

“Sistema de monitorización de cultivos con sensorización en campo”

Luis Rafael Ibáñez Alonso

Ingeniería Técnica en Informática de Gestión

Director Proyecto Empresa: Juan Vicente Sales Civera

Director Proyecto UPV: Emili Pau Miedes de Elías

16 de Enero de 2012

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVOS.....	5
2.1	Introducción.....	5
3	ANTECEDENTES	7
3.1	Otros sistemas de sensorización de cultivos	7
3.1.1	Vimovil	7
3.1.2	Bodegas Viñatigo.....	8
3.1.3	Proyecto WISEVINE (Universidad de Castilla La Mancha)	8
3.1.4	Registro vitivinícola de Cataluña (RVC)	8
3.1.5	VERD-TECH (DACOM, Plant-Plus).....	9
4	MÉTODOS	10
4.1	ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	10
4.1.1	Nodos de Sensorización.....	12
4.1.2	Gestión de datos de las variables a integrar	14
4.1.3	Plataforma de Integración Web.....	15
4.2	ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS	16
4.2.1	Plataforma de administración: Genexus	16
4.2.2	Georreferenciación	16
4.2.3	Sistema de inferencias: Drools	16
4.2.4	Plataforma UAV.....	17
4.2.5	Integración de tecnologías	17
4.3	SISTEMA DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS.....	19
4.3.1	Modelo de datos.....	19
4.3.2	Diagrama de Clases	28
4.3.3	Diagrama Entidad Relación	29
4.3.4	Tecnología de BBDD	30
4.4	INTERFAZ DE USUARIO.....	30
4.4.1	Requisitos de Interfaz	30
4.4.2	Prototipo de la Interfaz.....	31
5	RESULTADOS.....	36
5.1	Interfaz gráfica de integración.....	36
5.2	Interfaz gráfica de administración.....	40
5.3	Servidor de adquisición de datos	43
6	LIMITACIONES Y LÍNEAS FUTURAS	45
7	CONCLUSIONES	46
8	BIBLIOGRAFÍA.....	46

1 INTRODUCCIÓN

El sector vitivinícola español tiene una gran importancia tanto por el valor económico que genera como por la población que ocupa y por el papel que desempeña en la conservación medioambiental.

España, con 1,2 millones de hectáreas destinadas al cultivo de la uva (de la que el 97 % se destina a transformación), sigue siendo el país con mayor extensión de viñedo de la Unión Europea y del mundo (más de un tercio de la superficie total de la UE, seguida por Francia e Italia con un 25 % cada una, lo que representa más de un 15 % del mundo), con una tradición elaboradora de vinos que se remonta a la época de los romanos. La vid ocupa el tercer lugar en extensión de los cultivos españoles, detrás de los cereales y el olivar [1].

Por todo esto, durante los últimos años se han puesto en marcha directivas nacionales y europeas relacionadas con la política agraria que persiguen la eliminación de excedentes y por otro lado han surgido numerosas iniciativas comerciales privadas que persiguen la elaboración de un producto de calidad, introduciendo nuevos procesos y nuevas tecnologías en el proceso de cultivo y elaboración de vinos.

En cuanto al proceso de elaboración de vinos existen al alcance de las bodegas técnicas y tecnologías que permiten obtener vinos de calidad, homogéneos y tener completamente monitorizado el estado del proceso en todo momento mediante análisis químicos de todo tipo.

En el campo, tradicionalmente los viticultores han seguido normas de buenas prácticas de cultivo heredadas de los antepasados, rigiéndose en muchos casos por la buena o mala suerte en cuanto a la calidad de la cosecha, y sin plantearse una gestión avanzada del cultivo y su clara influencia en los procesos enológicos. Es aquí donde existen más lagunas dentro del sector de la vitivinicultura y es aquí donde se ubica el proyecto que se plantea, es decir, en la interacción de cuatro conceptos como son:

- la vitivinicultura de precisión,
- los sistemas inteligentes,
- la geo-trazabilidad y
- la gestión integral de la cadena alimentaria.

La elaboración de productos agrícolas que maximicen su calidad independientemente de las condiciones climáticas cambiantes de un año a otro requiere de herramientas que puedan proporcionar a los productores una información precisa y lo más objetiva posible sobre parámetros tanto del entorno físico, humedad del suelo y ambiental, temperatura, etc., como del estado de la planta, desarrollo vegetal, estado de maduración del fruto, coloración foliar, presencia de hongos, etc.

La obtención de estos datos tradicionalmente se ha realizado a través de la inspección visual de los cultivos, con las limitaciones que, a pesar de la experiencia de los técnicos agrícolas, esto comporta. Además la incorporación de nuevas técnicas de riego como el goteo ha añadido nuevas dificultades a la hora de reconocer el estado hídrico del suelo en el entorno de planta.

El desarrollo de nuevas tecnologías de medida que puedan proporcionar estos datos, automatizar su recogida y proveer de una información de mayor objetividad y precisión que la disponible hasta ahora choca con diversas problemáticas de implantación:

- La dificultad del manejo de los nuevos datos.
- Las reticencias al cambio en los modos de trabajo de unos usuarios habituados a otros hábitos de trabajo.
- La falta de procedimientos que gestión del volumen de datos que se puedan generar.
- La falta de procedimientos de correlación entre las diferentes medidas obtenidas y las necesidades reales del cultivo.
- El alto coste.

La sustitución de los métodos de toma de decisión tradicionales en los procesos agronómicos en general, y en la vitivinicultura en particular, pasa por la creación de un sistema inteligente que incorpore la capacidad de obtener las diversas variables de campo a medir, su procesado de manera individual y el análisis de las correlaciones entre los diferentes parámetros obtenidos. Con estos datos el sistema deberá proveer de elementos de juicio o parámetros de control de fácil comprensión que permitan la toma rápida de decisiones (riego, abonado, tratamiento fitosanitario, momento óptimo de vendimia) por parte de sus usuarios. Estos elementos deben estar basados en:

- Los nuevos conocimientos y técnicas de producción desarrollados en universidades y centros tecnológicos para la gestión y el control de la producción.
- Los datos recogidos en campañas anteriores debidamente retroalimentados con los resultados sobre la calidad del producto final obtenidos en la bodega o almacén.
- La experiencia del productor, lo que permite por una parte la diferenciación del producto respecto a la competencia y por otro el mantenimiento del “know how” del personal experto que, por causas de su envejecimiento y falta de relevo generacional, se va perdiendo progresivamente.

Así pues el sistema no sólo debe tener capacidad para la elaboración de bases de datos sino contar con herramientas de gestión inteligente de las mismas.

Por todo ello, teniendo en cuenta la situación global del sector, la situación particular de la Comunidad Valenciana y que existen zonas de la Comunidad con una riqueza en materia prima excelente, se considera necesario el desarrollo de proyectos como el presente que permitan investigar nuevas tecnologías y técnicas de cultivo y elaboración que permitan aumentar la competitividad empresarial del sector vitivinícola e impactar en otros sectores industriales contribuyendo a la diversificación industrial de la Comunidad Valenciana.

2 OBJETIVOS

2.1 Introducción.

Como se ha mostrado en el apartado anterior y teniendo en cuenta que las tecnologías que existen actualmente en el mercado ni cubren las necesidades del sector de forma íntegra, ni tienen un precio abordable por las cooperativas. Se propone el desarrollo del presente proyecto cuyo objetivo principal es la investigación y el diseño de un sistema inteligente que permita llevar a cabo la monitorización y análisis en tiempo real de las variables que influyen y determinan

la evolución del proceso vitivinícola a lo largo de la cadena agroalimentaria, para poder realizar un control optimizado de dicho proceso y, de esta forma, tomar las mejores decisiones en los momentos oportunos con el objetivo de mejorar la competitividad del sector.

El proyecto que se va a desarrollar se incluye en un proyecto mucho más grande que engloba muy distintas investigaciones:

- Aplicación de tecnologías de visión multiespectral a través de dispositivos de vuelo no tripulados (UAV) de alta precisión espacial y radiométrica para la monitorización de superficies de cultivo. En especial a aquellas variables no investigadas hasta la fecha como son la incidencia de plagas y enfermedades, análisis y conteos de precisión en cepas, mapas temáticos, etc. y su relación con variables estratégicas del cultivo y su influencia en bodega.
- Creación de unidades de sensorización avanzada de bajo coste para la integración de sensores químicos, electrónicos y ópticos que permitan a los técnicos de campo tomar medidas in situ relacionadas con el cultivo y el producto objetivo (la uva como ingrediente principal y prácticamente único del vino) e integrarlas en el sistema de gestión en tiempo real. Unidades sostenidas a su vez por una red de comunicaciones inalámbrica de bajo consumo, con alimentación basada en tecnologías renovables.
- Investigación de una plataforma inteligente que permita integrar y analizar el conjunto de datos relacionados con las distintas señales del cultivo identificadas. La plataforma trabajará en el dominio de la señal y permitirá, en base a históricos almacenados en el sistema y a los parámetros medidos en la actualidad, determinar las acciones a realizar sobre el cultivo y además poder anticiparse y prever la evolución del mismo.

Como elemento vertebrador de todos estos componentes el proyecto consistirá en el diseño e implementación de una plataforma de servicios integrada, que proporcione tanto una interfaz de recepción de datos para cada una de las tecnologías empleadas en la sensorización y adquisición de información del viñedo. Como en la representación visual integrada de toda esa información (datos alfanuméricos, gráficos y espaciales georreferenciados) a través de un mismo interfaz de fácil comprensión para el usuario.

3 ANTECEDENTES

3.1 *Otros sistemas de sensorización de cultivos*

Como es natural, en los últimos años se han presentado diferentes aproximaciones a la problemática presentada, con mayor o menor éxito, pero generalmente con una amplitud de aplicación más restringida que la presentada aquí.

Desde un punto de vista más anecdótico, se pueden destacar dos enfoques a la hora de practicar agricultura de precisión al sector vitivinícola. Uno de ellos es el enfoque defendido por Claude Bourguignon, basado en el estudio y análisis del terreno que hay bajo la superficie y de las raíces. El otro es el enfoque basado en la masa foliar, defendido por Richard Smart, y en muchos sentidos responsable del "milagro australiano" de los últimos años.

Sin embargo, dejando a un lado la posible participación de estos gurús de la viña, el estado del arte nos lleva hacia investigaciones en sistemas de agricultura de precisión que está obteniendo resultados un tanto dispares. Esto es así porque o bien los sistemas utilizados no recogen todas las variables y por tanto los resultados ofrecidos no se ajustan completamente a las necesidades, o bien porque su coste es demasiado elevado (lo que impide su aplicación generalizada), o bien porque no ofrecen la posibilidad de interoperar con distintos fabricantes de dispositivos.

En cualquier caso, se puede afirmar con certeza que ninguno de los proyectos lleva a cabo una interpretación de todas las variables que intervienen en el proceso. En su lugar, se trata de experimentos individuales del impacto de ciertos parámetros en el cultivo, sin tener en cuenta las posibles interacciones entre parámetros. Además, en la mayor parte de los casos no existe un análisis de la información desde el punto de vista de la señal, sino del dato aislado, por lo que no es posible realizar simulaciones ni predicciones.

Algunos ejemplos de sistemas que caen dentro de esta categoría a nivel nacional son:

3.1.1 **Vimovil**

Se trata de un sistema desarrollado por la IT Deusto [2] que permite la monitorización continua a través de tecnología móvil, desarrollado en 2002. Está orientado a la prevención de enfermedades, extracción del color de la uva, determinación del momento exacto de realización de la vendimia y la aproximación a las curvas conseguidas en los mejores años de cosecha.

Además, este sistema pretende proporcionar una ayuda al vinicultor en el análisis de todos estos aspectos, ya que se realiza desde el mismo puesto donde está instalado el sistema, pudiendo analizar de forma automatizada todo lo que hasta en estos momentos tienen que realizar manualmente. En principio está pensado para detectar en tiempo real si se estaban produciendo anomalías, y en caso de producirse, desencadenar un plan de acción urgente.

3.1.2 Bodegas Viñatigo

Parten de la recolección de datos continua y su almacenamiento estructurado dentro de un sistema de información [3]. La potencia de este sistema radicaba en la enorme base de datos que con el paso de dos o tres campañas, siguiendo esta metodología de trabajo, se va creando. Estos datos permiten, por ejemplo, hacer una caracterización del suelo, fijando de forma práctica la capacidad de campo y el punto de marchites, referentes de gran utilidad para el seguimiento de la cosecha. El análisis de la información que proporcionan estas bases de datos y de su correlación con otras medidas puntuales relativas a la velocidad de crecimiento, el vigor o producción obtenida por planta nos permiten obtener conclusiones importantes.

La metodología se basa en el análisis del histórico acumulado, así como en la última observación realizada; sin embargo, últimamente los avances tecnológicos, que permiten acceder a la información de la predicción meteorológica de la zona con bastante precisión en un período de una semana, han ofrecido la posibilidad de trabajar no sólo atendiendo al histórico acumulado, sino teniendo en cuenta la probable evolución futura. Esto tiene una importancia alta a la hora de tomar decisiones respecto a la oportunidad de realizar un riego o no, o sobre la necesidad de realizar un tratamiento fitosanitario o no.

3.1.3 Proyecto WISEVINE (Universidad de Castilla La Mancha)

Con este proyecto [4] se pretende introducir esta nueva tecnología dentro de un sector tan importante para nuestra región como es la Viticultura. Una de las tareas claves de este proyecto es el desarrollo de un sistema de información que deberá proporcionar una herramienta de gran valor para la toma de decisiones por parte del viticultor. Los objetivos finales del proyecto contemplan el desarrollo de un prototipo totalmente funcional que permita la captura y el análisis sencillo de los datos.

3.1.4 Registro vitivinícola de Cataluña (RVC)

Durante el segundo semestre del año 2002, los técnicos del "*Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca*" (DARP) y de la empresa TAO-gedas mantuvieron múltiples reuniones con los representantes de los distintos agentes vinculados al sector de la viña y el vino (consejos reguladores de denominación de origen, cooperativas, bodegas, Instituto Catalán del Vino,...) así como con los usuarios del DARP en los distintos centros territoriales, con objeto de delimitar con exactitud las necesidades del proyecto. Las conclusiones derivadas de estas reuniones y la evaluación de un prototipo inicial, permitieron establecer los siguientes objetivos para el proyecto del "Sistema de Información Geográfica" (SIG) del Registro Vitivinícola:

- Disponer de un sistema de información unificado y sin redundancias, tanto a nivel del registro alfanumérico como de la cartografía, que diera soporte a las necesidades del sector y facilitara la detección de desviaciones y anomalías.
- Integrar la componente territorial en el registro vitivinícola, para poder editar, actualizar, visualizar, consultar y analizar las características

geométricas, administrativas y agronómicas de las parcelas vitícolas directamente desde la cartografía.

