



# GeoPocket

**Pablo Benito González**  
Grado de Ingeniería Informática

**Gregorio Robles Martínez**

09/06/2021



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada [3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

## FICHA DEL TRABAJO FINAL

<b>Título del trabajo:</b>	GeoPocket
<b>Nombre del autor:</b>	<b>Pablo Benito González</b>
<b>Nombre del consultor:</b>	<b>Gregorio Robles Martínez</b>
<b>Fecha de entrega (mm/aaaa):</b>	06/2021
<b>Área del Trabajo Final:</b>	<b>Desarrollo Web</b>
<b>Titulación:</b>	<i>Grado de Ingeniería Informática</i>
<b>Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras):</b>	
<p>En el presente Trabajo Final de Grado (TFG) se pretende desarrollar una plataforma web de cálculos geotécnicos para el Área de Ingeniería del Terreno del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante. La idea es permitir que los estudiantes del Grado de Ingeniería Civil puedan crear proyectos y realizar cálculos específicos relacionados con el terreno. Concretamente, se busca diseñar una plataforma ampliable que incorpore de inicio un cálculo de la presión admisible usada para cimentaciones superficiales en roca según la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera y otro cálculo del potencial de licuefacción de suelos según el Eurocódigo 8 (EC-8) y la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02). Para el desarrollo de la aplicación <i>backend</i> se utilizará <i>Java 8</i> como lenguaje principal junto con el <i>framework Spring Boot</i> y el <i>ORM Hibernate</i>. Para la parte <i>frontend</i> se emplearán las tecnologías <i>HTML</i>, <i>CSS</i> y <i>Javascript</i> a partir de los <i>frameworks Vue.js</i> y <i>Bootstrap</i>.</p>	
<b>Abstract (in English, 250 words or less):</b>	
<p>This Final Degree Project (TFG) aims to develop a web platform for geotechnical calculations for the Geotechnical Engineering Area of the Civil Engineering Department of the University of Alicante. The idea is to allow students of the Civil Engineering Degree to create projects and perform specific calculations related to the ground. Specifically, the aim is to design an extendable platform that incorporates from the start a calculation of the allowable bearing pressure used for surface foundations in rock according to the Guide to Foundations in Road Works and another calculation of the potential for soil liquefaction according to Eurocode 8 (EC-8) and the Earthquake Resistant Construction Standard (NCSE-02). For the development of the <i>backend</i> application, <i>Java 8</i> will be used as the main language together with the <i>Spring Boot framework</i> and the <i>Hibernate ORM</i>. For the <i>frontend</i> part, <i>HTML</i>, <i>CSS</i> and <i>Javascript</i> technologies will be used from the <i>Vue.js</i> and <i>Bootstrap frameworks</i>.</p>	
<b>Palabras clave (entre 4 y 8):</b>	
Aplicación Web, Ingeniería Civil, Geotécnia, SPA, Java, Spring Boot, Vue.js	

# Índice

1	Introducción.....	1
1.1	Contexto y justificación del Trabajo.....	1
1.2	Objetivos del Trabajo.....	2
1.2.1	Objetivo principal.....	2
1.2.2	Objetivos secundarios.....	2
1.3	Enfoque y método seguido.....	4
1.3.1	Escenario.....	4
1.3.2	Metodología.....	8
1.4	Planificación del Trabajo.....	9
1.5	Breve sumario de los productos obtenidos.....	11
1.6	Breve descripción de los capítulos de la memoria.....	14
2	Arquitectura.....	16
3	Tecnologías y lenguajes.....	17
3.1	Backend.....	17
3.2	Frontend.....	21
3.3	Integración entre tecnologías.....	21
4	Entorno de desarrollo.....	22
5	Evaluación de riesgos.....	23
6	Diagramas UML.....	24
6.1	Casos de uso.....	24
6.2	Especificación de los casos de uso.....	29
6.3	Diagramas de clases.....	34
7	Prototipos.....	38
8	Usabilidad.....	49
9	Seguridad.....	51
10	Plan de pruebas.....	52
11	Resultados.....	57
12	Implantación.....	62
13	Proyección a futuro.....	65
14	Conclusiones.....	66
15	Glosario.....	67
16	Bibliografía.....	68
17	Anexos.....	70
17.1	Anexo 1. Entregables.....	70
17.2	Anexo 2. Código fuente (extractos).....	71
17.3	Anexo 3. Librerías adicionales.....	75
17.4	Anexo 4. Cálculo Berock.....	76
17.5	Anexo 5. Cálculo Liquec según EC-8.....	79
17.6	Anexo 6. Cálculo Liquec según NCSE-02.....	81
17.7	Anexo 7. Liquec desktop.....	82

## Lista de figuras

Ilustración 1: Características.....	7
Ilustración 2: Diagrama Gantt 1.....	10
Ilustración 3: Diagrama Gantt 2.....	10
Ilustración 4: Arquitectura de la Plataforma.....	16
Ilustración 5: Patrón MVC en Spring con Arquitectura REST.....	18
Ilustración 6: Diagrama de Tablas de la Base de Datos.....	20
Ilustración 7: Diagrama de integración entre Spring Boot, Vue.js y MySQL.....	21
Ilustración 8: Caso de Uso General.....	24
Ilustración 9: Caso de Uso Consultar Resumen.....	25
Ilustración 10: Caso de Uso Consultar Mis Proyectos.....	25
Ilustración 11: Caso de Uso Consultar Cálculos Berock.....	26
Ilustración 12: Caso de Uso Detalle Cálculo Berock.....	26
Ilustración 13: Caso de Uso Consultar Borradores Berock.....	26
Ilustración 14: Caso de Uso Crear Cálculo Berock.....	27
Ilustración 15: Caso de Uso Consultar Cálculos Liquec.....	27
Ilustración 16: Caso de Uso Detalle Cálculo Liquec.....	28
Ilustración 17: Caso de Uso Consultar Borradores Liquec.....	28
Ilustración 18: Caso de Uso Crear Cálculo Liquec.....	28
Ilustración 19: Dependencias entre Módulos.....	34
Ilustración 20: Diagrama de Clases en Módulo 'Common'.....	35
Ilustración 21: Diagrama de Clases en Módulo 'Project'.....	35
Ilustración 22: Diagrama de Clases en Módulo 'Berock'.....	36
Ilustración 23: Diagrama de Clases en Módulo 'Liquec'.....	37
Ilustración 24: Página de Inicio (Dashboard).....	38
Ilustración 25: Página de Administración de Proyectos (Manage Projects).....	39
Ilustración 26: Página de Creación de Nuevos Proyectos (Create New Project).....	39
Ilustración 27: Página de Detalle de un Proyecto (Project Details).....	40
Ilustración 28: Modal de Edición de un Proyecto (Project Details).....	41
Ilustración 29: Administración de Cálculos de Tipo Berock (Manage Berock Calculations).....	41
Ilustración 30: Administración de Borradores de Tipo Berock (Manage Berock Drafts).....	42
Ilustración 31: Página de Cálculo de Tipo Berock (Create New Berock).....	42
Ilustración 32: Modal para Añadir un Nuevo Espaciamiento (Add Joint).....	43
Ilustración 33: Página de Resultado de un Cálculo de Tipo Berock (Berock Result).....	43
Ilustración 34: Administración de Cálculos de Tipo Liquec (Manage Liquec Calculations).....	44
Ilustración 35: Administración de Borradores de Tipo Liquec (Manage Liquec Drafts).....	44
Ilustración 36: Página Principal de un Cálculo de Tipo Liquec (Create New Liquec).....	45
Ilustración 37: Página de Perfiles de un Cálculo de Tipo Liquec (Create New Liquec).....	46
Ilustración 38: Modal para Añadir una Nueva Capa de Terreno (Create New Liquec).....	46
Ilustración 39: Página SPT de un Cálculo de Tipo Liquec (Create New Liquec).....	47
Ilustración 40: Modal para Añadir un Nuevo SPT (Create New Liquec).....	47
Ilustración 41: Página de Resultado de un Cálculo de Tipo Liquec (Liquec Result).....	48
Ilustración 42: Captura 'Dashboard'.....	57
Ilustración 43: Captura 'Project Details'.....	57
Ilustración 44: Captura 'Manage Berock Calculations'.....	58
Ilustración 45: Captura 'Create Berock'.....	58

Ilustración 46: Captura 'Berock Result'.....	59
Ilustración 47: Captura 'Manage Liquec Calculations'.....	59
Ilustración 48: Captura 'Create Liquec (Main)'.....	60
Ilustración 49: Captura 'Create Liquec (Profile)'.....	60
Ilustración 50: Captura 'Create Liquec (SPT)'.....	61
Ilustración 51: Captura 'Liquec Result'.....	61
Ilustración 52: Repositorio de GitHub.....	70
Ilustración 53: Entrada de Datos en Liquec Desktop.....	82
Ilustración 54: Pantalla de Resultado en Liquec Desktop.....	82

## Lista de tablas

Tabla 1: Listado de Objetivos.....	3
Tabla 2: Características Principales de Rocscience.....	4
Tabla 3: Características Principales de Geoslope.....	5
Tabla 4: Características Principales de Soilbox.....	5
Tabla 5: Planificación TFG.....	9
Tabla 6: Rutas URI API Backend.....	18
Tabla 7: Gestión de Riesgos.....	23
Tabla 8: Especificación CU001.....	29
Tabla 9: Especificación CU002.....	29
Tabla 10: Especificación CU003.....	30
Tabla 11: Especificación CU004.....	30
Tabla 12: Especificación CU005.....	31
Tabla 13: Especificación CU006.....	31
Tabla 14: Especificación CU007.....	31
Tabla 15: Especificación CU008.....	32
Tabla 16: Especificación CU009.....	32
Tabla 17: Especificación CU010.....	32
Tabla 18: Especificación CU011.....	33
Tabla 19: Plan de Pruebas.....	52

# 1 Introducción

## 1.1 Contexto y justificación del Trabajo

El Área de Ingeniería del Terreno del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante<sup>[1]</sup> es la responsable de impartir todo un conjunto de asignaturas asociadas con la mecánica de suelos y de rocas. Las aplicaciones geotécnicas pretenden atender aquellas necesidades relacionadas con los recursos naturales, el medio ambiente y las obras civiles (junto con las obras de edificación), en todos aquellos aspectos vinculados con el terreno y sus estructuras<sup>[2]</sup>. Entre las líneas de actuación más relevantes, el Área de Ingeniería del Terreno se centra en la estabilidad de taludes y laderas, el diseño, modelización y auscultación de túneles, el tratamiento de los fenómenos de expansividad del terreno ligados a las construcciones, la caracterización y zonación de riesgos de movimientos de ladera y subsidencia o el análisis de patologías estructurales relacionadas con cualquier tipo de suelo.

En el contexto de transformación digital experimentado a nivel global durante los últimos años, emerge de manera notable la necesidad de alinear la educación académica impartida a una realidad mucho más coral: la integración de la mayoría de alumnos en el mundo profesional requerirá de un dominio sólido en el cálculo geotécnico, pero también de un acercamiento al uso de herramientas tecnológicas que permitan corroborar y agilizar cualquier desarrollo futuro. En este sentido, a mediados de 2017, el presente autor del TFG bajo la supervisión de José Luís Pastor Navarro (Profesor Doctor en el Área de Ingeniería del Terreno del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante<sup>[3]</sup>), desarrolló una aplicación de escritorio de código abierto que permite calcular el potencial de licuefacción de suelos según el Eurocódigo 8 (EC-8) y la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) por el método simplificado a partir de ensayos de penetración estándar (SPT)<sup>[4]</sup>.

Sin embargo, las limitaciones que subyacen de las aplicaciones de tipo *desktop* en un entorno académico son más que evidentes: no aportan la movilidad requerida que demanda hoy el alumnado, están ligadas a un conjunto muy reducido de dispositivos (donde quedan excluidos la totalidad de móviles y tabletas), representan silos estancos con una dificultad enorme de expansión y ampliación, hacen difícil el seguimiento y la supervisión por parte de los profesores y además, requieren de actualizaciones personalizadas y descentralizadas. Por tanto, la alternativa web surge como una opción obligatoria. La idea es crear una plataforma que permita ser evolucionada en el tiempo mediante la incorporación progresiva de diversos cálculos geotécnicos de forma que tanto los alumnos como los profesores tengan un único punto de interacción. A través de esta aplicación web, los alumnos podrán comprobar de manera centralizada las soluciones manuales obtenidas en los ejercicios propuestos y el profesor podrá monitorizar esos mismos cálculos bajo demanda. De este modo, el conglomerado de herramientas agregadas a la plataforma permitirá acercar la experiencia académica del alumno al mundo profesional, donde se requiere conocimiento y desenvoltura.

## 1.2 Objetivos del Trabajo

### 1.2.1 Objetivo principal

El objeto del presente Trabajo Final de Grado (TFG) es desarrollar una plataforma web SPA que permita integrar diversas herramientas de cálculo geotécnico de manera que, por un lado los alumnos del Grado de Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante puedan contrastar las soluciones obtenidas manualmente en los ejercicios propuestos, y por otro lado, el profesor sea capaz de hacer un seguimiento y visualizar cualquier cálculo realizado por cualquier alumno. Para acercar la experiencia académica al mundo profesional, la aplicación soportará la creación de proyectos sobre los que versarán los cálculos a realizar: un proyecto representará una entidad concreta de trabajo y simbolizará el propósito final sobre el que se asociarán los diversos cálculos (de una o varias herramientas).

La idea principal de este TFG es establecer los mimbres fundamentales para desarrollar una plataforma evolucionable y escalable. Por tanto, el objetivo del presente Trabajo Final de Grado no es otro que lograr desarrollar una aplicación web que permita converger diversas herramientas de cálculo geotécnico y que, posteriormente, pueda ser integrada dentro del conjunto de sistemas de información de la Universidad de Alicante para su uso dentro del Área de Ingeniería del Terreno del Departamento de Ingeniería Civil.

### 1.2.2 Objetivos secundarios

Dado que el número real de posibles cálculos a incluir en la aplicación excede el alcance del presente trabajo, las herramientas se limitarán a dos. Por un lado se creará una nueva utilidad para calcular la presión admisible usada en cimentaciones superficiales en roca según la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera<sup>[5]</sup>. Por otro lado, se migrará la actual aplicación *desktop* (Liquec) desarrollada en 2017<sup>[4]</sup> para calcular el potencial de licuefacción de suelos según el Eurocódigo 8 (EC-8)<sup>[7]</sup> y la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02)<sup>[6.1][6.2]</sup>: debido a la incompatibilidad de las tecnologías empujadas inicialmente en este software, únicamente se reutilizará parte de la lógica de cálculo del *core*, el resto deberá ser implementado y adaptado al completo. En ambos casos, se incorporarán funcionalidades derivadas de la consulta de cálculos previos y manejo de históricos (asociados a proyectos dados de alta previamente). Por último, se contempla desarrollar un resumen estadístico de uso de herramientas en la plataforma destinado tanto al alumno como al profesor.

En definitiva, los objetivos secundarios más importantes que se pretenden conseguir a través de este TFG tienen que ver con elementos muy concretos de la propia plataforma web. No obstante, también se pueden enumerar otros objetivos de carácter más general y algunos otros de carácter eminentemente personal. A continuación, en la Tabla 1 se muestra un listado completo de todos los objetivos a considerar:

Tabla 1: Listado de Objetivos

Objetivo	Carácter	Descripción
<b>OBJ-01</b>	Concreto	Poder crear unidades o proyectos de trabajo a los que se podrán asociar diversos cálculos de cada herramienta.
<b>OBJ-02</b>	Concreto	Poder manejar una herramienta para calcular la presión admisible usada en cimentaciones superficiales en roca según la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera <sup>[5]</sup> .
<b>OBJ-03</b>	Concreto	Poder manejar una herramienta para calcular el potencial de licuefacción de suelos según el Eurocódigo 8 (EC-8) <sup>[7]</sup> y la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) <sup>[6.1][6.2]</sup> .
<b>OBJ-04</b>	Concreto	Poder consultar los cálculos realizados previamente (para cualquier tipo de herramienta) a través de datos históricos.
<b>OBJ-05</b>	Concreto	Poder consultar las estadísticas básicas de uso de las distintas herramientas de cálculo en la plataforma.
<b>OBJ-06</b>	General	Ser capaz de crear una plataforma web basada en tecnologías actuales que permita realizar cálculos relacionados con el terreno y con la ingeniería civil aplicada.
<b>OBJ-07</b>	General	Lograr migrar una aplicación de tipo <i>desktop</i> e integrarla dentro del nuevo ecosistema web definido.
<b>OBJ-08</b>	General	Elaborar toda la documentación necesaria en cada fase o hito como base de seguimiento del desarrollo del proyecto.
<b>OBJ-09</b>	Personal	Adquirir conocimientos y experiencia en la implementación de proyectos con cierta envergadura y complejidad técnica.
<b>OBJ-10</b>	Personal	Mejorar el <i>stack</i> tecnológico personal a partir de la incorporación de tecnologías de desarrollo nuevas.
<b>OBJ-11</b>	Personal	Profundizar, asentar y contextualizar todo el conocimiento adquirido en el Grado de Ingeniería Informática.

## 1.3 Enfoque y método seguido

### 1.3.1 Escenario

Aunque la plataforma web de cálculo geotécnico del presente Trabajo Final de Grado (TFG) tiene un enfoque eminentemente académico, el objetivo principal que busca el Área de Ingeniería del Terreno de la Universidad de Alicante es acercar el uso de herramientas digitales al alumno de Ingeniería Civil. Se pretende fomentar y normalizar el trabajo profesional dentro de un marco más acorde con la transformación actual: una aplicación de cálculo no debe sustituir las capacidades adquiridas, pero sí agilizar y servir como instrumento de comprobación. En ese sentido, la plataforma debería ser, en cierta medida, un espejo de la oferta presente en el mercado. No obstante, el abanico de posibilidades existentes dentro de un nicho tan específico como el relacionado con los cálculos geotécnicos no es tan amplio: la mayoría de aplicaciones profesionales que se pueden encontrar a día de hoy son aplicaciones de escritorio muy poco accesibles a nivel educativo y con una antigüedad considerable. En este contexto, se pretende analizar algunas de las soluciones profesionales más utilizadas a nivel laboral (Tablas 2, 3 y 4) y posicionarlas sobre un plano académico:

Tabla 2: Características Principales de Rocscience

Software:	
Año de fundación:	1996
Sitio web:	<a href="https://www.rocscience.com/">https://www.rocscience.com/</a>
Módulos de cálculo:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estabilidad de taludes:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Cálculo del límite de estabilidad 2D</li><li>○ Modelos de estabilidad de taludes en 3D</li><li>○ Análisis de estabilidad de taludes por medio de elementos finitos</li><li>○ Análisis estadístico para evaluación de riesgos de caídas de rocas</li><li>○ Análisis de pendientes de rocas planas</li><li>○ Evaluación de la geometría y la estabilidad de cuñas en taludes de roca</li></ul></li><li>• Herramientas geotécnicas:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Análisis de pilotes cargados axialmente y pilotes cargados lateralmente</li><li>○ Análisis de la consolidación y los asientos verticales bajo cimientos</li><li>○ Análisis interactivo de los datos geológicos basados en la orientación</li><li>○ Evaluación de la estabilidad de los pilares de corona</li><li>○ Análisis de la resistencia de rocas y suelos</li></ul></li></ul>

<i>Versión académica:</i>	Sí, aunque con un coste de suscripción anual (750\$ por 1 año, 3000\$ por 5 años) <sup>[9]</sup>
<i>Versión web:</i>	No, la totalidad del <i>software</i> es de tipo <i>desktop</i>
<i>Ventajas principales:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubre una gran cantidad de tipos de cálculos geotécnicos</li> <li>• Muchas herramientas disponen de componentes gráficas 2D y 3D</li> <li>• El <i>software</i> tiene una gran madurez (25 años)</li> </ul>
<i>Desventajas a considerar:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al ser de tipo <i>desktop</i> carece de movilidad (no hay versión web)</li> <li>• Aunque dispone de un <i>bundle</i> académico, éste también es de pago</li> </ul>

Tabla 3: Características Principales de Geoslope

<i>Software:</i>	
<i>Año de fundación:</i>	1977
<i>Sitio web:</i>	<a href="https://www.geoslope.com/">https://www.geoslope.com/</a>
<i>Módulos de cálculo:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presas y diques</li> <li>• Paredes y taludes reforzados</li> <li>• Excavaciones y minas a cielo abierto</li> <li>• Caminos, puentes y terraplenes</li> <li>• Protección del medio ambiente</li> <li>• Aguas subterráneas</li> <li>• Congelación del suelo y cambio climático</li> <li>• Deformaciones sísmicas</li> <li>• Hidrología de la zona de Vadose</li> </ul>
<i>Versión académica:</i>	Sí, aunque las funcionalidades de la versión educativa están reducidas <sup>[9]</sup>
<i>Versión web:</i>	No la totalidad del <i>software</i> que ofrecen es de tipo <i>desktop</i>
<i>Ventajas principales:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispone de una gran cantidad de cálculos geotécnicos</li> <li>• El <i>software</i> tiene una larga trayectoria en el mercado</li> </ul>
<i>Desventajas a considerar:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El <i>software</i> es exclusivo de la plataforma Windows, por lo que carece de movilidad y su uso queda bastante limitado a una única plataforma</li> </ul>

Tabla 4: Características Principales de Soilbox

<i>Software</i>	
<i>Año de fundación:</i>	2017
<i>Sitio web:</i>	<a href="https://soilbox.co/">https://soilbox.co/</a>
<i>Módulos de cálculo:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculos de la capacidad de carga geotécnica en condiciones</li> </ul>

	<p>estáticas y pseudoestáticas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculos de capacidad de carga del suelo, considerando las cargas inclinadas y la presencia de excentricidades en los cimientos</li> <li>• Cálculo de asientos inmediatos del suelo</li> </ul>
<i>Versión académica:</i>	No
<i>Versión web:</i>	Sí, también dispone de una app para el móvil (Android e IOs)
<i>Ventajas principales:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aporta movilidad y centraliza los resultados de los cálculos pudiendo ser consultados desde cualquier dispositivo en cualquier momento</li> <li>• Mantiene históricos de todos los cálculos realizados</li> <li>• Permite compartir los resultados con otros usuarios</li> </ul>
<i>Desventajas a considerar:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carece de versión académica</li> <li>• El <i>software</i> es relativamente joven</li> <li>• En la actualidad el abanico de cálculos es bastante reducido</li> </ul>

En el mercado del software orientado a la ingeniería civil predomina un enfoque tradicional, muy alejado del paradigma web: por un lado, casi la totalidad de las aplicaciones más relevantes comenzaron a desarrollarse en la época de la web 1.0 y por otro lado, algunos módulos de cálculo distaban de ser lo suficientemente livianos como para plantearse una portabilidad virtual. Si bien es cierto que todavía existen algunos módulos que requieren una gran cantidad de recursos computacionales (basados fundamentalmente en renderizados 2D y 3D), el enfoque *cloud* actual puede permitir migrar muchos cálculos hacia un tratamiento web mediante la posibilidad de establecer un escalado horizontal bajo demanda. Sin embargo, la realidad es que se carece de plataformas digitales destacadas que permitan aglutinar un conjunto de herramientas geotécnicas aceptable desde una perspectiva más coral y contemporánea. No sólo esto, sino que sólo las compañías comerciales más importantes (como las analizadas anteriormente) ponen a disposición del alumnado versiones académicas, aunque con funcionalidades muy reducidas o requerimientos de pago especiales.

Por tanto, la plataforma que se pretende desarrollar en el presente TFG deberá aportar una serie de características específicas que mejoren un escenario fundamentalmente pobre y con muy poca oferta orientada a la nube. En este sentido, más allá de la centralización de información y acceso ubicuo desde cualquier tipo de dispositivo, se considera determinante contemplar las siguientes propiedades:

- La aplicación deberá ser modulable y compartimentar los cálculos geotécnicos de manera que su arquitectura garantice una futura ampliación de funcionalidades claramente delimitadas.
- La aplicación deberá registrar todos los resultados obtenidos fechándolos con los instantes de creación y actualización si los hubiere, así como anotar el responsable de la acción ejecutada.

