibles en la organización y permitir la escalabilidad en caso de requerir mayor capacidad.

RNF6: Cumplir con los lineamientos de la Guía: Datos Abiertos sobre Cambio Climático.

RNF7: Utilizar tecnologías y estándares de código abierto y software libre.

Diagrama de Casos de uso

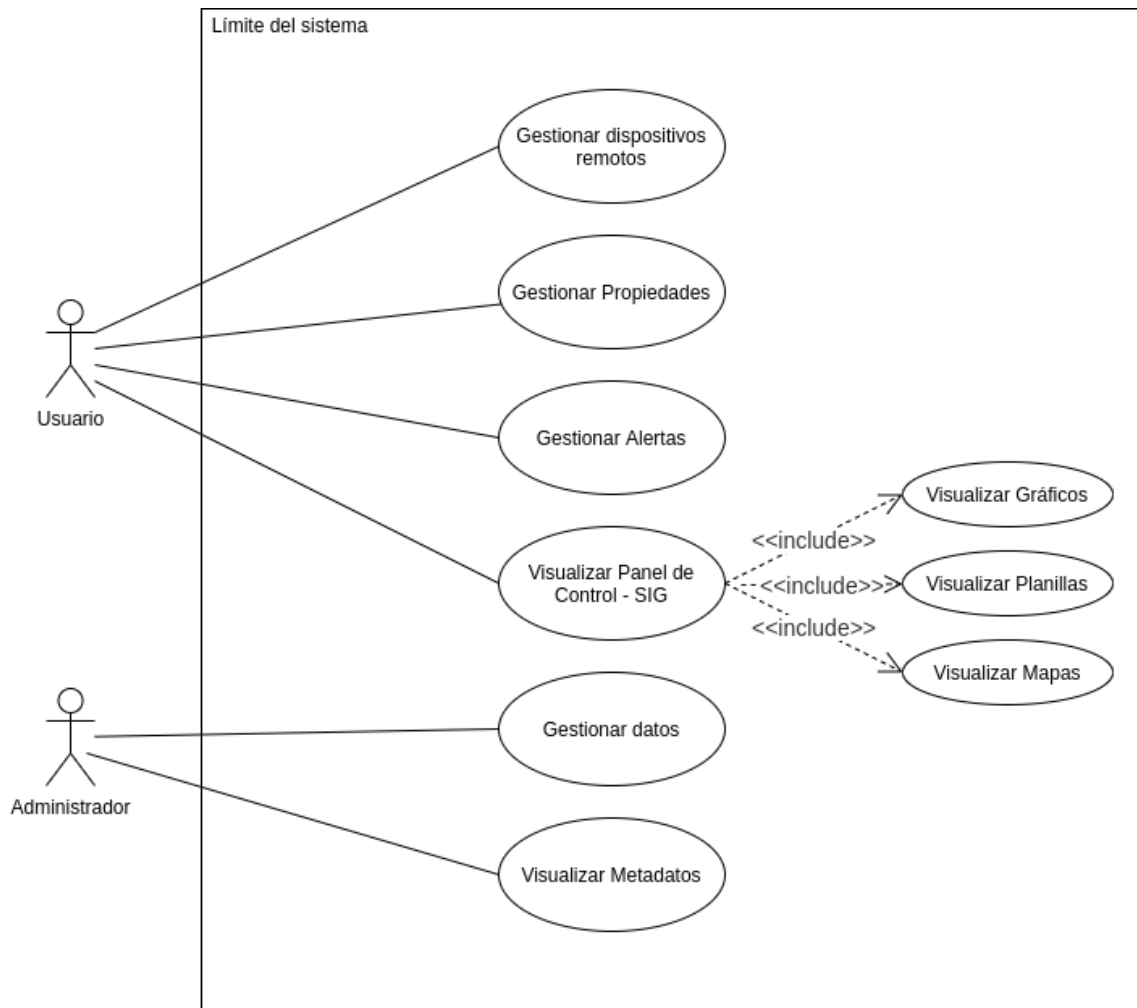


Ilustración 7 - Diagrama general de caso de uso.
Elaboración propia

Descripción de Casos de uso

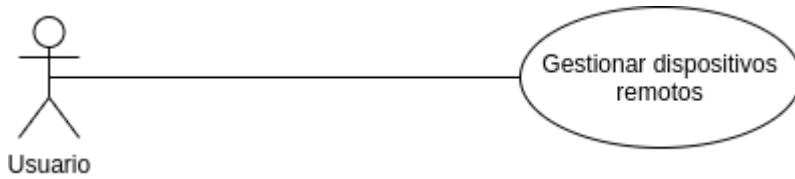


Ilustración 8 - Diagrama caso de uso gestionar dispositivos remotos.
Elaboración propia.

Nombre del Caso de uso: Gestionar dispositivos remotos		Número: 1
Referencias: RF2 - Gestionar dispositivos remotos		
Actor principal: Usuario		Actor secundario: No aplica
Objetivo: Gestionar los dispositivos remotos de cada usuario, los sensores que tiene conectado y que reportan sus datos y en la misma operación actualiza los metadatos de los dispositivos.		
Precondiciones: El Usuario ha ingresado exitosamente al sistema. El usuario instaló, modificó o eliminó un dispositivo remoto y tiene todos sus datos disponibles, como la ubicación geográfica, tipo de dispositivo y sensores.		
Post-condiciones	Éxito: Se pudo gestionar un dispositivo y sus sensores.	
	Fracaso 1: No se pudo gestionar el dispositivo	
Curso Normal		Alternativas
1. El caso de uso inicia cuando el Usuario ingresa al sistema.		
2. El sistema busca todos los dispositivos pertenecientes al Usuario y los muestra en una planilla con sus opciones de modificar, eliminar o agregar.		
3. El usuario selecciona la opción de modificar, eliminar o agregar un dispositivo remoto.		
4. El sistema , solicita ingresar los datos de Nombre del dispositivo y la ubicación geográfica,		

ingresando las coordenadas o seleccionando en un mapa y en una ventana tipo modal muestra una planilla en la que se listan los sensores conectados al dispositivo	
5. El usuario confirma los cambios.	
6. El sistema informa al usuario que se realizaron correctamente y muestra la información actualizada.	6. El sistema no pudo gestionar los cambios.
6.a. El sistema registra los cambios en Dispositivos, Sensores y actualiza los Metadatos.	6.a. El sistema informa el motivo. 6.b. Se cancela el caso de uso.
Fin de CU.	
Asociaciones de Extensión: No Aplica	
Asociaciones de Inclusión: No Aplica	
Autor: Carlos Andrés Odiard	Fecha de Creación: 15/05/2020
Autor Última Modificación:	Fecha Última Modificación:

Tabla 1 - Descripción de Casos de Uso - Gestionar dispositivos remotos.
Elaboración propia.

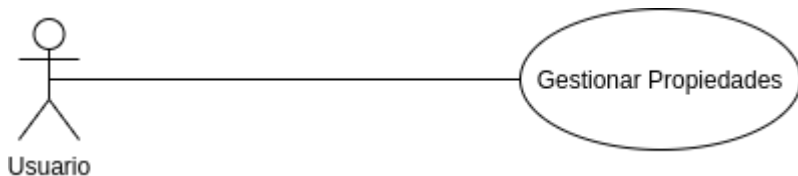


Ilustración 9 - Diagrama caso de uso gestionar propiedades.
Elaboración propia.

Nombre del Caso de uso: Gestionar propiedades		Número: 2
Referencias: RF2 - Gestionar propiedades.		
Actor principal: Usuario		Actor secundario: No aplica
Objetivo: Un Cliente con usuario válido tiene los datos necesarios para gestionar su propiedad, incluidos mapas georeferenciados.		
Precondiciones: El Usuario ha ingresado exitosamente al sistema. El usuario tiene la información disponible para poder generar un polígono georeferenciado de la ubicación de su propiedad.		
Post-condiciones	Éxito: Se gestionan las propiedades correctamente.	
	Fracaso 1: No pueden generar las propiedades correctamente y se informa al Usuario el error.	
Curso Normal		Alternativas
1. El caso de uso inicia cuando el Usuario ingresa al sistema.		
2. El sistema busca todas las propiedades pertenecientes al Usuario y las muestra en una planilla con sus opciones de modificar, eliminar o agregar.		
3. El usuario selecciona la opción de modificar, eliminar o agregar una propiedad.		
4. El sistema solicita ingresar los datos de Nombre de la propiedad, ubicación y polígono georeferenciado, que se puede subir en un formato estándar o		

dibujar sobre una imagen satelital.	
5. El usuario confirma los cambios.	
6. El sistema informa al usuario que se realizaron correctamente y muestra la información actualizada.	6. El sistema no pudo gestionar los cambios.
6.a. El sistema registra los cambios en Propiedades.	6.a. El sistema informa el motivo. 6.b. Se cancela el caso de uso.
Fin de CU.	
Asociaciones de Extensión: No Aplica	
Asociaciones de Inclusión: No Aplica	
Autor: Carlos Andrés Odiard	Fecha de Creación: 15/05/2020
Autor Última Modificación:	Fecha Última Modificación:

Tabla 2 - Descripción de casos de uso – Gestionar propiedades.
Elaboración Propia.



Ilustración 10 - Diagrama caso de uso gestionar alertas.

Elaboración propia.

Nombre del Caso de uso: Gestionar alertas		Número: 3
Referencias: RF3 - Gestionar alertas.		
Actor principal: Usuario		Actor secundario: No aplica
Objetivo: Gestionar las alertas personalizadas que emite el sistema.		
Precondiciones: El Usuario ha ingresado exitosamente al sistema. Se encuentran disponibles en el sistema las alertas que elegirá y configura el Usuario.		
Post-condiciones	Éxito: Se gestionaron correctamente las alertas.	
	Fracaso 1: No se pudieron gestionar las alertas y se informa al usuario sobre el error.	
Curso Normal		Alternativas
1. El caso de uso inicia cuando el Usuario ingresa al sistema.		
2. El sistema busca todas las alertas pertenecientes al Usuario y las muestra en una planilla distribuidas por propiedades y con sus opciones de modificar, eliminar o agregar.		
3. El usuario selecciona la opción de modificar, eliminar o agregar una alerta.		
4. El sistema solicita ingresar los datos, la relación a evaluar y medio de envío de la alerta.		

5. El usuario confirma los cambios.	
6. El sistema informa al usuario que se realizaron correctamente y muestra la información actualizada.	6. El sistema no pudo gestionar los cambios.
6.a. El sistema registra los cambios en Propiedades.	6.a. El sistema informa el motivo. 6.b. Se cancela el caso de uso.
Fin de CU.	
Asociaciones de Extensión: No Aplica	
Asociaciones de Inclusión: No Aplica	
Autor: Carlos Andrés Odiard	Fecha de Creación: 15/05/2020
Autor Última Modificación:	Fecha Última Modificación:

Tabla 3 - Descripción de casos de uso – Gestionar alertas.
Elaboración propia.

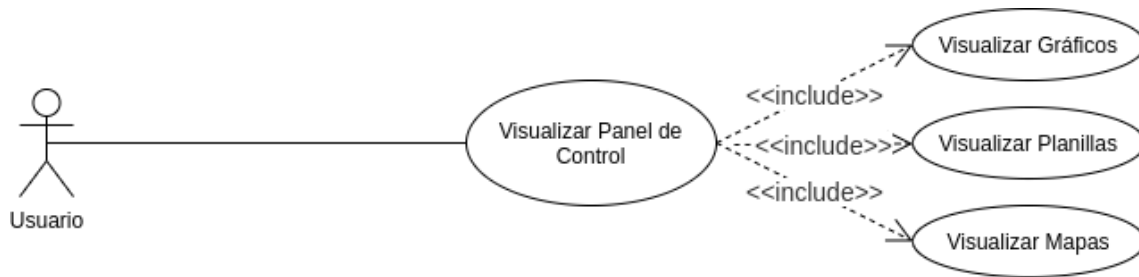


Ilustración 11 - Diagrama caso de uso visualizar panel de control y SIG.
Elaboración propia.