- Disminuir las tareas administrativas, racionalizando los procesos y procedimientos, y poder así agilizar los trámites a realizar por parte de los viticultores (declaraciones de cosecha, solicitudes de arranque o nueva plantación,...)
- Apostar por una plataforma tecnológica web, de forma a mejorar la comunicación entre el DARP y los agentes externos (consejos reguladores, bodegas, cooperativas...).
- Diseñar el “Sistema de Información Geográfica” (SIG) del Registro Vitivinícola como un primer módulo de un SIG corporativo del DARP, sistema transversal y abierto al que posteriormente deberían vincularse otros sistemas de información (Registro Oleícola, Registro Citrícola, Inventarios pesqueros,...).
- Iniciar la digitalización masiva sobre ortofotografía de las parcelas que componen el mapa vitícola catalán, en base a una nueva definición de parcela vitícola más ajustada a las demandas del sector, aunque vinculada al catastro de rústica y al futuro recinto SIGPAC.

El Registro Vitivinícola de Cataluña (RVC) [5] es un sistema que permite no sólo el mantenimiento de los diferentes inventarios de información a él vinculados (parcelas vitícolas, derechos, pesadas de uva, personas y entidades vinculadas,..) sino también una gestión de solicitudes sencilla integrada con la cartografía.

3.1.5 VERD-TECH (DACOM, Plant-Plus)

PLANT-Plus es un sistema que ayuda a los agricultores a optimizar la gestión de sus cultivos, consiguiendo un mejor control de enfermedades y una reducción en el uso de fungicidas, y por otro lado, un aumento del rendimiento [6].

La recogida de datos debe estar automatizada al máximo. Para obtener las recomendaciones de tratamiento, el agricultor empieza por rellenar una serie de datos básicos, como la finca y parcela utilizadas y la variedad cultivada. Después tiene que introducir la fecha, la hora, la materia activa y la dosis de aplicación. También los riegos, si no han sido registrados automáticamente, deben que ser introducidos. El resto de la información relevante se proporciona de forma automática. Para poder combatir las enfermedades micóticas, es fundamental conocer los parámetros del ciclo vital de los hongos. Con este fin Dacom utiliza estaciones meteorológicas para hacer las mediciones locales del microclima. Estas mediciones son convertidas en valores por hora y de esta forma distribuidas a los productores a través del banco de datos. La previsión climática de la oficina meteorológica nacional está integrada en el sistema. Esto permite determinar todavía mejor las medidas a tomar, ya que los pronósticos serán incluidos en las recomendaciones.

4 MÉTODOS

4.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El proyecto parte de la información que se extrae a pie de campo. Son elementos como la temperatura de la tierra, la humedad en la hoja, la fuerza de la cepa, la que nos da los mejores instrumentos para valorar el estado de nuestros cultivos y tomar decisiones en consecuencia. De ahí que el primer elemento de la arquitectura sean los sensores en campo, la distribución en parcelas y la transmisión de la información que generan.

El segundo elemento a considerar en nuestra arquitectura es la plataforma de recepción, modelado y tratamiento de los datos que aportan nuestros sensores. Es la infraestructura del proyecto. En ella se aglutina toda la información procedente de distintas fuentes: los sensores en campo, las estaciones meteorológicas, el vehículo aéreo no tripulado, etc. Una ingente cantidad de información que debe ser cribada, procesada, y presentada al usuario del sistema.

Este es el punto de contacto de nuestros usuarios con los elementos que monitorizan sus plantaciones. Es el panel de control sobre el que las variables se agrupan y toman una forma estructurada y precisa.

Y finalmente, la arquitectura se cierra con el componente capaz de razonar sobre la información y presentar conclusiones al usuario. Es el motor de inferencias que, alimentado del conocimiento experto, procesa variables y eventos día y noche para informar de cualquier anomalía detectada en el sistema.

Este diagrama mostrado en la siguiente ilustración presenta el flujo que siguen los datos desde su recolección, hasta su visualización por los clientes. La primera fase del sistema consta de la recolección de datos de las parcelas. Estos datos son recogidos por diferentes subsistemas: los nodos instalados en las parcelas, las imágenes captadas por el UAV, entradas manuales generadas por los mismos clientes, etc.

Los nodos son un subsistema formado por una serie de sensores y la capacidad de comunicarse inalámbricamente mediante Zigbee con un nodo central. Continuamente, envían los datos recolectados por sus sensores al nodo central de la parcela a la que pertenecen.

El nodo central aparte de funcionar como un nodo normal, tiene la capacidad de comunicarse vía GPRS con la infraestructura del sistema. Cuando ha almacenado suficientes datos de todos sus nodos hijo envía esos datos al servidor de adquisición de datos.

Por otra parte, cada cierto tiempo, el UAV realiza vuelos sobre las parcelas para obtener datos acerca de la salud de la planta o de la masa foliar. Esos datos serán introducidos manualmente al servidor de cartografía, para su futura visualización.

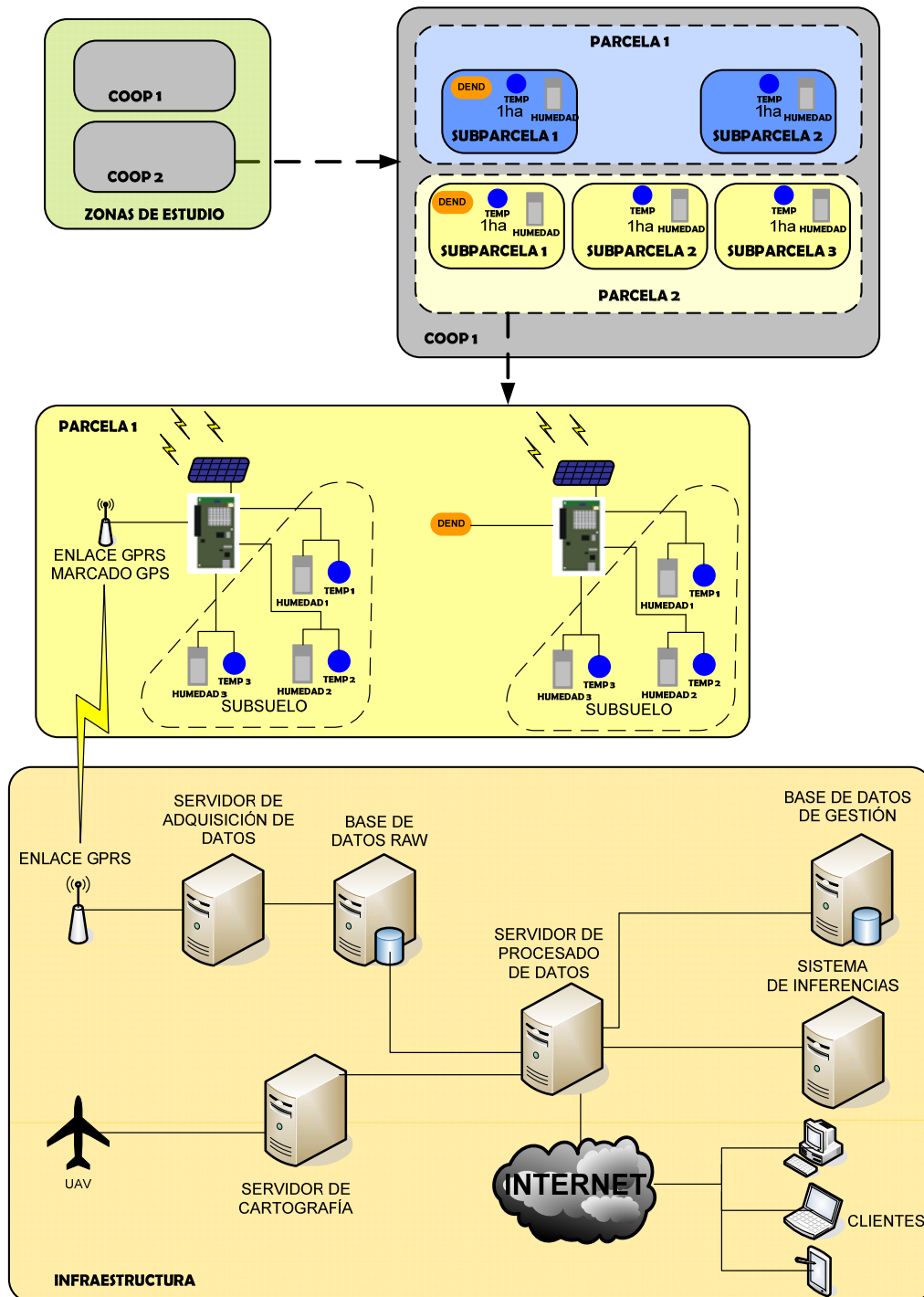


Ilustración 1 - Arquitectura del sistema

La segunda fase del sistema, consiste en el tratamiento y almacenamiento de esos datos. Esta fase transcurre ya dentro de la infraestructura informática. Hay un servidor de adquisición de datos, encargado de recibir los datos de los nodos de cada subparcela, mediante una comunicación GPRS. Ese servidor recibe la fecha en la que fue tomado cada dato, el dato en sí y un identificador que permite saber de qué tipo de dato se trata y en qué nodo fue medido. Este servidor tendrá dos tareas: la primera es almacenar todos los datos que reciba en la base de datos

RAW, y la segunda servir como sistema de alerta si algún nodo ha dejado de comunicarse.

A su vez, cuando se realizan vuelos del UAV, las imágenes tomadas por éste son tratadas y almacenadas en el servidor cartográfico, que provee de una aplicación para visualizar en un mapa la información obtenida por los vuelos, esa aplicación está integrada en el cliente web.

El siguiente paso lo realiza el servidor de procesado de datos. Este servidor tiene múltiples funciones y se va a encargar de servir como interfaz de todas las fuentes de datos para comunicarse con la base de datos de gestión.

El servidor actuará con intervalos de 15 minutos, en los cuales obtiene los datos de los sensores a través de la base de datos RAW, obtiene datos meteorológicos de internet, inserta los datos recolectados en la base de datos de gestión y los comunica al sistema de inferencia.

Como subtarea controla los posibles errores que puedan tener los datos, avisando de ello mediante una alerta.

Como entradas de datos alternativas, el servidor de procesado recibe avisos, cuando se producen, del servidor de inferencias. Así como datos sobre riego, mantenimientos, etc. que son introducidos a través de una aplicación para el cliente.

La tercera fase es la del visualizado. Existen dos interfaces desde donde visualizar los datos. La primera de ellas es la de administración. Desde esa interfaz un administrador puede tratar y visualizar todos los datos de la base de datos de gestión: crear nuevos usuarios, dar de alta nuevos productores y parcelas, etc. Así como visualizar las alertas que puedan estar causando datos corruptos o fallos de comunicación con los nodos.

La segunda interfaz es a la vez la parte más importante del sistema, ya que consiste en una plataforma de integración web que permite visualizar en tiempo real los datos que afectan a las subparcelas. Desde esa interfaz, se puede acceder de forma gráfica a datos de previsión meteorológica, mapas cartográficos de las parcelas, donde se puede visualizar "sobre el terreno" las imágenes recogidas por el UAV, avisos generados por el sistema de inferencia, datos meteorológicos y los datos de los sensores.

Esta interfaz proporciona una visualización sencilla de los datos, con información sobre el estado de las parcelas, que permita a los clientes tomar decisiones o actuar contra posibles plagas.

En los siguientes puntos de este capítulo se explica el funcionamiento de cada uno de estos subsistemas en profundidad.

4.1.1 Nodos de Sensorización

Los datos obtenidos por los sensores de los nodos, son enviados mediante Zigbee a un nodo central. Este nodo se encargará de ir recolectando los datos y enviarlos mediante GPRS (a través de Internet) al servidor de adquisición de datos.

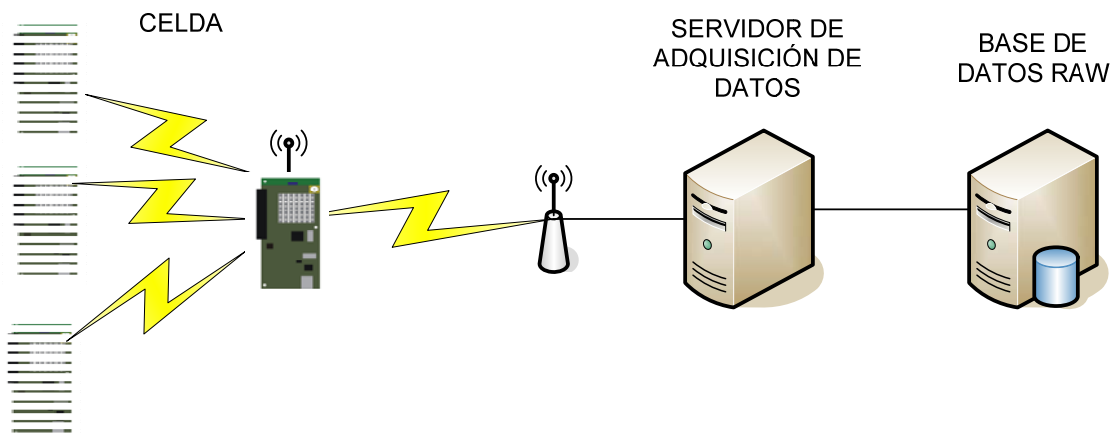
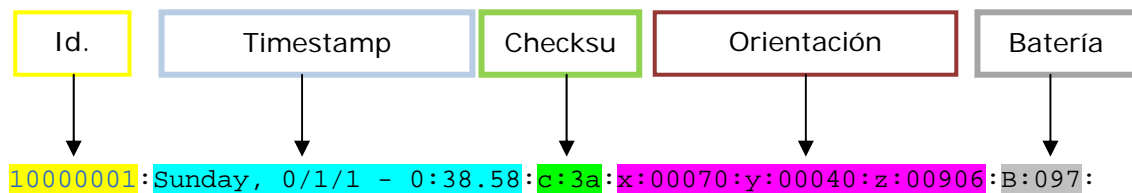


Ilustración 2 Nodos de sensorización

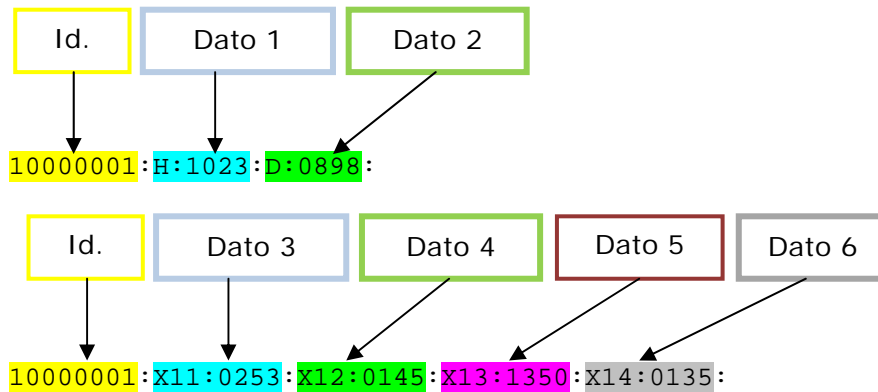
El servidor de adquisición de datos estará esperando los datos por TCP/IP mediante un socket abierto, con un formato preestablecido. Cada paquete deberá llevar la fecha (Timestamp), el dato leído (Dato) y la información del origen del dato (Tipo). Además, recibimos información sobre la orientación del sensor (para saber si sigue en posición) y de duración de la batería. Podemos ver un ejemplo de datos recibidos:

```
10000001:Sunday, 0/1/1 - 0:38.58:c:3a:x:00070:y:00040:z:00906:B:097:
10000001:H:1023:D:0898:
10000001:X11:0253:X12:0145:X13:1350:X14:0135:
10000001:END:
```

El 10000001 es el identificador del equipo que envía los datos. Primero recibimos una trama con la hora, un checksum que nos dice si los datos son válidos (siempre que sea 3a es correcto), la orientación del equipo (en los ejes xyz) y la batería restante:



A partir de este momento, todos los datos que lleguen hasta el servidor provenientes desde la dirección 10000001 serán datos desde los sensores:



El servidor de adquisición de datos recibirá cada paquete que le llegue por el socket y lo introducirá en la base de datos RAW, donde se guardará el timestamp, el dato y el tipo. Además, revisará los posibles errores en la recepción o los datos que se hayan podido perder por problemas de comunicaciones.