- La aplicación deberá persistir cualquier cálculo de manera que un usuario pueda realizar consultas de históricos y filtrar por proyecto asociado o por tipo de cálculo geotécnico.
- La aplicación deberá mostrar análisis estadísticos de usos por usuario y por tipo de cálculo de manera que tanto alumno como profesor puedan disponer de esta información de manera sencilla.
- La aplicación deberá tener un diseño moderno, adaptable a cualquier pantalla actual, centrado en la usabilidad y orientado a suministrar una experiencia amena mediante interacciones simples.
- La aplicación deberá estar desarrollada con tecnologías actuales capaces de permitir tanto el despliegue automatizado como un escalado horizontal bajo demanda.

En la Ilustración 1 se representan las características más importantes descritas anteriormente:

Ilustración 1: Características



### 1.3.2 Metodología

Para el desarrollo y la elaboración del presente Trabajo Final de Grado (TFG) se decide seguir la metodología en cascada. El marco académico de este proyecto contempla cuatro hitos muy diferenciados y una defensa final. En líneas generales, se requiere un seguimiento estricto a través de entregas de pruebas de evaluación continua en determinados plazos establecidos. La producción de documentos durante las distintas etapas y las características intrínsecas al propio proceso educativo permiten, sin duda, asociar esta metodología tradicional con ciertas garantías. No obstante, pese a que la base fundamental del procedimiento se sustenta sobre los principios de una metodología en cascada, se han de tener también en cuenta ciertas licencias derivadas de la dinámica de trabajo real. Los hitos contemplados son los siguientes:

- **Análisis:** durante esta primera fase se define el proyecto a realizar. Se detalla el alcance, los objetivos, el contexto y todos aquellos requisitos necesarios para que el desarrollo de la plataforma web sea adecuado en tiempo y forma.
- **Diseño:** en esta base se bosqueja la aplicación a través del prototipado. Se establecen las funciones y los componentes de la aplicación, así como la arquitectura de la plataforma de desarrollo. Además, se crean los diagramas UML y *mockups*.
- **Implementación:** en base al análisis y al diseño previo, durante esta fase se ejecuta y se lleva a cabo el desarrollo de la plataforma web.
- **Pruebas:** finalmente, se comprueba el correcto funcionamiento de la aplicación en base a pruebas.

Como parte del proceso de mejora del TFG, se planifican iteraciones sobre cada uno de los hitos anteriores: de esta manera se pretende optimizar e incrementar los resultados esperados. En cada revisión se abre la posibilidad de realizar diversos ajustes en el alcance y las funcionalidades descritas de la plataforma web. La finalidad no es otra que adaptar las capacidades y el tiempo disponible a una implementación más acorde al ámbito académico. Se debe tener en cuenta que, en paralelo a las etapas descritas anteriormente, se planifican tareas de investigación, estudio y aprendizaje para adquirir el conocimiento de todo el abanico de tecnologías que componen el *stack* necesario para desarrollar una aplicación de estas características. En este sentido, se define una metodología personal de trabajo enfocada a resolver los retos que se derivan del presente TFG. Más allá de los fundamentos teóricos, se pretende profundizar en las mejores prácticas empleadas en el ámbito profesional y obtener así una visión más alineada con el mercado laboral.

## 1.4 Planificación del Trabajo

En el presente Trabajo Final de Grado (TFG) se emplea una planificación orientada a objetivos, enfocada principalmente a aquello que debe conseguirse (en lugar de al cómo). En base a las fechas establecidas en el programa académico se elabora un plan de hitos, tareas, fechas de inicio de las mismas y sus fechas estimadas de conclusión (Tabla 5).

Tabla 5: Planificación TFG

Hitos	Fecha Inicio	Fecha Fin
<b>PEC1 Definición y Planificación del TFG</b>	<b>00/00/2021</b>	<b>00/00/2021</b>
• 1.1 Definición del Proyecto	17/02/2021	19/02/2021
• 1.2 Descripción y Objetivos	20/02/2021	21/02/2021
• 1.3 Definición de Tecnologías	22/02/2021	24/02/2021
• 1.4 Planificación del Proyecto	25/02/2021	26/02/2021
• 1.5 Evaluación de Riesgos	27/02/2021	28/02/2021
• 1.6 Comienzo Elaboración de Memoria	20/02/2021	01/03/2021
• 1.7 Entrega PEC1	01/03/2021	01/03/2021
<b>PEC2 Análisis y Diseño</b>	<b>00/00/2021</b>	<b>00/00/2021</b>
• 2.1 Estudio e Investigación de Tecnologías	07/03/2021	22/03/2021
• 2.2 Preparación Plataforma de Desarrollo	23/03/2021	25/03/2021
• 2.3 Comienzo Implementación Aplicación	26/03/2021	01/04/2021
• 2.4 Definición Arquitectura del Sistema	02/03/2021	06/03/2021
• 2.5 Diagramas UML del Sistema	07/03/2021	14/03/2021
• 2.6 Mockups Web	15/03/2021	24/03/2021
• 2.7 Estudio de Usabilidad	25/03/2021	27/03/2021
• 2.8 Entrega PEC2	01/04/2021	01/04/2021
<b>PEC3 Desarrollo e Implementación</b>	<b>00/00/2021</b>	<b>00/00/2021</b>
• 3.1 Revisión y Modificaciones Memoria	02/04/2021	21/05/2021
• 3.2 Desarrollo Backend	02/04/2021	06/05/2021
• 3.3 Desarrollo Frontend	12/04/2021	16/05/2021
• 3.4 Pruebas y Correcciones	17/05/2021	21/05/2021
• 3.5 Entrega PEC3	21/05/2021	21/05/2021
<b>PEC4 Entrega Final</b>	<b>00/00/2021</b>	<b>00/00/2021</b>

• 4.1 Revisión y Modificaciones Memoria	22/05/2021	05/06/2021
• 4.2 Finalización de Desarrollo	22/05/2021	28/08/2021
• 4.3 Pruebas y Correcciones	29/05/2021	02/06/2021
• 4.4 Elaboración Presentación Proyecto	01/06/2021	09/06/2021
• 4.5 Entrega Final TFG	09/06/2021	09/06/2021

En la Ilustración 2 y 3 se expone un diagrama de Gantt con la planificación detallada de las diferentes actividades a realizar en cada etapa y sus interdependencias. Se toma como unidad de medida laboral diaria media jornada laboral.

Ilustración 2: Diagrama Gantt 1

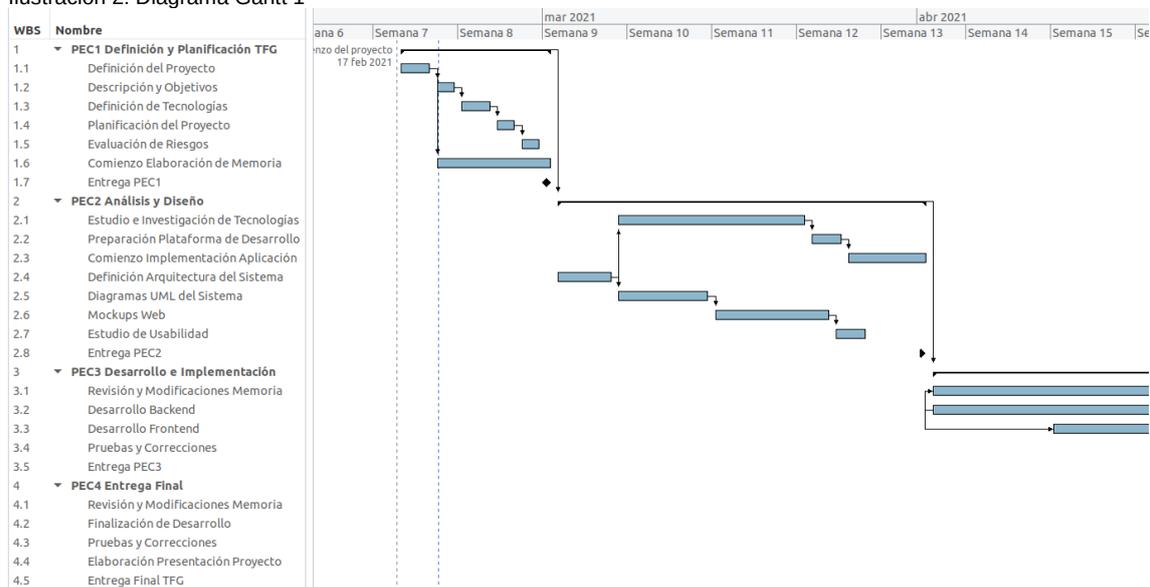
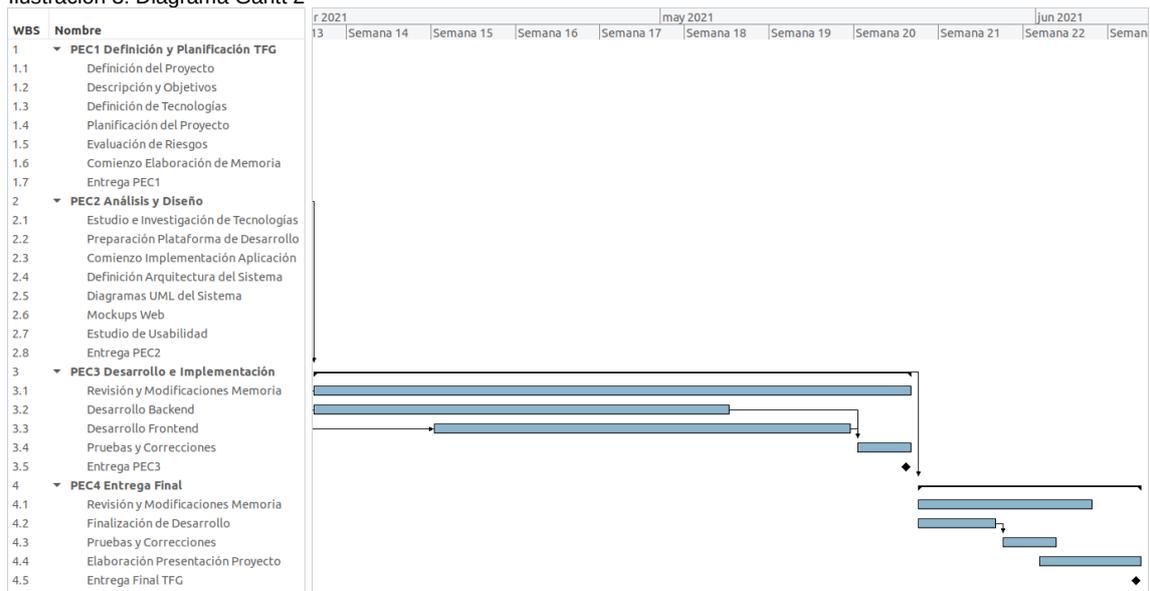


Ilustración 3: Diagrama Gantt 2



## 1.5 Breve resumen de los productos obtenidos

La plataforma web de cálculos geotécnicos se compone inicialmente por dos herramientas:

- **Liquec** (*Liquefaction According to Eurocode*): cálculo del potencial de licuefacción de suelos según el Eurocódigo 8 (EC-8)<sup>[7]</sup> y la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02)<sup>[6.1][6.2]</sup>. La licuefacción de suelo describe el comportamiento de suelos que, estando sujetos a la acción de una fuerza externa dinámica (carga), en ciertas circunstancias pasan de un estado sólido a un estado líquido, o adquieren la consistencia de un líquido pesado. Es uno de los fenómenos más dramáticos y destructivos y, además, más polémicos y peor explicados que pueden ser inducidos en depósitos por acciones sísmicas<sup>[10]</sup>.
- **Berock** (*Bearing Resistance in Rocks*): cálculo de la presión admisible usada en cimentaciones superficiales en roca según la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera<sup>[5]</sup>. La presión admisible se obtendrá a partir de la resistencia a compresión simple de la roca sana ( $q_u$ ), el tipo de roca, el grado de alteración medio, el valor del RDQ (*Rock Quality Designation*) y las separaciones de las litoclasas. Estos datos de entrada deben ser representativos del comportamiento del volumen de roca situado bajo la cimentación hasta una profundidad de  $1,5B^*$ , medida desde su plano de apoyo.

La aplicación tiene en cuenta dos estados independientes para todo cálculo geotécnico:

- **Borrador**: un cálculo en estado borrador es un cálculo no ejecutado, es decir, es el conjunto de datos de entrada introducidos (total o parcialmente) y que, por cualquier razón determinada, el usuario ha considerado o decidido no ejecutar en ese momento (atiende a formularios de entrada en los que el tiempo de introducción de datos puede ser significativo y el usuario no quiere perder esa información, guardándola para otro momento).
- **Calculado**: como su nombre indica el estado calculado se refiere a aquellos cálculos ya ejecutados, es decir, a aquellos cálculos donde los datos de entrada requeridos han sido introducidos y la aplicación ha podido realizar los procesos y pasos pertinentes hasta llegar a un resultado concreto.

A partir de las herramientas especificadas anteriormente, la aplicación integra los siguientes contenidos:

- **Dashboard o Página de Inicio**: en esta página se muestra un resumen estadístico de los usos de las diferentes herramientas, la totalidad de proyectos creados y un resumen de los últimos cálculos realizados por el usuario en sesión. Si el acceso es de un profesor, las estadísticas reflejarán la totalidad de usos en el ecosistema. Un esquema desplegable de esta misma información se puede contemplar al pulsar sobre el icono de usuario situado en la parte superior derecha, accesible desde cualquier

página (en el desplegable aparece también un enlace para cerrar la sesión).

- **Administración de Proyectos:** la página ofrece una tabla con los proyectos dados de alta por el usuario (o todos los proyectos si el usuario es un profesor). Por defecto los proyectos aparecen ordenados por fecha de creación o actualización más reciente. La tabla muestra la información más relevante y permite paginar en caso de que los registros sean más de diez. Cada registro dispone de un botón que permite navegar a la página de detalle del proyecto.
- **Alta de Nuevos Proyectos:** la página permite crear nuevos proyectos introduciendo la información necesaria. El botón de guardado permanecerá desactivado hasta que el usuario introduzca los datos correctamente en el formulario. Tras guardar, la página redirige al detalle del proyecto creado.
- **Detalle de un Proyecto:** por un lado la página muestra los detalles relativos al proyecto dado de alta y por otro lado, un gráfico estadístico de los cálculos geotécnicos por usuario asociados al mismo (un estudiante solo puede asociar cálculos a proyectos que le pertenezcan, mientras que un profesor puede asociar cálculos a cualquier proyecto). En el caso de que el usuario en sesión sea un estudiante, sólo podrá visualizar los cálculos asociados realizados por él mismo, no los del profesor. En la parte inferior de la página se muestran los sumarios de los cálculos asociados al proyecto, con enlaces en cada registro al detalle del mismo, si es un cálculo cerrado, o a la vista de cálculo si es un borrador. Se permitirá la eliminación del proyecto sólo en el caso de que no tenga ningún cálculo asociado (en caso contrario el botón de borrado permanecerá desactivado). La edición de los datos del proyecto será siempre posible a través de un botón activo que lanzará una ventana modal.
- **Administración de Cálculos de Tipo Berock:** la página ofrece una tabla con los cálculos de tipo Berock realizados por el usuario (o todos los cálculos de tipo Berock si el usuario es un profesor). Por defecto los cálculos aparecen ordenados por fecha de creación más reciente. A su vez, la tabla muestra la información más relevante y permite paginar en caso de que los registros sean más de diez. Cada registro dispone de un botón que permite navegar a la página de detalle del cálculo.
- **Administración de Borradores de Tipo Berock:** la página ofrece una tabla con los borradores de tipo Berock guardados por el usuario (o todos los borradores de tipo Berock si el usuario es un profesor). Por defecto los borradores aparecen ordenados por fecha de guardado más reciente. La tabla muestra la información más relevante y permite paginar en caso de que los registros sean más de diez. Cada registro dispone de

un botón que permite navegar a la página de cálculo Berock para que el borrador pueda ser modificado, completado o ejecutado.

- **Creación de Nuevo Cálculo de Tipo Berock:** la página donde se puede crear un cálculo de tipo Berock. Se deben introducir los datos de entrada necesarios como la resistencia a comprensión simple de la roca, la influencia del tipo de roca, la influencia del grado de meteorización, el espaciamiento de las litoclasas o el RDQ (*Rock Quality Designation*). El botón de guardado de borrador permanece siempre activo, de modo que el usuario puede salvar los datos introducidos sin necesidad de realizar el cálculo: en este caso serán accesibles desde la página de administración de borradores Berock. Sin embargo, el botón de cálculo aparece desactivado hasta que la información necesaria para el cálculo es introducida. Al pulsar sobre el botón de cálculo, la página redirigirá a la vista de resultado una vez que se hayan obtenido los cálculos geotécnicos.
- **Detalle de Cálculo de Tipo Berock:** por un lado, la página muestra los datos de entrada del cálculo de tipo Berock, el proyecto asociado y la información de la versión de la aplicación usada (esto último sólo si el usuario en sesión es un profesor). Por otro lado, se muestran los resultados obtenidos del cálculo geotécnico (presión admisible y parámetros intermedios adimensionales). El botón de clonar permite copiar el cálculo realizado creando un nuevo borrador a partir de los datos de entrada, de modo que el usuario pueda modificarlos si lo desea con el fin de ejecutar una nueva variante (útil cuando se deben realizar cálculos con datos de entrada similares).
- **Administración de Cálculos de Tipo Liquec:** la página ofrece una tabla con los cálculos de tipo Liquec realizados por el usuario (o todos los cálculos de tipo Liquec si el usuario es un profesor). Por defecto los cálculos aparecen ordenados por fecha de creación más reciente para facilitar la visualización. La tabla muestra la información más relevante del cálculo y permite paginar en caso de que el total de registros sean superior a diez. Cada registro dispone de un botón que permite navegar a la página de detalle del cálculo.
- **Administración de Borradores de Tipo Liquec:** la página ofrece una tabla con los borradores de tipo Liquec guardados por el usuario (o todos los borradores de tipo Liquec si el usuario es un profesor). Por defecto los borradores aparecen ordenados por fecha de guardado más reciente. A su vez, la tabla muestra la información más relevante y permite paginar en caso de que los registros sean más de diez. Cada registro dispone de un botón que permite navegar a la página de cálculo Liquec para que el borrador pueda ser modificado, completado o ejecutado según las necesidades.

- **Creación de Nuevo Cálculo de Tipo Liquec:** la página donde se puede crear un cálculo de tipo Liquec. Se deben introducir todos los datos de entrada necesarios: norma de cálculo (Eurocódigo o NCSE-02), aceleración sísmica máxima, coeficiente de contribución, profundidad de la capa freática, estructura de los estratos del terreno y los SPT (pruebas de penetración estándar). Tanto para los estratos como para los SPT, se incluyen gráficas dinámicas para representar la información de manera que el usuario pueda visualizar mejor los datos introducidos. El botón de guardado de borrador permanece siempre activo, de modo que el usuario puede salvar los datos introducidos en cualquier momento: al guardar serán accesibles desde la página de administración de borradores Liquec. Sin embargo, el botón de cálculo aparece desactivado hasta que la información necesaria para el cálculo es introducida. Al pulsar sobre el botón de cálculo, la página redirigirá automáticamente a la vista de resultado una vez que se hayan ejecutado los cálculos geotécnicos.
- **Detalle de Cálculo de Tipo Liquec:** por un lado, la página muestra los datos de entrada del cálculo de tipo Liquec, los datos del proyecto asociado y la información de la versión de la aplicación usada (esto último sólo si el usuario en sesión es un profesor). Por otro lado, se muestran los resultados obtenidos del cálculo geotécnico representados en una tabla y en varias gráficas (SPT corregido, ratio de tensión cíclica, ratio de resistencia cíclica y factor de seguridad). Al igual que en el cálculo de tipo Berock, el botón de clonar permite copiar el cálculo Liquec realizado creando un nuevo borrador a partir de los datos de entrada: el usuario puede así modificarlos si lo desea con el fin de ejecutar una nueva variante (útil cuando se deben realizar cálculos similares).

## 1.6 Breve descripción de los capítulos de la memoria

La memoria del TFG tiene como principal propósito recoger aquellos aspectos necesarios para el completo desarrollo de la plataforma web, desde su concepción y diseño hasta su puesta en producción. A lo largo de cada sección se describe cada uno de los pasos requeridos para alcanzar el objetivo descrito. A continuación se enumeran y describen esquemáticamente los capítulos que forman parte del presente documento:

- **Capítulo 1, Introducción:** proporciona una visión general del TFG, su idea principal, cual es el origen del mismo y cual es el alcance según unos objetivos concretos. Se tratan temas como la justificación y el contexto, el escenario actual, la metodología seguida y la planificación.
- **Capítulo 2, Arquitectura:** describe a grandes rasgos la arquitectura de la aplicación y define las diferentes capas del modelo cliente-servidor (capa de presentación, capa de aplicación y de datos).

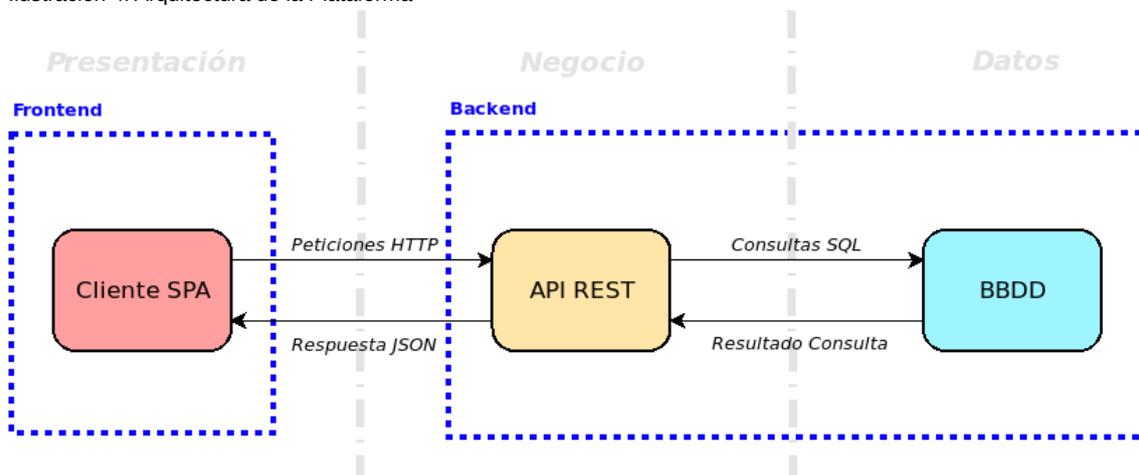
- **Capítulo 3, Tecnologías y lenguajes:** enumera y profundiza en las tecnologías y lenguajes empleados en la implementación de la aplicación, tanto aquellas pertenecientes al ámbito backend como aquellas propias de la parte frontend.
- **Capítulo 4, Entorno de desarrollo:** presenta un listado del equipo técnico empleado para la implementación de la aplicación (software de apoyo al desarrollo, herramientas online y hardware).
- **Capítulo 5, Evaluación de riesgos:** describe la gestión de los riesgos más importantes detectados.
- **Capítulo 6, Diagramas UML:** describe los principales diagramas UML para la definición de los casos de uso, su especificación y la estructura lógica de las distintas entidades que componen tanto la aplicación como el propio modelo definido de la base de datos.
- **Capítulo 7, Prototipos:** documenta y expone el prototipado de baja calidad empleado para el diseño de la información de la interfaz de usuario. Cada vista de la plataforma se define previamente a través de un prototipo que permite esbozar las principales directrices a seguir.
- **Capítulo 8, Usabilidad:** analiza la usabilidad de la aplicación para un correcto desarrollo de la interfaz de usuario. Se exponen los principios más importantes orientados a la usabilidad.
- **Capítulo 9, Seguridad:** describe las medidas más importantes adoptadas para crear una aplicación segura y especifica la gestión de los roles dentro del marco contemplado del proyecto.
- **Capítulo 10, Plan de pruebas:** enumera y describe el plan de pruebas ejecutado para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación.
- **Capítulo 11, Resultados:** muestra los resultados obtenidos al finalizar el desarrollo de la plataforma de cálculos geotécnicos.
- **Capítulo 12, Implantación:** se exponen las diferentes formas de implantar la aplicación y los pasos a seguir en cada una de ellas.
- **Capítulo 13, Proyección a futuro:** se especifican las posibles ampliaciones a futuro del presente TFG y se enumeran las mejoras a realizar en nuevas versiones del servicio desarrollado.
- **Capítulo 14, Conclusiones:** se exponen las conclusiones extraídas durante el desarrollo del TFG.