Nombre del Caso de uso: Visualizar panel de control.		Número: 4
Referencias: RF4 - Visualizar panel de control.		
Actor principal: Usuario		Actor secundario: No aplica
Objetivo: Mostrar al usuario la información para la toma de decisión y aplicación de la agricultura de precisión en un panel de control.		
Precondiciones: El usuario debe ser un usuario válido del sistema y tener configurados los dispositivos, sensores y propiedades.		
Post-condiciones	Éxito: Se pudo consultar y visualizar la información disponible.	
	Fracaso 1: No se pudo consultar y visualizar la información disponible, se avisa al Usuario el tipo de error.	
Curso Normal		Alternativas
1. El caso de uso inicia cuando el Usuario ingresa al sistema.		
2. El sistema le muestra al usuario sus propiedades en un mapa georeferenciado, todos los dispositivos y sensores y datos derivados disponibles y opciones de filtrado como fecha de inicio, fecha de finalización y cálculos sobre dispositivos puntuales, propiedades o zonas definidas por el usuario.		
3. El usuario selecciona las opciones		

de visualización y filtros.	
4. El sistema muestra la información solicitada en planillas, gráficos y sistema de información geográfico, dando la opción de emitir informes y de exportar la información.	4. El sistema no puede visualizar la información solicitada. 4.a. El sistema informa el motivo. 4.b. Se cancela el caso de uso.
Fin de CU.	
Asociaciones de Extensión: No Aplica	
Asociaciones de Inclusión: Visualizar información gráfica, Visualizar Información Geográfica, Visualizar y exportar datos.	
Autor: Carlos Andrés Odiard	Fecha de Creación: 15/05/2020
Autor Última Modificación:	Fecha Última Modificación:

Tabla 4 - Descripción de casos de uso - Visualizar panel de control.
Elaboración propia.

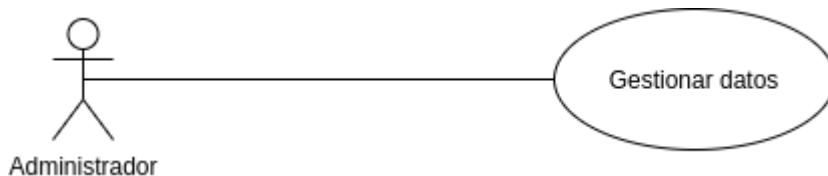


Ilustración 12 - Diagrama caso de uso gestionar datos.
Elaboración propia.

Nombre del Caso de uso: Gestionar datos.		Número: 5
Referencias: RF5 - Gestionar datos.		
Actor principal: Administrador		Actor secundario: No aplica
Objetivo: Gestionar los datos disponibles, tanto los datos medidos por redes de sensores, derivados generados por módulos externos, la validación de los datos y la emisión de informes de metadatos.		
Precondiciones: El usuario debe estar activo con un rol de 'Administrador' y debe tener disponible la información de los datos provenientes de módulos externos a gestionar.		
Post-condiciones	Éxito: Se pudieron gestionar los datos.	
	Fracaso 1: No se pudieron gestionar los datos. Se informa al Administrador el error.	
Curso Normal		Alternativas
1. El caso de uso inicia cuando el Usuario ingresa al sistema.		
2. El sistema busca todos los tipos de datos disponibles.		
3. El usuario selecciona la opción de modificar, eliminar o agregar.		
4. El sistema , solicita ingresar los datos de Tipo de dato, unidad de ingeniería y si son calculados o no.		
5. El usuario confirma los cambios.		

6. El sistema informa al usuario que se realizaron correctamente y muestra la información actualizada.	6. El sistema no pudo gestionar los cambios.
6.a. El sistema registra los cambios en Propiedades.	6.a. El sistema informa el motivo. 6.b. Se cancela el caso de uso.
Fin de CU.	
Asociaciones de Extensión: No Aplica	
Asociaciones de Inclusión: No Aplica	
Autor: Carlos Andrés Odiard	Fecha de Creación: 15/05/2020
Autor Última Modificación:	Fecha Última Modificación:

Tabla 5 - Descripción de casos de uso - Gestionar datos.
Elaboración propia.

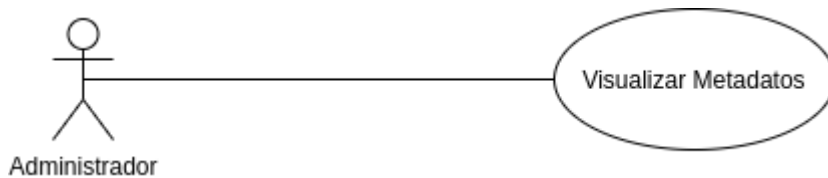


Ilustración 13 - Diagrama caso de uso visualizar metadatos.
Elaboración propia.

Nombre del Caso de uso: Visualizar Metadatos		Número: 6
Referencias: RF6 - Visualizar Metadatos		
Actor principal: Administrador		Actor secundario: No aplica
Objetivo: Visualizar la información de los metadatos de cada dispositivo.		
Precondiciones: El usuario debe estar activo con un rol de Administrador.		
Post-condiciones	Éxito: Se pudieron visualizar los datos.	
	Fracaso 1: No se pudieron visualizar los datos. Se informa al Administrador el error.	
Curso Normal		Alternativas
1. El caso de uso inicia cuando el Administrador ingresa al sistema.		
2. El sistema busca todos dispositivos disponibles y los muestra en una planilla y mapa.		
3. El Administrador selecciona el dispositivo.		
4. El sistema consulta los datos y genera un reporte en una planilla que puede ser exportada en formato csv o pdf.		
5. El sistema informa al usuario que se realizaron correctamente y muestra la información actualizada.		5. El sistema no pudo mostrar la información solicitada. 5.a. El sistema informa el motivo. 5.b. Se cancela el caso de uso.

Fin de CU.	
Asociaciones de Extensión: No Aplica	
Asociaciones de Inclusión: No Aplica	
Autor: Carlos Andrés Odiard	Fecha de Creación: 15/05/2020
Autor Última Modificación:	Fecha Última Modificación:

Tabla 6 - Descripción de casos de uso - Visualizar metadatos.
Elaboración propia.

Diagrama de colaboración de análisis

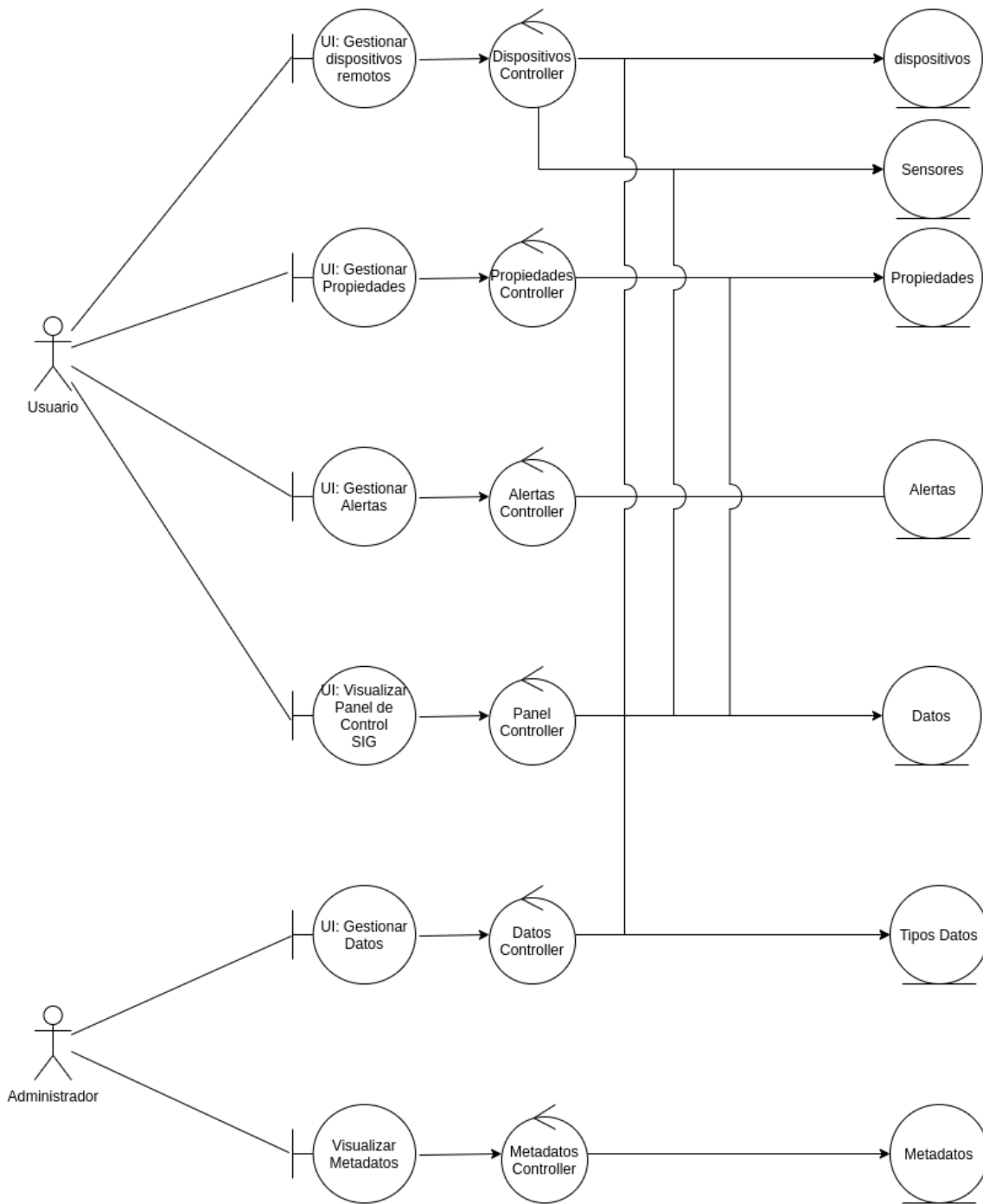


Ilustración 14 - Diagrama de colaboración de análisis.
Elaboración propia.

Diagrama de clases

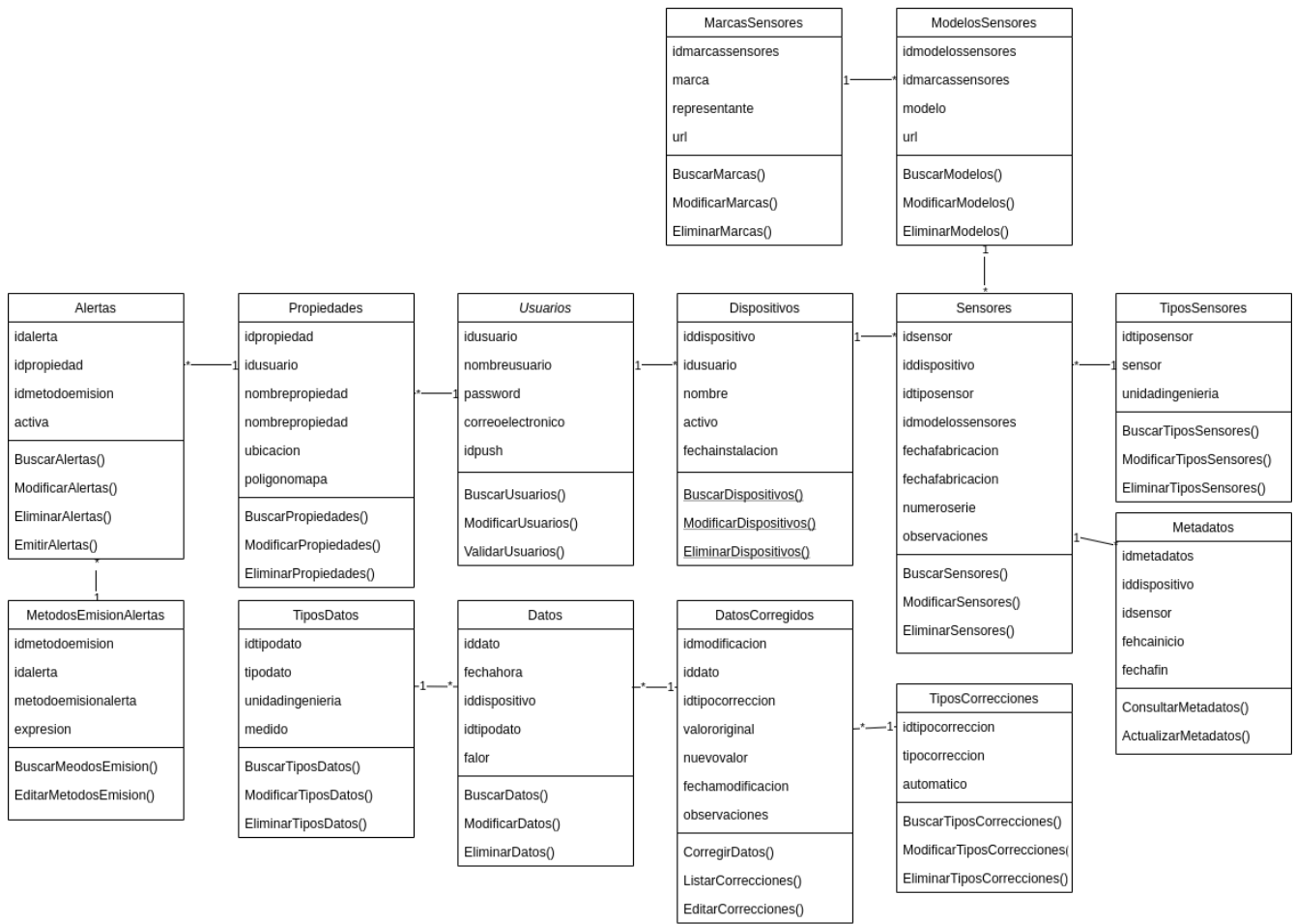


Ilustración 15 - Diagrama de Clases.
Elaboración propia.