Finalmente, el servidor enviará la confirmación a los nodos, pudiendo añadir comandos de reconfiguración. La trama contendrá los siguientes datos: identificador, servidortcp, puertotcp, tiponodo, numero de lecturas por intervalo, tipo nodo de red, numero de intervalos entre envío gprs, tiempo entre intervalos de dormido, numero de nodos en la red, timeout de espera de sincronismo.

Veamos un ejemplo de trama enviada desde el servidor hacia un nodo:
 10000001|www.grupocivera.com|2001|XOPA|1|n|3|00:40|4|11

Identificador: 10000001
 Servidortcp: www.grupocivera.com
 Puertotcp: 2001
 Tiponodo: XOPA
 Número de lecturas por intervalo: 1
 Tipo nodo de red: n
 Número de intervalos entre envío GPRS: 3
 Tiempo entre intervalos de dormido: 00:40
 Número de nodos en la red: 4
 Timeout de espera de sincronismo: 11

4.1.2 Gestión de datos de las variables a integrar

La información generada por los sensores en campo es información en bruto, que hay que tratar antes de que realmente sea útil para el sistema. Así, es necesario contar con una infraestructura capaz de recoger esos datos, procesarlos, y almacenarlos en una base de datos creada y diseñada para tal efecto.

La figura siguiente representa los servidores y bases de datos que forman la infraestructura de recogida y proceso de datos:

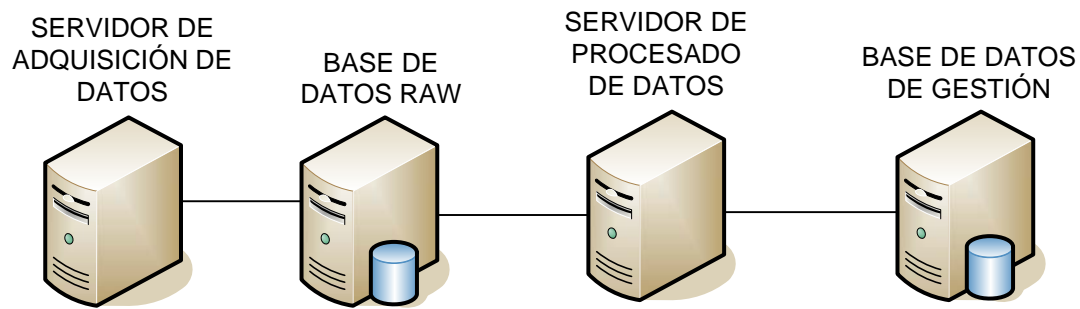


Ilustración 3 Gestión de datos

El diseño cuenta con dos bases de datos:

La primera de ellas, que se ha nombrado en el punto anterior, es la base de datos RAW. La base de datos RAW sirve como repositorio para hacer comprobaciones de los datos recibidos, por si hubiera errores en los futuros procesados.

La otra base de datos, es la base de datos de Gestión. Esta base de datos contendrá toda la información sobre la estructura del sistema: productores, parcelas, subparcelas, tipos de sensores instalados en las mismas. Y a su vez almacenará los datos que se vayan recibiendo de cada una de las fuentes.

En el apartado 4 de este mismo documento se explicará en profundidad su estructura.

4.1.3 Plataforma de Integración Web

La idea principal de la plataforma de integración web es aunar información de varias fuentes en una sola interfaz accesible por los distintos actores del sistema. Hay que tener en cuenta que la información a visualizar por el Técnico de Campo no tiene porqué ser la misma que aquella que visualiza el Administrador del Sistema, o el Propietario de la explotación agraria.

Hay cuatro fuentes que dotan al sistema de información: (i) la sensorización de los campos; (ii) las imágenes obtenidas de las cámaras en los vuelos del UAV; (iii) los avisos generados por el sistema de inferencia y, (iv) los datos obtenidos directamente de servicios de meteorología a través de internet.

Todas estas fuentes generan un gran flujo de datos que debe ser tratado para que la información obtenida pueda ser utilizada a la hora de tomar decisiones o de alertar de alguna situación no deseada en alguno de los viñedos.

El cliente de gestión actúa como un dispositivo pasivo, muestra toda la información disponible de la manera más asequible posible, permitiendo una configuración personalizada para cada usuario. Por otra parte el sistema de inferencia realiza un papel activo, estudia las situaciones que se presentan en los viñedos y alerta cuando se ha producido una situación concreta en alguna parcela que puede tener efectos negativos sobre la misma.

4.2 ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS

En este apartado se hace referencia a las tecnologías seleccionadas para cada uno de los componentes que componen la infraestructura. En todos los casos se ha valorado la posibilidad de usar software libre o de código abierto, aunque en algunos casos no ha sido posible encontrar la herramienta adecuada o la tecnología lo suficientemente estable y potente.

4.2.1 Plataforma de administración: Genexus

Para el desarrollo de la plataforma de administración y la creación de la base de datos de gestión, se ha utilizado Genexus.

Genexus es una herramienta de programación RAD (Rapid Development), que a través del diseño de la aplicación y un modelado de datos, genera todo el software de manera automática.

Esto posibilita que se ponga más énfasis en el diseño y en la planificación de la aplicación. Por otra parte también permite la rápida modificación de la aplicación permitiendo que sólo realizando cambios en el modelo de datos, estos se vean reflejados en toda la aplicación, modificando la base de datos si fuese necesario así como los formularios y entornos web desarrollados.

4.2.2 Georreferenciación

Para la representación georreferenciada de la información del sistema: parcelas, nodos y sensores se ha optado por la utilización del servidor de mapas Mapguide Open Source.

Se trata de un potente servidor de mapas desarrollado por Autodesk y desarrolladores independientes que se ajusta a los estándares de la "Open Geospatial Consortium" (OGC) y que permite manejar información geoespacial en múltiples formatos y publicar los mapas vía web a través de un visor desarrollado con tecnología AJAX.

Sobre este sistema, se han llevado a cabo las tareas de georreferenciación de los elementos de gestión y se ha procesado y publicado vía web a través del servidor de mapas. Se han implementado los mecanismos necesarios para proporcionar, a través de dicha plataforma el acceso a la información así como los mecanismos de comunicación con otros subsistemas como el Backend de administración y el UAV.

4.2.3 Sistema de inferencias: Drools

Drools es un programa open source desarrollado por el los desarrolladores del servidor de aplicaciones JBOSS. Incluye varios módulos que abarcan el manejo de reglas, workflows, procesamiento de eventos y planificación. Permite configurar la base de conocimiento a través de ficheros XML y admite bases de conocimiento con o sin estado, lo que da una mayor adaptabilidad para la resolución del problema.

Drools se puede catalogar como un Sistema de Reglas de Producción (Production Rule System), con lo que hablamos de un Turing completo, con especial atención en la representación del conocimiento para expresar lógica proposicional y de primer orden de forma concisa y sin ambigüedades.

Las reglas pueden ser incorporadas a través de varias fuentes, y en el caso concreto del proyecto, se ofrecerá una interfaz de servicio web que permitirá añadir información al sistema de forma remota y desde múltiples clientes. Drools trabaja con una o más sesiones. Los eventos se insertan en la sesión abierta, que contiene un motor de inferencia a la escucha, y comienza el procesamiento cuando se indica que se disparen las reglas.

4.2.4 Plataforma UAV

Se han definido y descrito cuatro partes en las que dividir la arquitectura de la plataforma UAV con especial énfasis en el análisis de imágenes, de cuyos resultados se va a nutrir el sistema:

- Plataforma de vuelo. Compuesto por la aviónica y la carga útil.
- Sistema de control de vuelo. Compuesto de receptores GPS+EGNOS integrados en la plataforma en vuelo.
- Sistema de comunicaciones. Compuesto de enlaces de comunicación, vía radio, entre la estación de control y el vehículo aéreo no tripulado.
- Sistema de Análisis de Imagen. Compuesto de las tecnologías capaces de realizar el análisis gráfico de la información adquirida.

Con el estudio de esta plataforma se ha podido proceder a la preparación de las pruebas de concepto y la investigación de la extracción de los índices espectrales de más interés para el proyecto.

4.2.5 Integración de tecnologías

La variabilidad de tecnologías, lenguajes y plataformas descrita en los anteriores apartados puede dar al usuario la idea de la complejidad de la integración de todos esos elementos en un único sistema.

Esa sección describe los principales problemas de integración que se han encontrado en el proyecto y la solución aportada. Casos de integración hay múltiples, entre los que destacamos la integración de los datos de la plataforma dentro del sistema de eventos de Drools, o la integración del sistema de georreferenciación dentro de la plataforma web.

4.2.5.1 Integración Flex-Georreferenciación

Con la información georreferenciada accesible a través de un visor web, existían diversos métodos de comunicación entre la plataforma de administración (backend) y el mashup cartográfico.

Para ello, se ha implementado un sistema de comunicación bidireccional a través de una API en JavaScript basada en eventos. De este modo, e independientemente de la tecnología de desarrollo subyacente en cada componente, se llevan a cabo peticiones y envíos de información entre ambos subsistemas sin necesidad de recargar todo el panel de control en cada interacción. El resultado, es una plataforma de análisis de los datos recolectados por las diversas fuentes de información (sensores, UAV, etc) en entorno web que proporciona una adecuada experiencia de usuario.

En la siguiente captura se muestra cómo a partir de la selección de subparcelas de cultivo es posible visualizar la información a través de la API creada.

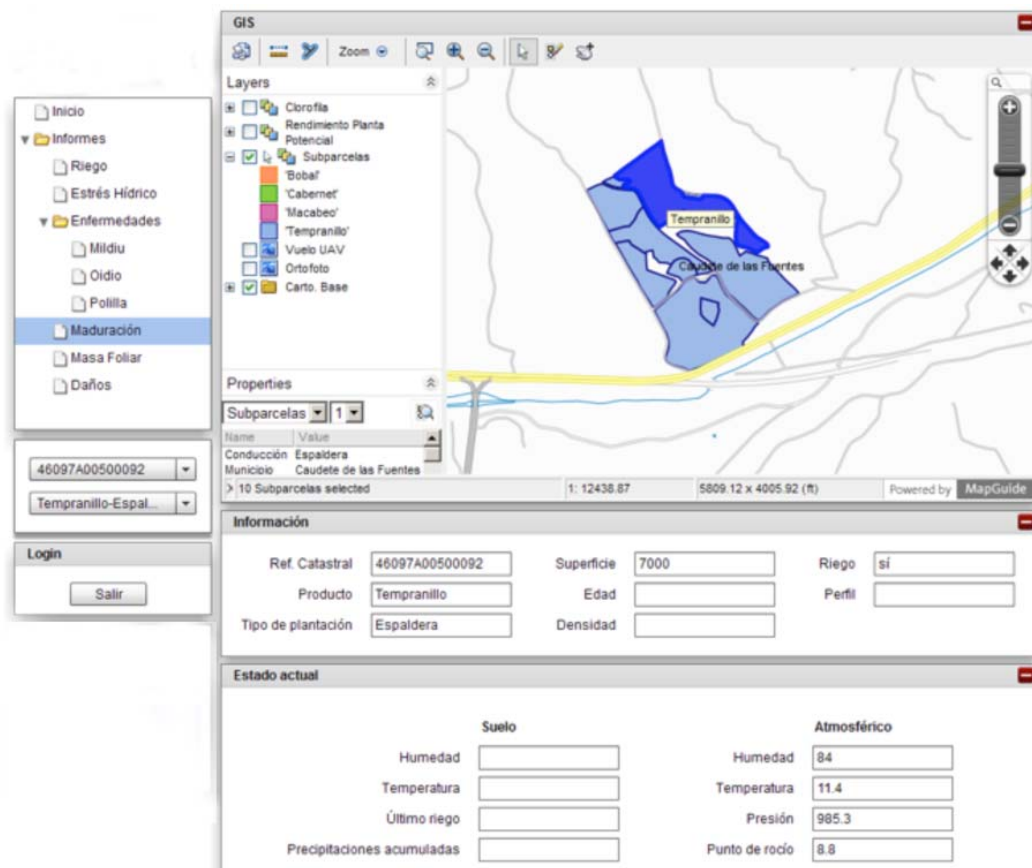


Figura 21 Visualización de la información georreferenciada

4.2.5.2 Integración Drools-Genexus

Uno de los objetivos que se planteó al diseñar el sistema experto es que éste fuera lo mas independiente posible de la aplicación.

Esta independencia se medía en dos vertientes: (i) de un lado se pretendía independencia de localización, es decir, que el sistema de inferencias pudiese alojarse en un servidor ajeno al servidor de aplicaciones principal, y (ii) la independencia de datos, es decir, que los datos sobre los que razonaba el sistema experto tuviesen una fuente distinta a la fuente original de la plataforma.

Conseguir este objetivo aseguraba una mayor tolerancia a fallos, ya que cualquier caída del servidor de aplicaciones no tendría que afectar al servidor de inferencias. Así se consigue que el razonamiento experto pueda continuar independientemente de una caída general del sistema.