## 2 Arquitectura

El modelo **cliente/servidor** es una arquitectura donde los procesos clientes interactúan con los procesos servidores en computadores separados. Los servidores pueden a su vez ser clientes de otros servidores. Una de las características de este modelo es que permite balancear la potencia de cálculo hacia un lado u otro, según convenga. En la arquitectura cliente-servidor se considera la parte pesada a aquel componente que maneja la mayor carga o lógica de aplicación. En el diseño de la plataforma web la lógica de la aplicación reside en el lado del servidor junto con la base de datos (que a su vez podría estar en otro servidor distinto). El lado del cliente se emplea sólo para la presentación mientras que el lado del servidor es responsable de los procesos lógicos y de la gestión de los datos. Por tanto, las capas a considerar son:

- **Capa de presentación:** se ocupa de manejar la interacción con el usuario y de actualizar la vista de la aplicación. Básicamente, está constituida por una SPA (*Single Page Application*) que define la interfaz de usuario (UX/UI) a presentar. Es la responsable de realizar las peticiones HTTP asíncronas mediante AJAX a la capa de negocio y manejar las respuestas en formato JSON. Esta capa es el *frontend* de la aplicación (Ilustración 4) y está desarrollada con el *framework* de Javascript Vue.js.
- **Capa de aplicación:** controla la parte de la lógica de negocio de la aplicación, es decir, donde se mantienen las reglas que definen la coherencia de los cálculos requeridos por el negocio. La plataforma implementa una interfaz de programación de aplicaciones (API) con arquitectura REST (Ilustración 4). Este nivel es responsable de atender las peticiones del cliente, aplicar la lógica principal y gestionar los accesos a la capa de datos. Su desarrollo está basado en el *framework* Spring.
- **Capa de datos:** donde residen las bases de datos (Ilustración 4). Este nivel se encarga del almacenamiento persistente, de gestionar el acceso y de recuperar la información del negocio. La comunicación se realiza a través de consultas SQL. En la plataforma, esta capa está implementada por el SGBD MySQL y junto con la capa de negocio forma el *backend* de la aplicación web.

Ilustración 4: Arquitectura de la Plataforma



## 3 Tecnologías y lenguajes

A nivel técnico, la plataforma web estará constituida por una parte *backend* sobre la que se levantará una *API REST* que alimentará a la parte frontal (aunque también podría nutrir a futuras aplicaciones móviles o incluso integrarse con otros *backends*). Para ello, se utilizará la versión 8 de *Java* bajo el *framework Spring Boot*. La persistencia de datos será manejada mediante el *ORM Hibernate* que se usará como implementación del estándar *JPA*, y que atacará a una base de datos *MySQL* (*dockerizada* a efectos de desarrollo). La parte *frontend* será del tipo *SPA (Single Page Application)* y consumirá la *API REST* del *backend* indicada anteriormente. Se empleará el *framework Vue.js* sobre *Javascript* a partir de la plantilla de componentes *CoreUI* basada a su vez en el *framework Bootstrap* (el uso de este *framework CSS* capacitará a la interfaz de usuario para adaptarse a cualquier tipo de dispositivo y pantalla empleado). La securización y gestión de roles de la plataforma se llevará a cabo mediante *Spring Security* aunque sin entrar en el alta y manejo de usuarios, funcionalidad que se delegará en una futura integración con el *SSO* de la Universidad de Alicante (fuera del alcance del presente proyecto).

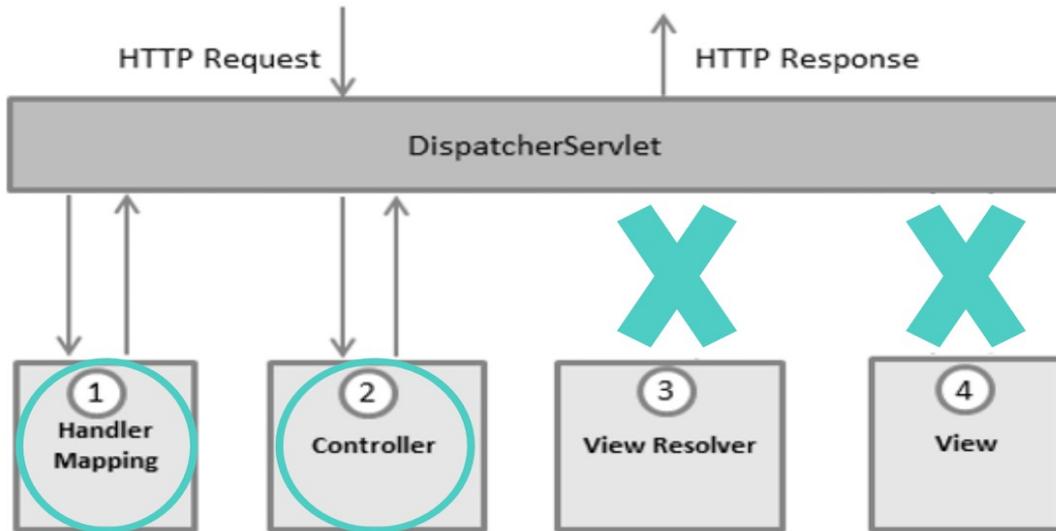
### 3.1 Backend

**Java**<sup>[11]</sup>: es un lenguaje de programación de propósito general y una plataforma informática comercializada por primera vez en 1995 por *Sun Microsystems*. Las aplicaciones de *Java* son compiladas a *bytecode* (clase *Java*), que puede ejecutarse en cualquier máquina virtual *Java (JVM)* sin importar la arquitectura de la computadora subyacente<sup>[12]</sup>. Para desarrollar la parte *backend* del presente TFG se utilizará la versión **Java 8** que trae las siguientes mejoras<sup>[13]</sup>:

- **Métodos de extensión virtual y expresión Lambda**: una de las funciones destacables de *Java SE 8* es la implantación de expresiones *Lambda* y funciones adyacentes a la plataforma.
- **API de fecha y hora**: esta nueva *API* permite a los administradores gestionar datos de fecha y hora de forma mucho más natural y fácil.
- **Motor de JavaScript Nashorn**: nueva implantación ligera de alto rendimiento del motor de *JavaScript* integrada en *JDK* y disponible en las aplicaciones *Java* mediante las *API* existentes.
- **Seguridad mejorada**: sustitución de la lista de métodos sensibles al emisor mantenida a mano por un mecanismo que identifica con mayor precisión dichos métodos y permite detectar a los emisores de forma más fiable.

**Spring**<sup>[14]</sup>: se trata de un *framework* de código abierto para la creación de aplicaciones empresariales *Java*, con soporte para *Groovy* y *Kotlin*. Tiene una estructura modular y una gran flexibilidad para implementar diferentes tipos de arquitectura según las necesidades de la aplicación<sup>[15]</sup>. Permite optimizar el proceso de creación de aplicaciones web utilizando el patrón *MVC (Modelo-Vista-Controlador)*, donde el *Modelo* representa los datos o información que manejará la aplicación web, la *Vista* representa a todos los elementos de la *UI* y el *Controlador* es el encargado manipular los datos en base a la interacción del usuario. Como se muestra en la Ilustración 5, cuando este patrón se adapta a una arquitectura *REST* el componente *Vista* no se utiliza.

Ilustración 5: Patrón MVC en Spring con Arquitectura REST



**Spring Boot**<sup>[16]</sup>: es una infraestructura ligera que elimina la mayor parte del trabajo de configurar las aplicaciones basadas en Spring. En definitiva, busca que el desarrollador solo se centre en el desarrollo de la solución, olvidándose por completo de un determinado aspecto: la configuración. Las principales características que facilitan su uso son la incorporación de un módulo de auto-configuración, la resolución de dependencias en función del tipo de proyecto, la posibilidad de integrar un servidor web embebido (Tomcat, Jetty o Undertow), su extensa cobertura a las métricas y su capacidad de ser extendido.

**JPA / Hibernate**<sup>[17]</sup>: JPA es la propuesta estándar que ofrece Java (JSR 220) para implementar un *Framework Object Relational Mapping (ORM)*, de manera que se pueda interactuar con la base de datos por medio de objetos. Es decir, el estándar JPA es el encargado de convertir los objetos Java en instrucciones para el SGBD a través de una determinada implementación. Por otro lado, Hibernate es el *framework* que implementa las especificaciones JPA y busca solucionar el problema de la diferencia entre los dos modelos de datos coexistentes en una aplicación: el usado en la memoria de la computadora (orientación a objetos) y el usado en las bases de datos (modelo relacional).

**API REST**: la arquitectura REST describe una interfaz estándar de comunicación entre sistemas que emplean el protocolo HTTP para realizar peticiones sin estado. Esta arquitectura opera dentro de un marco muy concreto de acciones para obtener y manipular datos pasados habitualmente en formato XML o JSON. Como se muestra en la Tabla 6, la plataforma web de cálculo geotécnico define las siguientes rutas:

Tabla 6: Rutas URI API Backend

Método	URI	Descripción
POST	/security/login	Iniciar sesión de usuario
GET	/project	Obtener proyectos asociados al usuario en sesión (el rol profesor obtiene todos)
GET	/project/autocomplete	Obtener proyectos que contengan en el nombre la cadena recibida

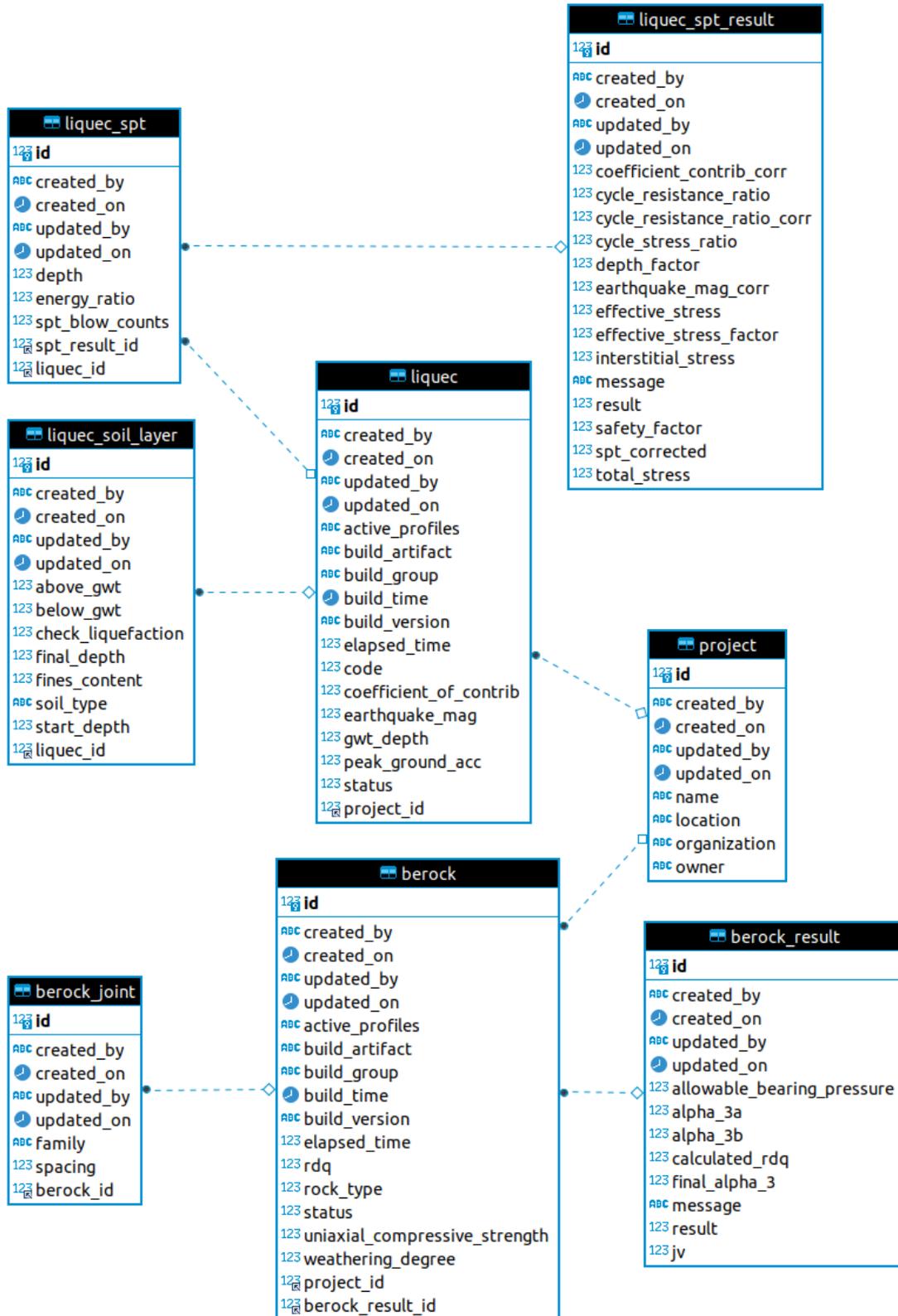
GET	/project/{id}	Obtener un proyecto por su identificador
POST	/project	Crear un proyecto
PUT	/project/{id}	Actualizar un proyecto
DELETE	/project/{id}	Eliminar un proyecto
GET	/project/total	Obtener el número total de proyectos asociados al usuario en sesión (profesor todos)
GET	/berock	Obtener cálculos Berock asociados al usuario en sesión (el rol profesor obtiene todos)
GET	/berock/{id}	Obtener un cálculo Berock por su identificador
POST	/berock/draft	Guardar un borrador de cálculo Berock
POST	/berock/calculate	Calcular un cálculo de tipo Berock
DELETE	/berock/{id}	Eliminar un cálculo o borrador de tipo Berock
POST	/berock/{id}/clone	Clonar un cálculo de tipo Berock
GET	/liquec	Obtener cálculos Liquec asociados al usuario en sesión (el rol profesor obtiene todos)
GET	/liquec/{id}	Obtener un cálculo Liquec por su identificador
POST	/liquec/draft	Guardar un borrador de cálculo Liquec
POST	/liquec/calculate	Calcular un cálculo de tipo Liquec
DELETE	/liquec/{id}	Eliminar un cálculo o borrador de tipo Liquec
POST	/liquec/{id}/clone	Clonar un cálculo de tipo Liquec
GET	/statistics/dashboard	Obtener los datos estadísticos necesarios para el dashboard
GET	/statistics/count	Obtener los cálculos totales por cada herramienta
GET	/statistics/{id}/usages	Obtener los usos totales por usuario y herramienta asociados a un proyecto
GET	/statistics/{id}/summaries	Obtener los sumarios de los cálculos asociados a un proyecto

**MySQL**<sup>[18]</sup>: se trata de una base de datos relacional que responde al modelo E-R y al empleo de tablas para la estructuración de los datos. Está desarrollada bajo una licencia dual (pública/comercial) por Oracle Corporation y es considerada la base de datos de código abierto más popular del mundo (es una de las más populares en general junto a Oracle y Microsoft SQL Server, sobre todo para entornos de desarrollo web). MySQL es una base de datos muy rápida en la lectura cuando utiliza el motor no transaccional MyISAM, pero puede provocar determinados problemas de integridad en entornos de alta concurrencia en la modificación. En los entornos web existe baja concurrencia durante la modificación de datos, todo lo contrario que durante la lectura, lo que hace a MySQL ideal para este tipo de aplicaciones. En la plataforma web, la BBDD está compuesta por las siguientes tablas:

- **project**: almacena la información relativa a los proyectos dados de alta por el usuario.
- **berock**: se guardan los datos de entrada de un cálculo de tipo Berock.
- **berock\_joint**: se guardan los datos de entrada relativos al espaciamiento en un cálculo Berock.
- **berock\_result**: se almacenan los resultados de un cálculo Berock.
- **liquec**: se guardan los datos de entrada de un cálculo de tipo Liquec.
- **liquec\_soil\_layer**: se guardan las características de las capas de suelo asociadas al cálculo.
- **liquec\_spt**: se guardan las características de los SPT asociados a un cálculo de tipo Liquec.
- **liquec\_spt\_result**: se almacenan los resultados de un cálculo Liquec.

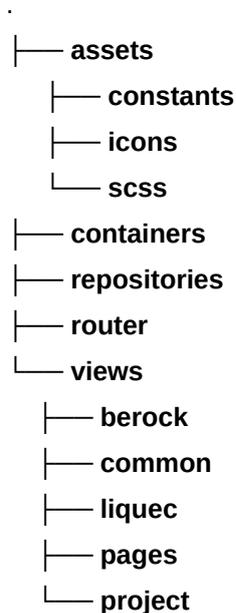
En la Ilustración 6 se representan los campos específicos de cada tabla y las relaciones establecidas entre ellas:

Ilustración 6: Diagrama de Tablas de la Base de Datos



### 3.2 Frontend

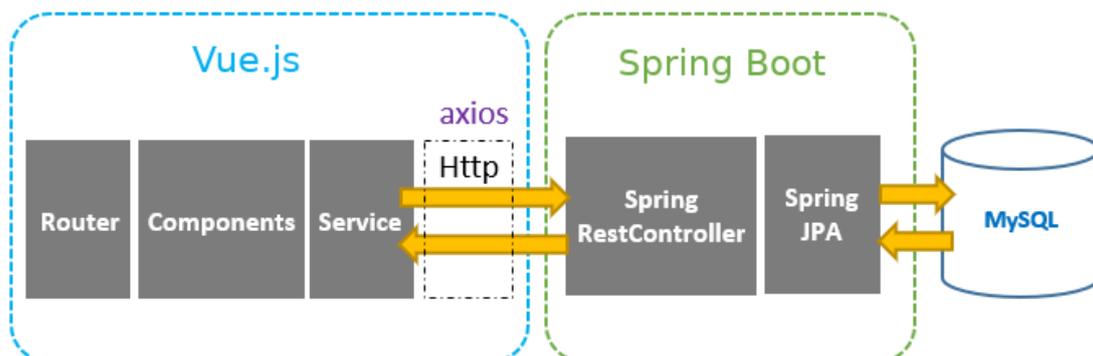
**Vue.js**<sup>[19]</sup>: es un framework progresivo para construir interfaces de usuario y pensado para hacer las cosas más simples. A diferencia de otros *frameworks* monolíticos, Vue.js está diseñado desde cero para ser utilizado incrementalmente. Una de sus características más importantes es el trabajo con componentes (código encapsulado que se utiliza como un elemento reutilizable). Los componentes están diseñados bajo el patrón MVVM y dentro de un componente podremos encontrar desde etiquetas HTML, estilos de CSS a código JavaScript. Los componentes nos permiten desarrollar proyectos modularizados y fáciles de escalar. La organización del módulo de UI se basa en la siguiente estructura de directorios:



### 3.3 Integración entre tecnologías

A continuación, en la Ilustración 7, se puede observar una representación esquemática de cómo se integran las diferentes tecnologías adoptadas en el presente TFG para dar una solución conjunta:

Ilustración 7: Diagrama de integración entre Spring Boot, Vue.js y MySQL



## 4 Entorno de desarrollo

La configuración del entorno de desarrollo de la aplicación web es la siguiente:

### Software principal:

- Sistema operativo Ubuntu 20.04.2 LTS
- Java 1.8
- Apache Maven 3.6.3
- Git 2.25.1
- Docker 20.10.3
- Docker-Compose 1.25.0
- MySQL 8.0.19
- Node.js 10.19.0
- Npm 6.14.4
- IntelliJ IDEA 2020.3.2 (Ultimate Edition)
- Dbeaver 7.3.5
- Postman 7.22.1
- Spring Boot 2.2.4.RELEASE
- Vue.js 2.6.10

### Herramientas *online*:

- GitHub
- yUML
- Google Drive

### Software adicional:

- LibreOffice 6.4.6.2
- Dia 0.97
- Gimp 2.10.18
- VirtualBox 6.1.16
- Balsamiq Mockups 3.5.17
- Planner 0.14.6

### Hardware:

- Quad core AMD A10-7870K Radeon R7 12 Compute Cores 4C+8G
- NVIDIA GK107 [GeForce GTX 650]
- Memoria Kingston 16GB RAM 1333 Mhz

## 5 Evaluación de riesgos

Como cualquier otro proyecto, el presente Trabajo Final de Grado (TFG) se desarrolla bajo cierta incertidumbre sin ser ajeno a determinados problemas. Por un lado, se dispone de unos plazos rígidos para obtener una versión del producto funcional. Por otro lado, la implementación está suscrita a una amalgama de tecnologías con distintos grados de conocimiento. A continuación, en la Tabla 7, se presenta una evaluación de los posibles riesgos más importantes que se puede presentar durante la elaboración de una aplicación web.

Tabla 7: Gestión de Riesgos

Riesgo	Actuación Preventiva	Actuación Correctiva
<b>Curva de aprendizaje</b> muy <b>elevada</b> en alguna o varias de las tecnologías seleccionadas para la implementación del TFG.	Planificar tiempo suficiente para el estudio y la investigación de las tecnologías a emplear en el desarrollo.	Analizar un posible cambio de tecnología si los plazos soportan dicha actuación.
<b>Objetivos establecidos</b> demasiado <b>ambiciosos</b> para ser alcanzados durante el tiempo estipulado.	Realizar prototipados y diseños previos del contenido completo de la aplicación para evaluar el volumen real de trabajo.	Dejar fuera del alcance del TFG las partes que no puedan ser implementadas durante los plazos establecidos y documentar dicha problemática en la memoria final.
<b>Metodología de trabajo</b> mal definida, <b>poco ágil</b> y compleja.	Analizar y evaluar con antelación al comienzo del desarrollo las metodologías actuales disponibles para conocer cual se adapta mejor a las circunstancias del TFG.	Cambiar a una metodología diferente que permita agilizar el desarrollo con garantías.
Problemas de entornos y posibles <b>incompatibilidades</b> entre las <b>tecnologías</b> a emplear.	Consultar la compatibilidad requerida por las herramientas y tecnologías empleadas antes del comienzo.	Cambiar de versión para intentar solucionar los problemas o, en el peor de los casos, sustituir la herramienta o tecnología.
<b>Mal funcionamiento</b> de la aplicación en determinadas casuísticas.	Planificación de un conjunto de pruebas para los casos de uso definidos que garanticen el correcto funcionamiento de la aplicación.	Realizar el desarrollo correctivo pertinente si hay tiempo para ello. En el caso de no disponer del tiempo suficiente antes de la entrega final, documentar los errores en la memoria del TFG.