Diagrama de entidad-relación

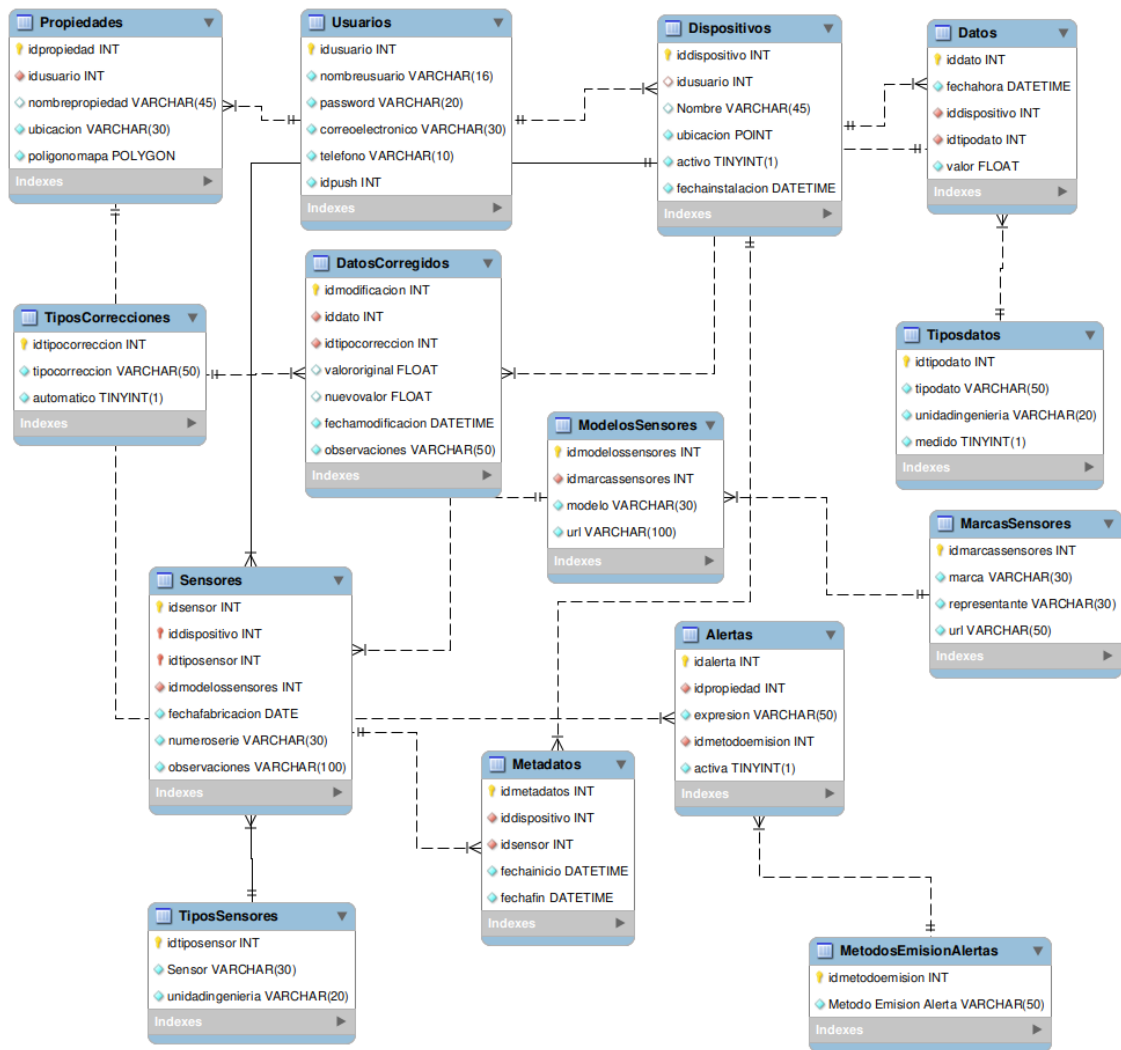


Ilustración 16 - Diagrama de Entidades Relación.
Elaboración propia.

Prototipos de interfaces de pantallas

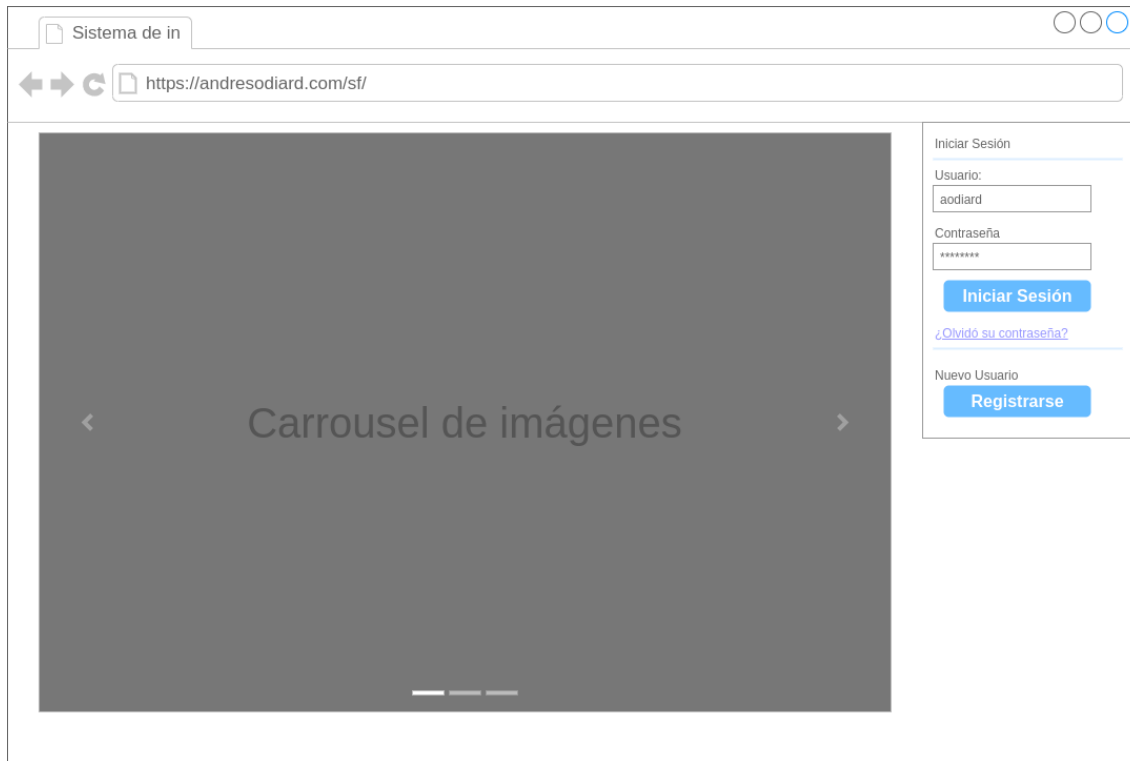


Ilustración 17 - Prototipo de interface de pantallas – Pantalla de acceso.
Elaboración propia.

Ilustración 18 muestra un prototipo de una pantalla de registro de usuarios en un navegador web. El navegador muestra la URL `https://andresodiard.com/sf/`. El formulario de registro incluye los siguientes campos:

- Nombre
- Apellido
- Nombre de Usuario
- Contraseña
- Domicilio
- Repetir contraseña
- Ciudad
- Provincia (con un menú desplegable que muestra "Seleccionar")
- Código Postal

Debajo de los campos, hay un checkbox "Acepto los términos y condiciones" y un botón "Enviar".

Ilustración 18 - Prototipo de interface de pantallas – Registrar Usuarios.
Elaboración propia.

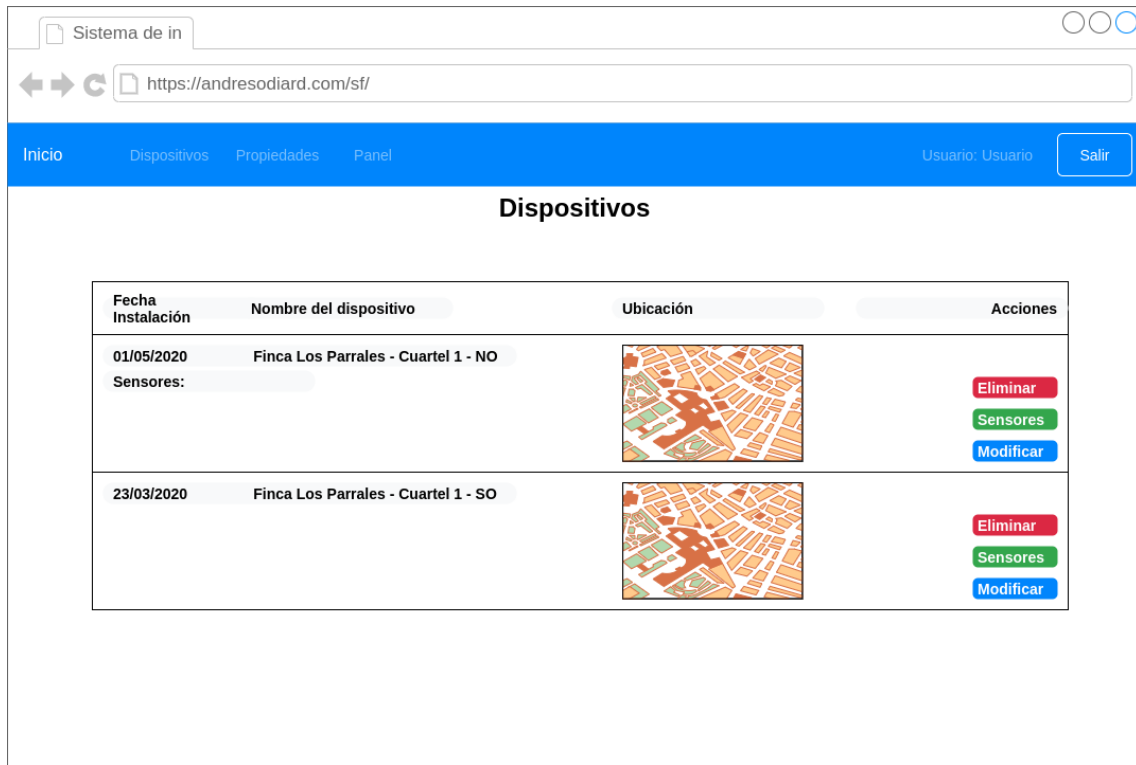


Ilustración 19 - Prototipo de interface de pantallas – Administrar dispositivos.
Elaboración propia.