Además, la deslocalización aseguraba una arquitectura capaz de integrar varias fuentes de información independientes. Hay que tener en cuenta que el sistema de inferencias es capaz de razonar no sólo sobre una plantación, cultivo o productor, sino sobre varios al mismo tiempo. Así, un mismo sistema de inferencias puede mejorar enormemente su rendimiento tomando información de múltiples fuentes, que de otro modo sería imposible integrar dentro de una misma Memoria de Trabajo.

Para conseguir este objetivo se optó por una Arquitectura Orientada a Servicios. La Infraestructura de Inferencias ofrece una interfaz pública de Servicio

Web hacia el exterior, con varias operaciones disponibles. Por ejemplo, un cliente de Servicio Web es capaz de enviar nuevas lecturas de sensores desde cualquier PC o dispositivo con conexión a la red. Además es una arquitectura escalable que permitirá en el futuro añadir nuevas operaciones sin que esto altere la aplicación.

4.3 SISTEMA DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS

En este apartado se indican los tipos de datos que va a almacenar la base de datos, para dar servicio a las aplicaciones del proyecto.

4.3.1 Modelo de datos

Tras una serie de sesiones de análisis y diseño de la arquitectura de software del sistema, se han definido las siguientes entidades.

- **PRODUCTOR:** Esta entidad se utilizará para definir tanto a cooperativas como a agricultores individuales.
 - **ID:** Código unívoco que identifica a un productor
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del productor
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Localización:** Dirección postal del productor
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Persona de contacto:** Nombre y apellidos de la persona de contacto
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Teléfono de contacto:** Número de teléfono de la persona de contacto
 - *Tipo de datos: Cadena de texto de 9 caracteres*
 - **Correo de contacto:** Correo electrónico de la persona de contacto
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*

- **USUARIO:** Esta entidad se utilizará para definir las cuentas de acceso a la aplicación.
 - **ID:** Código unívoco que identifica a un usuario
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del usuario
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Login:** Nombre de la cuenta del usuario
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Password:** Contraseña del usuario
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Email:** Dirección de email del usuario
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*

- **ROL:** Esta entidad se utilizará para definir los permisos de las cuentas
 - **ID:** Código unívoco que identifica a un rol
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del rol
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*

- **PARCELA**
 - **Referencia catastral:** Referencia catastral de la parcela
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Provincia:** Nombre de la provincia donde está ubicada la parcela
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Municipio:** Nombre del municipio donde está ubicada la parcela
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Superficie:** Superficie de la parcela en hectáreas
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Propietario:** Nombre y apellidos del propietario de la parcela
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Persona de contacto:** Nombre y apellidos de la persona de contacto
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Teléfono de contacto:** Número de teléfono de la persona de contacto
 - *Tipo de datos: Cadena de texto de 9 caracteres*
 - **Correo de contacto:** Correo electrónico de la persona de contacto
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*

- **SUBPARCELA:** Mínima unidad cartográfica objeto de análisis
 - **ID:** Código unívoco que identifica una subparcela
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Riego:** Indica si se trata de una subparcela de regadío o de secano
 - *Tipo de datos: Booleano*
 - **Superficie:** Superficie de la subparcela en hectareas
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Orientación:** Orientación de la subparcela
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - *Valores posibles:*
 - Norte
 - Noreste
 - Este
 - Sureste
 - Sur
 - Suroeste
 - Oeste
 - Noroeste
 - **Perfil:** Inclinación de la subparcela en grados
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Edad de plantación:** Edad de la plantación
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Densidad de plantación:** Número de cepas o plantones por hectárea
 - *Tipo de datos: Número entero*
 - **Fotografía:** Ruta de la fotografía de la subparcela
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*

- **TIPO DE PLANTACIÓN**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tipo de plantación
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del tipo de plantación
 - *Valores posibles:*
 - Espaldera
 - Vaso

- **PRODUCTO**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un producto
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del producto
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Variedad:** Nombre de la variedad del producto
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*

- **COSECHA**
 - **ID:** Código unívoco que identifica una cosecha
 - *Tipo de datos: Número entero único*
 - **Fecha estimada de recolección:** Fecha estimada del inicio de la cosecha
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Fecha de inicio de recolección:** Fecha del inicio de la cosecha
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Fecha de fin de recolección:** Fecha del fin de la cosecha
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Producción estimada:** Cantidad estimada de producto recolectado
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Producción obtenida:** Cantidad de producto recolectado
 - *Tipo de datos: Número real*

- **TRANSPORTE**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un envío de mercancía
 - *Tipo de datos: Número entero único*
 - **Matrícula:** Matrícula del vehículo que realiza el envío
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Fecha de recolección:** Fecha y hora del inicio del transporte
 - *Tipo de datos: Fecha y hora*
 - **Fecha de entrega:** Fecha y hora del fin del transporte
 - *Tipo de datos: Fecha y hora*
 - **Kilos:** Cantidad de producto enviado
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Destino:** Dirección del lugar de destino
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Distancia recorrida:** Distancia del lugar de carga al lugar de descarga, en kilómetros
 - *Tipo de datos: Número real*

- **ANÁLISIS**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un análisis
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Fecha:** Fecha de realización del análisis
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Madurez fenólica**
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Grado alcohólico**
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Grados Brix**
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Taninos**
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Azúcares**
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Acidez**

- *Tipo de datos: Número real*
 - **Aspecto visual:** Descripción del aspecto de la cosecha
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Fotografía:** Ruta a la fotografía de la muestra
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
- **CELDA:** Este elemento se encarga de enviar al sistema central de datos las medidas obtenidas por sus nodos. Una celda puede monitorizar varias subparcelas.
 - **ID:** Código unívoco que identifica una celda
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Descripción:** Nombre o descripción de la celda
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Fecha instalación:** Fecha de instalación de la celda
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Área cobertura:** Área de cobertura en la subparcela de la celda en metros cuadrados
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Cobertura móvil:** Número que indica la cobertura móvil que tiene la celda
 - *Tipo de datos: Número entero*
 - **Estado comunicación:** Estado de comunicación de la celda
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Número teléfono:** Número SIM utilizado en la comunicación
 - *Tipo de datos: Cadena de texto de 9 caracteres*
 - **Operador y tarifa:** Operador de telefonía móvil y tarifa contratada para el SIM de la celda
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Canal Zigbee:** Canal de comunicación utilizado
 - *Tipo de datos: Número entero*
- **NODO:** Elemento que se encarga de enviar todas las medidas obtenidas por los sensores que cuelgan de él, en el caso de un nodo final, a un nodo coordinador. En el caso de tratarse de un nodo coordinador se encargará de recoger todas las medidas de los nodos finales que cuelgan de él.
 - **ID:** Código unívoco que identifica un nodo
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Descripción:** Descripción detallada del nodo de comunicación
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Modelo:** Modelo del nodo
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Fecha instalación:** Fecha de instalación del nodo en la subparcela
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Coordenada X:** Coordenada X UTM donde se ubica el nodo
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Coordenada Y:** Coordenada Y UTM donde se ubica el nodo
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Colocación:** Descripción de la ubicación del nodo en la subparcela
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Placas hija:** Descripción de las placas hijas que contiene el nodo de comunicación
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*

- **TIPO NODO**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tipo de nodo de comunicación
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del tipo de nodo de comunicación
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - *Valores posibles:*
 - *Coordinador*
 - *Nodo final*

- **TIPO ALIMENTACIÓN NODO**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tipo de alimentación de nodo
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del tipo de alimentación
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - *Valores posibles:*
 - *Placa*
 - *Batería*

- **TIPO ALIMENTACIÓN SENSOR**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tipo de alimentación de sensor
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del tipo de alimentación
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - *Valores posibles:*
 - *Autónomo*
 - *Activo*
 - *Pasivo*

- **TIPO SENSOR**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tipo de sensor
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del tipo de sensor
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Descripción:** Descripción detallada del tipo de sensor
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Warm up:** Tiempo de encendido necesario antes de empezar a medir, en segundos
 - *Tipo de datos: Número real*

- **CONSTANTE SENSOR:** Constante definida en un sensor necesaria en la ecuación de transformación de la señal medida.
 - **ID:** Código unívoco que identifica una constante de un sensor
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre de la constante
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Valor:** Valor de la constante
 - *Tipo de datos: Número real*

- **SEÑAL:** Entidad genérica que define las propiedades básicas o comunes de los diferentes tipos de señales a monitorizar.
 - **ID:** Código unívoco que identifica una señal
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre de la señal medida
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Valor máximo:** Valor máximo que permite medir

- *Tipo de datos: Número real*
 - **Valor mínimo:** Valor mínimo que permite medir
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Valor típico:** Valor medio que suele medir
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Ecuación de transformación**
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Unidad de medida:** Unidad de medida de la señal
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Tolerancia:** Tolerancia del dato medido
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Canal:** Canal del dato medido
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Precisión:** Precisión de la medida realizada
 - *Tipo de datos: Número real*
- **TIPO SEÑAL**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tipo de señal
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del tipo de señal
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Descripción:** Descripción detallada del tipo de señal
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
- **LECTURA**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tipo de lectura
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Valor:** Valor de la lectura
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Fecha:** Fecha y hora de la lectura de la señal
 - *Tipo de datos: Fecha y hora*
- **DISPOSITIVO:** Generalización de los dispositivos que realizan lecturas de datos
 - **ID:** Código unívoco que identifica un dispositivo
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Descripción:** Descripción del dispositivo
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
- **SENSOR:** Especialización de un dispositivo encargado de la monitorización de una serie de señales.
 - **Fecha instalación:** Fecha de instalación del sensor
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Fecha fin:** Fecha de baja/retirada del sensor de la subparcela
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Posición instalación:** Descripción de la ubicación del sensor en la subparcela
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Profundidad:** Profundidad de instalación del sensor, en centímetros
 - *Tipo de datos: Número real*
- **ESTACIÓN METEOROLÓGICA:** Especialización de un dispositivo que se encarga de medir señales meteorológicas.
 - **Modelo:** Modelo de la estación meteorológica
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Fecha compra:** Fecha de compra de la estación

- *Tipo de datos: Fecha*
 - **Fecha instalación:** Fecha de instalación de la estación
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Número teléfono:** Número de teléfono asociado a la estación meteorológica
 - *Tipo de datos: Cadena de texto de 9 caracteres*
 - **Operador y tarifa:** Operador de telefonía móvil y tarifa contratada con el SIM de la estación meteorológica
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Coordenada X:** Coordenada X en UTM donde está ubicada la estación meteorológica
 - *Tipos de datos: Número real*
 - **Coordenada Y:** Coordenada Y en UTM donde está ubicada la estación meteorológica
 - *Tipo de datos: Número real*
- **ESPECTRÓMETRO:** Especialización de un dispositivo encargado de la monitorización de una serie de señales.
 - **Modelo:** Modelo de la estación meteorológica
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Fecha compra:** Fecha de compra del espectrómetro
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Versión:** Versión del software del espectrómetro
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Número teléfono:** Número de teléfono asociado al espectrómetro
 - *Tipo de datos: Cadena de texto de 9 caracteres*
 - **Operador y tarifa:** Operador de telefonía móvil y tarifa contratada con el SIM del espectrómetro
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
- **CATÁSTROFE**
 - **ID:** Código unívoco que identifica una catástrofe
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre de la catástrofe
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Fecha:** Fecha en la cual se produce la catástrofe
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Daños producto:** Daños producidos en el producto, porcentualmente
 - *Tipo de datos: Número real*
 - **Daños plantación:** Daños producidos en las plantas, porcentualmente
 - *Tipo de datos: Número real*
- **TRATAMIENTO:** Información referente a los tratamientos aplicados en las subparcelas.
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tratamiento
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Composición:** Descripción de la composición del tratamiento
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Plazo seguridad:** Fecha de seguridad tras aplicar el tratamiento
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Lote:** Código del lote
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Coste:** Coste en euros del tratamiento
 - *Tipo de datos: Número real*

- **TIPO TRATAMIENTO**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tipo de tratamiento
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del tipo de tratamiento
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - *Valores posibles:*
 - *Fitosanitario*
 - *Abono*

- **FORMA APLICACIÓN**
 - **ID:** Código unívoco que identifica una forma de aplicación de los tratamientos
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre de la forma de aplicación
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - *Valores posibles si se trata de un tratamiento fitosanitario:*
 - *Pulverización mochila*
 - *Pulverización manguera*
 - *Pulverización turbo*
 - *Pulverización avioneta*
 - *Valores posibles si se trata de un tratamiento de abono:*
 - *Fertirrigación*
 - *Granulado*
 - *Sólido*

- **RIEGO:** Información referente al riego realizado en una subparcela.
 - **ID:** Código unívoco que identifica un riego
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Origen agua:** Descripción del origen del agua utilizada en el riego
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Fecha y hora inicio:** Fecha y hora de inicio del riego
 - *Tipo de datos: Fecha y hora*
 - **Fecha y hora fin:** Fecha y hora de finalización del riego
 - *Tipo de datos: Fecha y hora*

- **TIPO RIEGO**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tipo de riego
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del tipo de riego
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - *Valores posibles:*
 - *Goteo*
 - *Manta*
 - *Aspersión*

- **PRÁCTICA CULTURAL**
 - **ID:** Código unívoco que identifica una práctica cultural
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre de la práctica cultural
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Fecha:** Fecha en la cual se produce la práctica cultural
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Observaciones:** Descripción de la práctica cultural realizada
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*

- **TIPO PRÁCTICA**
 - **ID:** Código unívoco que identifica un tipo de práctica cultural
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del tipo de práctica cultural
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - *Valores posibles:*
 - *Poda*
 - *Arado*
 - *Aclarado*
 - *Desmamonado*
 - *Otros*

- **TIPO COMUNICACIÓN**
 - **ID:** Código unívoco que identifica el tipo de comunicación
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre del tipo de comunicación
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - *Valores posibles:*
 - *3G*
 - *Internet*
 - *GPRS*

- **MANTENIMIENTO:** Información referente a los mantenimientos realizados a los dispositivos.
 - **ID:** Código unívoco que identifica una tarea de mantenimiento
 - *Tipo de datos: Número entero y único*
 - **Nombre:** Nombre de la tarea de mantenimiento
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Fecha mantenimiento:** Fecha en la que se lleva a cabo la tarea de mantenimiento
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Fecha próximo mantenimiento:** Fecha del próximo mantenimiento a realizar
 - *Tipo de datos: Fecha*
 - **Técnico:** Nombre y apellidos del técnico responsable de la tarea de mantenimiento
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*
 - **Trabajo realizado:** Descripción del trabajo realizado por el técnico durante la operación de mantenimiento
 - *Tipo de datos: Cadena de texto*