# 6 Diagramas UML

## 6.1 Casos de uso

En las Ilustraciones 8, 9 y 10 se representan los diagramas de casos de usos de la plataforma web de cálculos geotécnicos del presente Trabajo Final de Grado (TFG) relacionados con el uso general de la aplicación, la consulta de un resumen y la gestión de proyectos:

Ilustración 8: Caso de Uso General

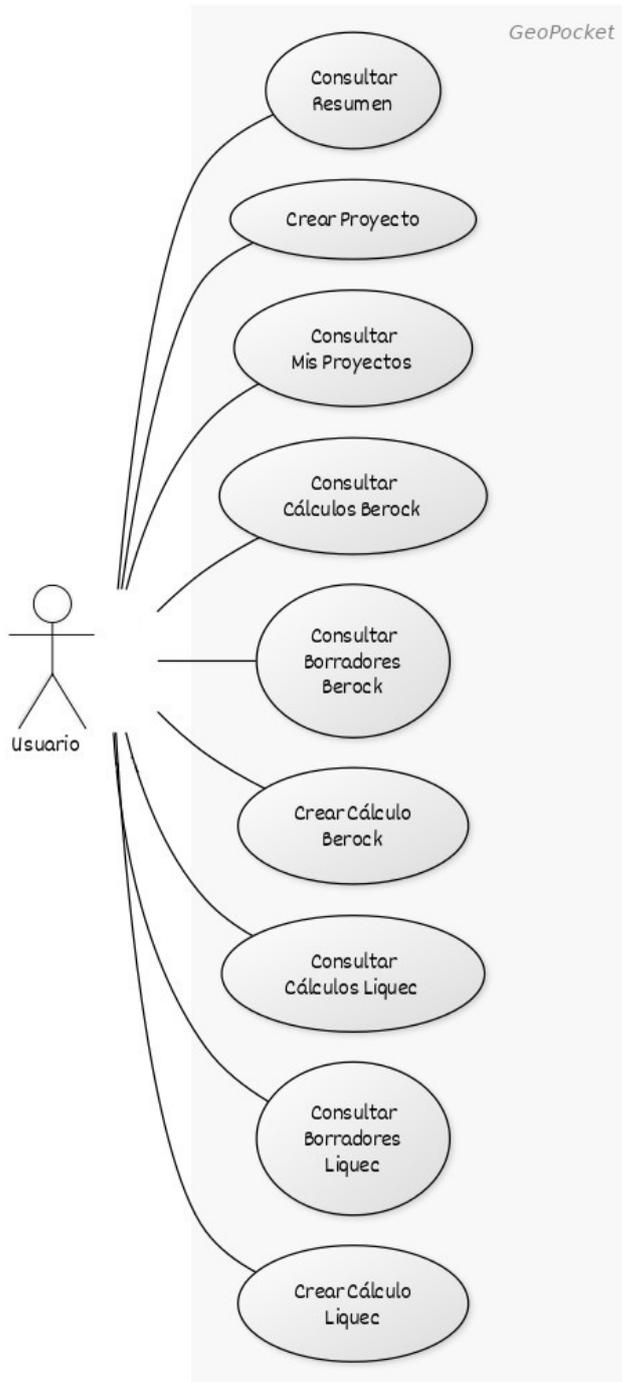


Ilustración 9: Caso de Uso Consultar Resumen

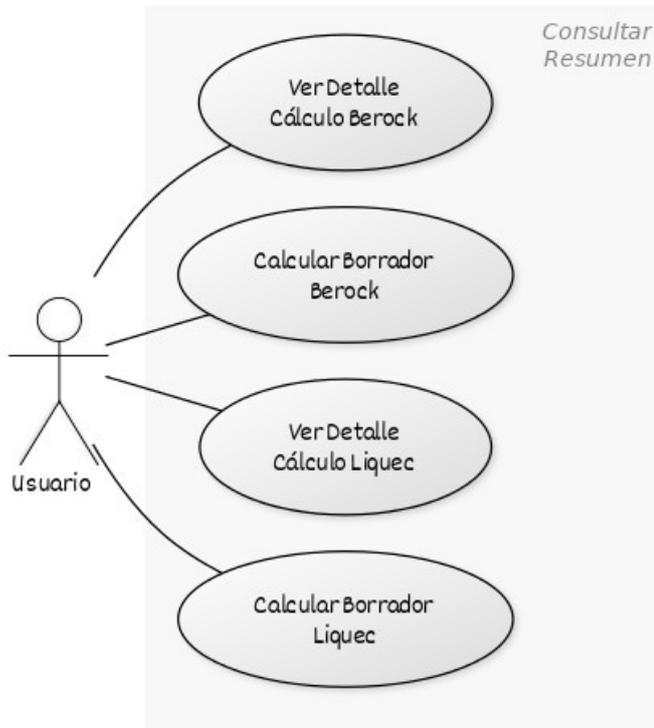
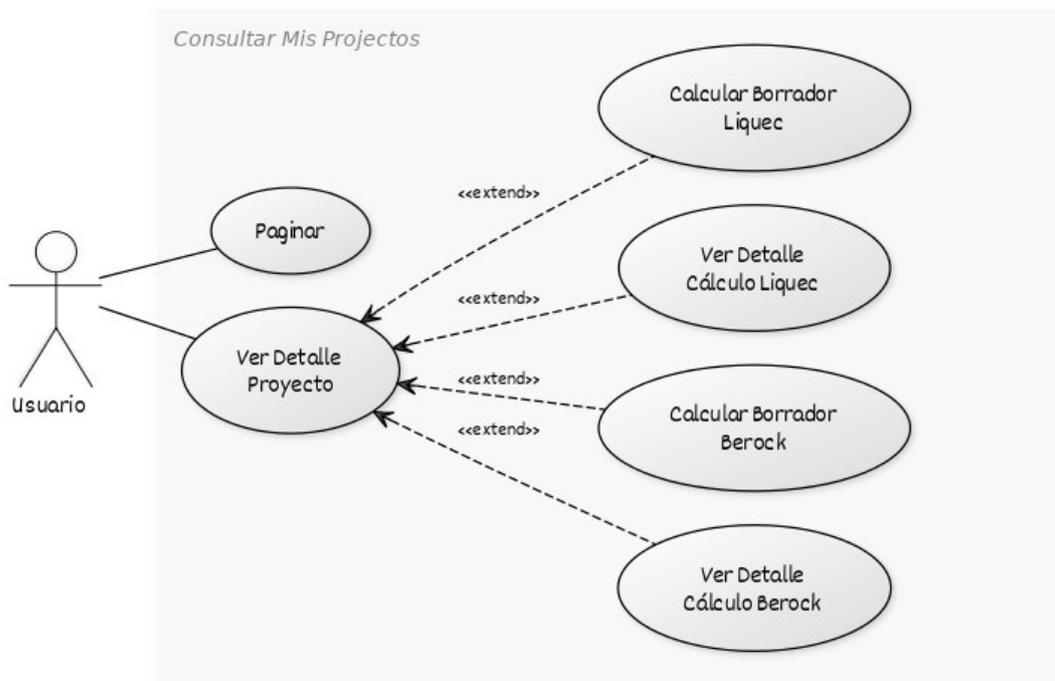


Ilustración 10: Caso de Uso Consultar Mis Proyectos



Los diagramas de casos de uso relacionados con los cálculos de tipo Berock se muestran en las Ilustraciones 11, 12, 13 y 14, donde se definen las acciones relativas a consultas de cálculos, consulta de borradores, visualización de detalles y manejo de un nuevo cálculo:

Ilustración 11: Caso de Uso Consultar Cálculos Berock

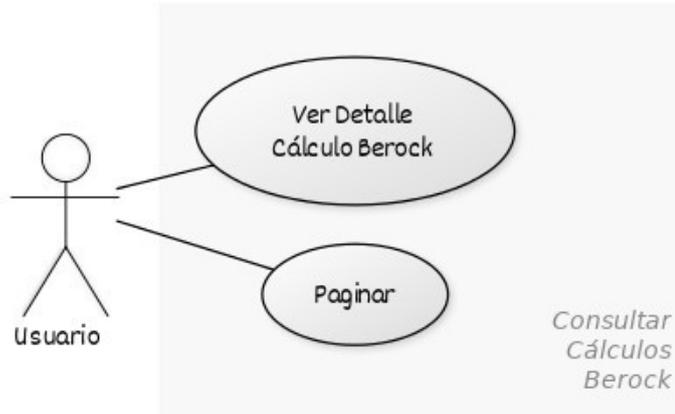


Ilustración 12: Caso de Uso Detalle Cálculo Berock

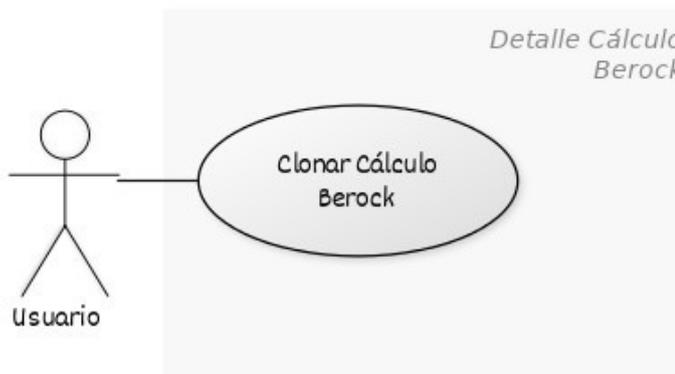


Ilustración 13: Caso de Uso Consultar Borradores Berock

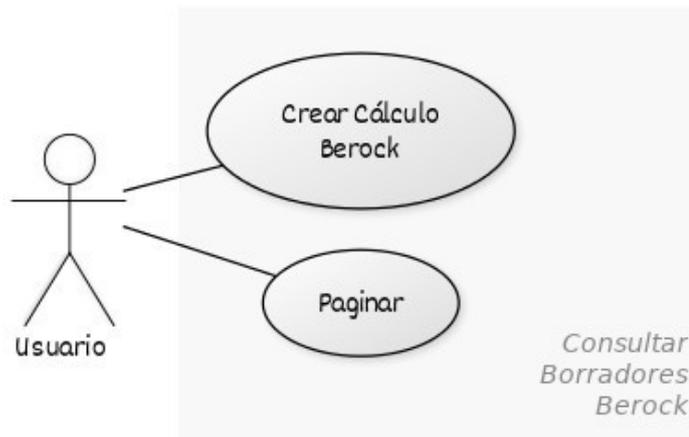
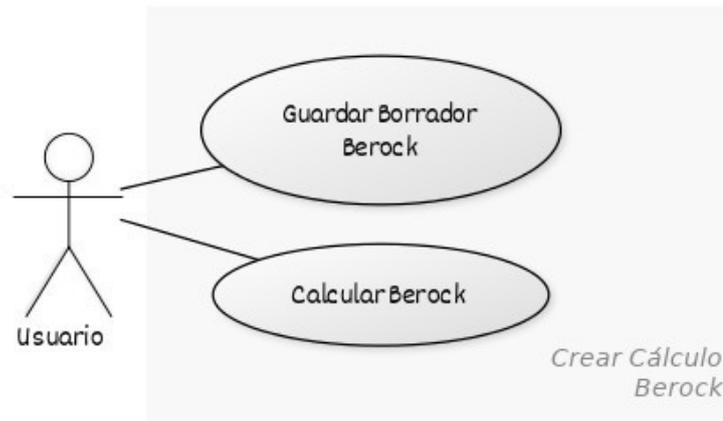


Ilustración 14: Caso de Uso Crear Cálculo Berock



Los diagramas de casos de uso relacionados con los cálculos de tipo Liquec se muestran en las Ilustraciones 15, 16, 17 y 18 donde también se definen las acciones relativas a consultas de cálculos, consulta de borradores, visualización de detalles y manejo de un nuevo cálculo:

Ilustración 15: Caso de Uso Consultar Cálculos Liquec

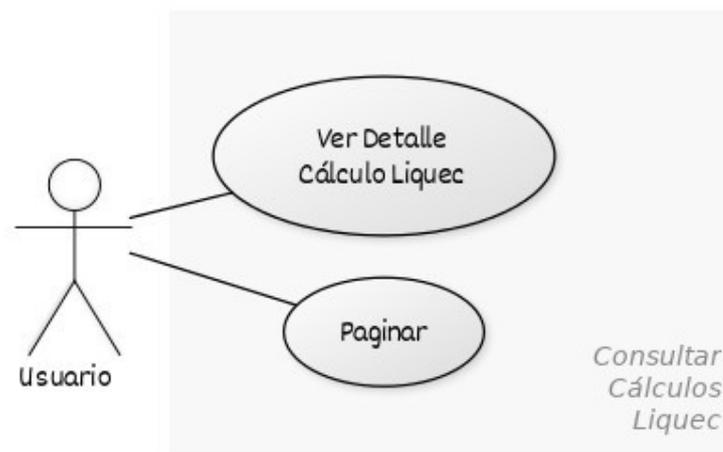


Ilustración 16: Caso de Uso Detalle Cálculo Liquec

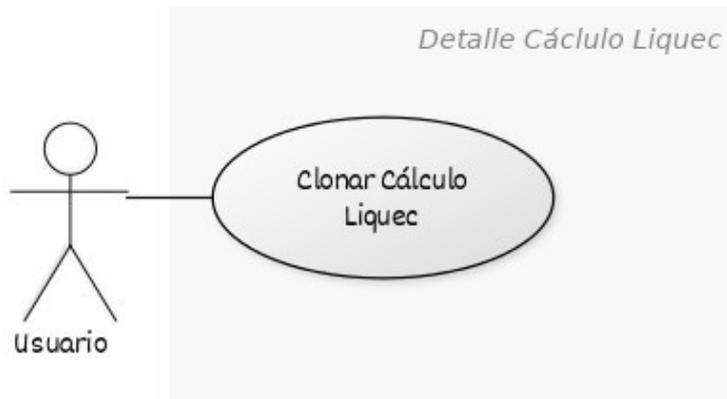


Ilustración 17: Caso de Uso Consultar Borradores Liquec

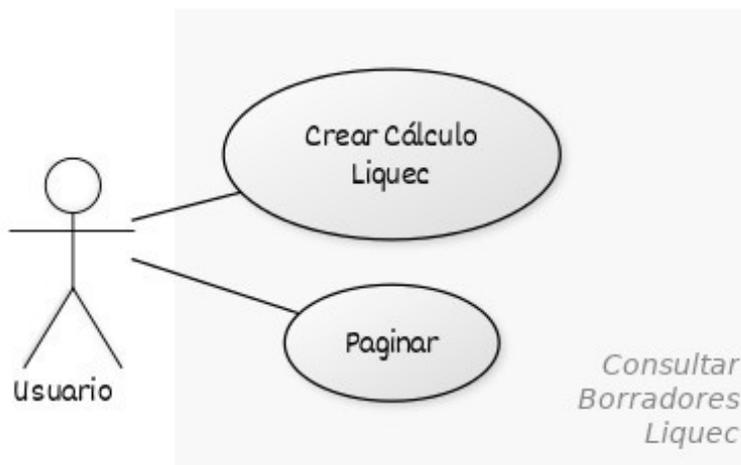
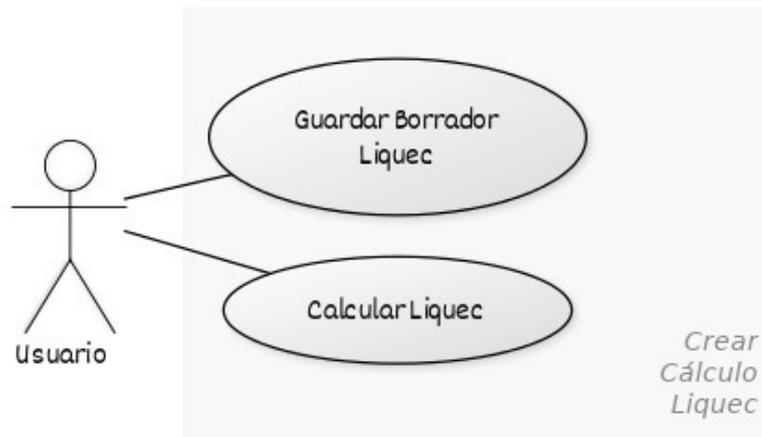


Ilustración 18: Caso de Uso Crear Cálculo Liquec



## 6.2 Especificación de los casos de uso

Las especificaciones de los casos de uso son las siguientes:

- Especificación CU001: Consultar proyectos
- Especificación CU002: Ver detalle de un proyecto
- Especificación CU003: Crear proyecto
- Especificación CU004: Consultar cálculos de tipo Berock
- Especificación CU005: Ver detalle de un cálculo de tipo Berock
- Especificación CU006: Consultar borradores de tipo Berock
- Especificación CU007: Crear cálculo de tipo Berock
- Especificación CU008: Consultar cálculos de tipo Liquec
- Especificación CU009: Ver detalle de un cálculo de tipo Liquec
- Especificación CU010: Consultar borradores de tipo Liquec
- Especificación CU011: Crear cálculo de tipo Liquec

Tabla 8: Especificación CU001

<b>CU001:</b> Consultar proyectos
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario
<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema muestra un listado de proyectos. Si el usuario es un estudiante, el sistema solo mostrará los proyectos creados por el usuario en sesión.
<b>Escenario principal de éxito:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede a los proyectos a través del menú de navegación</li> <li>2. El usuario pagina los resultados mostrados (solo si el número de registros es mayor a diez)</li> <li>3. El usuario navega al detalle de cualquier proyecto a través de un botón de acción.</li> </ol>

Tabla 9: Especificación CU002

<b>CU002:</b> Ver detalle de un proyecto
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario
<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema muestra toda la información asociada al proyecto (los datos que lo definen, las estadísticas de uso y un listado de los cálculos y borradores asociados).
<b>Escenario principal de éxito:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al detalle de un proyecto a través del botón de acción asociado al registro</li> <li>2. El usuario accede al detalle de un cálculo de tipo Berock o Liquec asociado al proyecto</li> <li>3. El sistema dirige al usuario al detalle del cálculo</li> </ol>
<b>Extensiones:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2a. El usuario accede al cálculo de un borrador con los datos de entrada del mismo</li> <li>2b. El usuario elimina el proyecto <ol style="list-style-type: none"> <li>2b1. El sistema muestra el botón de borrado activo solo si no hay proyectos</li> </ol> </li> </ol>

asociados 3c. El usuario edita el proyecto 3c1. El sistema muestra una ventana modal para modificar los datos del proyecto 3c2. El sistema valida los datos introducidos 3a2a. El sistema muestra campos del formulario con datos que no son válidos 3a2b. El usuario vuelve a introducir los datos según indicaciones dadas por el sistema 3c3. El sistema habilita el botón de cálculo 3c4. El sistema actualiza los datos modificados 3c5. El sistema cierra la ventana modal y muestra el detalle del proyecto con los nuevos datos
---

Tabla 10: Especificación CU003

<b>CU003:</b> Crear proyecto
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario
<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema crea un nuevo proyecto a partir de los datos de entrada y almacena los datos satisfactoriamente.
<b>Escenario principal de éxito:</b> 1. El usuario accede a la creación de un proyecto a través del menú de navegación 2. El usuario rellena los datos de entrada necesarios 3. El sistema valida los datos introducidos 4. El sistema habilita el botón de guardado 5. El usuario envía la petición de guardado 6. El sistema almacena los datos 7. El sistema dirige automáticamente al usuario a la vista de consulta de proyectos
<b>Extensiones:</b> 3a. El sistema muestra campos del formulario con datos que no son válidos 3a1. El usuario vuelve a introducir los datos según indicaciones dadas por el sistema

Tabla 11: Especificación CU004

<b>CU004:</b> Consultar cálculos de tipo Berock
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario
<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema muestra un listado de cálculos de tipo Berock en estado 'calculado'. Si el usuario es un estudiante, el sistema solo mostrará los cálculos creados por el usuario.
<b>Escenario principal de éxito:</b> 1. El usuario accede a los cálculos de tipo Berock a través del menú de navegación 2. El usuario pagina los resultados mostrados (solo si el número de registros es mayor a diez) 3. El usuario navega al detalle de cualquier cálculo a través de un botón de acción.

Tabla 12: Especificación CU005

<b>CU005:</b> Ver detalle de un cálculo de tipo Berock
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario
<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema muestra toda la información asociada a un cálculo de tipo Berock (los datos de entrada iniciales y los datos resultado de cálculo).
<b>Escenario principal de éxito:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al detalle de un cálculo de tipo Berock a través del botón de acción asociado al registro del cálculo.</li> <li>2. El usuario clona el cálculo de tipo Berock</li> <li>3. El usuario es dirigido a la vista de creación de un cálculo de tipo Berock con los mismos datos de entrada que el cálculo clonado.</li> </ol>

Tabla 13: Especificación CU006

<b>CU006:</b> Consultar borradores de tipo Berock
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario
<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema muestra un listado de cálculos de tipo Berock en estado 'borrador'. Si el usuario es un estudiante, el sistema solo mostrará los borradores creados por el usuario.
<b>Escenario principal de éxito:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede a los borradores de tipo Berock a través del menú de navegación</li> <li>2. El usuario pagina los resultados mostrados (solo si el número de registros es mayor a diez)</li> <li>3. Al pulsar en el botón de acción asociado, el usuario navega a la vista de creación de un cálculo de tipo Berock con los mismos datos de entrada que el borrador consultado.</li> </ol>

Tabla 14: Especificación CU007

<b>CU007:</b> Crear cálculo de tipo Berock
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario
<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema ejecuta un cálculo de tipo Berock a partir de los datos de entrada y almacena los datos resultado satisfactoriamente.
<b>Escenario principal de éxito:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede a la creación de un cálculo de tipo Berock a través del menú de navegación</li> <li>2. El usuario rellena los datos de entrada necesarios</li> <li>3. El sistema valida los datos introducidos</li> <li>4. El sistema habilita el botón de cálculo</li> <li>5. El usuario envía la petición de cálculo</li> </ol>

<ul style="list-style-type: none"> <li>6. El sistema realiza los cálculos y almacena los resultados</li> <li>8. El sistema dirige automáticamente al usuario a la vista de detalle</li> </ul>
<p><b>Extensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1a. El usuario accede a través del botón de clonar de la vista de detalle</li> <li>1b. El usuario accede a través del botón de acción de un borrador en la vista de consulta</li> <li>2a. El usuario guarda los datos de entrada en cualquier momento creando un borrador de cálculo. <ul style="list-style-type: none"> <li>2a1. El sistema muestra un mensaje de confirmación de guardado.</li> </ul> </li> <li>3a. El sistema muestra campos del formulario con datos que no son válidos <ul style="list-style-type: none"> <li>3a1. El usuario vuelve a introducir los datos según indicaciones dadas por el sistema</li> </ul> </li> </ul>

Tabla 15: Especificación CU008

<b>CU008:</b> Consultar cálculos de tipo Liquec
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario
<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema muestra un listado de cálculos de tipo Liquec en estado 'calculado'. Si el usuario es un estudiante, el sistema solo mostrará los cálculos creados por el usuario.
<p><b>Escenario principal de éxito:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede a los cálculos de tipo Liquec a través del menú de navegación</li> <li>2. El usuario pagina los resultados mostrados (solo si el número de registros es mayor a diez)</li> <li>3. El usuario navega al detalle de cualquier cálculo a través de un botón de acción.</li> </ul>

Tabla 16: Especificación CU009

<b>CU009:</b> Ver detalle de un cálculo de tipo Liquec
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario
<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema muestra toda la información asociada a un cálculo de tipo Liquec (los datos de entrada iniciales y los datos resultado de cálculo).
<p><b>Escenario principal de éxito:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al detalle de un cálculo de tipo Liquec a través del botón de acción asociado al registro del cálculo.</li> <li>2. El usuario clona el cálculo de tipo Liquec</li> <li>3. El usuario es dirigido a la vista de creación de un cálculo de tipo Liquec con los mismos datos de entrada que el cálculo clonado.</li> </ul>

Tabla 17: Especificación CU010

<b>CU010:</b> Consultar borradores de tipo Liquec
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario

<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema muestra un listado de cálculos de tipo Liquec en estado 'borrador'. Si el usuario es un estudiante, el sistema solo mostrará los borradores creados por el usuario.
<b>Escenario principal de éxito:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede a los borradores de tipo Liquec a través del menú de navegación</li> <li>2. El usuario pagina los resultados mostrados (solo si el número de registros es mayor a diez)</li> <li>3. Al pulsar en el botón de acción asociado, el usuario navega a la vista de creación de un cálculo de tipo Liquec con los mismos datos de entrada que el borrador consultado.</li> </ol>