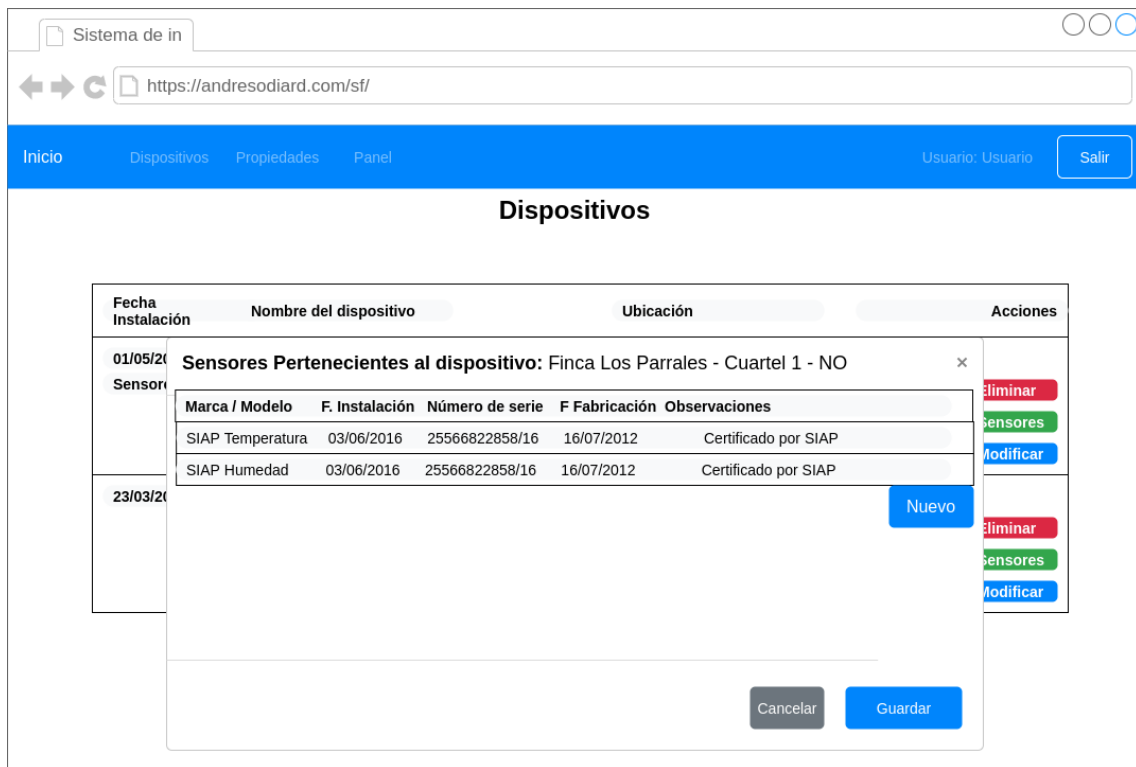


Ilustración 20 - Prototipo de interface de pantallas – Administrar dispositivos.
Elaboración propia.

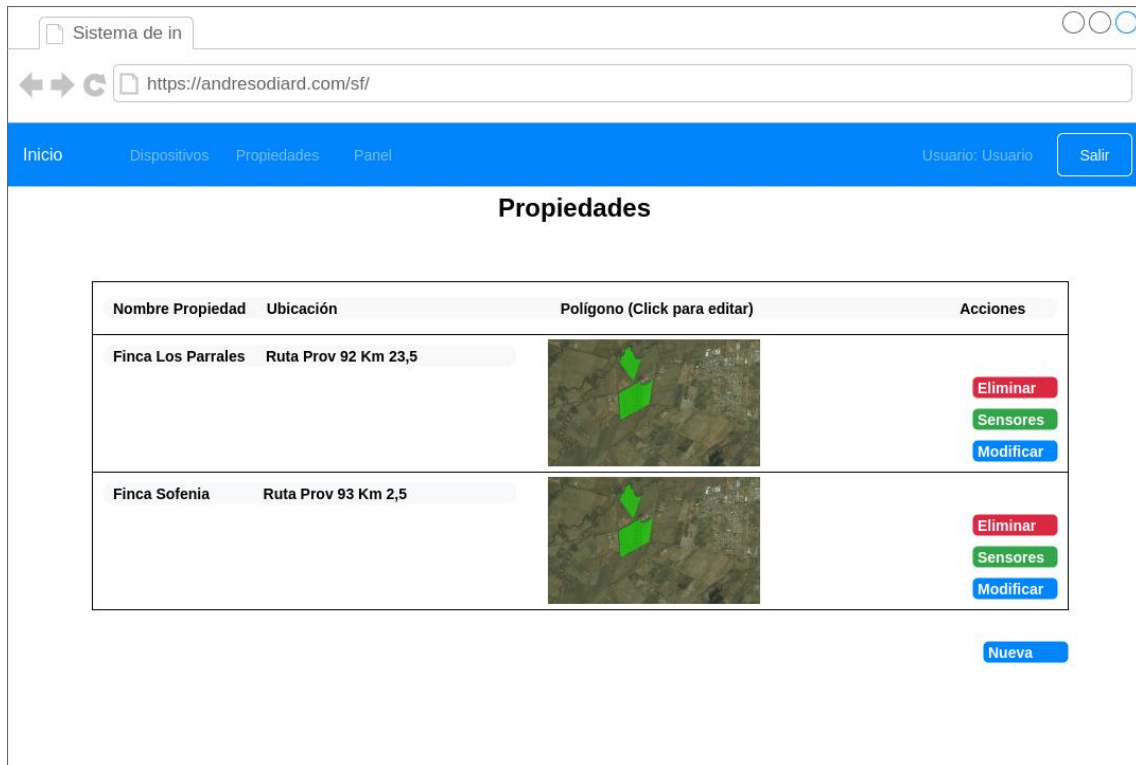


Ilustración 21 - Prototipo de interface de pantallas – Administrar propiedades.
Elaboración propia.

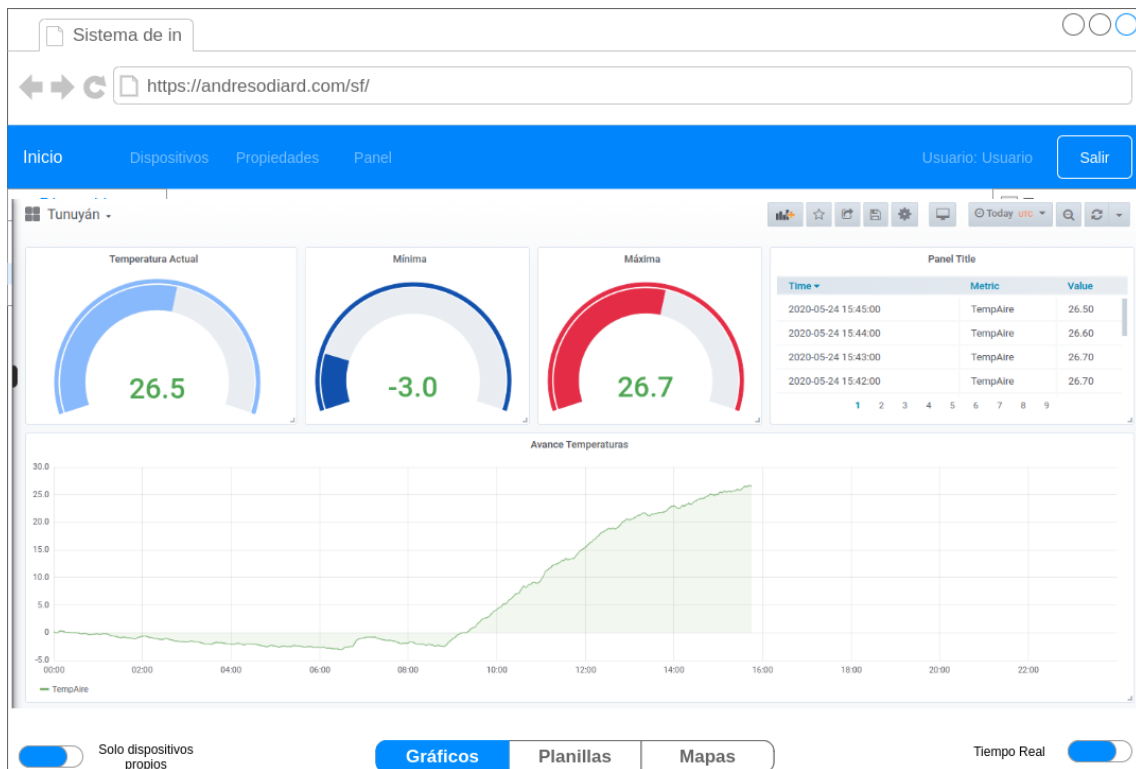


Ilustración 22 - Prototipo de interface de pantallas – Panel de control y SIG A.
Elaboración propia.

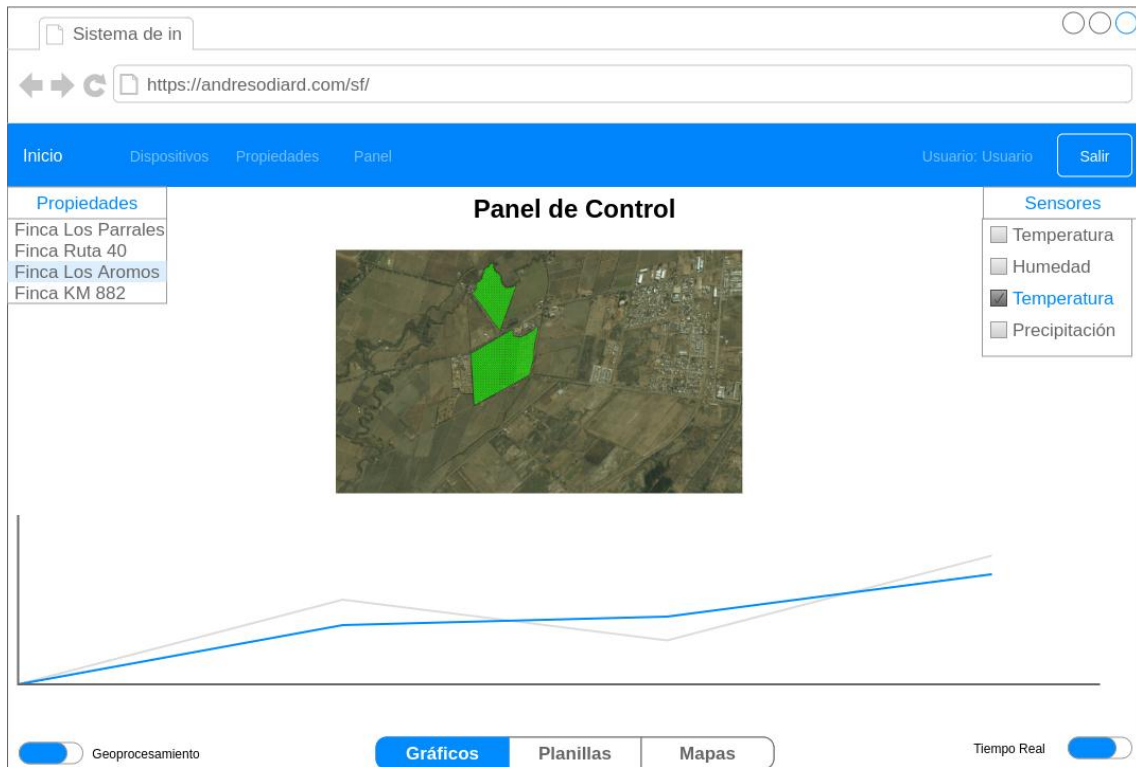


Ilustración 23 - Prototipo de interface de pantallas – Panel de control y SIG B.
Elaboración propia.