4.3.2 Diagrama de Clases

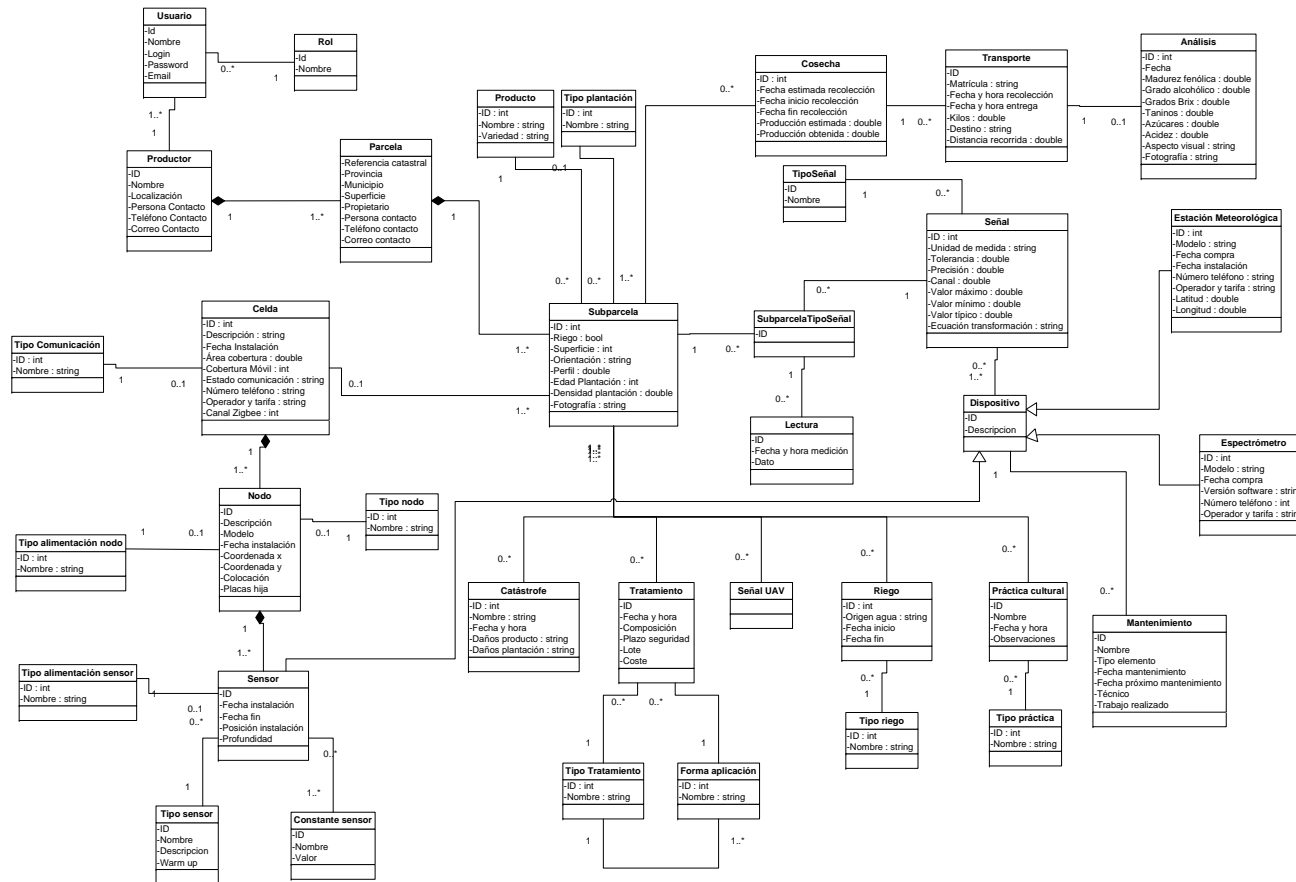


Ilustración 4 Diagrama de clases

4.3.3 Diagrama Entidad Relación

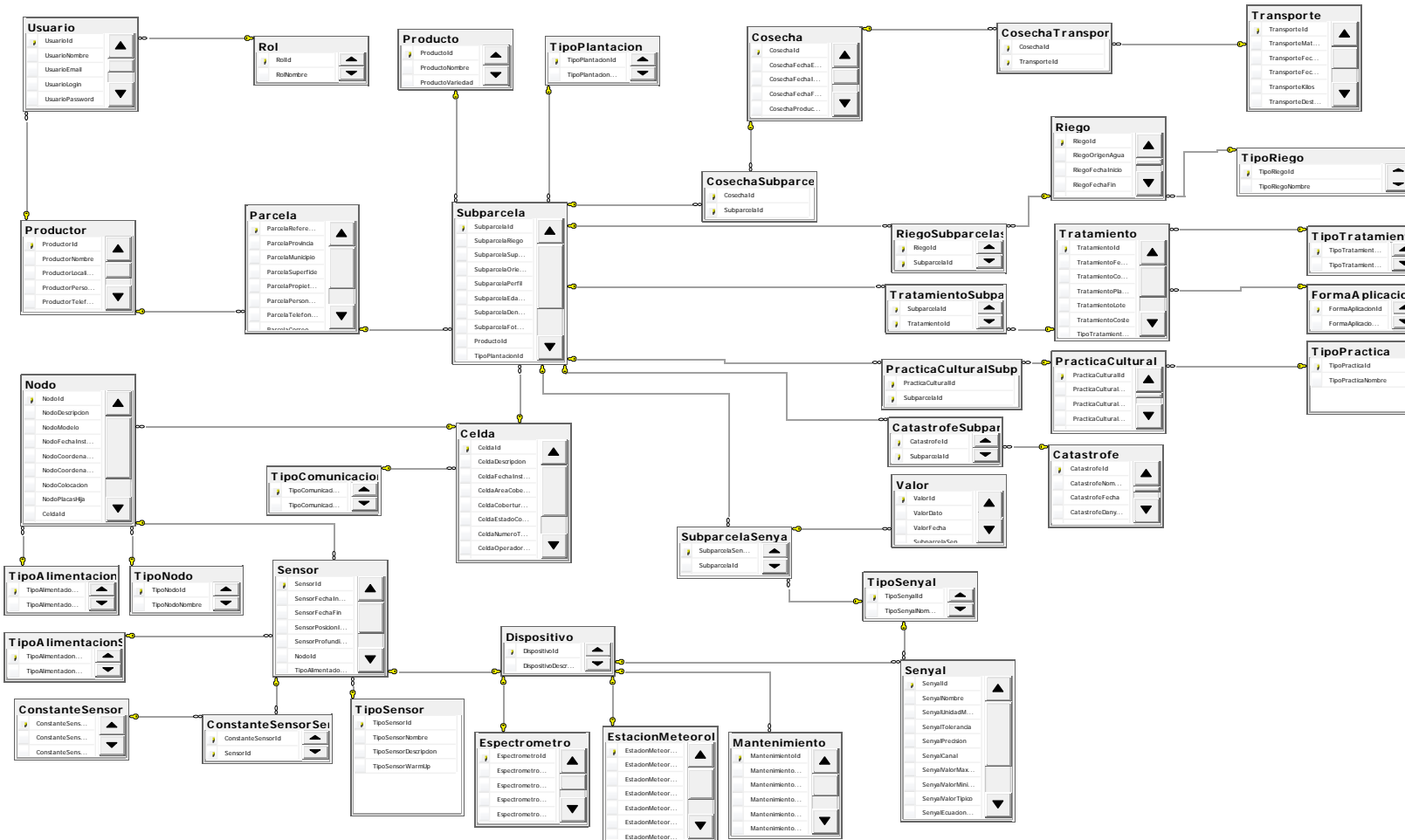


Ilustración 5 Diagrama de entidad-relación

4.3.4 Tecnología de BBDD

El motor de base de datos empleado para el sistema ha sido Microsoft SQL Server 2008 r2. La elección de este motor de base de datos ha venido dada por su sencilla integración con Genexus, software con el que hemos desarrollado el esqueleto del programa.

Durante la fase de desarrollo se habló de implementar la base de datos en PostgreSQL por la integración del sistema con la aplicación cartográfica, pero al no requerir ningún sistema de base de datos especial para su funcionamiento, se decidió elegir la solución más sencilla.

4.4 INTERFAZ DE USUARIO

Los perfiles de usuario al sistema se han separado en dos grupos: los administradores y los usuarios. Por ello existen dos tipos de interfaces en nuestro sistema, diseñadas para cada tipo de perfil que interactuará con ella.

A través de Genexus, sistema con el cual se ha desarrollado todo el backend de la aplicación, se ha programado el interfaz de administración. Este interfaz permite tener un acceso rápido y directo a los datos, para su modificación. También contiene una serie de acciones, que no se pueden realizar desde ningún otro interfaz, como dar de alta parcelas, sensores, nodos, etc.

El otro interfaz es el más importante, ya que es con el que interactuarán los usuarios de la aplicación. En los siguientes puntos se definen en profundidad estos interfaces y su funcionamiento.

4.4.1 Requisitos de Interfaz

Tras varias reuniones con los clientes, se decidió una serie de requisitos que debía cumplir la interfaz.

Uno de los requisitos más importantes, y que se repitió en todas las reuniones, es el de tener siempre disponible y visible el mapa de las parcelas, el mapa aparte de la parte cartográfica contiene una serie de capas que nos dan información sobre la variedad cultivada en cada subparcela, de su nivel de clorofila o de su previsión de producción...

Por otra parte el interfaz debería generar una tabla con el estado general de las parcelas. En esta tabla se debería poder visualizar si existe algún aviso en alguna subparcela.

También debería haber una serie de informes sobre las plagas más comunes, en estos informes se deberían mostrar gráficas de los datos obtenidos sobre el terreno para una visualización rápida que permita observar las posibles acciones que estas enfermedades puedan causar en los cultivos.

Por último se decidió también que existieran una serie de informes que permitieran tomar decisiones rápidamente según una serie de datos mostrados por pantallas, informe de daños por catástrofes, informes de riego, etc.

Todos estos informes deben mostrarse por cada subparcela y permitir que el usuario defina los intervalos de tiempo sobre los cuales se generarán las gráficas,

los pueda editar (aprovechando la tecnología mashup) y permita ordenarlos en cada pantalla según sus preferencias.

El árbol de navegación queda por tanto de la siguiente manera:

- Identificación
 - Pantalla de selección de parcela con información general sobre el estado de las mismas
 - Pantalla de selección de subparcela
 - Informe de Riego
 - Informe de estrés hídrico
 - Informe de enfermedades
 - Mildiu
 - Oídio
 - Polilla
 - Informe de maduración
 - Informe de masa foliar
 - Informe de daños

4.4.2 Prototipo de la Interfaz

A continuación se presentan los diseños iniciales de la interfaz de la plataforma web. Se trata de los primeros prototipos diseñados para las principales pantallas de la aplicación.

Por ejemplo, la siguiente figura muestra el prototipo de pantalla de usuario para el informe de riesgo de Mildiu. La pantalla se divide en tres parcelas: a la izquierda aparece el menú de navegación, que indica al usuario dónde se encuentra y qué otros elementos puede consultar en la web. La zona derecha agrupa todos los datos correspondientes a la selección activa. Se trata del contenedor de información. Finalmente, la zona superior muestra información de interés para la navegación y ofrece un buscador para el usuario.

Como puede observarse en este ejemplo, el contenedor de información ofrece exclusivamente la información relevante para la selección activa. En este caso, se trata de aquellas variables que influyen directamente en la posible aparición de Mildiu en el viñedo. Así, se muestran los datos meteorológicos agrupados por fecha, así como la dirección del viento, el estado vegetativo de la planta, el tipo de plantación, etc.

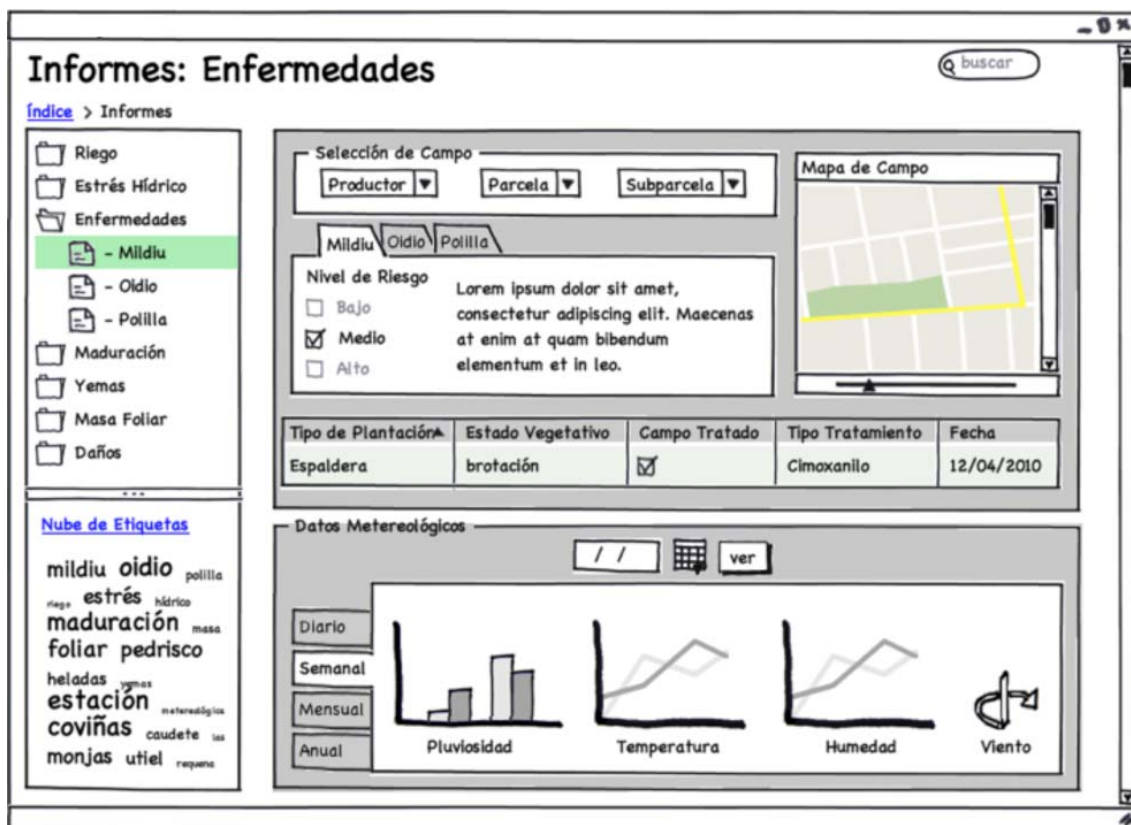


Ilustración 6 Prototipo de la interfaz – Informe de Mildiu

El siguiente ejemplo, que representa los factores de riesgo para la polilla en la vid, es muy similar al anterior. El lector apreciará además que hay un elemento que aparece en ambos casos, y es la selección de parcela y la información geográfica de la misma.

Es muy importante que el usuario tenga conciencia directa de la parcela sobre la que está realizando la consulta y que pueda además navegar de una parcela a otra sin dificultad. De ahí la necesidad de un mapa georeferenciado navegable y de unos combos de selección de parcelas en la zona superior del contenedor principal.