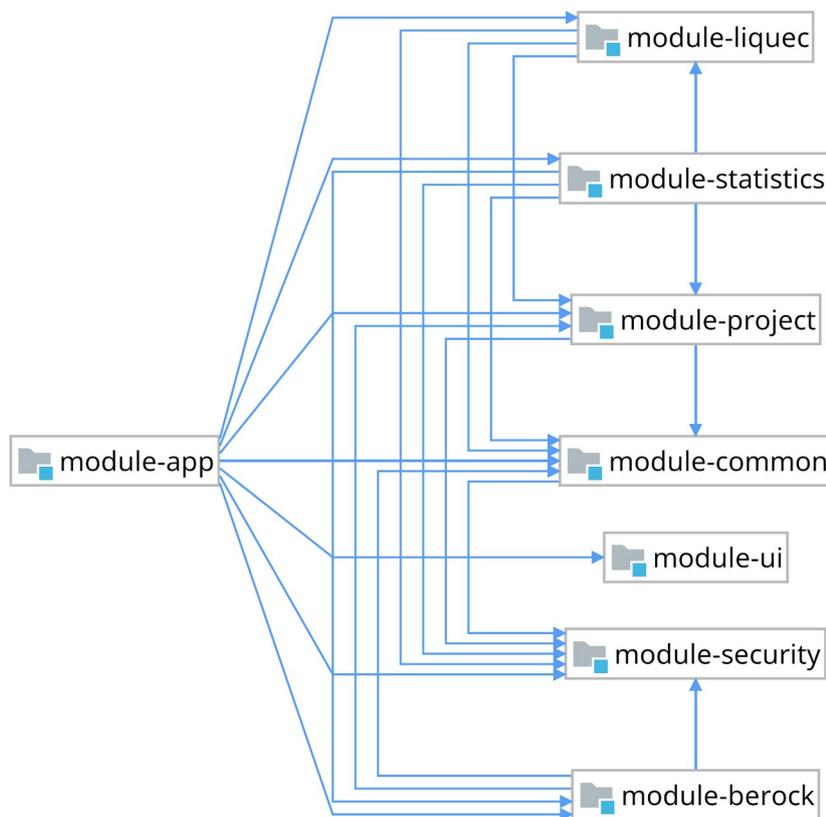
Tabla 18: Especificación CU011

<b>CU011:</b> Crear cálculo de tipo Liquec
<b>Actor Principal:</b> Usuario
<b>Ámbito:</b> Plataforma GeoPocket
<b>Nivel de Objetivo:</b> Usuario
<b>Precondiciones:</b> El usuario debe haber iniciado sesión
<b>Garantías en caso de éxito:</b> el sistema ejecuta un cálculo de tipo Liquec a partir de los datos de entrada y almacena los datos resultado satisfactoriamente.
<b>Escenario principal de éxito:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede a la creación de un cálculo de tipo Liquec a través del menú de navegación</li> <li>2. El usuario rellena los datos de entrada necesarios</li> <li>3. El sistema valida los datos introducidos</li> <li>4. El sistema habilita el botón de cálculo</li> <li>5. El usuario envía la petición de cálculo</li> <li>6. El sistema realiza los cálculos y almacena los resultados</li> <li>7. El sistema dirige automáticamente al usuario a la vista de detalle</li> </ol>
<b>Extensiones:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1a. El usuario accede a través del botón de clonar de la vista de detalle</li> <li>1b. El usuario accede a través del botón de acción de un borrador en la vista de consulta</li> <li>2a. El usuario guarda los datos de entrada en cualquier momento creando un borrador de cálculo. <ol style="list-style-type: none"> <li>2a1. El sistema muestra un mensaje de confirmación de guardado.</li> </ol> </li> <li>3a. El sistema muestra campos del formulario con datos que no son válidos <ol style="list-style-type: none"> <li>3a1. El usuario vuelve a introducir los datos según indicaciones dadas por el sistema</li> </ol> </li> </ol>

### 6.3 Diagramas de clases

A nivel de implementación, el proyecto se organiza a partir de un conjunto de módulos de *maven*. Esta forma de estructurar la plataforma permite disponer el código por funcionalidades claramente definidas y encapsular aquellas partes comunes para que puedan ser reutilizadas mediante dependencias. En este sentido, la distribución modular del código posibilita cumplir con uno de los objetivos fundamentales del presente Trabajo Final de Grado (TFG): facilitar la extensibilidad futura de la plataforma de cálculo geotécnico. Incorporar nuevas herramientas de cálculo no supondrá más que definir un nuevo módulo e implementar la funcionalidad que se requiera. En la Ilustración 19 se muestra el esquema de dependencias entre módulos:

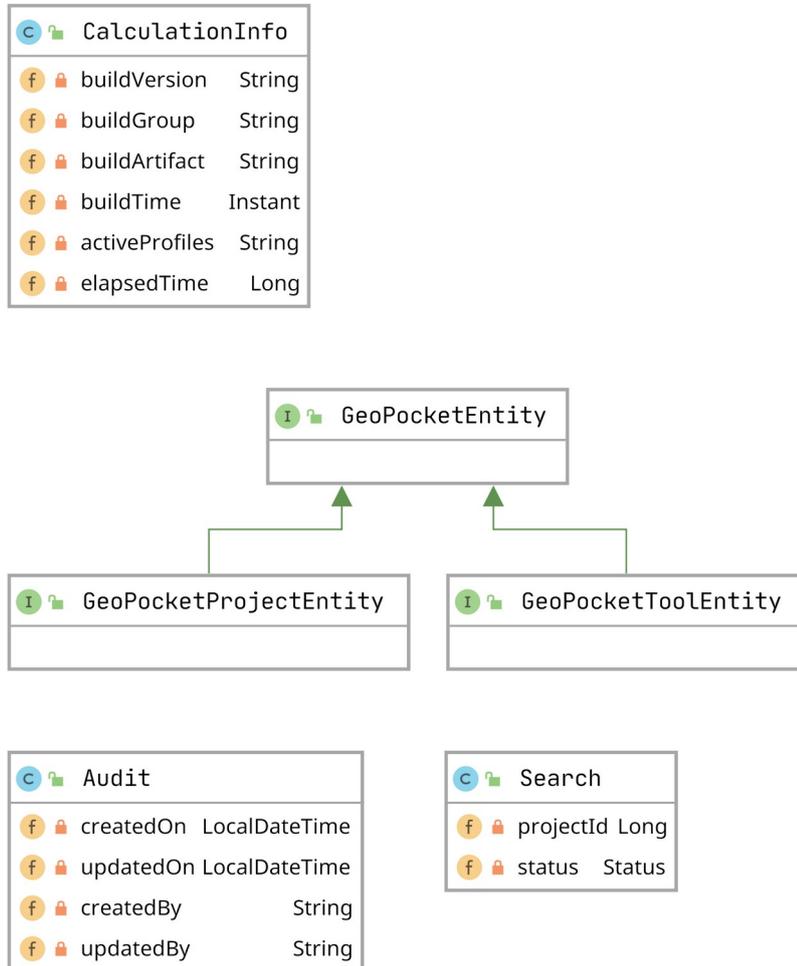
Ilustración 19: Dependencias entre Módulos



Dentro de cada módulo, se definen un conjunto de clases cuyos diagramas pueden mostrar relaciones internas (en el ámbito del propio módulo) y relaciones externas (como consecuencia de las dependencias modulares). Esta estructuración del código permite definir diagramas de clases por cada módulo. A continuación se muestran todos ellos.

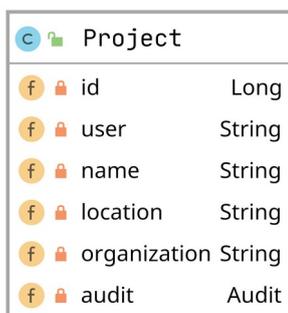
En la Ilustración 20 se puede observar que el módulo 'Common' está constituido por las clases CalculationInfo, GeoPocketEntity, GeoPocketProjectEntity, GeoPocketToolEntity, Audit y Search:

Ilustración 20: Diagrama de Clases en Módulo 'Common'



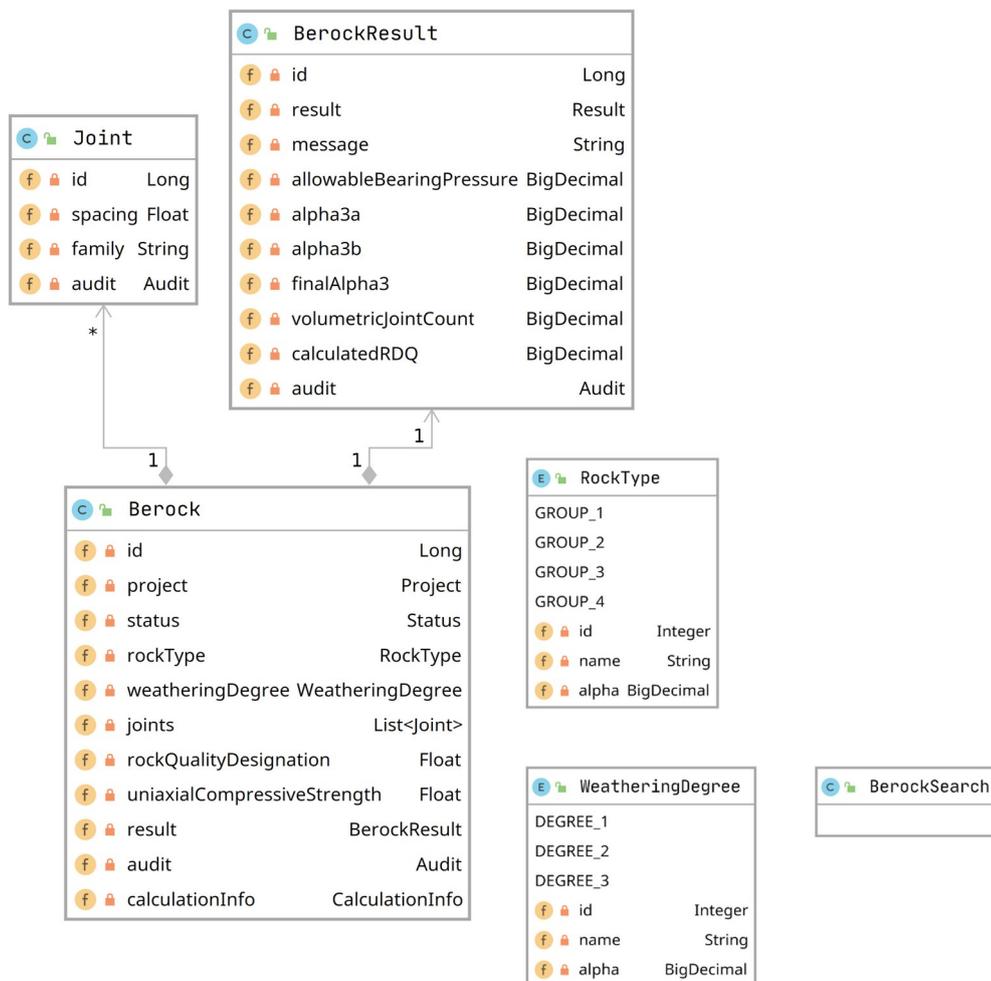
El módulo 'Project' solo contiene la clase Project (Ilustración 21):

Ilustración 21: Diagrama de Clases en Módulo 'Project'



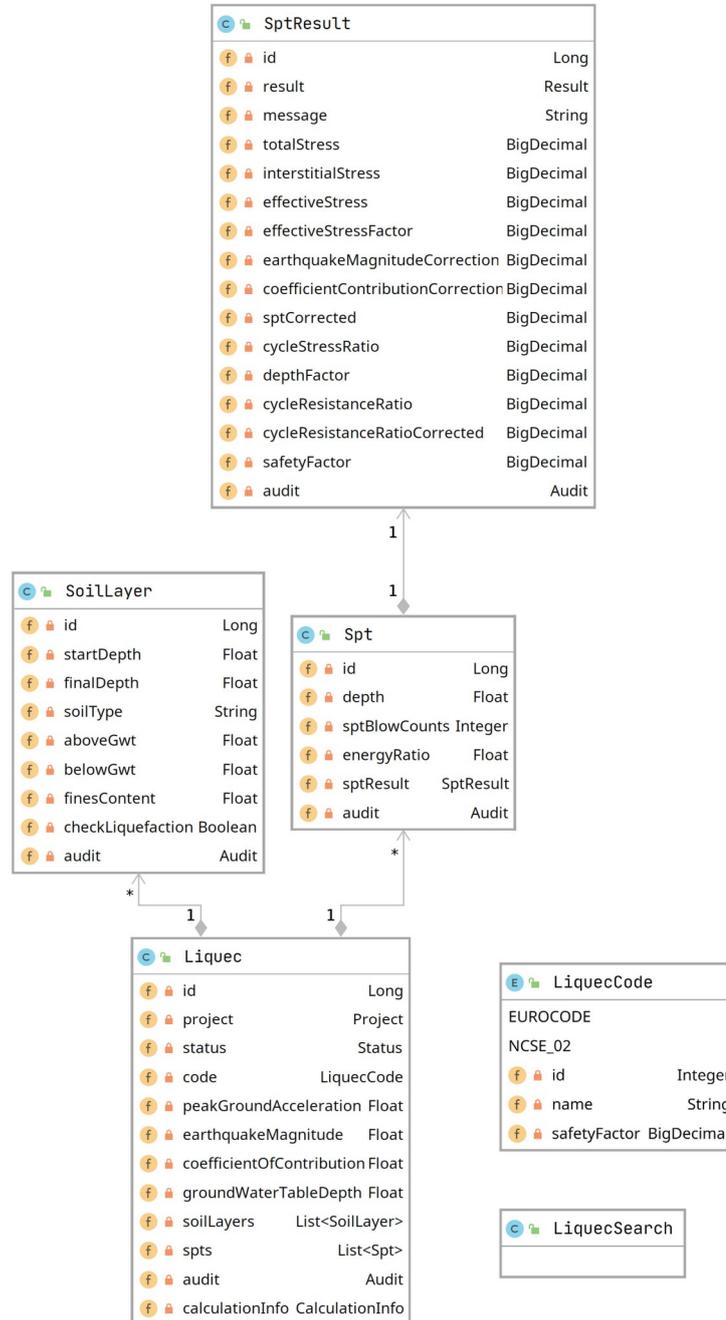
En la Ilustración 22 se puede ver que el módulo 'Berock' está constituido por las clases Berock, RockType, WeatheringDegree, BerockSearch, Joint y Berock-Result:

Ilustración 22: Diagrama de Clases en Módulo 'Berock'



En la Ilustración 23 se puede observar que el módulo 'Liquec' está constituido por las clases Liquec, LiquecCode, LiquecSearch, SoilLayer, Spt y SptResult:

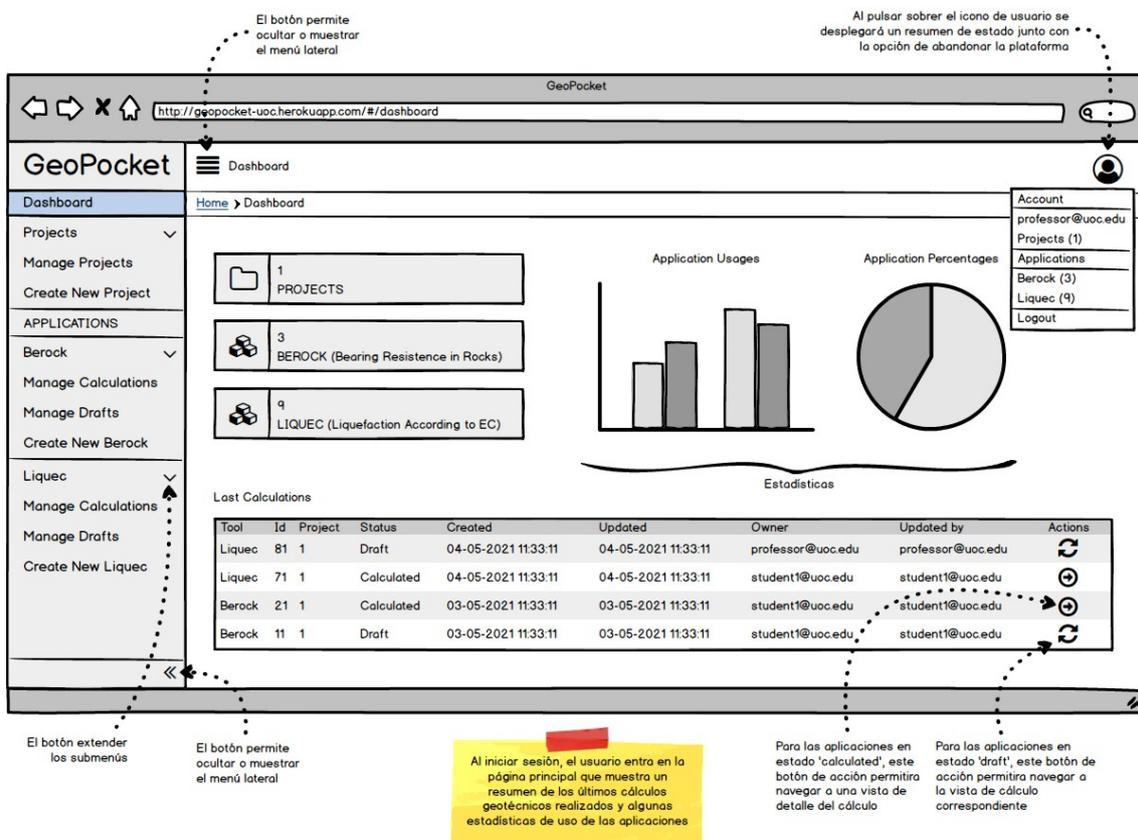
Ilustración 23: Diagrama de Clases en Módulo 'Liquec'



## 7 Prototipos

La plataforma de cálculos geotécnicos queda definida mediante un menú vertical en la parte izquierda, donde aparecerán, a través de desplegables, todos los enlaces de la aplicación, de manera que el usuario pueda acceder a ellos siempre. En la parte superior, se define un pequeño botón para mostrar u ocultar el menú junto con migas de pan que permiten indicar al usuario en qué página se encuentra. Además, se define un desplegable en la parte derecha superior con los datos del usuario en sesión y su cómputo de cálculos geotécnicos asociados. Este entono, es común a todas las páginas de la aplicación.

Ilustración 24: Página de Inicio (Dashboard)



Como se muestra en la Ilustración 24, la página de *dashboad* es la vista que se muestra al usuario una vez que se ha identificado en la aplicación mediante sus credenciales. La finalidad de esta página es permitir que el usuario tenga un punto de partida y pueda hacerse una idea del estado de sus cálculos.

La página de administración de proyectos (Ilustración 25) muestra una tabla paginada con los datos más relevantes de los proyectos:

Ilustración 25: Página de Administración de Proyectos (Manage Projects)

Id	Name	Location	Organization	User	Created	Updated	Owner	Updated by	Actions
6	Foundation	Aspe (Alicante)	Samir S.A.	professor@uoc.edu	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	[icon]
5	Micropilot	Aspe (Alicante)	Samir S.A.	professor@uoc.edu	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	[icon]
4	Bulding	Aspe (Alicante)	Samir S.A.	professor@uoc.edu	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	[icon]
3	Bridge	Aspe (Alicante)	Samir S.A.	professor@uoc.edu	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	[icon]
2	Wall	Aspe (Alicante)	Samir S.A.	professor@uoc.edu	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	[icon]
1	Road	Aspe (Alicante)	Samir S.A.	professor@uoc.edu	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	[icon]

< prev 1 2 3 4 5 6 7 ... 14 15 next >

En la vista de gestión de proyectos el usuario puede consultar los datos principales de todos los proyectos dados de alta (un estudiante sólo podrá ver los suyos mientras que un profesor podrá visualizarlos todos). Por defecto se muestran ordenados de los más recientes a los más antiguos

Cuando el número de proyectos es superior a 10 aparecen automáticamente los controles de paginación

Para cualquier proyecto se muestra este botón de acción que permitirá navegar a una vista de detalle del propio proyecto

Como se aprecia en la Ilustración 26, la página de creación de nuevos proyectos está formada por un formulario de tres campos y un botón de guardado:

Ilustración 26: Página de Creación de Nuevos Proyectos (Create New Project)

Project Name:  Range of supported values: (3-60)

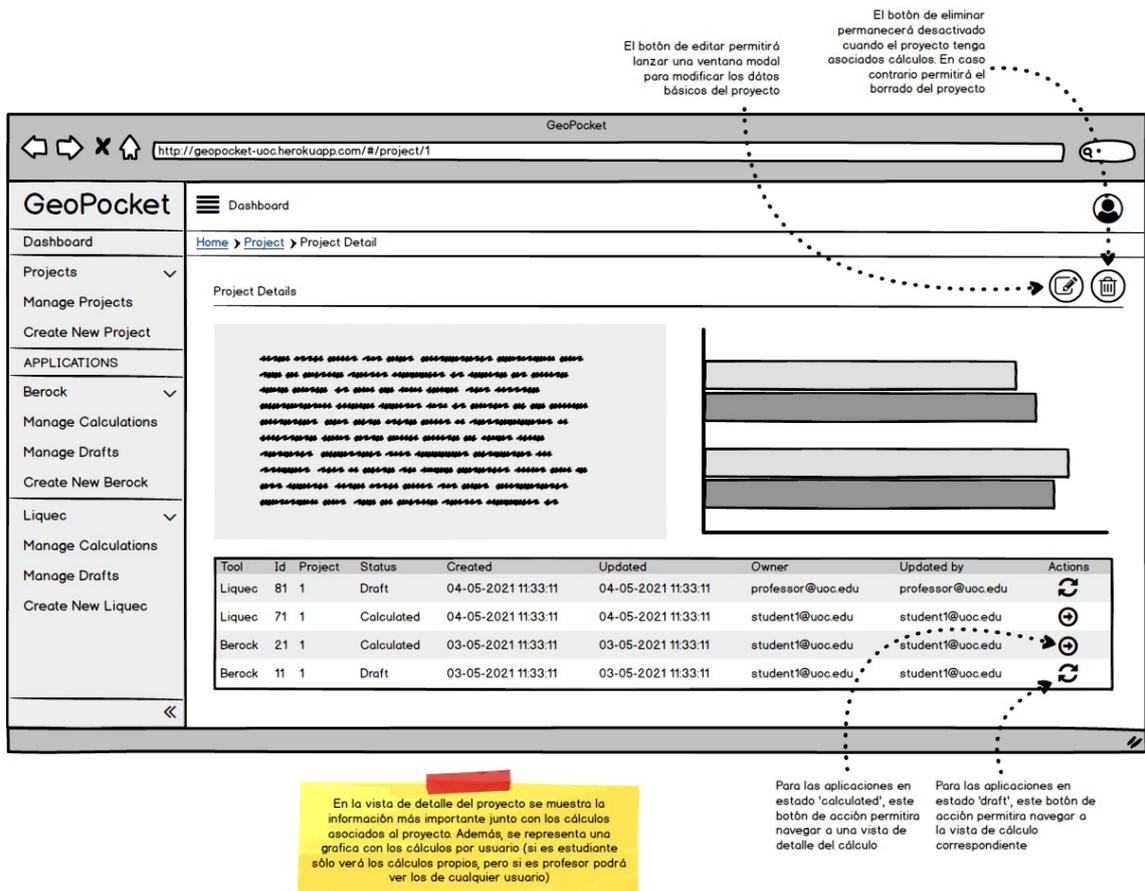
Project Location:  Range of supported values: (3-60)

Project Organization:  Range of supported values: (3-60)

Para crear un nuevo proyecto basta con introducir los datos identificativos y guardarlo (al pulsar en guardar se redirigirá automáticamente al detalle del proyecto recién creado)

El botón de guardar permanecerá desactivado hasta que el usuario introduzca los datos correctamente en el formulario

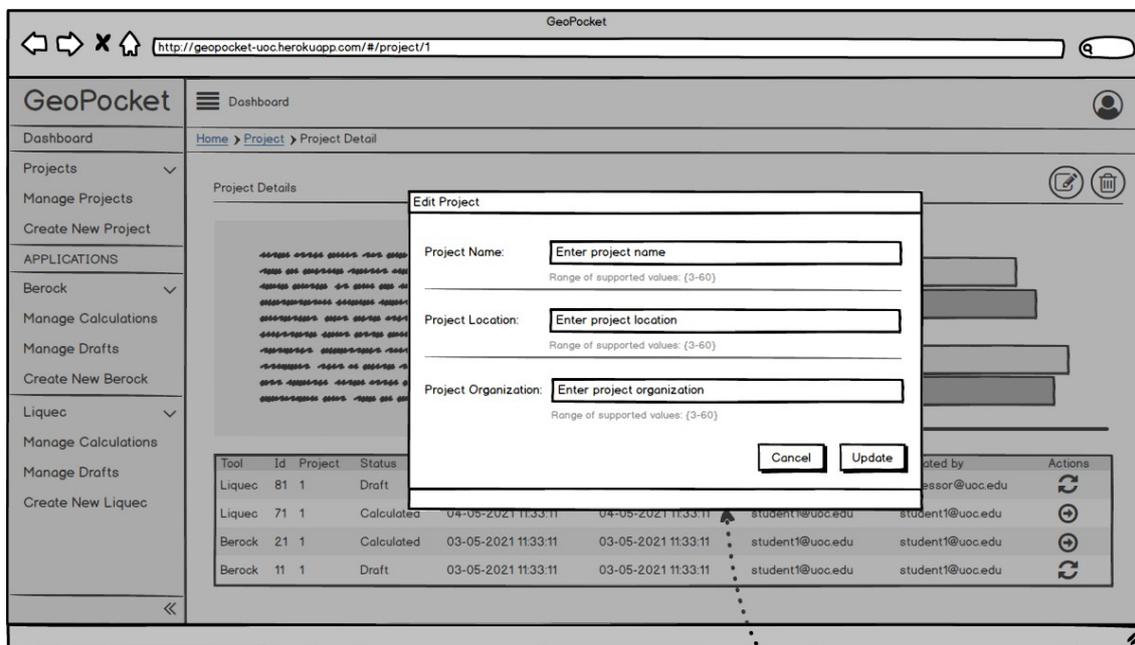
Ilustración 27: Página de Detalle de un Proyecto (Project Details)



El detalle de un proyecto (Ilustración 27) muestra la información básica del mismo junto con un listado de los cálculos asociados al mismo. Esto permite al usuario hacerse una idea del trabajo desarrollado. Además, para mejorar la visión global necesaria en cualquier unidad de trabajo, se dispone de un gráfico que expone la totalidad de cálculos asociados al proyecto por herramienta y por usuario (esto último solo en los casos en los que el usuario en sesión sea un profesor).