Diagrama de despliegue

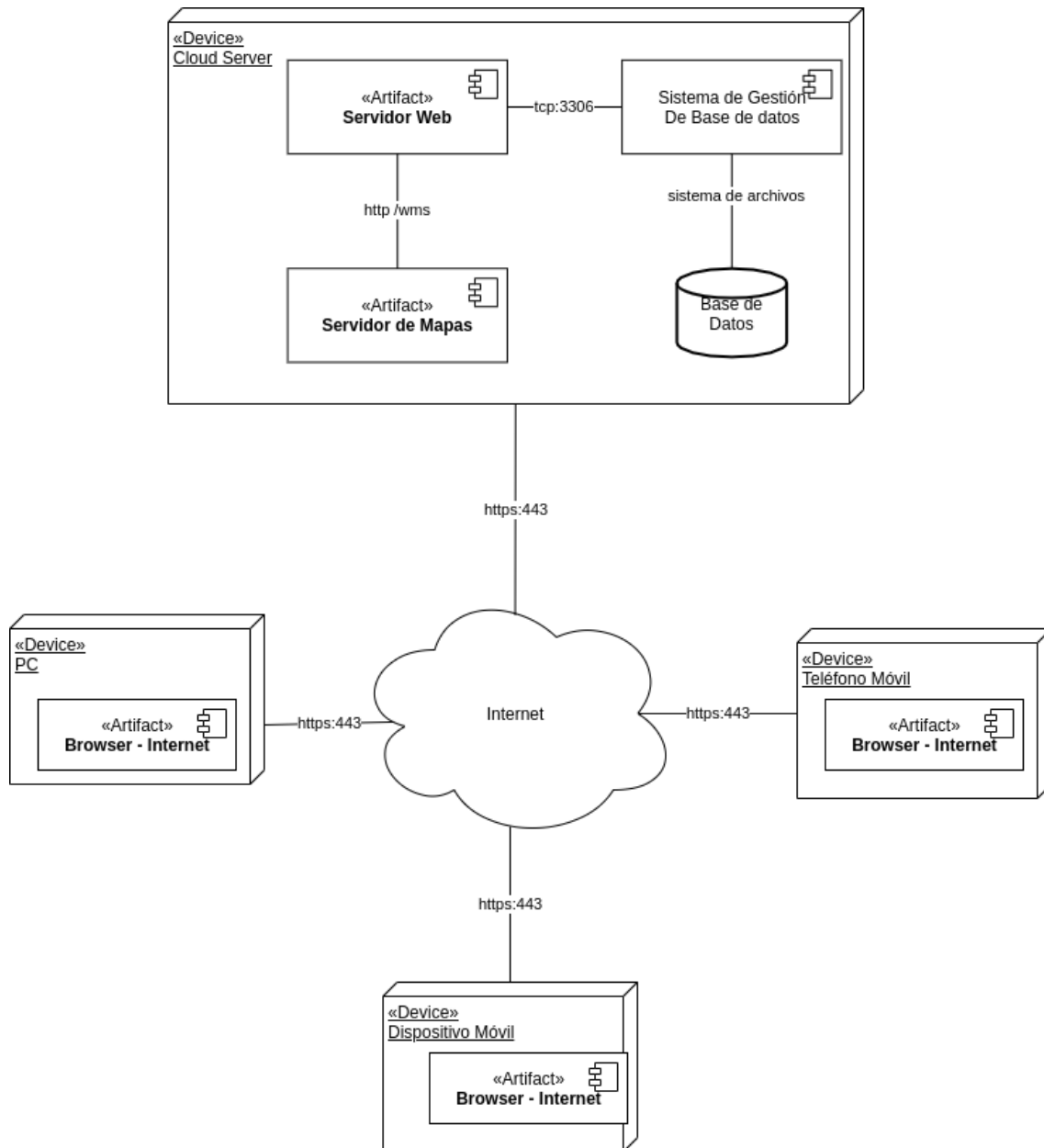


Ilustración 24 - Diagrama de despliegue.
Elaboración propia.

Seguridad

Acceso a la aplicación

La aplicación es del tipo web y se puede acceder únicamente vía el protocolo https (Hypertext Transfer Protocol Secure o Protocolo de Transferencia de Hipertexto Seguro) utilizando seguridad en la capa de transporte obteniendo tres tipos de capas de seguridad: 1 - Tráfico de información cifrado, 2 - integridad de los datos y 3 - autenticación del servidor frente a los clientes, para lo cual se lleva a cabo la emisión de los certificados por autoridades reconocidas.

Los usuarios se deben registrar en el sitio con una dirección de correo electrónico válida, a la cual se enviarán los datos de acceso y desde la que deben activar la cuenta, y en caso de necesidad recuperar sus credenciales.

La contraseña ingresada por el usuario debe cumplir la siguiente política: tener al menos de 8 caracteres alfanuméricos que deben incluir como mínimo una letra mayúscula, una minúscula, un número y un símbolo. Todas las contraseñas deben ser renovadas cada 6 meses, y en caso de no acceder al sistema en un período de 2 meses las cuentas son suspendidas.

La contraseña se almacena en la base de datos utilizando Cifrado Avanzado de Encriptación o AES (Advanced Encryption Standard) de sus siglas en inglés, lo que permite almacenar de forma segura las contraseñas y siendo prácticamente imposible descifrarlas sin la llave de encriptación.

Adicionalmente, los usuarios pueden validarse por intermedio de sus redes sociales utilizando los servicios de autorización OAuth2 que es un framework de autorización que permite a las aplicaciones obtener acceso (limitado) a las cuentas de usuario de determinados servicios como Google y Facebook entre otros, delegando a estos servicios la autenticación.

Para el caso del usuario administrador, se sumará una otra capa de seguridad mediante la validación de la dirección IP que es única para cada equipo conectado a la red ya sea de la red WAN, red de área extendida, si está alojado el sistema en el centro de datos propio, o por dirección IP pública desde la que se accederá a los servicios en

la nube, de la que hay disponibilidad para asignar exclusivamente a este tipo de tráfico.

Para el acceso remoto al servidor, en caso de tener que realizar operaciones de mantenimiento o transferencia de copias de seguridad, se utiliza el protocolo de acceso seguro ssh (del inglés secure shell), el cual se encuentra restringido para aceptar únicamente el uso de la autenticación por clave pública y privada, eliminando de esta forma la posibilidad de accesos por ataques del tipo fuerza bruta, como así también se utiliza el servicio fail2ban, el que lleva un registro de los intentos de acceso no autorizados, y en caso de tres intentos en un período menor a 6 minutos, modifica automáticamente las reglas del cortafuegos o firewall bloqueando la dirección ip identificada como atacante por una hora.

Políticas de respaldo de la información

Las copias de respaldo se realizan en forma automática desde el crontab, que es un programador de tareas del sistema operativo Linux, todos los días a las 6 horas UTC e incluyen las bases de datos y archivos estáticos. Para realizar una copia de las bases de datos, se utiliza la utilidad mysqldump, que nos genera un archivo con todos los comandos del motor de base de datos necesarios para poder volver a crear, en caso de ser necesario, una base de datos idéntica, este último archivo, al ser un archivo de texto plano se comprime con la utilidad gzip reduciendo sustancialmente el tamaño de los archivos generados. Para la copia de los archivos estáticos se utiliza la utilidad de linux tar, que sirve para guardar toda una estructura de directorios en un solo archivo y luego, al igual que en el caso anterior el archivo es comprimido con la aplicación gzip.

Los archivos generados son transferidos utilizando la utilidad rsync, que sincroniza estructuras de directorios y archivos entre distintos sistemas de archivos, sobre el protocolo ssh o shell seguro a un servidor local de la Sede Central y otra a la Delegación Dentro, donde son copiados a dispositivos de almacenamiento externos y replicados en servicios de almacenamiento provistos por el centro de datos.

Los respaldos de seguridad son grabados en dispositivos externos de forma manual en las dos delegaciones, independientemente que estén almacenados en el

servidor principal y son etiquetados de forma clara, manteniéndose las tres últimas copias de cada juego de copias de respaldo en un lugar seguro y de acceso restringido, de las que se realizan periódicamente pruebas de integridad y recuperación.

Análisis de costos

A continuación se detallan los costos de desarrollo, los cuales se deben realizar por única vez y los costos de hardware y servicios, para los cuales hay diferentes alternativas en lo que respecta a la adquisición de nuevo equipamiento, la reutilización de la infraestructura existente o asumiendo un costo mensual por el uso de servidores en la nube.

Costos de desarrollo

A continuación, se detallan los honorarios de desarrollo que se deben asumir por única vez, durante el proceso de diseño e implementación del sistema:

Desarrollo				
Rol	Cantidad Necesaria	Costo mensual	Tiempo estimado Del proyecto (meses)	Total
Analista Funcional	1	54.744,00	4	218.976,00
Ingeniero	1	89.470,00	4	357.880,00
Programador de Páginas Web	1	64.230,00	4	256.920,00
Tester	1	68.090,00	4	272.360,00
Total				\$ 1.106.136,00

Los honorarios aquí especificados son los establecidos por el Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Córdoba (CPCIPC, 2020).

Costos de Hardware y Servicios

A continuación, se presentan distintas alternativas, dependiendo de la política de la institución para su implementación:

Comprando equipamiento para oficina y contratando servicio de cloud server

Licencias de software - Servicios de computación en nube					
Recurso	Tipo	Cant.	Costo Unitario	Costo Total	Fuente
Sistema Operativo Ubuntu Server 20.04 LTS	Software	1	0,00	0,00	https://ubuntu.com/
Servidor HTTP Apache 2	Software	1	0,00	0,00	https://httpd.apache.org/
Motor de base de datos Mysql 8.0	Software	1	0,00	0,00	https://dev.mysql.com/
Cloud server 4 vcpu 4Gb RAM 100 HB hd	Cloud server	1	2.487,00	2.487,00	https://donweb.com/es-ar/cloud-server-vps
Total \$				2.487,00	Pesos Argentinos Costo Mensual

Equipos oficina					
Recurso	Tipo	Cant.	Costo Unitario	Costo Total	Fuente
Notebook Oficina HP 14-DK0002DX	Hardware	3	57.000,00	171.000,00	https://www.todonotebook.com.ar/producto/hp-14-dk0002dx-7gz76ua/
Notebook Desarrollo DELL VOSTRO 14 SERIES 3000-3490	Hardware	1	89.900,00	89.900,00	https://www.todonotebook.com.ar/producto/dell-vostro-14-series-3000-3490/
Total equipamiento oficina \$				260.900,00	Pesos Argentinos Por única Vez

Costo Total Equipamiento	260.900,00
Costo Software	0,00
Costo mensual operativo	2.487,00

Comprando equipamiento para oficina y servidores

Licencias de software					
Recurso	Tipo	Cant.	Costo Unitario	Costo Total	Fuente
Sistema Operativo Ubuntu Server 20.04 LTS	Software	1	0,00	0,00	https://ubuntu.com/
Servidor HTTP - Apache 2	Software	1	0,00	0,00	https://httpd.apache.org/
Motor de base de datos Mysql 8.0	Software	1	0,00	0,00	https://dev.mysql.com/
Ubuntu Desktop 20.04	Software	4	0,00	0,00	https://ubuntu.com/
Total \$				0,00	Pesos Argentinos Costo Mensual

Servidores					
Recurso	Tipo	Cant.	Costo Unitario	Costo Total	Fuente
Servidor Server EXO Premier IV Intel® Xeon® E3-1225 V6 16 GB DDR4 ECC (2x8GB) 2 x 2TB RED 6Gb/s cache 64MB Software RAID RST (0,1,10,5) + ESRT2 (0,1,10) 2x HDD SATA 1GB Mbb Intel S1200SPLR / Chipset Intel® C236 2 x 1GbE 10/100/1000 4U Rackeable c/guías Fte 600W Sin SO	Hardware	1	178.000,00	178.000,00	https://www.tiendaexo.com/
UPS Online Doble Conversión Polaris TX 1KVA formato TOWER	Hardware	1	32.800,00	32.800,00	https://mactel.com.ar/producto/ups-online-doble-conversion-de-1kva-formato-tower/
Total Servidores \$				210.800,00	Pesos Argentinos Por única vez

Equipos oficina

Recurso	Tipo	Cant.	Costo Unitario	Costo Total	Fuente
Notebook Oficina HP 14-DK0002DX	Hardware	3	57.000,00	171.000,00	https://www.todonotebook.com.ar/producto/hp-14-dk0002dx-7gz76ua/
Notebook Desarrollo DELL VOSTRO 14 SERIES 3000-3490	Hardware	1	89.900,00	89.900,00	https://www.todonotebook.com.ar/producto/dell-vostro-14-series-3000-3490/
Total equipamiento oficina \$				260.900,00	Pesos Argentinos Por única Vez

Costo Total Equipamiento	471.700,00
Costo Software	0,00
Costo mensual operativo	0,00
Total \$	471.700,00

Pesos Argentinos

Utilizando el equipamiento disponible actualmente

Licencias de software		
Recurso	Tipo	Cant.
Sistema Operativo Ubuntu Server 20.04 LTS	Software	1
Servidor HTTP - Apache 2	Software	1
Motor de base de datos Mysql 8.0	Software	1

Servidores		
Recurso	Tipo	Cant.
Lenovo ThinkSystem SR 650 Procesador Intel® Xeon® Silver 4210 32 GB Intel® Optane™ DC Persistent Memory;TruDDR4 2 X HDD SATA 2TB RAID por HW LOM 1GbE de 2/4 puertos LOM 10GbE de 2/4 puertos (Base-T o SFP+) Alimentación 2 hot-swap/redundantes: Platinum de 550 W/750	Hardware	2

Nota: Los equipos son nuevos a ser instalados en el Datacenter del Gobierno de Mendoza, por lo que se utilizan los servicios de Energía ininterrumpida, refrigeración, seguridad y conectividad instalados en el sitio.