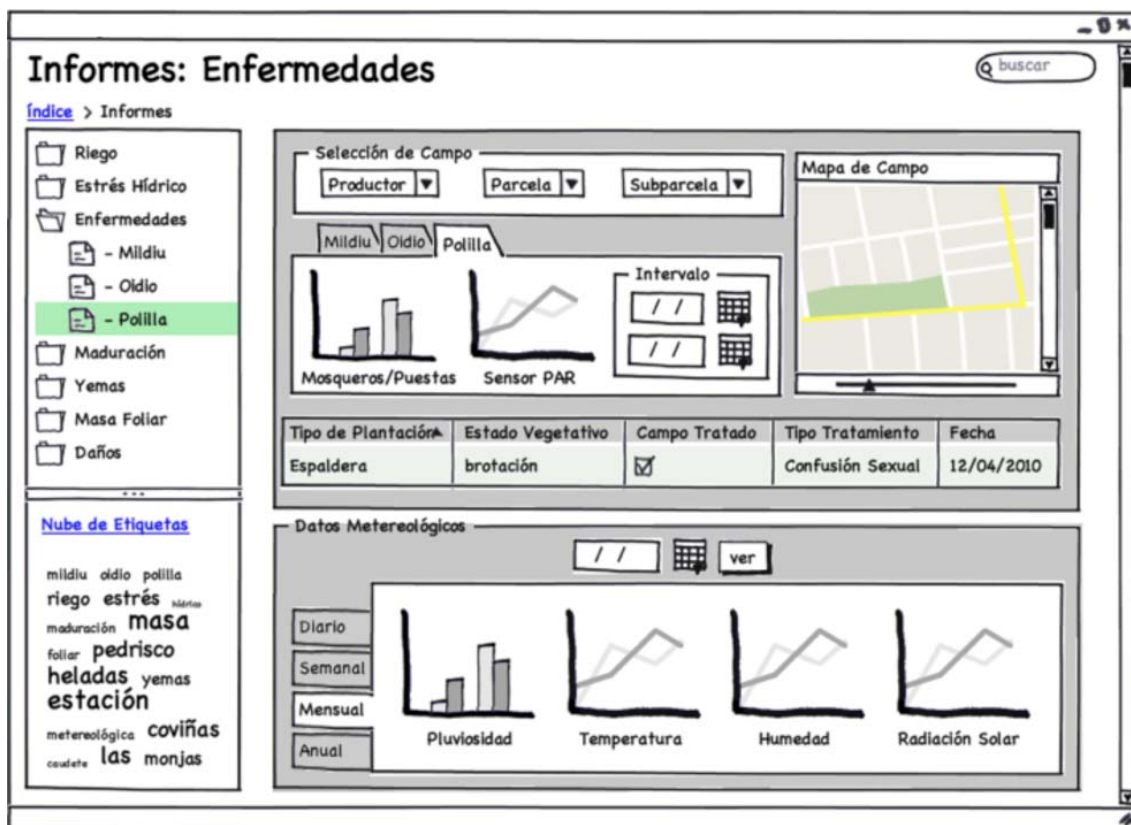


Ilustración 7 Prototipo de la interfaz - Informe de riesgo de polilla

El informe de riego presentado en la siguiente figura es quizás el mejor exponente de la potencia gráfica del sistema de representación. Los elementos de la página, siempre en forma de widgets personalizables en tamaño y posición, ofrecen datos estadísticos en forma de gráficas de gran potencia visual. Esto permite al usuario hacerse una idea, con un simple vistazo, de las tendencias de crecimiento/decrecimiento en cada uno de los parámetros. Además permite detectar desviaciones bruscas en la norma de forma cómoda y rápida.

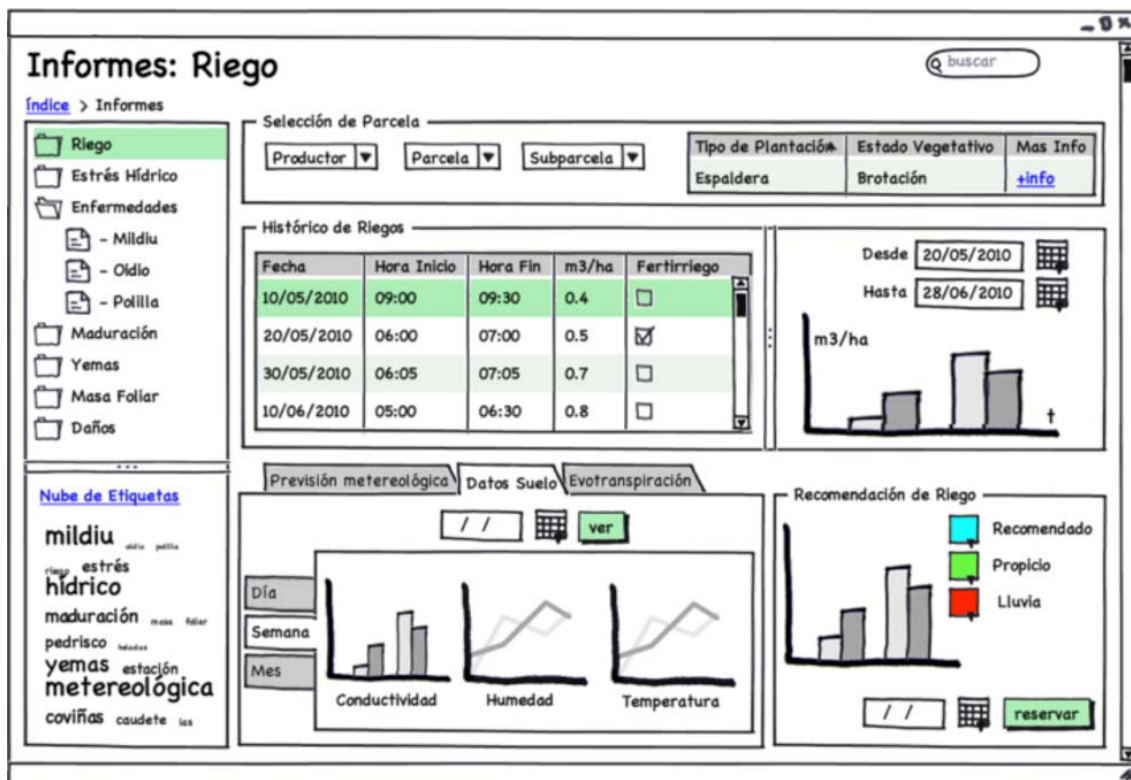


Ilustración 8 Prototipo de la interfaz - Informe de riego

Para terminar, se presenta una versión más avanzada de la aplicación, en la que la navegación está guiada por la georreferenciación. Es decir, se busca que el usuario se guíe a partir de la información gráfica mostrada en las parcelas que desea monitorizar.

Así, a un simple vistazo, el usuario será capaz de detectar aquellas parcelas con problemas (señaladas con un color distinto del resto), navegar hacia ellas, e incluso detectar qué parte de las parcelas están más afectadas por el problema señalado.

Es también un buen sistema para detectar qué parte de la parcela es más productiva, o qué zona necesita más riego.

Cuando el usuario seleccione una parcela en el visor gráfico, automáticamente se mostrará la información relevante en forma de widgets en la zona inferior de la página. El resultado puede verse en la siguiente figura.

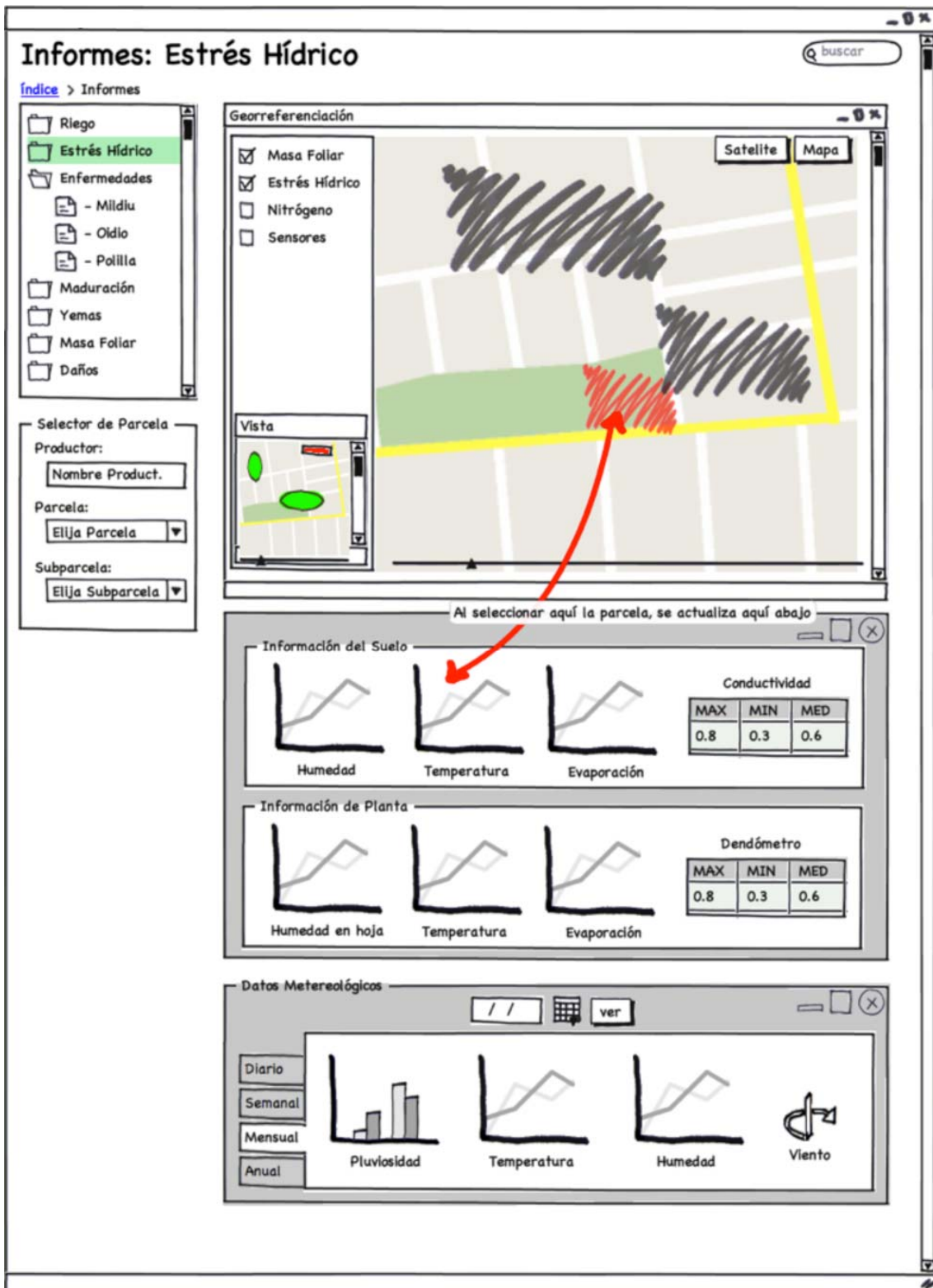


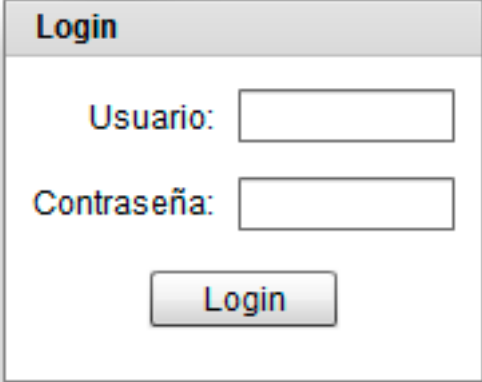
Ilustración 9 Propotipo de la interfaz - Informe de estrés hídrico

5 RESULTADOS

5.1 Interfaz gráfica de integración

Tras la definición de requisitos y la aprobación de los prototipos, se pasó a programar la interfaz. Esta se ha realizado con el lenguaje de programación Adobe Flex 4. Lo que nos ha permitido crear una aplicación web que mantenga el mismo estilo gráfico independientemente del navegador.

Se necesitaba un punto de identificación que además proporcionara seguridad al acceder a los datos. Se diseñó una página de identificación, desde la que cada cliente puede acceder y observar los datos de sus parcelas:



The image shows a login window titled "Login". It contains two input fields: "Usuario:" and "Contraseña:". Below these fields is a button labeled "Login".

Ilustración 10 Página de Login

Una vez nos hemos identificado, accedemos a la página de estado de las subparcelas, donde se puede seleccionar las parcelas que pertenecen al productor que se ha identificado.

Esta página nos muestra el mapa navegable, un cuadro con el estado de las subparcelas y la previsión meteorológica de los próximos días.

En el menú de la izquierda aparece la posibilidad de seleccionar una parcela y una subparcela, esta selección también se puede hacer navegando sobre el mapa y seleccionando una parcela.

Si seleccionamos una parcela (a través de su referencia catastral) el mapa se actualizará centrándose en la parcela seleccionada, dando una vista de pájaro de esta:

The screenshot displays a GIS application interface. On the left, there is a sidebar with a menu under 'Formularios' containing 'Riego', 'Espectrómetro', 'Estado fenológico', and 'Mantenimiento'. Below this is a 'Login' section with a 'Salir' button. The main area shows a map with several parcels outlined in black. One parcel, 'Caudete de las Fuentes', is highlighted in light blue. The map includes layers for 'Clorofila', 'Rendimiento Planta Potencial', 'Subparcelas', and 'Carto. Base'. The 'Subparcelas' layer is expanded, showing 'Bobal', 'Cabernet', 'Macabeo', and 'Tempranillo'. Below the map is a 'Properties' section with 'None Selected'. At the bottom, there is a table titled 'Estado' and a 'Previsión Meteorológica' section.

Parcela	Variedad	Tipo de pl...	Mildiu	Oidio	Polilla	Comunica...
46097A01200056	Bobal	Vaso	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto
46097A00500092	Tempranillo	Espaldera	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto
46251A02900175	Bobal	Espaldera	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto

Hoy	Martes	Miércoles	Jueves
Max: 19°C Min: 3°C Lluvia: 0%	Max: 18°C Min: 4°C Lluvia: 0%	Max: 16°C Min: 4°C Lluvia: 0%	Max: 16°C Min: 0°C Lluvia: 30%

Ilustración 11 Página de selección de parcela/subparcela

Una vez hemos seleccionado una parcela, el programa nos da la posibilidad de elegir una subparcela mediante el desplegable de debajo de parcela. Si lo hacemos accedemos a la pantalla de Información de subparcela.