La ventana modal de edición de un proyecto (Ilustración 28) está compuesta por un formulario de tres campos y los botones de cancelar y actualizar:

Ilustración 28: Modal de Edición de un Proyecto (Project Details)

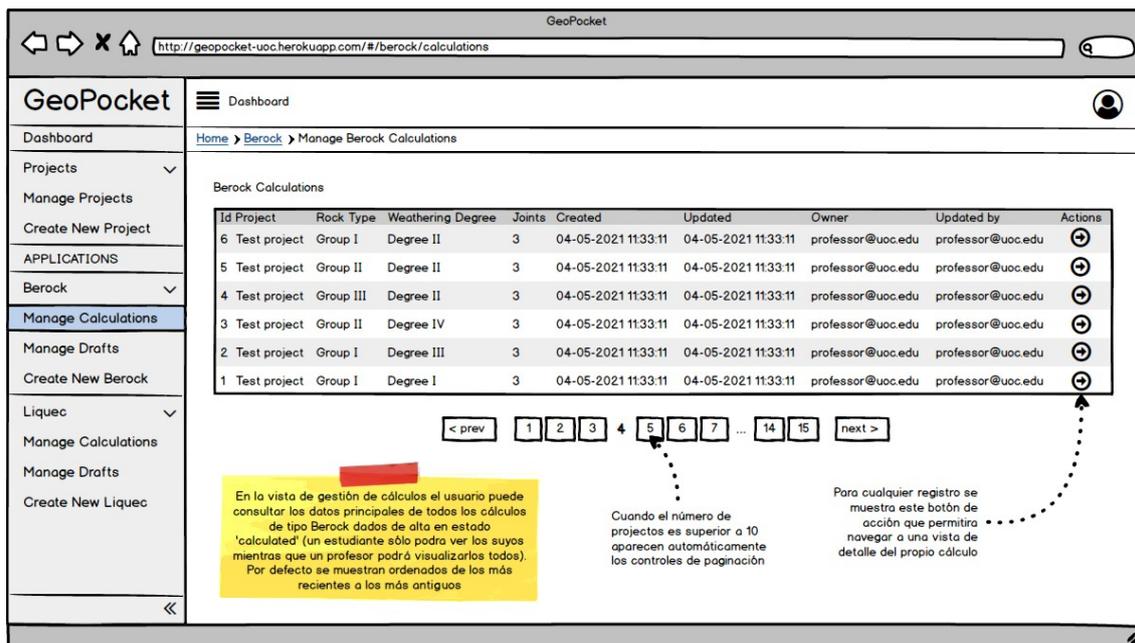


Desde la vista de detalle de proyecto es posible editar sus datos básicos

Ventana modal de edición

Como se puede ver en la Ilustración 29, la página de administración de cálculos de tipo Berock muestra una tabla paginada con sus datos más relevantes:

Ilustración 29: Administración de Cálculos de Tipo Berock (Manage Berock Calculations)



En la vista de gestión de cálculos el usuario puede consultar los datos principales de todos los cálculos de tipo Berock dados de alta en estado 'calculated' (un estudiante sólo podrá ver los suyos mientras que un profesor podrá visualizarlos todos). Por defecto se muestran ordenados de los más recientes a los más antiguos

Cuando el número de proyectos es superior a 10 aparecen automáticamente los controles de paginación

Para cualquier registro se muestra este botón de acción que permitirá navegar a una vista de detalle del propio cálculo

La página de administración de borradores de tipo Berock (Ilustración 30) es similar y muestra una tabla paginada con los datos más relevantes:

Ilustración 30: Administración de Borradores de Tipo Berock (Manage Berock Drafts)

GeoPocket Dashboard

Home > Berock > Manage Berock Drafts

Berock Drafts

Id Project	Rock Type	Weathering Degree	Joints	Created	Updated	Owner	Updated by	Actions
6	Test project	Group I	Degree II	3	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu
5	Test project	Group II	Degree II	3	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu
4	Test project	Group III	Degree II	3	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu
3	Test project	Group II	Degree IV	3	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu
2	Test project	Group I	Degree III	3	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu
1	Test project	Group I	Degree I	3	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu

< prev 1 2 3 4 5 6 7 ... 14 15 next >

En la vista de gestión de cálculos el usuario puede consultar los datos principales de todos los cálculos de tipo Berock dados de alta en estado 'draft' (un estudiante sólo podrá ver los suyos mientras que un profesor podrá visualizarlos todos). Por defecto se muestran ordenados de los más recientes a los más antiguos

Cuando el número de proyectos es superior a 10 aparecen automáticamente los controles de paginación

Para cualquier registro se muestra este botón de acción que permitirá navegar a una vista de cálculo

En la Ilustración 31 se puede apreciar el formulario definido para la introducción de los datos de entrada necesarios en la creación de un cálculo de tipo Berock:

Ilustración 31: Página de Cálculo de Tipo Berock (Create New Berock)

GeoPocket Dashboard

Home > Berock > Create New Berock

Berock - Bearing Resistance in Rocks

Uniaxial compressive strength (MPa):  
  
 Range of supported values: (0.1-1000.0) (MPa)

Rock Type Influence (a1):  
  
 Limestone, dolostone, pure marbles, ...

Weathering Degree Influence (a2):  
  
 If the weathering rock is equal or bigger ...

Rock Quality Designation (%):  
  
 Range of supported values: (0.1-100.0) (%)

Search for a project

Spacing	Family
0.60	J1
0.75	J2
1.20	J2
2.00	F

Add Remove

Para crear un nuevo cálculo de Berock basta con introducir los datos del formulario: podrá ser guardado (draft) con la posibilidad de recuperarlo posteriormente o podrá ser calculado directamente

Búsqueda de proyecto mediante autocompletado

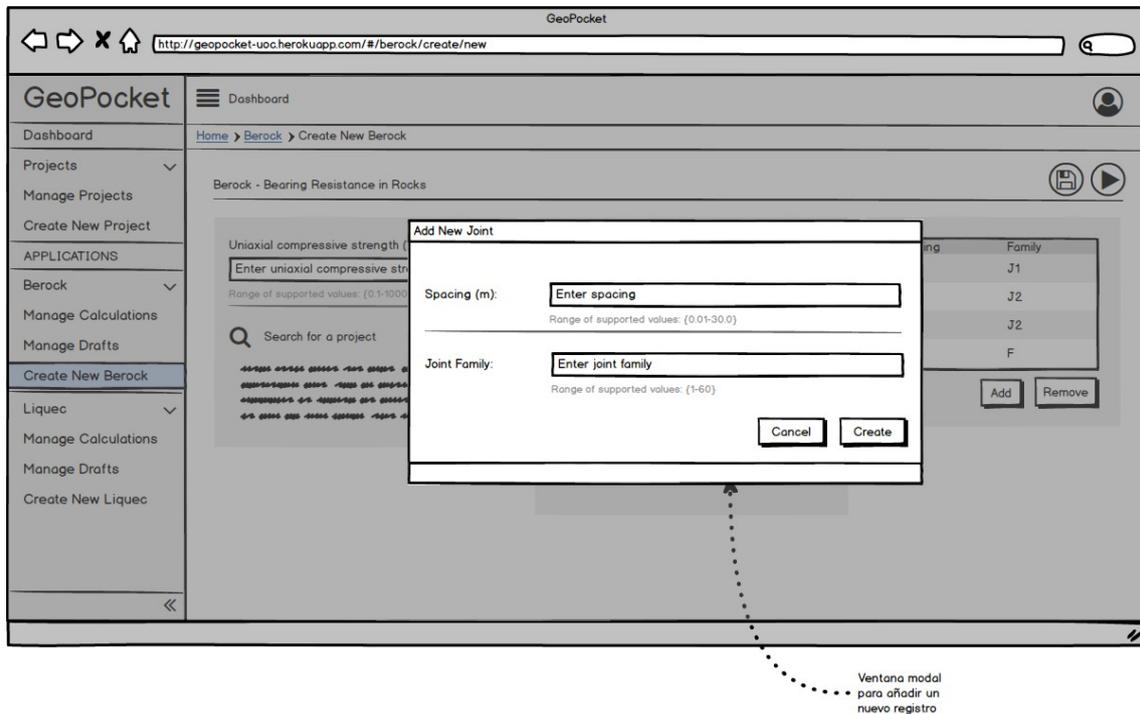
El botón de guardado permanecerá desactivado hasta que todos los datos necesarios para calcular hayan sido introducidos

Lanza una ventana modal para añadir un nuevo registro

Elimina el último registro introducido

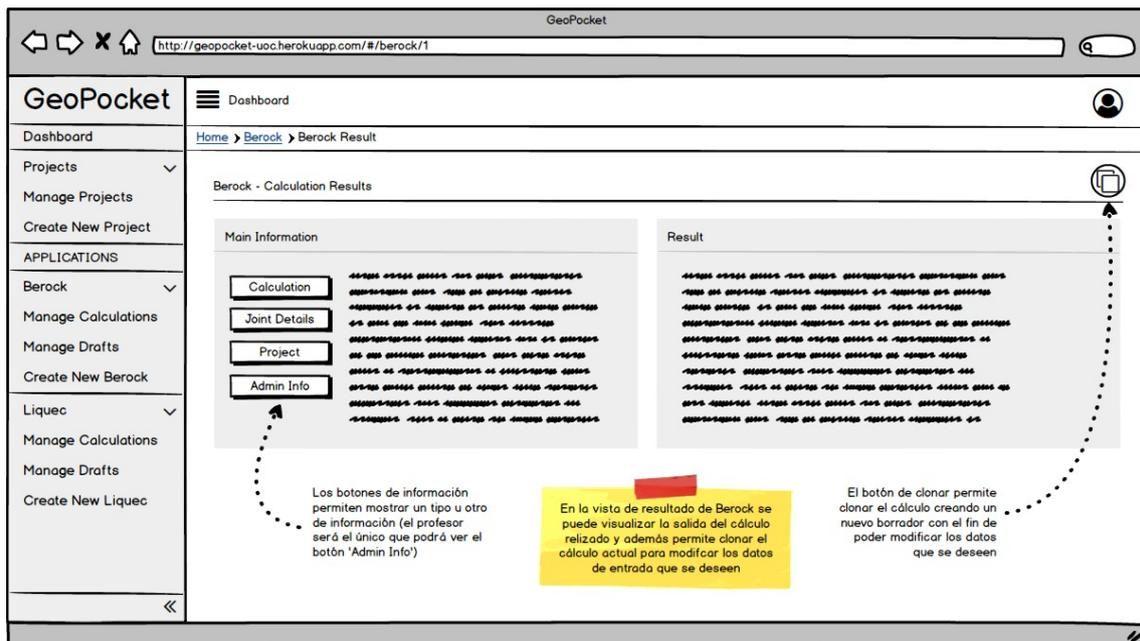
La introducción de la información de espaciamento se realiza a través de una ventana modal (Ilustración 32) que contiene un formulario con dos campos:

Ilustración 32: Modal para Añadir un Nuevo Espaciamento (Add Joint)



Como se puede ver en la Ilustración 33, la página de resultado de un cálculo de tipo Berock muestra la información de resultado del mismo y un resumen navegable de los datos de entrada introducidos por el usuario previamente:

Ilustración 33: Página de Resultado de un Cálculo de Tipo Berock (Berock Result)



La página de administración de cálculos de tipo Liquec (Ilustración 34) muestra una tabla paginada con sus datos más relevantes:

Ilustración 34: Administración de Cálculos de Tipo Liquec (Manage Liquec Calculations)

GeoPocket Dashboard

Home > Liquec > Manage Liquec Calculations

Liquec Calculations

Id	Project	Mode	Layers	Spts	Created	Updated	Owner	Updated by	Actions
6	Test project	NCSE-02	2	3	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
5	Test project	NCSE-02	3	7	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
4	Test project	Eurocode	4	9	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
3	Test project	Eurocode	1	3	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
2	Test project	Eurocode	5	10	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
1	Test project	Eurocode	3	6	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍

< prev 1 2 3 4 5 6 7 ... 14 15 next >

En la vista de gestión de cálculos el usuario puede consultar los datos principales de todos los cálculos de tipo Liquec dados de alta en estado 'calculated' (un estudiante sólo podrá ver los suyos mientras que un profesor podrá visualizarlos todos). Por defecto se muestran ordenados de los más recientes a los más antiguos

Cuando el número de proyectos es superior a 10 aparecen automáticamente los controles de paginación

Para cualquier registro se muestra este botón de acción que permitirá navegar a una vista de detalle del propio cálculo

Como se observa en la Ilustración 35, la página de administración de borradores de tipo Liquec es similar y muestra una tabla paginada con los datos más relevantes:

Ilustración 35: Administración de Borradores de Tipo Liquec (Manage Liquec Drafts)

GeoPocket Dashboard

Home > Liquec > Manage Liquec Drafts

Berock Drafts

Id	Project	Mode	Layers	Spts	Created	Updated	Owner	Updated by	Actions
6	Test project	NCSE-02	2	3	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
5	Test project	NCSE-02	3	7	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
4	Test project	Eurocode	4	9	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
3	Test project	Eurocode	1	3	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
2	Test project	Eurocode	5	10	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
1	Test project	Eurocode	3	6	04-05-2021 11:33:11	04-05-2021 11:33:11	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍

< prev 1 2 3 4 5 6 7 ... 14 15 next >

En la vista de gestión de cálculos el usuario puede consultar los datos principales de todos los cálculos de tipo Liquec dados de alta en estado 'draft' (un estudiante sólo podrá ver los suyos mientras que un profesor podrá visualizarlos todos). Por defecto se muestran ordenados de los más recientes a los más antiguos

Cuando el número de proyectos es superior a 10 aparecen automáticamente los controles de paginación

Para cualquier registro se muestra este botón de acción que permitirá navegar a una vista de cálculo

Debido a que los datos de entrada para un cálculo de tipo Liquec son numerosos, se plantea el uso de pestañas de forma que se compartimenta la información de entrada que se le muestra al usuario. Se agrupa por funcionalidad:

- **Main** (Ilustración 36): datos principales relacionados con el problema que se quiere resolver en función de la normativa de cálculo seleccionada: Eurocódigo 8 (EC-8)<sup>[7]</sup> o la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02)<sup>[6.1][6.2]</sup>.
- **Profile** (Ilustración 37): datos relacionados con las capas de suelo definidas y el nivel freático (profundidad geométrica del suelo, tipo, contenido de finos, etc).
- **SPT** (Ilustración 39): datos relacionados con los ensayos SPT (ensayos de penetración estándar) realizados sobre ese terreno.

Ilustración 36: Página Principal de un Cálculo de Tipo Liquec (Create New Liquec)

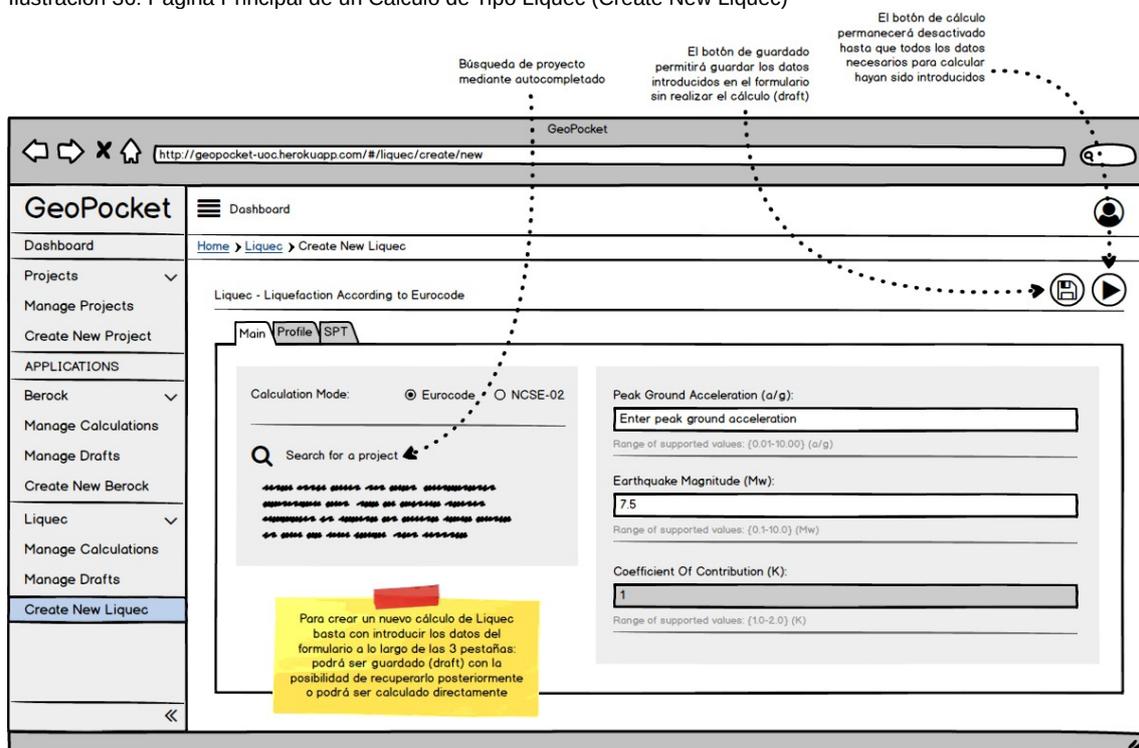
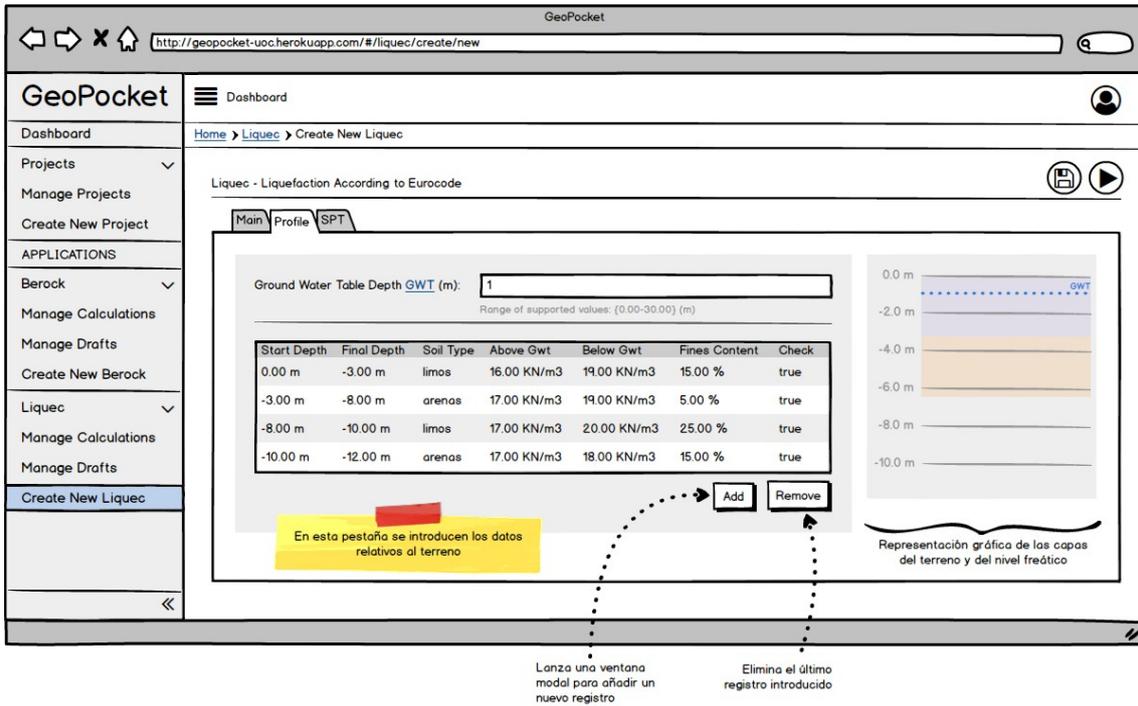


Ilustración 37: Página de Perfiles de un Cálculo de Tipo Liquec (Create New Liquec)



Para introducir los datos relacionados con las capas de suelo se define una ventana modal (Ilustración 38) con un formulario y los botones de acción:

Ilustración 38: Modal para Añadir una Nueva Capa de Terreno (Create New Liquec)