Equipos oficina		
Recurso	Tipo	Cant.
PC All in One Lenovo C260 Intel® Celeron® J1800 19.5" LED 4GB DDR3L 1 HD SATA 500GB	Hardware	10
Notebook Leovo B50-70 Intel Core I 5 8 GB DDR3L HDD 500GB	Hardware	1
Ubuntu Desktop 20.04	Software	11

Costo total Equipamiento	0,00
Costo total licencias de software	0,00
Costo mensual operativo	0,00
Total \$	0,00

Dispositivos remotos a instalar a campo

En nuestro caso de estudio, se estima que por cada hectárea cultivada se debería hacer una inversión aproximada de pesos argentinos 40.000 para poder medir temperatura, humedad, presión atmosférica y humedad del suelo con dispositivos desarrollados por la Dirección de Contingencias Climáticas basados en procesadores Módulos Lora de muy bajo costo.

Análisis de riesgos

A continuación se detallan los riesgos que pueden afectar el desarrollo del proyecto por su probabilidad de ocurrencia, Alta, Intermedia o Baja y el nivel de impacto en el caso de ocurrencia, correspondiendo al 1 un valor muy bajo y al 5 un valor muy alto, con su correspondiente plan de contingencia para prevenir y mitigar sus efectos.

N°	Riesgo	Tipo	Prob. Ocurrencia	Impacto	Acciones de contingencia
01	Fallas en el hardware de servidores	Técnicos	Media	3	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir equipamiento del tipo servidores de marca reconocida y de ningún modo aceptar equipos de escritorio para cumplir la función de servidores ya que no están diseñados para el funcionamiento 24 x 7 ni con los mismos estándares de calidad. - Adquirir servidores con fuentes de alimentación y unidades de disco redundantes, estas últimas funcionando en modo raid 1.
02	Caída de sistema por fallas en servidores	Técnicos	Baja	4	<ul style="list-style-type: none"> - Disponer de más de un servidor, permitiendo balancear carga, o tener el segundo como backup para reemplazar al principal en caso de falla.
03	Fallas en suministro eléctrico	Técnicos	Alta	5	<ul style="list-style-type: none"> - Instalar los servidores en un datacenter con al menos sistema de energía ininterrumpible on line de doble conversión y grupo electrógeno automatizado, el cual se debe poner en funcionamiento 2 veces por semana para asegurarse que responderá correctamente cuando sea necesario. - Conectar el suministro eléctrico directamente a

					estación transformadora de la empresa de distribución de energía.
04	Fallas de conectividad	Técnicos	Alta	3	- Instalar vínculos de datos principales y de backup con dos proveedores distintos y que no dependan del mismo mayorista.
05	Ataques por fuerza bruta	Técnicos	Alta	5	- Implementar políticas de seguridad y expiración de claves que tornan inviables los ataques de fuerza bruta para la aplicación web, principalmente una longitud mínima y uso obligatorio de letras mayúsculas y minúsculas, como así también símbolos especiales. - Establecer técnicas de seguridad que bloquean temporalmente las direcciones ip sospechosas de realizar este tipo de ataque, de forma similar a la aplicación fail2ban. - Emplear la validación mediante redes sociales y confirmación desde cuentas de correo electrónico.
06	Condiciones de temperatura y humedad extremas.	Técnicos	Media	2	- Disponer de un sistema de refrigeración doble, el cual se alterna semanalmente para asegurar que los dos están en servicio permanentemente.
07	Ataques de Phishing	Técnicos	Alta	4	- Establecer claramente las únicas formas de contacto. - Coordinar con el Departamento de prensa para dar difusión sobre las vías de comunicación. - Implementar doble factor de autenticación.
08	Pérdida de información	Técnicos	Media	5	- Establecer políticas de copias de seguridad y resguardo.

09	Demoras en la actualización de dispositivos remotos	Técnicos	Alta	2	- Implementar avisos a los responsables de los dispositivos para realizar una verificación.
10	Lentitud de respuesta interactiva.	Técnicos	Media	1	- Implementar un sistema automatizado de monitoreo los servicios y redes.
11	Ataques de denegación de servicios	Técnicos	Alta	4	- Utilizar módulos específicos del servidor web para mitigar estos tipos de ataque, principalmente restringiendo el acceso de direcciones ip sospechosas de ataques.
12	Accesos no autorizados	Técnicos	Alta	5	- Implementar técnicas de autenticación de doble factor.
13	Requerimientos no definidos correctamente	Proyecto	Media	5	- Definir procedimientos de relevamiento de requerimientos efectivos.
14	Falta de comunicación en el equipo de trabajo	Proyecto	Baja	4	- Planificar reuniones periódicas para puesta en común y planificar acciones futuras.
15	Dificultades con el uso de nuevas tecnologías.	Proyecto	Media	3	- Definir planes de capacitación y perfeccionamiento para el personal.
16	Problemas de financiamiento	Proyecto	Media	1	- Ingresar el proyecto dentro de las alternativas de financiación para innovación tecnológica aplicada a la investigación y agro de organismos nacionales e internacionales.
17	Fallas en el diseño de interfaces	Proyecto	Media	3	- Realizar un seguimiento de la adaptación de los usuarios a las interfaces y atender solicitudes de mejoras operativas.

					- Utilizar diseños minimalistas, evitando la sobrecarga de elementos visuales.
18	Falta de testing	Proyecto	Media	4	- Definir políticas de pruebas que minimicen la probabilidad de pasar a producción productos no testeados correctamente.
19	Falta de disponibilidad del personal	Proyecto	Baja	2	- Contratar personal externo durante el desarrollo del proyecto.
20	Poca demanda por parte del mercado	Negocio	Media	3	- Coordinar con el departamento de Prensa y Comunicación la difusión en medios masivos.
21	Falta en la comunicación con el cliente	Negocio	Media	3	- Coordinar con el departamento de Prensa y Comunicación la difusión en medios masivos.
22	Dificultades en el uso del producto	Negocio	Media	2	- Desarrollar manuales del usuario y publicarlos en el sitio web. - Ofrecer ayuda en línea y capacitaciones gratuitas.

Tabla 7 - Análisis de riesgos
Elaboración propia

Conclusiones

La principal motivación que llevó a desarrollar el Sistema de información de apoyo a las decisiones en la agricultura de precisión basado en redes de sensores remotos y herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), fue integrar fuentes de datos del sector público y del sector privado, recurriendo a las nuevas tecnologías, con el fin de brindar información en tiempo real para la toma de decisiones y aplicación de la agricultura de precisión, en el proceso de producción agrícola utilizando información de redes de sensores remotos y modelos, visualizando con la ayuda de sistemas de información geográficos, con el fin de mitigar el impacto del cambio climático y el aumento creciente de las necesidades alimentarias de la población mundial. Para lograrlo se debieron integrar los sistemas existentes con los nuevos desarrollos de la DCC y de los productores particulares, todo esto fue posible con el uso de datos, formatos y protocolos abiertos y así poder obtener una visión a micro escala dentro de las propiedades donde se incorporen redes de sensores remotos e integrados a escala regional y provincial ya que los datos no son exclusivamente del propietario de los dispositivos remotos, sino que son de acceso libre y gratuito.

La implementación logró el acceso a los productores agrícolas de la provincia de Mendoza, desde grandes empresas, pymes y empresas familiares para los que su único sustento es la agricultura.

Desde el punto de vista profesional me permitió aplicar los conocimientos alcanzados durante el transcurso de la carrera y aplicarlos en beneficio de la comunidad. En lo personal es un gran desafío poder generar herramientas que permitan el acceso libre a información muy valiosa y de la que depende el sustento de miles de familias, necesidades detectada hace tiempo y no solucionadas por distintos motivos.

Demo

En la siguiente dirección web se puede acceder a un demo operativo de la aplicación: <https://www.andresodiard.com/sf/> Usuario: demo Contraseña: demo

Referencias

- Boninsegna, J. A. (2014). Impacto del Cambio Climático en los oasis del oeste argentino. *CIENCIA E INVESTIGACIÓN - TOMO 64*, 45-58.
- Bootstrap. (2020). *Bootstrap*. Recuperado el 30 de abril de 2020, de <https://getbootstrap.com/>
- ChirpStack. (s.f.). *ChirpStack*. Recuperado el 10 de abril de 2020, de open-source LoRaWAN® Network Server stack: <https://www.chirpstack.io/>
- Comunidad Python Argentina. (s.f.). *Py Ar*. Recuperado el 22 de abril de 2020, de <http://python.org.ar/>
- CPCIPC. (01 de enero de 2020). *Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Córdoba*. Recuperado el 15 de mayo de 2020, de <https://www.cpcipc.org.ar/content/honorarios/>
- Díaz, É., Rodríguez, A., Dölling, O., Bertoni, J., & Smre, M. (2016). Identificación y caracterización de sequías hidrológicas en Argentina. *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. VII, núm. 1, 125-133.
- Dirección de Contingencias Climáticas. (01 de enero de 2015). Recuperado el 25 de abril de 2020, de Presentación: <http://contingencias.mendoza.gov.ar/presentacion.php>
- Durán, G. (01 de enero de 2019). *Guía: Datos Abiertos sobre Cambio Climático*. (J. Atenas, D. Villatoro, J. M. Casanueva, & F. Scrollini, Edits.) Recuperado el 18 de abril de 2020, de <http://doi.org/10.5281/zenodo.2560546>: <http://doi.org/10.5281/zenodo.2560546>
- Ente Nacional de Comunicaciones - Poder Ejecutivo Nacional. (29 de octubre de 2019). Resolución N° 4653 del Ente Nacional de Comunicaciones. *EX-2019-06205303-APN-SDYME#ENACOM - ACTA 54*. Ciudad de Buenos Aires, República Argentina.

Free Software Foundation. (29 de junio de 2007). *GNU General Public License*. Recuperado el 16 de abril de 2020, de Free Software Foundation: <http://gplv3.fsf.org/>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (s.f.). *SIGA - Sistema de Información y Gestión Agrometeorológico*. Recuperado el 10 de abril de 2020, de <http://siga2.inta.gov.ar>

International Society of Precision Agriculture. (s.f.). *International Society of Precision Agriculture*. Recuperado el 19 de abril de 2020, de <https://www.ispag.org/about/definition>

Jin, J., Yajie, M., Yingcong, Z., & Qihui, H. (20 de agosto de 2018). *MATEC Web of Conferences 189*. Recuperado el 25 de abril de 2020, de Design and implementation of an Agricultural IoT based on LoRa: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818904011>

LeafLet. (2019). *LeafLet*. Recuperado el 06 de mayo de 2020, de An open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps: <https://leafletjs.com/>

Lora Alliance. (2020). *What is the LoRaWAN® Specification?* Recuperado el 22 de abril de 2020, de Lora Alliance: <https://lora-alliance.org/about-lorawan>

LORIoT. (2020). Recuperado el 10 de mayo de 2020, de Build your enterprise-grade LoRaWAN® network with LORIoT: <https://www.loriot.io/>

Metos. (s.f.). *WEB APPS*. Recuperado el 16 de abril de 2020, de <http://metos.at/es/apps/>

Mozilla. (2020). *MDN web docs - Mozilla*. Recuperado el 06 de mayo de 2020, de <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript>

MySQL TM. (2020). *MySQL TM*. Recuperado el 03 de mayo de 2020, de Why MySQL?: <https://www.mysql.com/why-mysql/>

Open Weather Org. (s.f.). *Who we are*. Recuperado el 15 de abril de 2020, de <https://openweathermap.org/about>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (12 de octubre de 2009). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 17 de abril de 2020, de [Cómo alimentar al mundo en 2050: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis_papers/C%C3%B3mo_alimentar_al_mundo_en_2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis_papers/C%C3%B3mo_alimentar_al_mundo_en_2050.pdf)
- PHP.net. (2020). *PHP*. Recuperado el 25 de abril de 2020, de <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>
- Semtech. (15 de abril de 2020). *Semtech*. Recuperado el 05 de mayo de 2020, de [What is Lora?: https://www.semtech.com/lora/what-is-lora](https://www.semtech.com/lora/what-is-lora)
- Servicio Meteorológico Nacional. (s.f.). *Servicio Meteorológico Nacional*. Recuperado el 10 de abril de 2020, de <https://www.smn.gob.ar/>
- Sumpi Viñas, J. M. (2012). Los retos de la agricultura para alimentar al mundo en 2050. En J. M. Sumpi Viñas, *Los retos de la agricultura para alimentar al mundo en 2050* (págs. 37-48). Madrid: Tiempo de Paz.
- The Things Network. (2020). *Building a global open LoRaWAN™ network*. Recuperado el 15 de mayo de 2020, de <https://www.thethingsnetwork.org/>
- VMWare. (marzo de 2020). *¿En qué consiste la virtualización?* Recuperado el 22 de abril de 2020, de <https://www.vmware.com/ar/solutions/virtualization.html>
- World Meteorological Organization. (22 de setiembre de 2019). Recuperado el 22 de abril de 2020, de [Global Climate in 2015-2019: Climate change accelerates: https://public.wmo.int/en/media/press-release/global-climate-2015-2019-climate-change-accelerates](https://public.wmo.int/en/media/press-release/global-climate-2015-2019-climate-change-accelerates)