El mapa seleccionará la subparcela elegida centrándola, aparecerá una ventana de información de la subparcela, que nos dará información descriptiva sobre la misma, producto, tipo de plantación, superficie, si es de regadío, etc.

Bajo la ventana de información aparece la ventana de estado actual de la subparcela, esta ventana posee los últimos datos que se han recibido de los sensores de la parcela, para dar una visión en tiempo real, de las condiciones de la parcela.

Cuando se ha accedido a esta pantalla de subparcela, aparece también un menú a la izquierda, que nos permite seleccionar un informe de los disponibles.

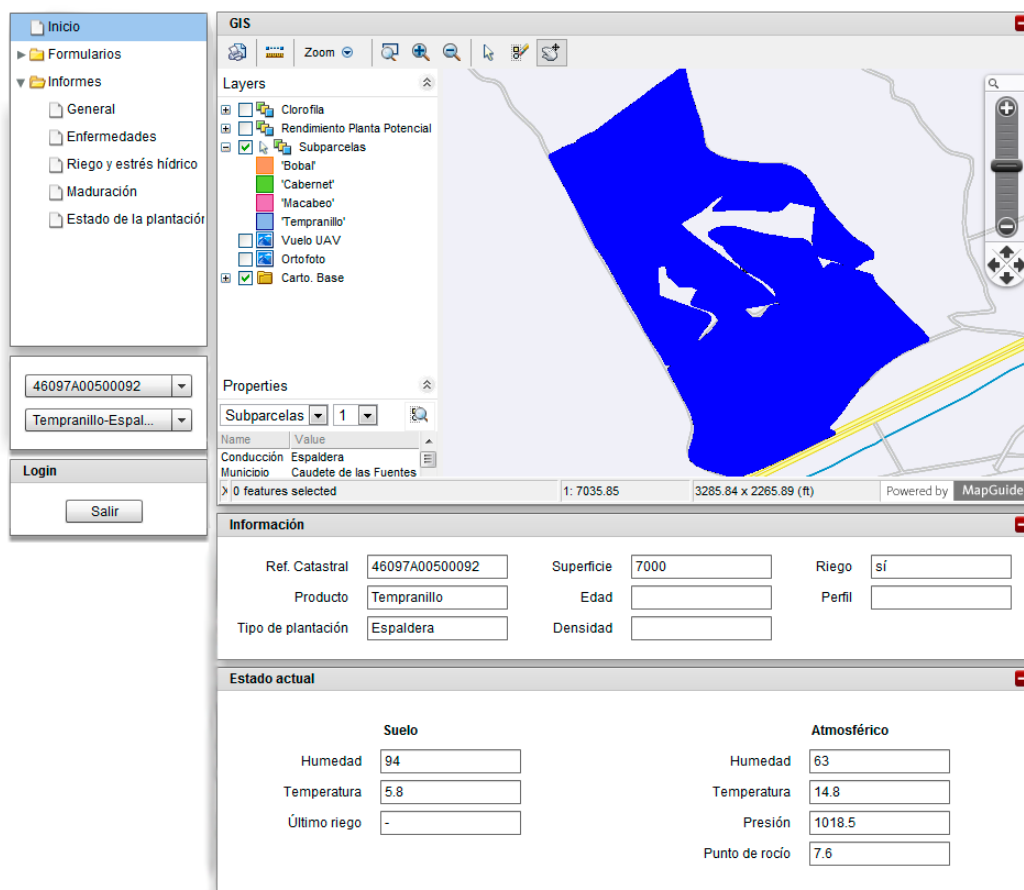


Ilustración 12 Página de información de subparcela

En la siguiente ilustración mostramos uno de los informes que se pueden ver a través de la interfaz, el informe de estado general.

Como podemos observar en la imagen, seguimos teniendo el menú de informes y el mapa de la subparcela. Pero nos aparecen nuevos campos que sustituyen a los de la información de la subparcela.

Estos nuevos campos de información están definidos respecto a una serie de reuniones con los clientes y los expertos, en las cuales se decidió qué información es relevante para la toma de según qué decisiones.

En este caso se muestran una serie de gráficas que muestran los datos meteorológicos recogidos de ese día.

Estas gráficas además, son dinámicas, permitiendo a través de un control que aparece en el menú de la izquierda, seleccionar el rango de fecha en los cuales se quiere observar esos datos, o incluso mostrar una línea por sensor, para saber qué sensor obtiene cada señal.

Estas acciones se pueden realizar para las gráficas de cada informe.

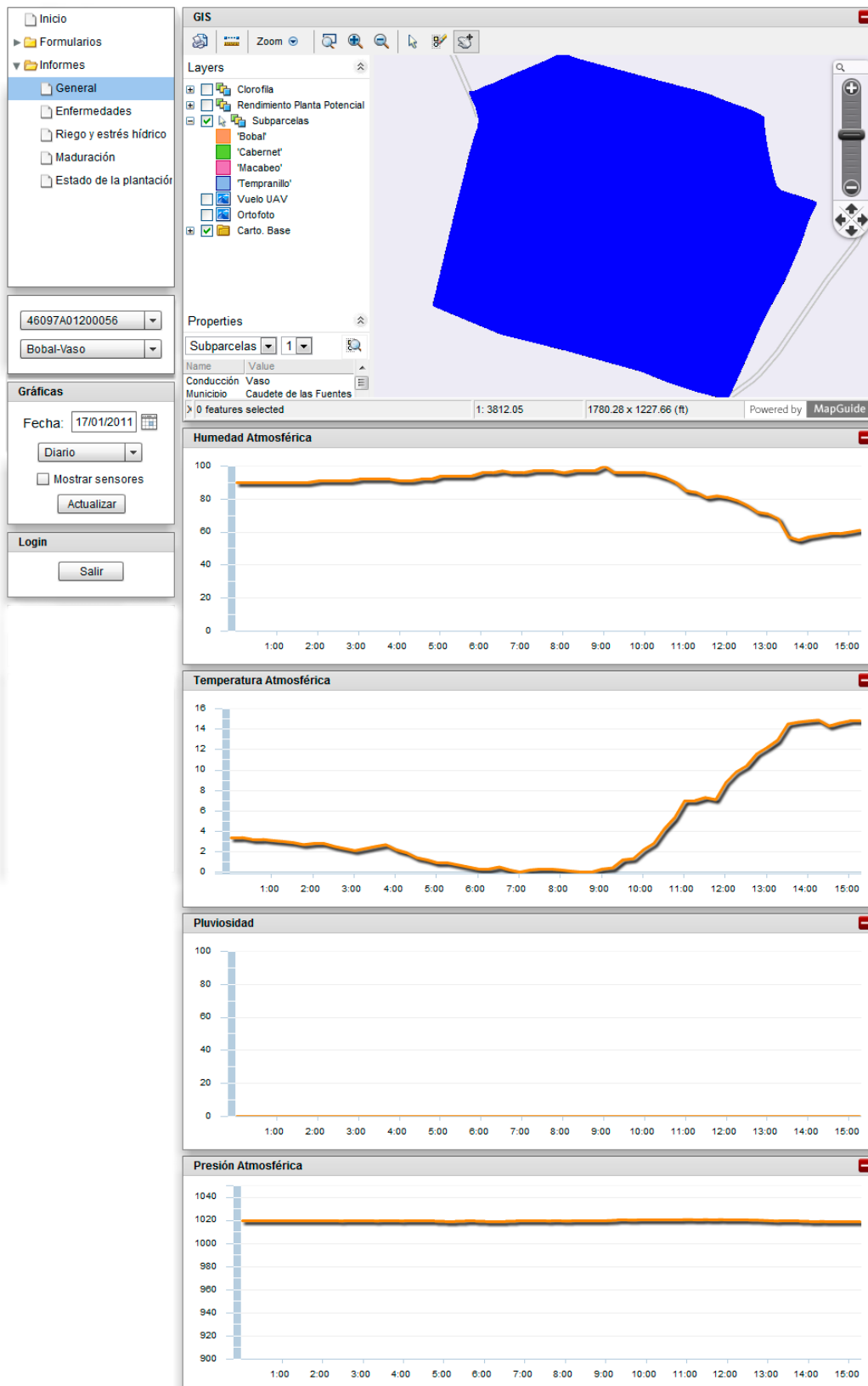


Ilustración 13 Página de informe general

Y por último se muestra uno de los informes de entradas manuales, en este caso es el informe de riego.

Debido a que muchas de las entradas que iba a tener el sistema iba a ser de forma manual y estarían controladas por la misma persona que se encargaría de trabajar con la herramienta para tomar decisiones, se integró dentro de la misma solución, una sección donde pudiese introducir esos datos.

En la siguiente ilustración se puede ver una captura de la introducción de un riego en el sistema.

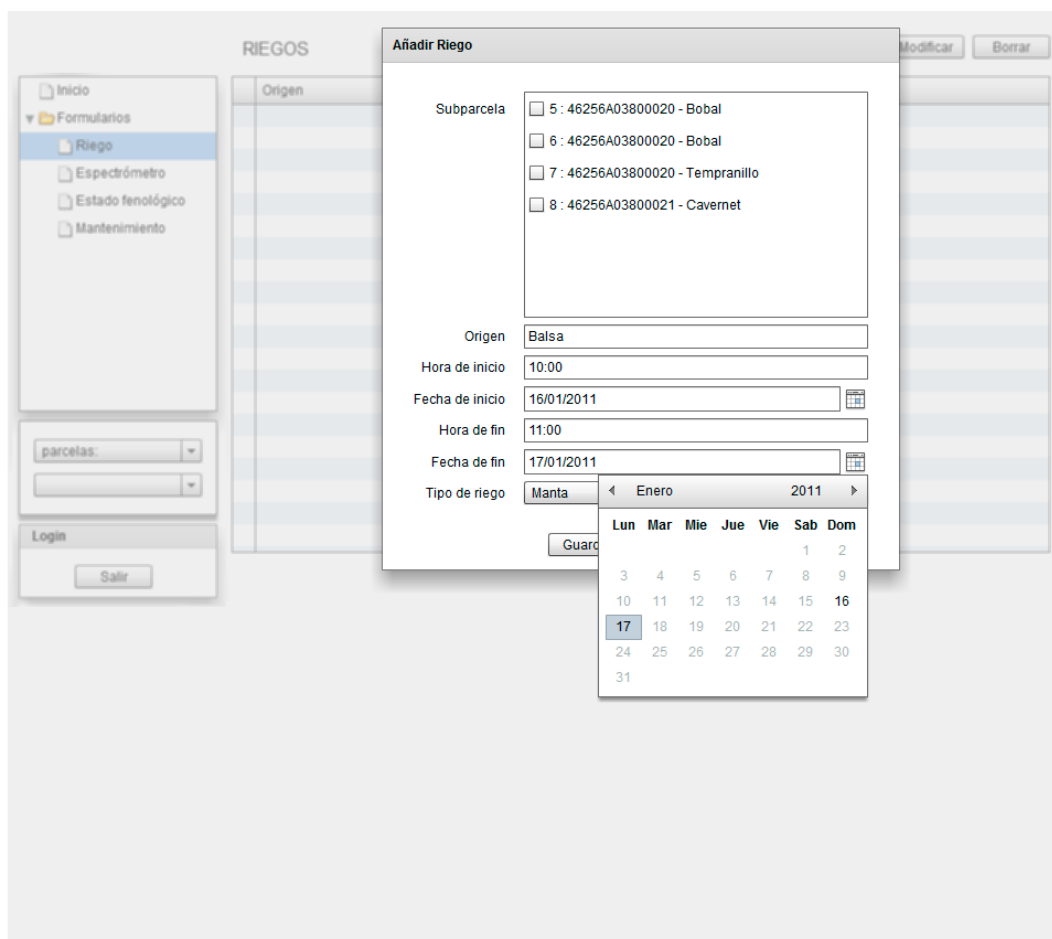


Ilustración 14 Página de inserción de un riego

5.2 Interfaz gráfica de administración

Como se ha relatado en el capítulo anterior, la sección de administración de la aplicación, se realizó con una herramienta de Desarrollo Ágil llamada Genexus. Esta solución nos generó la base de datos y la aplicación de gestión de la misma en muy poco tiempo y con un acabado más que aceptable.

Como también se había dicho en el capítulo anterior, la gestión de los usuarios es básica a la hora de proteger los datos que se almacenan sobre los productores y sus cultivos; la siguiente pantalla muestra al página de login para acceder a la aplicación:

Usuario
 Contraseña

Ilustración 15 Pantalla de login de administración

A continuación se muestra una captura de la tabla de parcelas de pruebas dadas de alta en la aplicación. Desde esta pantalla se puede eliminar, dar de alta y modificar las parcelas del sistema. Se ha sombreado una serie de datos personales, para preservar su privacidad.

GESTIÓN INTERNA										
									Coviñas Cerrar Sesión	
Work With Parcelas										
Provincia <input type="text"/>										
		Referencia Catastral	Provincia	Municipio	Superficie	Propietario	Persona de contacto	Teléfono de contacto	Correo de contacto	Nombre del productor
		46097A00500092	Valencia	Caudete de las fuentes	207950,00			0		Coop_Val_del_Campo Ntra_Sra_de las Viñas
		46097A01200056	Valencia	Caudete de las fuentes	102774,00			0		Coop_Val_del_Campo Ntra_Sra_de las Viñas
		46215A07100161	Valencia	Requena	98529,00			0		Coviñas Coop_V.
		46251A02900175	Valencia	Utiel	4926,00			0		Coop_Val_del_Campo Ntra_Sra_de las Viñas
		46256A03800020	Valencia	Las Monjas	72681,00		SP José Benito	962176015	valerhu@alho.es	Coviñas Coop_V.
		46256A03800020	Valencia	Las Monjas	72681,00		SP José Benito	962176015	valerhu@alho.es	Coviñas Coop_V.
		46256A03800020	Valencia	Las Monjas	72681,00		SP José Benito	962176015	valerhu@alho.es	Coviñas Coop_V.
		46256A03800021	Valencia	Las Monjas	71877,00		SP José Benito	962176015	valerhu@alho.es	Coviñas Coop_V.

Ilustración 16 Pantalla de listado de parcelas

A continuación se muestra una pantalla con el formulario generado para dar de alta una nueva parcela.