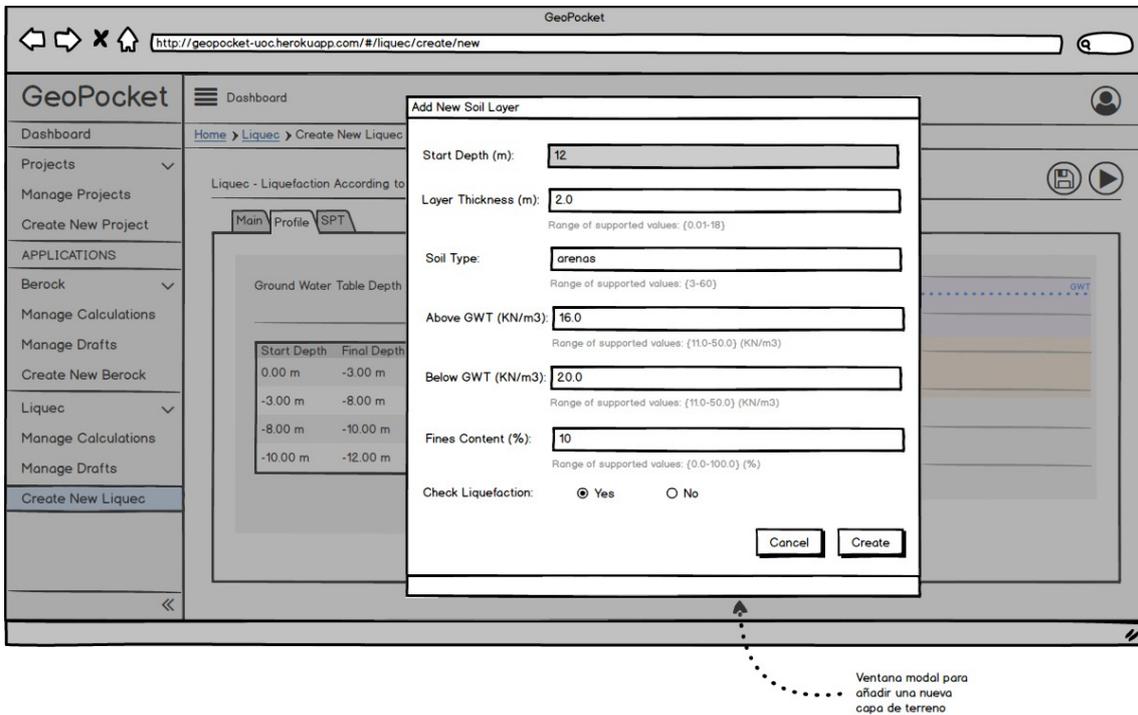
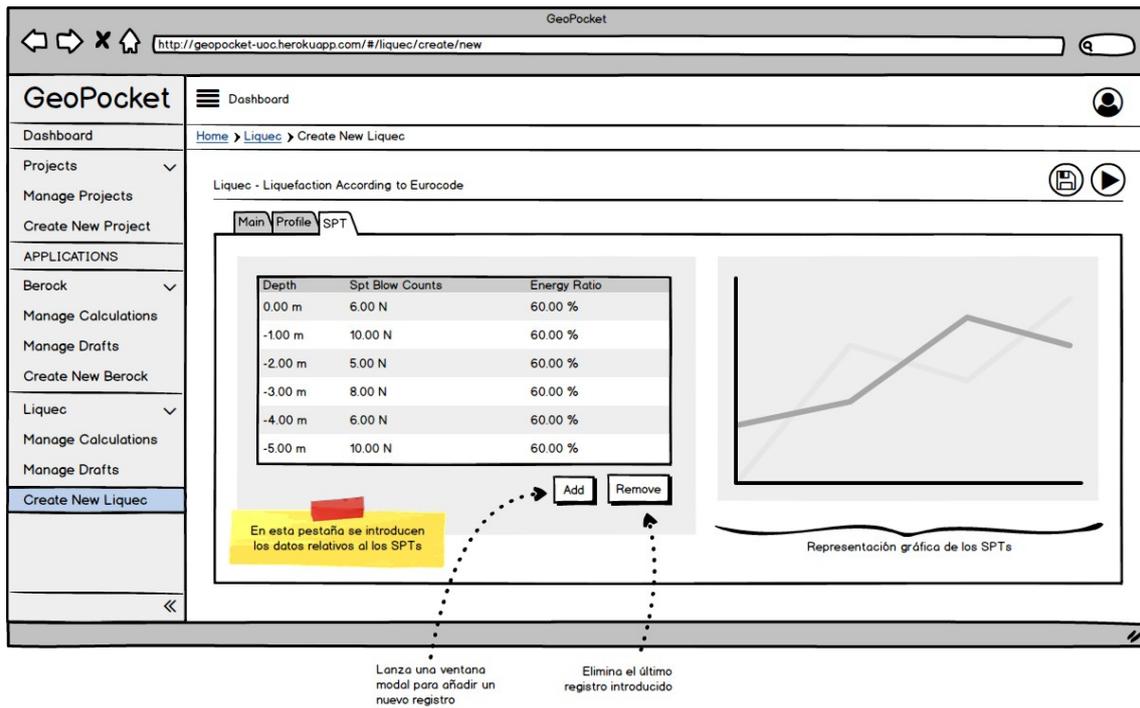
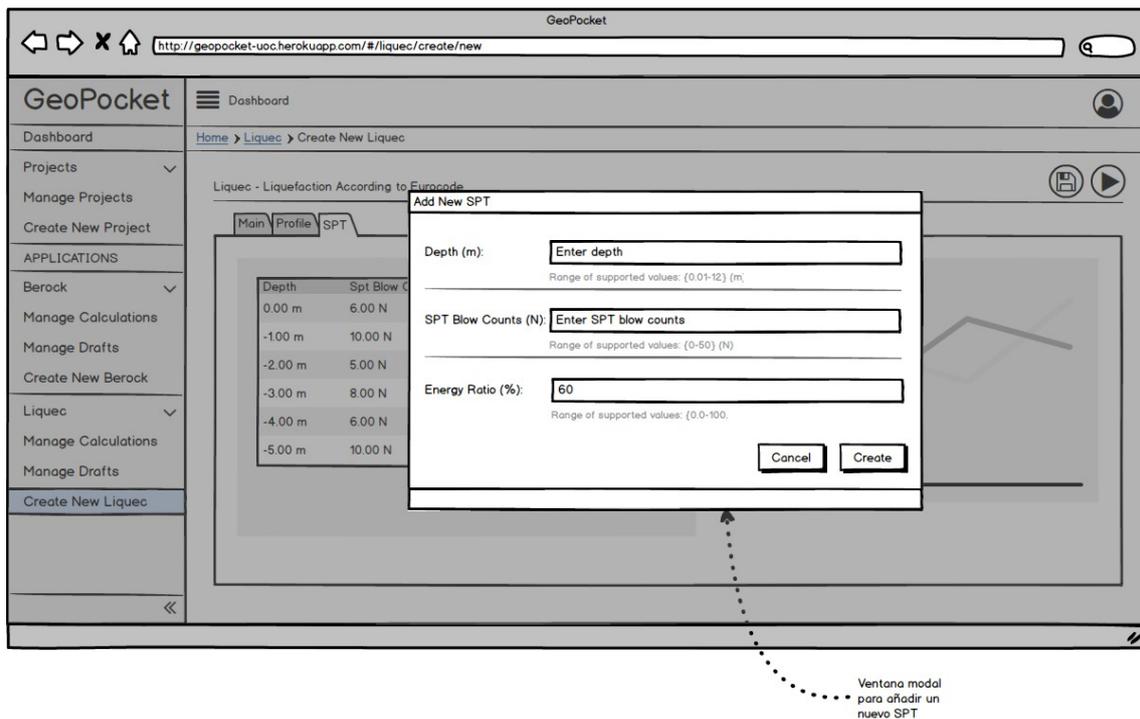


Ilustración 39: Página SPT de un Cálculo de Tipo Liquec (Create New Liquec)



Como se puede ver en la Ilustración 40, para introducir los datos relacionados con un SPT se define una ventana modal que contiene un formulario y los botones de acción:

Ilustración 40: Modal para Añadir un Nuevo SPT (Create New Liquec)



La vista de resultado de un cálculo Liquec (Ilustración 41) contempla varios registros (uno por SPT). Estos registros aparecerán de diferentes colores en función del cumplimiento del factor de seguridad definido. Para ayudar a una mejor interpretación de los datos se incluyen las gráficas en la parte inferior de la página: SPT Corrected (ensayos de penetración estándar corregidos), CSR (tensión cíclica), CRR (resistencia cíclica) y Safety Factor (factor de seguridad).

Ilustración 41: Página de Resultado de un Cálculo de Tipo Liquec (Liquec Result)

En la vista de resultado de Liquec se puede visualizar la salida del cálculo realizado y además permite clonar el cálculo actual para modificar los datos de entrada que se deseen

Los botones de información permiten mostrar un tipo u otro de información (el profesor será el único que podrá ver el botón 'Admin Info')

El botón de clonar permite clonar el cálculo creando un nuevo borrador con el fin de poder modificar los datos que se deseen

GeoPocket

Dashboard

Home > Liquec > Liquec Result

Liquec - Calculation Results

Main Information

Calculation

Soil Details

Project

Admin Info

Depth	SPT	SPT(N60)	CSR	CRR	Safety Factor
0.00 m	6.00 N	25.000 N(60)	0.070	0.600	12.779
-1.00 m	10.00 N	10.000 N(60)	0.097	0.168	2.589
-2.00 m	5.00 N	13.720 N(60)	0.108	0.213	2.953
-3.00 m	8.00 N	18.750 N(60)	0.116	0.209	2.705
-4.00 m	6.00 N	7.638 N(60)	0.115	0.080	1.039
-5.00 m	10.00 N	10.000 N(60)	0.115	0.181	2.348

SPT Corrected

Cyclic Stress Ratio (CSR)

Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Safety Factor

## 8 Usabilidad

Para el desarrollo *frontend* de la plataforma web de cálculo geotécnico se parte de una plantilla de tipo administración: *CoreUI*<sup>[20]</sup>. Esta plantilla de código abierto integra *Bootstrap*<sup>[21]</sup> como base de cualquier componente, de modo que todo elemento disponible adquiere la capacidad de adaptarse a cualquier tamaño de pantalla. El diseño de la aplicación se plantea desde la perspectiva de cuatro principios orientados a la usabilidad y la experiencia de usuario: comodidad, intuición, consistencia y fiabilidad.

**Comodidad:** se busca una sensación de confort en el usuario, para lo cual se consideran los siguientes factores inherentes a cualquier aplicación:

- El diseño pretende que tanto al nuevo usuario como el experimentado sean completamente autónomos y no necesiten soporte de terceros para lograr lo que pretenden.
- El usuario puede acceder a cualquier sección de la plataforma de manera sencilla.
- La estructura busca la sencillez y la simplicidad, y además, se apoya en elementos que permiten al usuario ubicarse dentro de la aplicación (migas de pan).
- La interfaz es explorable y dispone de rutas cortas y directas.
- El lenguaje usado en la plataforma es claro y conciso.
- Siempre que se ha podido, se utilizan técnicas de auto relleno en los campos de búsqueda para facilitar su uso (por ejemplo a la hora de buscar un proyecto para asociarlo a un cálculo).
- La plataforma utiliza URLs amigables y descriptivas a nivel semántico.

**Intuición:** se busca que la interfaz gráfica sea intuitiva, para lo cual se consideran los siguiente factores:

- Los contenidos se organizan de manera coherente y se rigen por una estructura comprensible. La navegación se categoriza en dos conjuntos: por un lado se agrupan los elementos de mayor nivel, es decir, los proyectos y por otro lado, se listan los diferentes cálculos geotécnicos. Para cada contenido se establecen menús desplegables que permiten jerarquizar la información de navegación de forma más clara (cada cálculo tiene la misma estructura de enlaces).
- Las interacciones con el usuario se realizan a través de componentes estandarizados, con opciones de uso fáciles y asimilables (probablemente ya interiorizadas con el uso de otras aplicaciones).
- La iconografía seleccionada es la convencional para cada caso (creación de nuevos elementos, edición, borrado, etc) y sigue la línea estándar.
- En la plataforma existen pocos elementos que requieran ser memorizados debido a una política de diseño que trata de incluir aquello que el usuario ya ha experimentado en otras aplicaciones web.

**Consistencia:** se busca uniformidad y coherencia en la navegación por las diferentes secciones:

- El empleo de una plantilla personalizable garantiza una identidad constante en la plataforma.

- Del mismo modo, es evidente que el uso de componentes facilita la continuidad en la aplicación a lo largo de todas sus páginas.
- La consistencia estructural soportada por el diseño permite también homogeneizar todos los contenidos (retícula, paleta de colores, tipografía e iconografía) y todas las acciones de interacción experimentada por el usuario durante el uso de la plataforma.

**Fiabilidad:** se busca potenciar la sensación de seguridad y garantías:

- El usuario es informado en cada acción del estado del sistema, bien con mensajes sobre los propios componentes (validación de formularios) o bien con ventanas modales de estado (como por ejemplo mensajes de confirmación de guardado).
- Los tiempos de respuesta están dentro de los límites considerados aceptables. Los cálculos geotécnicos incorporados en la plataforma del presente Trabajo Final de Grado (TFG) no son especialmente costosos a nivel computacional, con lo que las llamadas pueden tener un enfoque síncrono implementado a través del protocolo HTTP (probablemente la incorporación de otros tipos de cálculos más pesados requerirán políticas de gestión asíncronas con otros protocolos, como *websockets*).

La plataforma web es una SPA (*Single Page Application*) y por tanto todas las llamadas al *backend* se realizan mediante AJAX. Esto se traduce en una mayor fluidez y por tanto en una mejor experiencia de usuario. Cada llamada, se resuelve de forma asíncrona y por tanto la aplicación a nivel frontal no se bloquea esperando la respuesta del servidor. Es decir, el usuario puede interactuar con la plataforma con independencia de si las llamadas han sido resultas o no.

Aunque las validaciones están implementadas en el backend para preservar la integración de datos y la coherencia de la información, se ha añadido también validación al frontend para mejorar la usabilidad. El usuario es informado instantáneamente cuando se introduce un valor incorrecto en algún campo, sin necesidad de hacer peticiones al servidor (acortando así los tiempos de respuesta derivados de errores inherentes al propio usuario). De la misma forma, se ha seguido un enfoque preventivo en la activación de los botones: solo se habilitan cuando los datos introducidos por el usuario en el formulario son correctos.

Por último, la plantilla *CoreUI* seleccionada como punto de partida, presenta un diseño minimalista y una estética sobria: permite construir una plataforma limpia, sin excesivas recargas y exenta de información que no sea de interés del usuario o no relacionada con la aplicación. No obstante, es recomendable planificar una fase de evaluación para poder medir el uso de la plataforma. En el presente TFG esta fase se lleva a cabo durante la etapas de diseño y desarrollo de la interfaz. Más allá de las limitaciones que pueda imponer un marco de desarrollo académico, se deben plantear en todo momento cuestiones relativas a la facilidad de uso de la aplicación, de manera que, a través de la propia interacción, se promueva la evolución y la mejora de la experiencia final de usuario.

## 9 Seguridad

Los sistemas de información de la Universidad de Alicante tienen un proceso de autenticación centralizado para habilitar al usuario el acceso con una sola instancia de identificación (*Single Sign-On, SSO*). Por razones obvias, la integración de la plataforma web de cálculo geotécnico desarrollada en el presente Trabajo Final de Grado (TFG) dentro del ecosistema real de la Universidad de Alicante queda fuera del alcance del propio proyecto (esta integración deberá ser acometida en una futura puesta en producción). No obstante, a efectos académicos, sí que resulta más que interesante dotar a la aplicación de un mínimo de seguridad, de forma que se puedan gestionar accesos y roles. En este sentido, y teniendo en cuenta los requerimientos de integración futuros, se decide encapsular la implementación de la seguridad en un único módulo de forma que pueda ser sustituido sin producir impactos considerables en la aplicación.

Las políticas de lectura y manipulación de datos están regidas en base a dos roles: **estudiante** y **profesor**. Un estudiante sólo podrá ver aquellos proyectos y cálculos creados por él mismo, mientras que un profesor podrá visualizar cualquier contenido de cualquier alumno. Además, un profesor puede crear cálculos asociados a cualquier proyecto, propio o de un alumno, sin embargo, en este último caso el alumno solo podrá ver sus cálculos, no los del profesor. El sistema decide, en base a estos roles, qué contenidos puede o no ver un determinado usuario, así como qué datos pueden ser modificados y manipulados.

La seguridad de la plataforma web a efectos del presente TFG está desarrollada con *Spring Security*. La autenticación del usuario se realiza mediante el método básico, donde es el navegador, a través de una cabecera, quien envía las credenciales codificadas en Base64 al servidor. Esta implementación permite restringir el acceso a la plataforma y establecer cierta lógica de negocio en base a los roles definidos previamente. Debido a que el objetivo final de la plataforma web es quedar integrada dentro del sistema de usuarios de la Universidad de Alicante, no tiene demasiado sentido gestionar el alta y edición de usuarios dentro de la propia aplicación: la situación habitual será que este tipo de cometidos sean gestionados de forma independiente y centralizada. Por este motivo y a efectos prácticos, se decide cargar algunos usuarios preestablecidos del sistema en cada arranque de la plataforma: se crea una base de datos en memoria con tres usuarios para poder acceder y manipular la aplicación. Estos usuarios son generados provisionalmente dentro del ámbito del TFG a efectos de simular la interacción real con la plataforma.

- Usuario: *student1@uoc.edu* | Password: *123456* | Rol: *estudiante*
- Usuario: *student2@uoc.edu* | Password: *123456* | Rol: *estudiante*
- Usuario: *professor@uoc.edu* | Password: *123456* | Rol: *profesor*

## 10 Plan de pruebas

Debido al tipo de metodología seguido en el desarrollo de la plataforma web, se ha definido un plan de pruebas para ser ejecutado durante las últimas fases y comprobar así el correcto funcionamiento de la aplicación. Este juego de pruebas contempla los requisitos básicos definidos durante el análisis y el comportamiento esperado de la plataforma frente a determinadas acciones. En la Tabla 19 se definen y enumeran todas estas pruebas:

Tabla 19: Plan de Pruebas

Página	Código	Descripción de la Prueba
Login	LOG-01	Al introducir unas credenciales incorrectas debe aparecer un mensaje de error con la siguiente información: “ <i>Bad credentials</i> ”.
	LOG-02	Al introducir credenciales correctas debe redirigir a la página de <i>Dashboard</i> de la plataforma.
Layout de Navegación	LYN-01	En la parte izquierda debe aparecer el menú de navegación con las siguientes opciones de navegación: <i>Dashboard</i> , <i>Manage Projects</i> , <i>Create New Project</i> , <i>Manage Calculations (Berock)</i> , <i>Manage Drafts (Berock)</i> , <i>Create New Berock</i> , <i>Manage Calculations (Liquec)</i> , <i>Manage Drafts (Liquec)</i> , y <i>Create New Liquec</i> .
	LYN-02	En la barra superior de navegación (en la parte izquierda) debe aparecer un enlace fijo a la página de <i>Dashboard</i> y en la parte derecha debe aparecer el icono del usuario.
	LYN-03	Al pulsar el icono de usuario se debe desplegar un menú con la información del usuario en sesión, un resumen de proyectos, un resumen de los cálculos totales y un enlace para salir de la aplicación (logout). Si se vuelve a pulsar el menú debe desaparecer.
	LYN-04	Al pulsar en el enlace de logout, se debe cerrar la sesión actual y el usuario debe ser redirigido a la página de login.
	LYN-05	En la parte superior deben aparecer los <i>breadcrumbs</i> .
Dashboard	DAS-01	Debe aparecer el resumen del número total de proyectos, el resumen de cálculos Berock y el resumen de cálculos Liquec asociados al usuario en sesión (si es profesor deben aparecer los totales asociados a todos los usuarios).
	DAS-02	Deben aparecer las estadísticas de uso para cada tipo de cálculo.
	DAS-03	Debe aparecer el sumario de los últimos cálculos realizados asociados al usuario en sesión (si es profesor de cualquiera).
	DAS-04	Para cada sumario debe aparecer un botón de acción que permita redirigir al detalle del cálculo en concreto.
Manage Projects	MPR-01	Debe aparecer una tabla con los datos más significativos de los proyectos asociados al usuario de sesión (si es profesor

		deben aparecer todos los proyectos dados de alta).
	MPR-02	Los proyectos deben aparecer ordenados por fecha de actualización descendiente (los creados recientemente deben aparecer primero).
	MPR-03	Para cada registro debe aparecer un botón de acción que permita redirigir al detalle del proyecto en concreto.
<i>Detalle de Proyecto</i>	DPR-01	En la parte izquierda deben aparecer los datos principales del proyecto (identificador, nombre, localización, organización, propietario, así como las fechas de creación y modificación).
	DPR-02	En la parte derecha deben aparecer las estadísticas de los cálculos asociados al proyecto (totales y por usuario en caso de que el usuario en sesión sea profesor).
	DPR-03	En la parte inferior debe aparecer un listado con el sumario de todos los cálculos asociados a ese proyecto en orden descendiente por la fecha de actualización. Para cada registro debe aparecer un botón de acción que redirija al detalle del cálculo.
	DPR-04	En la parte superior derecha debe aparecer un botón de edición del proyecto. Al pulsarlo debe emerger una ventana modal que permita cambiar el nombre, la localización y la organización del proyecto. Cada campo del formulario debe tener una validación específica. Si alguna de ellas no se cumple el botón "Update" se debe deshabilitar y el campo en concreto se debe marcar de color rojo.
	DPR-05	En la parte superior derecha debe aparecer un botón de borrado de proyecto. Sólo debe estar habilitado cuando el proyecto no tenga cálculos asociados.
<i>Create New Project</i>	CNP-01	Debe aparecer un formulario con los campos nombre, localización y organización. Cada campo debe tener un mensaje con el rango de valores admitido. El botón de guardado no se debe habilitarse hasta que se hayan introducido los campos requeridos y su contenido sea correcto. Si algún campo tiene un valor incorrecto se debe marcar de color rojo.
	CNP-02	Al pulsar en el botón habilitado de guardar el proyecto se deben persistir los datos y se debe redirigir a la vista de <i>Manage Projects</i> .
<i>Manage Berock Calculations</i>	MBC-01	Debe aparecer una tabla con los datos más significativos de los cálculos de tipo Berock asociados al usuario de sesión (si es profesor deben aparecer todos los cálculos de tipo Berock dados de alta).
	MBC-02	Los cálculos deben aparecer ordenados por fecha de actualización descendiente (los creados recientemente deben aparecer primero).
	MBC-03	El identificador del cálculo debe aparecer de color verde si el cálculo ha sido correcto, deberá ser rojo en caso contrario.
	MBC-04	Para cada registro debe aparecer un botón de acción que

		permita redirigir al detalle del cálculo en concreto.
<i>Manage Berock Drafts</i>	MBD-01	Debe aparecer una tabla con los datos más significativos de los borradores de tipo Berock asociados al usuario de sesión (si es profesor deben aparecer todos los borradores de tipo Berock dados de alta).
	MBD-02	Los borradores deben aparecer ordenados por fecha de actualización descendiente (los creados recientemente deben aparecer primero).
	MBD-03	Para cada registro debe aparecer un botón de acción que permita redirigir a la página <i>Create New Berock</i> y cargar los datos del borrador en ella.
<i>Create New Berock</i>	CNB-01	El botón de guardado de borrador no debe habilitarse hasta que no se seleccione un proyecto al que asociar el cálculo. Al pulsar en guardar, el cálculo debe ser persistido en estado borrador y debe poder ser consultado en la página de <i>Manage Drafts</i> .
	CNB-02	Para seleccionar un proyecto debe aparecer un campo de auto-completado que muestre resultados de proyectos coincidentes conforme se va escribiendo (a partir del 3 carácter). Una vez que se seleccione el proyecto debe aparecer el nombre, la localización y la organización del mismo.
	CNB-03	En el resto de campos del formulario de entrada se deben indicar los valores admisibles que pueden ser aceptados. Si en algún campo se introduce un valor no válido se debe marcar dicho campo de color rojo.
	CNB-04	Al pulsar en el botón “Add” del espaciamiento de las litoclasas debe emerger una ventana modal que permita añadir el valor del espaciamiento y su familia. El botón “Remove” debe permitir eliminar el último registro introducido.
	CNB-05	El botón de calcular no debe habilitarse hasta que todos los datos de entrada necesarios hayan sido introducidos de manera correcta (deben cumplir la validación indicada en cada campo). Al pulsar en el botón de calcular la aplicación debe realizar el cálculo geotécnico y se debe redirigir a la página de <i>Detalle de Cálculo Berock</i> .
<i>Detalle de Cálculo Berock</i>	DCB-01	En la parte izquierda deben aparecer los datos introducidos por el usuario para realizar el cálculo geotécnico (si el usuario en sesión es profesor debe aparecer también la versión de la aplicación con la que se ha realizado el cálculo y la duración del mismo).
	DCB-02	En la parte derecha deben aparecer los resultados o salida concreta del cálculo de tipo Berock.
	DCB-03	Los resultados obtenidos en el cálculo deben ser iguales a los resultados obtenidos de forma manual.
	DCB-04	En la parte superior derecha debe aparecer el botón de clonado del cálculo. Al pulsar en el botón clonar se debe crear un nuevo borrador de tipo Berock con los mismos datos de

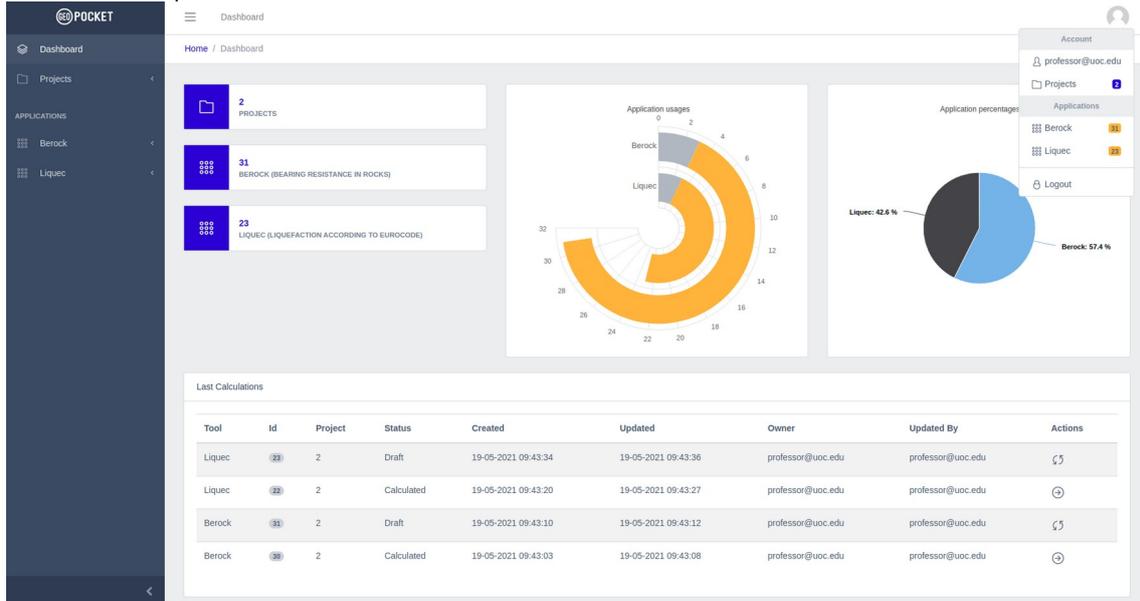
		entrada y se debe redirigir a la página de <i>Create New Berock</i> para que puedan ser modificados por el usuario.
<i>Manage Liquec Calculations</i>	MLC-01	Debe aparecer una tabla con los datos más significativos de los cálculos de tipo Liquec asociados al usuario de sesión (si es profesor deben aparecer todos los cálculos de tipo Liquec dados de alta).
	MLC-02	Los cálculos deben aparecer ordenados por fecha de actualización descendiente (los creados recientemente deben aparecer primero).
	MLC-03	El identificador del cálculo debe aparecer de color verde si cumple con la normativa, de color naranja si está próximo al límite y de color rojo si no cumple con el factor de seguridad marcado por la norma.
	MLC-04	Para cada registro debe aparecer un botón de acción que permita redirigir al detalle del cálculo en concreto.
<i>Manage Liquec Drafts</i>	MLD-01	Debe aparecer una tabla con los datos más significativos de los borradores de tipo Liquec asociados al usuario de sesión (si es profesor deben aparecer todos los borradores de tipo Liquec dados de alta).
	MLD-02	Los borradores deben aparecer ordenados por fecha de actualización descendiente (los creados recientemente deben aparecer primero).
	MLD-03	Para cada registro debe aparecer un botón de acción que permita redirigir a la página <i>Create New Liquec</i> y cargar los datos del borrador en ella.
<i>Create New Liquec</i>	CNL-01	El botón de guardado de borrador no debe habilitarse hasta que no se seleccione un proyecto al que asociar el cálculo. Al pulsar en guardar, el cálculo debe ser persistido en estado borrador y debe poder ser consultado en la página de <i>Manage Drafts</i> .
	CNL-02	Para seleccionar un proyecto debe aparecer un campo de auto-completado que muestre resultados de proyectos coincidentes conforme se va escribiendo (a partir del 3 carácter). Una vez que se seleccione el proyecto debe aparecer el nombre, la localización y la organización del mismo.
	CNL-03	Al seleccionar las pestañas superiores ( <i>Main</i> , <i>Profile</i> y <i>SPT</i> ) el formulario de los datos de entrada debe cambiar y permitir su manipulación.
	CNL-04	Se debe poder seleccionar por modo de cálculo (Eurocode o NCSE-02). Para Eurocode el coeficiente de contribución debe estar deshabilitado. Para NCSE-02 la magnitud sísmica debe estar deshabilitada.
	CNL-05	En el resto de campos del formulario de entrada se deben indicar los valores admisibles que pueden ser aceptados. Si en algún campo se introduce un valor no válido se debe marcar dicho campo de color rojo.