Anexos

Documentación

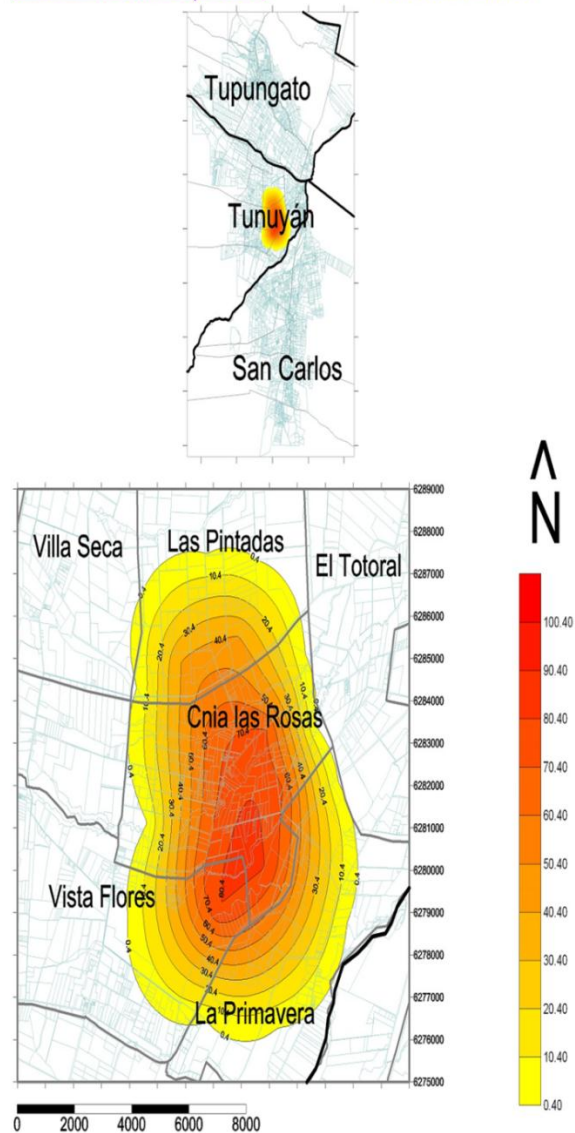
Mapas de daños: Son mapas elaborados por un Ingeniero Perito Tasador, en base al recorrido a campo luego de un evento climático. Dicha información sirve para contrastar con las denuncias realizadas por los productores y contrastar la realidad a campo con los sensores remotos, ya sea radar, para el caso de granizo o estaciones meteorológicas en el caso de heladas y viento.



EVALUACIÓN DE DAÑOS TORMENTA DEL 16/02/18
DEPARTAMENTO TUNUYÁN

Ubicación relativa Oasis CENTRO - Depto. TUNUYÁN

CULTIVO INDICE: VARIOS



Evapotranspiración: Informe que se publica en tiempo real en la página web de la DCC a partir de los datos de sus estaciones agrometeorológicas. La evapotranspiración potencial o de referencia (ET0) indica los milímetros agua perdidos diariamente, en conjunto, por la evaporación del suelo y por la transpiración de los vegetales en condiciones ideales, permite determinar el agua necesaria a reponer en los cultivos mediante el riego.

RIESGO AGRÍCOLA
AGROMETEOROLOGÍA
LUCHA ANTIGRANIZO
WRF MOD. NUMÉRICO
PEDIDO DE INFORMACIÓN
NOTICIAS

Evapotranspiración potencial

Estación: Mes: Año:

La evapotranspiración potencial o de referencia (ET0) indica los milímetros agua perdidos diariamente, en conjunto, por la evaporación del suelo y por la transpiración de los vegetales en condiciones ideales. El modelo utilizado para el cálculo es el de Penman Monteith (modificación FAO en 1991). Este modelo se ha comprobado que se adapta bien al cálculo diario de evapotranspiración potencial para climas semiáridos como el nuestro. Es potencial por que se refiere a condiciones teóricas y estándares de medición, para ser utilizada como referencia. Generalmente esas condiciones teóricas no se presentan en la realidad por lo que casi siempre la ET0 es mayor que la evapotranspiración real (ET). Por lo cual para obtener el dato real es necesario afectarlo por factores de corrección existentes según el tipo de cultivo (Kc), suelo (Ks), etc.

Este concepto ha tomado cada vez más importancia debido a que con los valores de ET0 y ET ajustados se puede conocer cual es el agua necesaria a reponer de acuerdo a la zona y el cultivo, planear las operaciones de los sistemas de riego, analizar los recursos hídrológicos, modelizar las prácticas agropecuarias, permitiendo eficientizar el recurso hídrico.

RIESGO AGRÍCOLA
AGROMETEOROLOGÍA
LUCHA ANTIGRANIZO
WRF MOD. NUMÉRICO
PEDIDO DE INFORMACIÓN
NOTICIAS

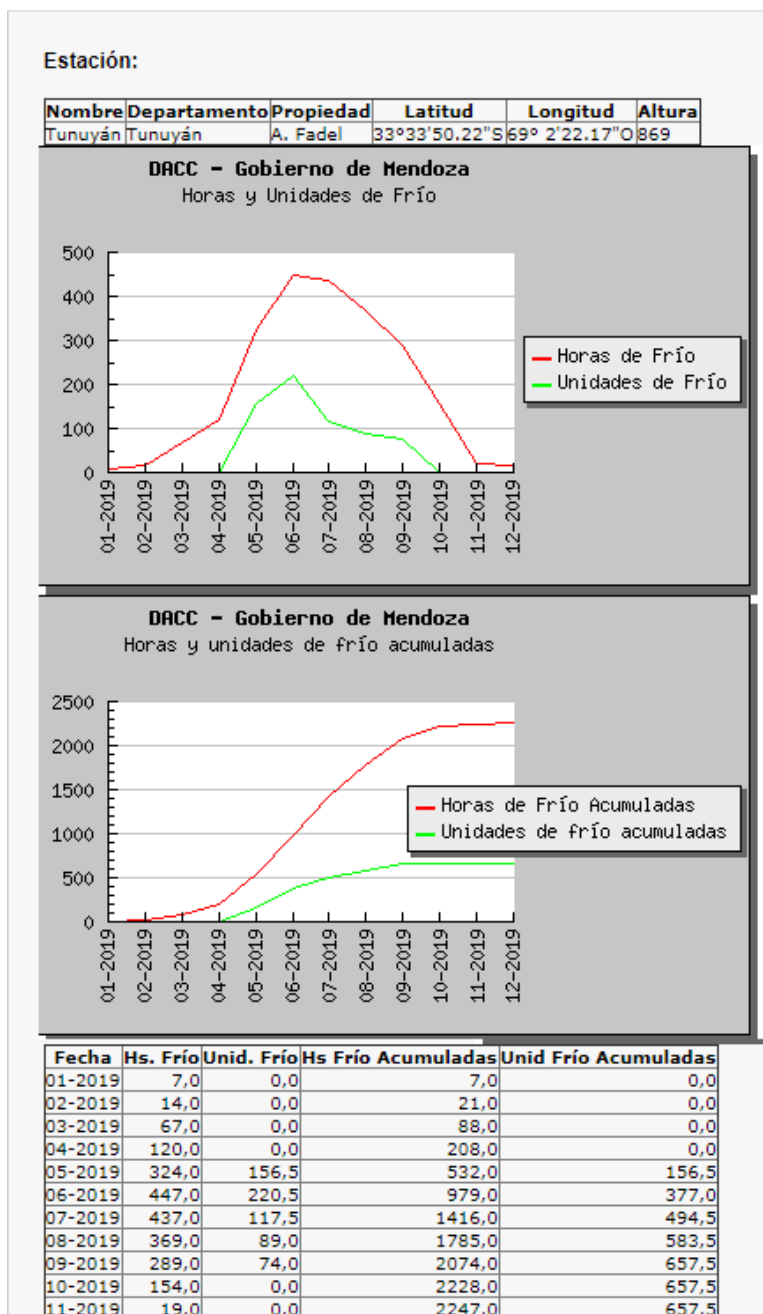
Estación:

Nombre	Departamento	Propiedad	Latitud	Longitud	Altura
La Consulta	San Carlos	INTA	33° 42' 23.7" S	69° 04' 23.6" O	940

Fecha	Evapot.(mm.)	Acum.
01-01-2020	6,1	6,1
02-01-2020	7,6	13,7
03-01-2020	8,0	21,7
04-01-2020	7,6	29,2
05-01-2020	7,4	36,6
06-01-2020	6,6	43,3
07-01-2020	7,1	50,3
08-01-2020	7,9	58,2
09-01-2020	6,7	64,9
10-01-2020	6,1	71,0
11-01-2020	7,2	78,2
12-01-2020	6,2	84,4
13-01-2020	7,1	91,5
14-01-2020	7,3	98,7
15-01-2020	7,3	106,0
16-01-2020	6,3	112,4
17-01-2020	6,5	118,8
18-01-2020	7,0	125,8
19-01-2020	6,8	132,6
20-01-2020	7,5	140,1
21-01-2020	7,1	147,2
22-01-2020	7,1	154,3
23-01-2020	7,6	161,8
24-01-2020	7,0	168,9
25-01-2020	7,0	175,9
26-01-2020	7,1	183,0
27-01-2020	7,1	190,1
28-01-2020	7,2	197,3
29-01-2020	6,4	203,7
30-01-2020	6,6	210,3
31-01-2020	7,1	217,4

● Quiénes somos
● Preguntas Frecuentes
● Comité científico
● Investigación y Desarrollo
● Centros Receptores
● Contacto

Horas y unidades de frío: Informe que se publica en tiempo real en la página web de la DCC a partir de los datos de sus estaciones agrometeorológicas. La mayoría de las plantas frutales de hoja caduca, adaptadas a climas templados-fríos para florecer cada primavera, necesitan haber acumulado durante la época invernal cierta cantidad de frío. Esta es la forma de adaptación que han adquirido estas plantas a través del tiempo para florecer en el momento más favorable, y estaría regulado por un complejo sistema de reguladores de tipo hormonal, que dependiendo del estado de la dormancia influye más el tipo y cantidad del regulador o los factores climáticos.



Informe mensual meteorológico: Informe que se publica en tiempo real en la página web de la DCC a partir de los datos de sus estaciones agrometeorológicas de la totalidad de los sensores disponibles.