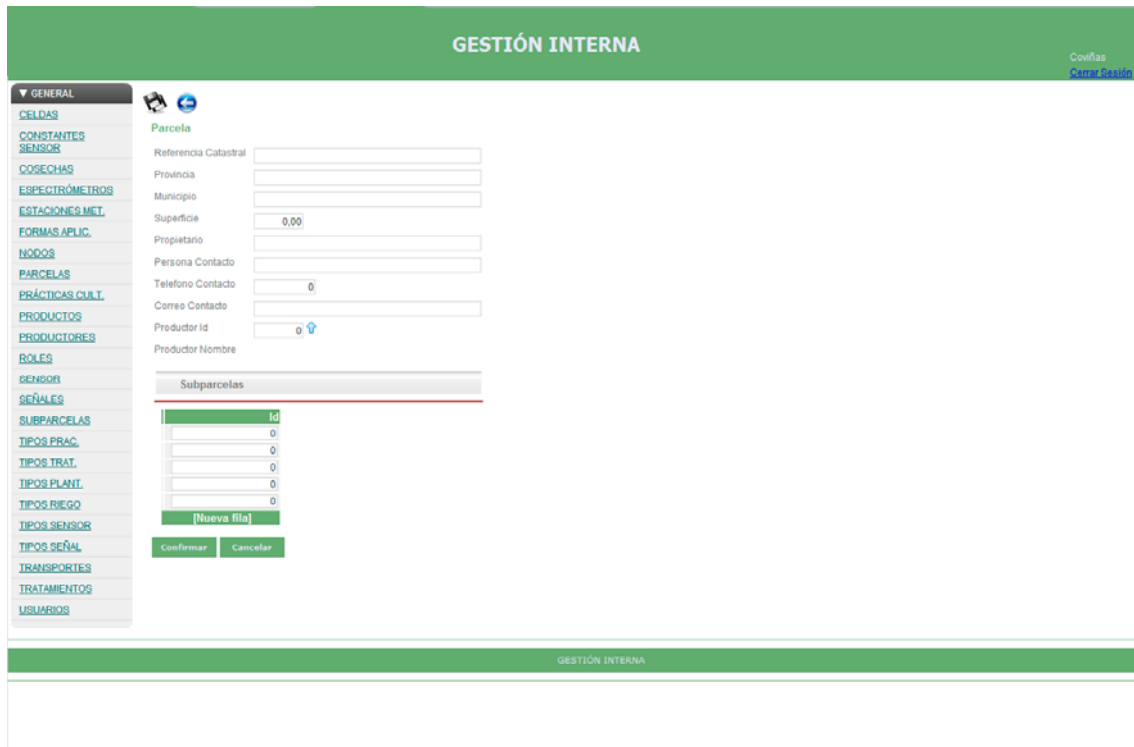


Ilustración 17 Pantalla de creación de una parcela

Y por último se muestra una captura de la pantalla que muestra los datos de una parcela seleccionada.



Ilustración 18 Pantalla de información de parcela

Como se puede comprobar, toda la parte CRUD (Create, Read, Update and Delete) del sistema, ha sido generada a través de la herramienta Genexus, únicamente diseñando las entidades y sus relaciones, y codificando una pequeña parte del diseño y de las acciones que se van a permitir en el sistema.

5.3 Servidor de adquisición de datos

El servidor de adquisición de datos o Data Provider fue un proyecto que nació con la única tarea de recibir los datos de los nodos sensorizados y almacenarlos en la base de datos RAW. Además de ser el servicio desde donde se configuran los nodos.

Más adelante se decidió que aparte de servir únicamente de interfaz para la recepción de datos tuviese una tarea más activa, ya que al ser la puerta de entrada de los mismos, no había mejor lugar que ese para controlar cierto tipo de errores, como la falta de comunicación en un periodo de tiempo muy prolongado de algún nodo o de cortes en la comunicación.

Finalmente siguió creciendo hasta tener una interfaz gráfica propia, que sirviera de controlador del estado de los nodos, herramienta de configuración de los mismos y logger de los datos recibidos.

En la siguiente captura se puede ver la página principal de la aplicación, que muestra los datos de seis nodos de una cooperativa, donde actualmente sólo hay activos tres nodos de dos parcelas distintas. Los datos que muestra esta pantalla es el nivel actual de carga de las baterías de las placas solares y la hora y fecha de la última comunicación:

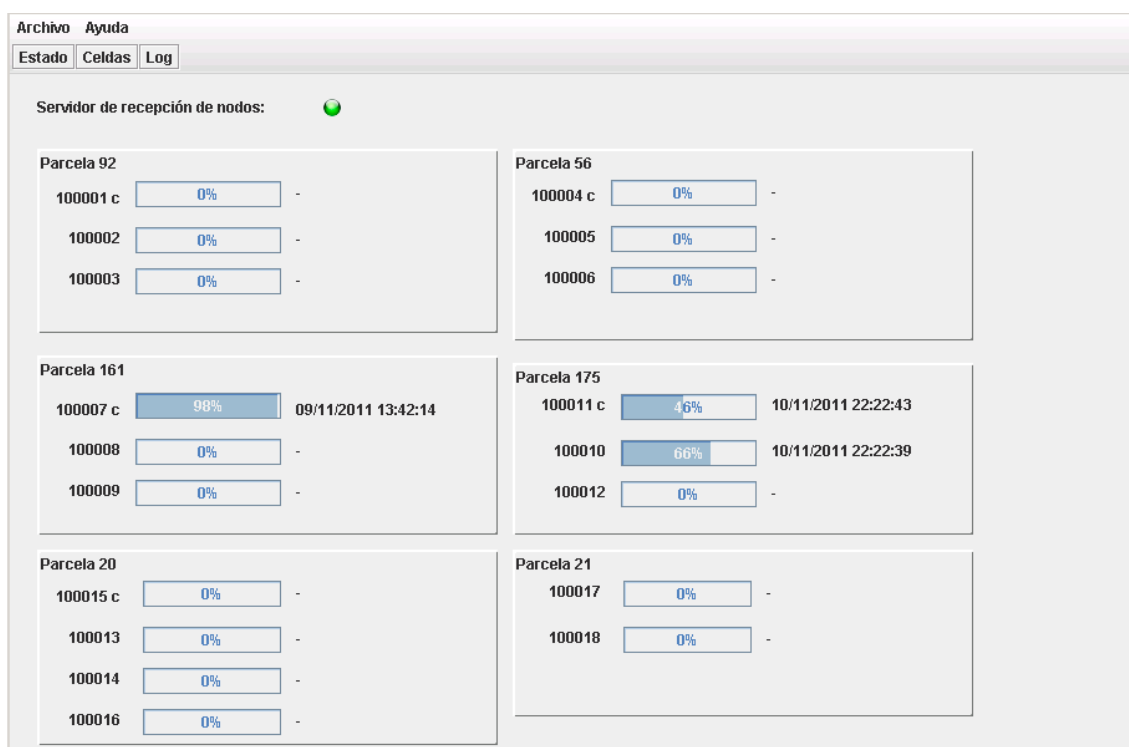


Ilustración 19 Página principal del Data Provider

La siguiente imagen muestra las pantallas para la configuración de los nodos, por razones de seguridad únicamente se permite la modificación de unos campos de cada nodo. Ya que el resto de los campos no deberían ser modificados o podría perderse la comunicación de forma remota.

Archivo Ayuda

Estado Celdas Log

Coviñas 20/21 Coviñas 161 Caudete 175 Caudete 92 Caudete 56

Servidor TCP: agrintel.dyndns.org

Puerto TCP: 2001

Tipo de nodo: XOP4

Número de lecturas por intervalo: 1

Tipo de nodo de red: p

Número de intervalos entre envío GPRS: 2

Tiempo entre intervalos de dormido: 05:00

Número de nodos en la red: 5

Timeout de espera de sincronismo: 86

Fecha: 11:11:07:01:12:17:21

Guardar Cancelar

Ilustración 20 Pantalla de configuración de los nodos

La siguiente captura muestra el log que realiza la herramienta. Posteriormente se desarrolló una aplicación para poder tratar los logs e insertarlos en la base de datos, para poder tratar los datos que recibimos sin haber activado la copia de los mismos a la base de datos de gestión por estar aun en pruebas.

Como se ve en la pantalla, el log de los nodos y el envío del servidor a los mismos está comentado para facilitar su lectura por parte de los técnicos.

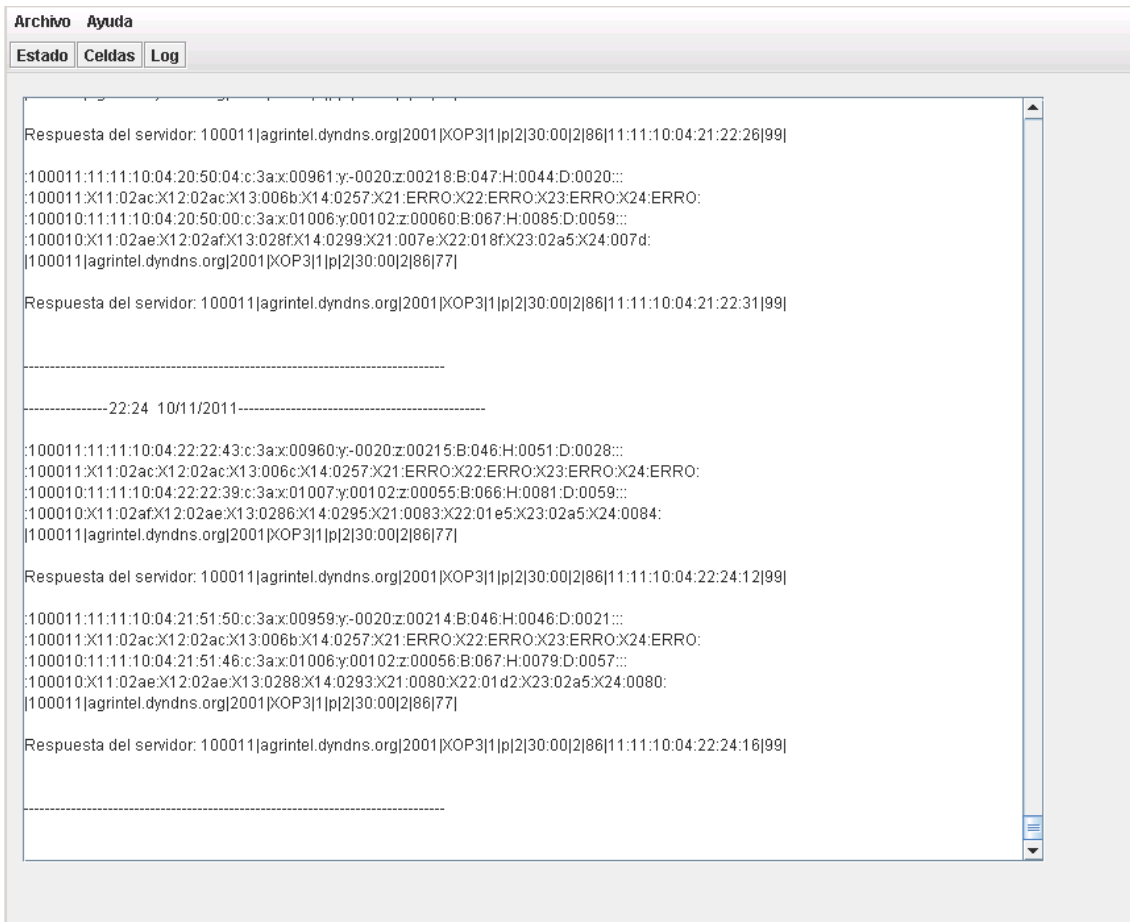


Ilustración 21 Pantalla del log del Data Provider

6 LIMITACIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Con este documento se cubre la visión global del proyecto, cada una de las aportaciones más relevantes, así como la integración de todas esas aportaciones para conformar la plataforma de software.

Los elementos de avance son múltiples. De un lado, la ampliación de variables a tener en cuenta en los cultivos y el tratamiento de esos datos mediante nuevos informes o gráficas de apoyo.

Igualmente relevante es el avance en el sistema de control de los errores, actualmente se recogen en un log y se muestra en la página principal del estado de las parcelas una sección que avisa del estado de las comunicaciones o de las alertas del sistema experto. Sería muy recomendable ampliar el espectro de la captura de errores, y generar una interfaz que permitiera controlarlos y configurar una lista de acciones a tomar en cuenta según la gravedad, como avisar por email o incluso por mensaje al móvil.

Por último sería muy interesante integrar todas estas herramientas en un empaquetado de software, que facilitara su puesta en marcha en cualquier entorno de producción que cumpla los requisitos.

7 CONCLUSIONES

Como se ha podido observar a lo largo de la memoria, se logró implementar un sistema software completo para la integración de muy diversas tecnologías. Y se ha logrado conseguir un producto que realiza la función para la cual fue diseñado.

Se modelaron diversas aplicaciones para acceder a distintas partes del sistema según el rol asignado. Así tenemos a los técnicos de los nodos con el acceso al data provider con el cual pueden comprobar en cada momento el estado hardware de los nodos y afinar su configuración de manera remota si hiciese falta. La parte de administración de creación de nuevas parcelas, subparcelas, modificación de los cultivos o instalación de nuevos nodos, se puede hacer a través de la aplicación de administración creada a través de Genexus. Y por último la interfaz gráfica de integración de tecnologías que permite al cliente de un vistazo tener toda la información acerca del campo, tanto de imágenes aéreas de la parcela con posibilidad de observar el nivel de clorofila como de sensorización a pie de campo con datos atmosféricos y de salud del cultivo, así como un sistema de alertas del sistema experto que le permite tomar decisiones respecto a un número determinado de plagas o enfermedades. Forman un conjunto de software que ya ha sido probado y puesto en funcionamiento en un par de cultivos piloto.

El grado de satisfacción final del cliente piloto con la herramienta fue muy bueno, y no se descarta seguir con el desarrollo de la aplicación hasta que esté configurada como producto.

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] El sector vitivinícola español - Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX): [en línea] http://www.spainbusiness.com/staticFiles/ID%20284603%20SECTOR%20VITIVINICOLA%20ESPANOL_4847_.pdf
- [2] Grupo IT Deusto. I+D de un sistema de monitorización del ciclo de vida del vino mediante tecnología móvil – vimovil [en línea] <http://www.invenia.es/profit:2003.000073> [Consulta: 12 noviembre 2009].
- [3] Mendez Siverio, J. M. "Viticultura de precisión: Una radiografía para el diagnóstico" [en línea]. ACE Revista de Enología. 2009; (65). http://www.acenologia.com/ciencia73_03.htm [Consulta: 21 diciembre 2009].
- [4] Montero, F. F., et al. "Redes de sensores inalámbricas para Viticultura de Precisión en Castilla-La Mancha". Actas de Horticultura: XI Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas [en línea]. 48. Albacete: SECH, 2007. P. 158-160. ISBN: 978-84-690-56196. <http://www.sech07.uclm.es/gestion/pdf/1C10.pdf> [Consulta: 27 noviembre 2009].
- [5] Royo Llobet, J. "Un SIG innovador en entorno web para la viña: el registro vitivinícola de Cataluña". Revista Internacional de Ciencias de la Tierra [en línea]. 2004, (94). ISSN: 1.131-9.100. http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=512 [Consulta: 14 julio 2009].
- [6] Verdtech [en línea] <http://www.verdtech.es> [Consulta: 12 diciembre 2009].