Datos Mensuales

Estación:

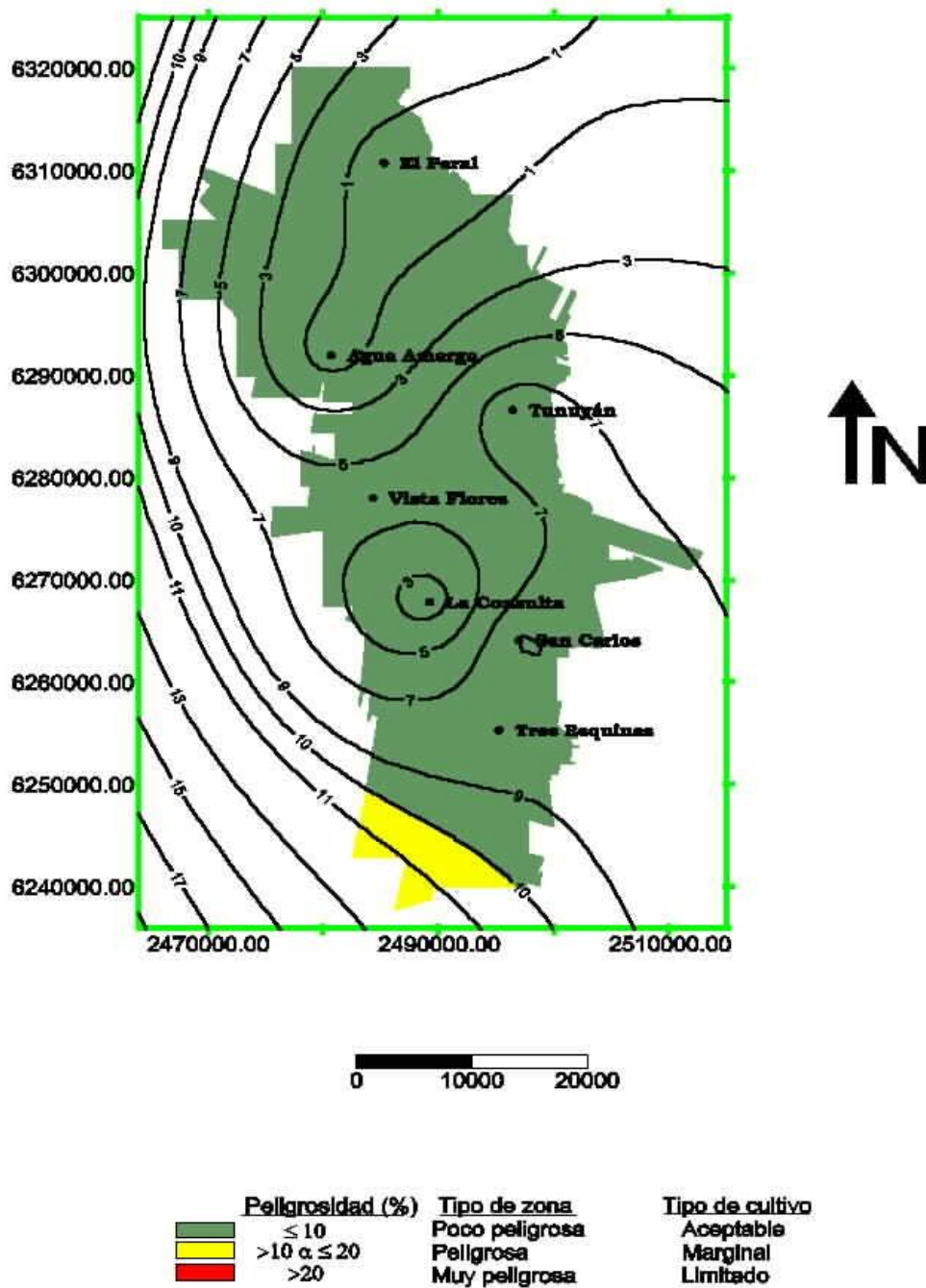
Nombre	Departamento	Propiedad	Latitud	Longitud	Altura
Tres Esquinas	San Carlos	Juan Riveira	33° 52' 08.9" S	69° 05' 16.2" O	850

Fecha	Temperatura del Aire (°C)			Humedad Relativa (%)			V. Viento (m/s)			Prec. (mm.)	Hojas Mojadas (Min.)
	Máx	Med	Mín	Max	Med	Mín	Prom.	Máx			
01/04/2020	21.1	17.6	13.9	99	82	53	1.3	3.7	0.0	0	
02/04/2020	24.4	16.7	6.5	98	67	33	1.6	4.6	0.0	0	
03/04/2020	26.5	13.4	2.1	99	70	33	2.3	5.2	0.0	0	
04/04/2020	25.9	15.1	4.0	99	66	33	2	4.5	0.0	0	
05/04/2020	27.2	15.6	7.6	99	74	39	1.6	3.3	0.0	0	
06/04/2020	19.6	14.0	4.0	90	48	29	1.9	5.3	0.0	0	
07/04/2020	20.1	8.4	-1.4	99	68	32	1.7	4.1	0.0	0	
08/04/2020	24.1	12.8	3.5	91	64	36	2.1	4.1	0.0	0	
09/04/2020	24.6	13.0	1.7	99	73	38	1.9	4.7	0.0	0	
10/04/2020	24.9	12.1	2.5	99	80	41	1.7	5.5	0.0	0	
11/04/2020	27.1	13.9	3.1	99	81	37	1.5	3.9	0.0	4	
12/04/2020	20.4	14.4	9.5	99	82	52	1.1	2.6	0.0	0	
13/04/2020	22.2	13.3	1.9	99	74	36	1.4	3.9	0.0	9	
14/04/2020	22.0	12.1	2.6	99	76	40	1.7	4.3	0.0	0	
15/04/2020	24.9	12.3	1.4	99	76	36	1.5	3.4	0.0	0	
16/04/2020	27.7	15.8	7.6	99	73	33	1.7	4.3	0.0	0	
17/04/2020	27.9	13.9	5.8	99	77	34	1.8	4.6	0.0	0	
18/04/2020	28.1	17.5	5.7	99	70	37	1.8	3.7	0.0	0	
19/04/2020	30.8	17.0	3.6	99	67	28	1.6	3.1	0.0	0	
20/04/2020	27.3	16.2	7.4	99	68	38	1.8	3.5	0.0	0	
21/04/2020	23.0	11.7	0.1	99	67	37	1.6	3.3	0.0	0	
22/04/2020	22.4	8.8	1.9	99	86	46	1.4	3	0.0	0	
23/04/2020	24.2	14.5	5.5	99	78	46	1.6	3	0.0	0	
24/04/2020	20.1	15.1	9.0	99	69	51	2.1	5.3	0.0	0	
25/04/2020	17.9	11.8	4.4	99	80	62	2	4.7	0.0	0	
26/04/2020	14.1	11.9	9.4	99	94	89	1	2.1	0.0	0	
27/04/2020	12.8	11.9	10.5	99	98	91	0.9	2.1	0.0	0	
28/04/2020	20.5	11.9	3.3	99	79	42	1.4	5.3	0.0	0	
29/04/2020	21.8	9.3	0.3	99	77	35	1.7	4.1	0.0	12	
30/04/2020	17.8	6.3	-0.8	99	87	54	1.8	3.6	0.0	0	

Última Actualización: 02/05/2020 12:28

Mapas de riesgo de heladas: Mapa elaborado a partir de datos estadísticos de estaciones meteorológicas y la documentación sobre temperaturas mínimas que resisten los cultivos. Dicha información sirve para determinar estrategias de distribución de cultivos, pudiendo determinar zonas donde no es viable ese tipo de cultivo.

CEREZA BING OASIS CENTRO



Informe temporada vitícola: Mapas elaborados a partir de datos estadísticos meteorológicos y haciendo un análisis agronómico de una temporada vitícola que sirven para poder caracterizar el tipo de vino producido en las distintas zonas de la provincia de Mendoza.

Mendoza GOBIERNO

Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas
Boulogne Sur Mer 3050, Ciudad, Mendoza
www.contingencias.mendoza.gov.ar


ANÁLISIS AGROMETEOROLÓGICO
OASIS NORTE - CAMPAÑA VITÍCOLA 2017 - 2018

RED DE ESTACIONES TELEMÉTRICAS AUTOMÁTICAS

	Latitud	Longitud	Altitud
Las Violetas	S 32°48'46,71"	W 68°36'1,55"	960 msnm
Jocoli	S 32°35'42,98"	W 68°35'51,58"	900 msnm
Gustavo André	S 32°38'46"	W 68°18'50"	960 msnm
Perdriel	S 33°07'7,392"	W 68°54'32,796"	960 msnm
Russell	S 33°00'46,32"	W 68°44'50,39"	960 msnm

Estadísticas de daños en cultivos: Datos estadísticos anuales de los daños por inclemencias climáticas en la Provincia de Mendoza.

120,0%



Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas
Subsecretaría de Agricultura y Ganadería
Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía
Gobierno de Mendoza

ESTADÍSTICA POR PORCENTAJE DE DAÑO

HELADA - CAMPAÑA AGRÍCOLA 2016-2017

Departamento	0-49%			50-79%			80-100%			TOTAL	
	Cant. Pedal	Superf. Afect. 100%	Superf. Afect. 100%	Cant. Pedal	Superf. Afect. 100%	Superf. Afect. 100%	Cant. Pedal	Superf. Afect. 100%	Superf. Afect. 100%	Cant. Pedal	Superf. Afect. 100%
GRAL. ALVEAR	36	206,9	60,0	261	1.898,3	1.284,4	1.154	6.151,3	5.734,2	1.419	8.255,7
GUAYMALLEN	3	19,5	6,2	3	23,3	14,1	4	16,8	15,8	12	59,3
RININ	112	988,1	314,8	227	2.193,8	1.349,4	76	404,3	352,8	415	3.565,9
LA PAZ	4	56,1	13,4	3	27,3	15,3	14	74,4	69,3	23	157,1
LAS HERAS	2	59,8	19,4	2	10,8	7,4	3	8,4	7,4	7	72,5
LAVALLE	17	438,7	117,6	18	180,9	118,6	9	61,1	53,6	44	680,6
LIJAN DE CUYO	27	886,6	300,3	17	364,2	226,7	11	104,4	94,4	55	1.355,2
MAPU	36	499,7	80,6	43	313,3	196,8	28	159,6	140,6	107	882,3
RIVADAVIA	125	1.587,2	588,8	238	2.717,8	1.657,4	83	914,7	790,4	446	5.218,1
SAN CARLOS	9	90,1	23,7	17	303,2	194,7	40	325,2	303,8	66	718,3
SAN MARTIN	159	1.776,6	608,1	458	5.242,1	3.193,8	128	1.548,0	1.366,8	746	8.566,7
SAN RAFAEL	146	1.285,2	383,5	571	5.027,8	3.334,1	1.417	10.082,6	9.330,1	2.136	16.395,7
SANTA ROSA	38	990,1	287,2	117	2.289,6	1.335,1	148	1.466,1	1.293,8	303	4.602,3
TUNDUYAN	8	183,3	27,4	67	1.010,8	652,7	57	991,1	812,5	132	2.190,1
TUPUNGATO	25	542,4	158,1	18	233,3	153,4	7	122,4	114,5	50	918,3
TOTAL PROVINCIAL	747	9.443,3	2.829,0	2.671	21.773,2	13.734,1	3.223	22.430,6	20.628,6	6.041	83.647,1

Fuente: Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas - Subdirección Emergencias Agropecuarias - Tecnol. Inform. y Telecomun. Mendoza - Mayo 2017

ESTADÍSTICA POR DAÑO DE CULTIVOS

HELADA - CAMPAÑA AGRÍCOLA 2016-2017

Departamento	VID		Frutales		Hortalizas		Ovos		Total	
	Superf. Afect.	Superf. Afect. 100%	Superf. Afect.	Superf. Afect. 100%	Superf. Afect.	Superf. Afect. 100%	Superf. Afect.	Superf. Afect. 100%	Superf. Afect.	Superf. Afect. 100%
GRAL. ALVEAR	2.291,8	4.825,5	5.730,5	5.279,9	109,6	19,5	123,6	5,3	8.255,7	7.130,0
GUAYMALLEN	12,6	4,4	48,4	31,4	0,0	0,0	0,0	0,0	60,8	36,3
RININ	2.226,6	1.492,0	820,4	822,4	12,0	2,4	6,0	0,0	3.565,9	2.017,0
LA PAZ	107,6	67,5	50,0	30,5	0,0	0,0	0,0	0,0	157,6	98,0
LAS HERAS	20,2	9,6	57,6	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	77,8	25,2
LAVALLE	451,8	161,6	162,6	123,1	68,8	4,8	20,0	0,0	680,6	289,2
LIJAN DE CUYO	1.222,3	444,6	121,2	76,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.355,2	521,2
MAPU	337,2	407	528,1	374,4	17,2	2,4	0,0	0,0	882,3	418,0
RIVADAVIA	4.493,6	2.283,1	1.102,3	727,8	9,5	2,4	14,2	1,8	5.218,1	2.981,3
SAN CARLOS	270,9	175,5	369,2	377,1	44,8	8,8	5,3	2,4	718,3	523,7
SAN MARTIN	6.458,7	3.954,8	1.641,4	1.199,4	33,3	7,2	26,5	6,1	8.566,7	5.168,8

Modelo numérico de pronóstico WRF: Salida del modelo numérico Weather Research and Forecast que se encuentra en funcionamiento en los servidores de la Dirección de Agricultura, que sirven como una herramienta adicional para el pronóstico elaborado por los meteorólogos, especialmente en fechas críticas de los estados fenológicos de los cultivos.