	CNL-06	Al pulsar en el botón “Add” en la definición de los perfiles del terreno debe emerger una ventana modal que permita añadir los valores del espesor de la capa, del GWT, del contenido de finos y del tipo de suelo. El botón “Remove” debe permitir eliminar el último registro introducido. Por cada registro insertado, se debe dibujar la capa en la representación gráfica de la parte derecha. Del mismo modo, si se elimina la última capa, ésta debe desaparecer de la representación gráfica. Si una capa ya contiene SPTs definidos, no se podrá eliminar hasta que no se eliminen los SPTs.
	CNL-07	Al pulsar en el botón “Add” en la definición de los SPTs debe emerger una ventana modal que permita añadir el valor de la profundidad y el número de <i>SPT Blow Counts</i> . El botón “Remove” debe permitir eliminar el último registro introducido. Por cada registro insertado, se debe dibujar el SPT en la representación gráfica de la parte derecha. Del mismo modo, si se elimina el último SPT, ésta debe desaparecer de la representación gráfica. Los límites de la profundidad máxima de definición de un SPT se deben calcular de forma automática y deben aparecer en el formulario de validación del campo profundidad.
	CNL-08	El botón de calcular no debe habilitarse hasta que todos los datos de entrada necesarios hayan sido introducidos de manera correcta (deben cumplir la validación indicada en cada campo). Al pulsar en el botón de calcular la aplicación debe realizar el cálculo geotécnico y se debe redirigir a la página de <i>Detalle de Cálculo Liquec</i> .
<i>Detalle de Cálculo Liquec</i>	DCL-01	En la parte izquierda deben aparecer los datos introducidos por el usuario para realizar el cálculo geotécnico (si el usuario en sesión es profesor debe aparecer también la versión de la aplicación con la que se ha realizado el cálculo y la duración del mismo).
	DCL-02	En la parte derecha deben aparecer los resultados o salida concreta del cálculo de tipo Liquec. En este caso será una tabla con los datos de cada SPT introducido por el usuario (deben aparecer en rojo aquellos SPTs que no cumplan el factor de seguridad y en naranja los que estén próximos al límite establecido por la norma).
	DCL-03	En la parte inferior deben aparecer cuatro gráficas correspondientes al SPT Corregido, al CSR, al CRR y al factor de seguridad. En esta última gráfica debe aparecer marcada en rojo la franja que no cumple la norma y en naranja la que está próxima al límite.
	DCL-04	Los resultados obtenidos en el cálculo deben ser iguales a los resultados obtenidos por la aplicación Liquec versión <i>desktop</i> .
	DCL-05	En la parte superior derecha debe aparecer el botón de clonado del cálculo. Al pulsar en el botón clonar se debe crear un nuevo borrador de tipo Liquec con los mismos datos de entrada y se debe redirigir a la página de <i>Create New Liquec</i> para que puedan ser modificados por el usuario.

# 11 Resultados

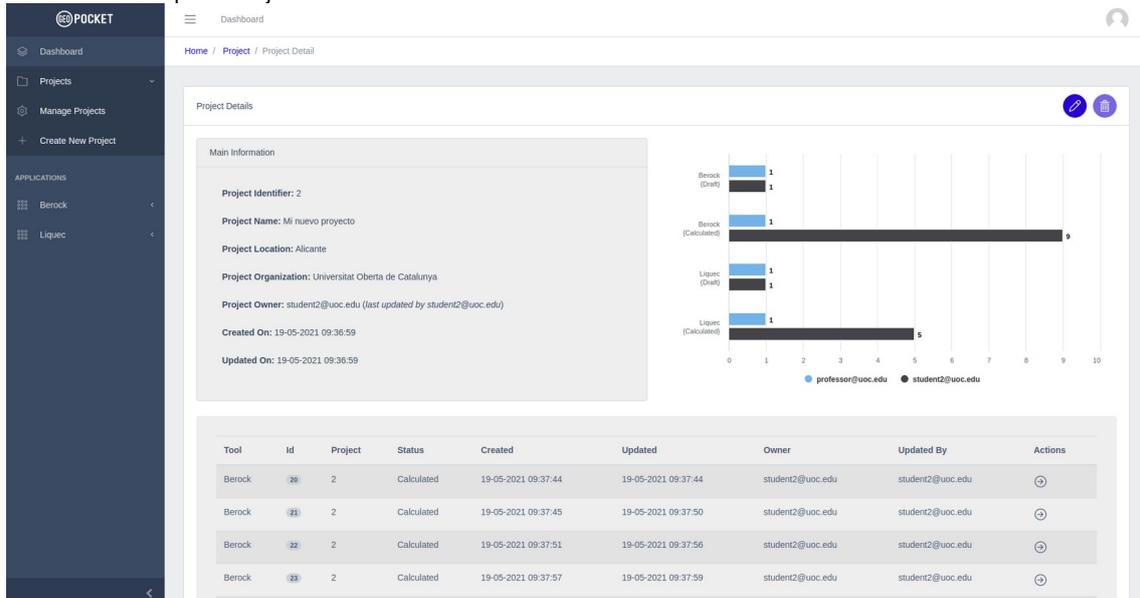
El desarrollo final de la plataforma web de cálculos geotécnicos consta de una página principal que muestra la información más relevante para el usuario en sesión. Como se aprecia en la Ilustración 42, esta vista ofrece una visión global de los usos de la aplicación: se pueden consultar tanto los totales como los porcentajes relativos de cada tipo de cálculo según su estado. Además, el usuario puede observar los cálculos o borradores más recientes en la tabla inferior.

Ilustración 42: Captura 'Dashboard'



Se incluye una página de detalle de proyecto, muy útil para mostrar qué cálculos están asociados a un determinado proyecto en concreto. Como se observa en la Ilustración 43, además de los datos principales del proyecto objetivo, aparece una gráfica con los usos clasificados por tipo de cálculo, estado y usuario.

Ilustración 43: Captura 'Project Details'



Desde una página específica, la plataforma permite gestionar los cálculos de tipo Berock (Ilustración 44). A través de una tabla se presentan los datos principales de cada uno de ellos. Esta tabla ordena los cálculos (los más recientes primero) y revela los componentes de paginación cuando el total de cálculos es superior a 10 elementos. Un botón específico para cada registro permite redirigir a la vista de detalle del resultado del cálculo. La página de gestión de borradores de tipo Berock es similar: únicamente cambia la redirección del botón de acción (lleva a la página de creación de un cálculo nuevo a partir de los datos del propio borrador). Si el usuario en sesión es de tipo profesor se visualizarán todos los cálculos con independencia de quien fue el autor.

Ilustración 44: Captura 'Manage Berock Calculations'

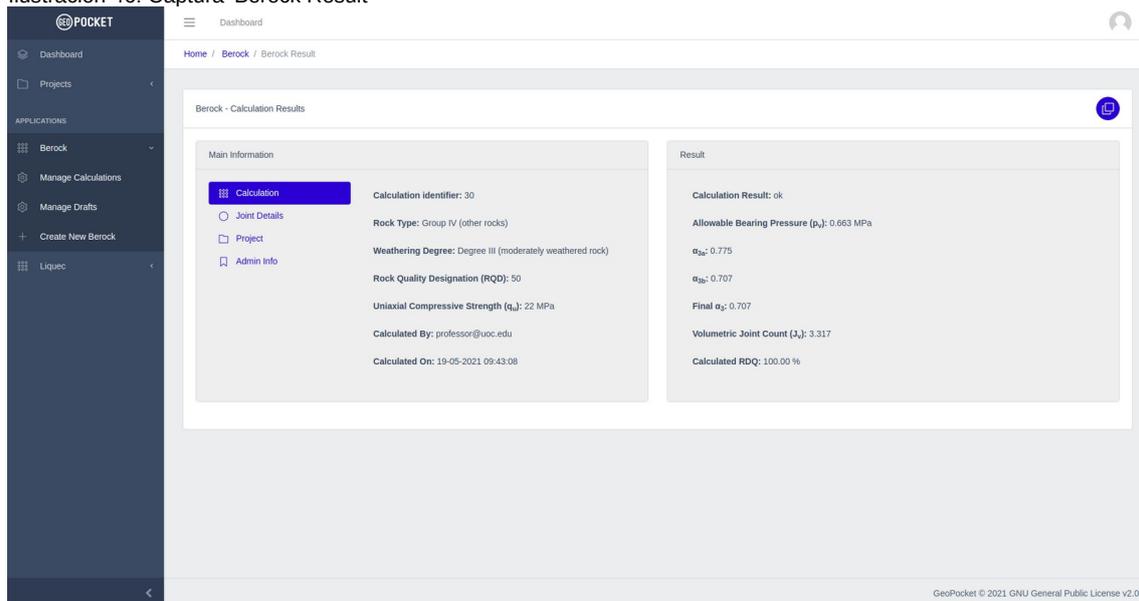
Id	Project	Rock Type	Weathering Degree	Joints	Created	Updated	Owner	Updated By	Actions
20	Mi nuevo proyecto	Group IV	Degree III	3	19-05-2021 09:43:03	19-05-2021 09:43:08	professor@uoc.edu	professor@uoc.edu	🔍
20	Mi nuevo proyecto	Group IV	Degree III	3	19-05-2021 09:41:50	19-05-2021 09:41:53	student2@uoc.edu	student2@uoc.edu	🔍
20	Mi nuevo proyecto	Group III	Degree III	3	19-05-2021 09:41:45	19-05-2021 09:41:48	student2@uoc.edu	student2@uoc.edu	🔍
20	Mi nuevo proyecto	Group II	Degree III	3	19-05-2021 09:41:41	19-05-2021 09:41:44	student2@uoc.edu	student2@uoc.edu	🔍
20	Mi nuevo proyecto	Group II	Degree II	3	19-05-2021 09:41:37	19-05-2021 09:41:40	student2@uoc.edu	student2@uoc.edu	🔍
20	Mi nuevo proyecto	Group I	Degree II	3	19-05-2021 09:38:00	19-05-2021 09:38:06	student2@uoc.edu	student2@uoc.edu	🔍
20	Mi nuevo proyecto	Group I	Degree II	3	19-05-2021 09:37:57	19-05-2021 09:37:59	student2@uoc.edu	student2@uoc.edu	🔍
20	Mi nuevo proyecto	Group I	Degree II	3	19-05-2021 09:37:51	19-05-2021 09:37:56	student2@uoc.edu	student2@uoc.edu	🔍
20	Mi nuevo proyecto	Group I	Degree II	3	19-05-2021 09:37:45	19-05-2021 09:37:50	student2@uoc.edu	student2@uoc.edu	🔍
20	Mi nuevo proyecto	Group I	Degree II	3	19-05-2021 09:37:44	19-05-2021 09:37:44	student2@uoc.edu	student2@uoc.edu	🔍

La plataforma permite calcular la presión admisible usada en cimentaciones superficiales en roca (cálculo de tipo Berock) a partir de los datos de entrada que se aprecian en la Ilustración 45. Esta página también soporta guardar los datos introducidos a modo de borrador para retomar posteriormente el cálculo.

Ilustración 45: Captura 'Create Berock'

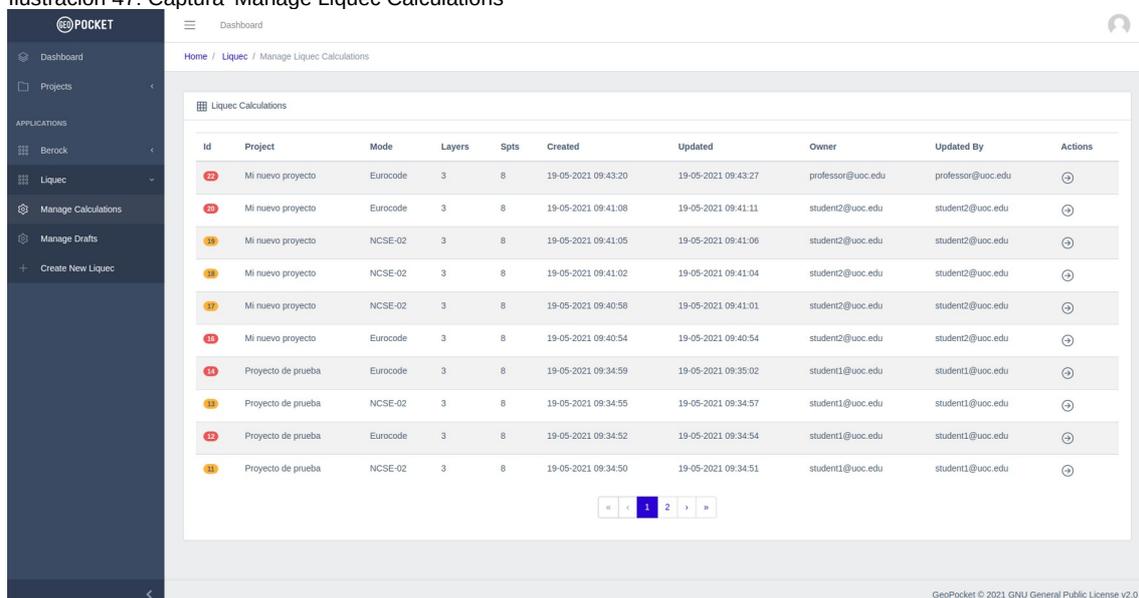
En la página de detalle de un cálculo de tipo Berock se pueden observar tanto los resultados finales del cálculo, como los valores parciales de cada paso tomado junto con un compendio de los datos de entrada a partir de los cuales el cálculo fue realizado. Como se observa en la Ilustración 46, es posible navegar por los datos de entrada (los datos relativos a la construcción y versión de la aplicación solo podrán ser visualizados por el profesor). Además, en esta página la plataforma permite realizar un clonado del cálculo (generando un nuevo borrador) para poder modificar cualquier dato de entrada: de esta forma se evita tener que volver a introducirlos cuando las modificaciones son puntuales.

Ilustración 46: Captura 'Berock Result'



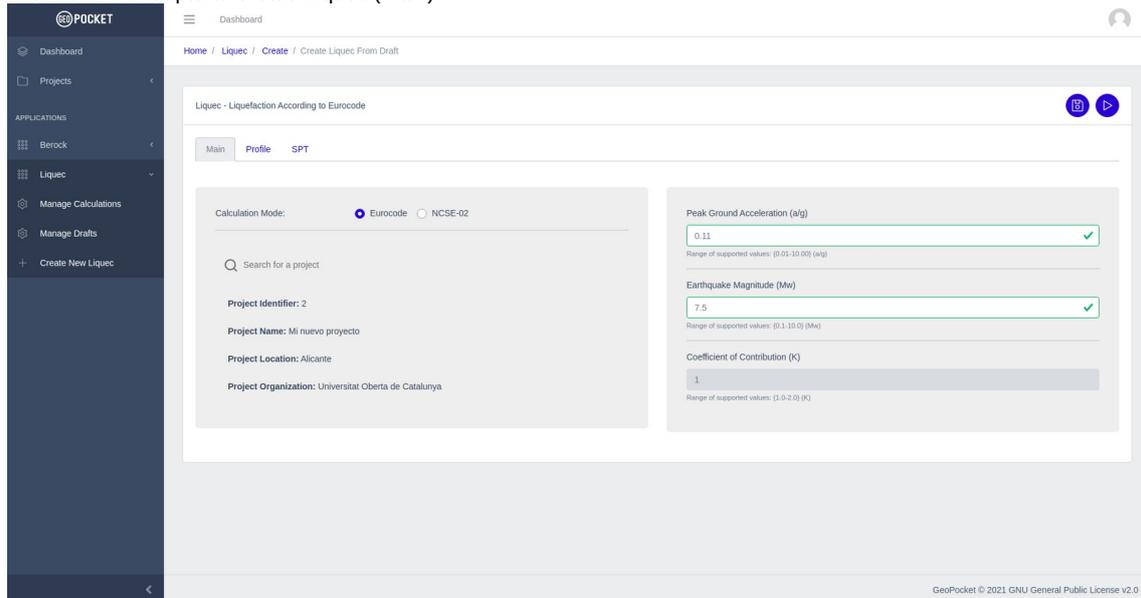
Tal y como se aprecia en la Ilustración 47, la aplicación permite gestionar y manejar desde una página concreta todos los cálculos de tipo Liquec (muy similar a los de tipo Berock). Los registros se muestran en una tabla ordenados por fecha de creación más reciente. El identificador de cada cálculo aparece con colores de estado en función de si el cálculo cumple con la normativa o no.

Ilustración 47: Captura 'Manage Liquec Calculations'



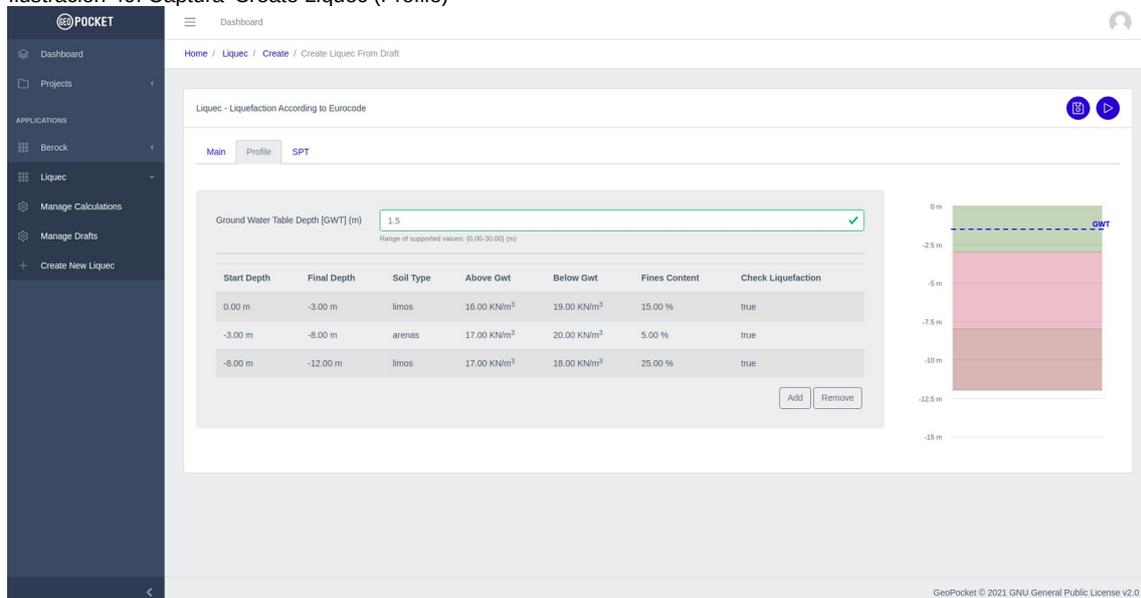
La plataforma permite calcular el potencial de licuefacción (cálculo de tipo Liquec) a partir de los datos de entrada que se aprecian en la Ilustración 48, 49 y 50. De forma similar a un cálculo de tipo Berock, la página también soporta guardar los datos introducidos a modo de borrador para retomar posteriormente el cálculo. El formulario de entrada de datos se divide en tres partes: datos principales, datos del terreno y datos de los ensayos de penetración estándar. Los datos principales (Ilustración 48) corresponden al tipo de normativa (EC-8 o NCSE-02), proyecto asociado, aceleración pico del terreno, magnitud del terremoto y coeficiente de contribución.

Ilustración 48: Captura 'Create Liquec (Main)'



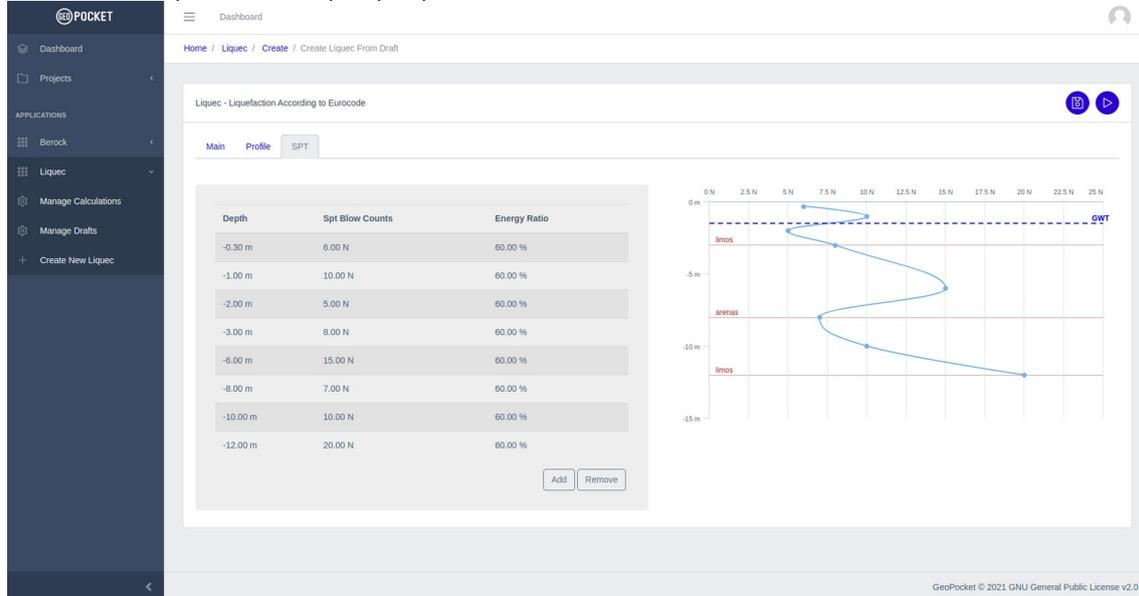
Los datos de entrada relacionados con el terreno (Ilustración 49) son introducidos mediante una ventana modal que permite definir el espesor de la capa y otros datos importantes. Es posible eliminar el último registro introducido mediante el botón inferior. Tanto el nivel freático como cada nivel de suelo definido, es representado en el gráfico interactivo lateral para su mejor visualización.

Ilustración 49: Captura 'Create Liquec (Profile)'



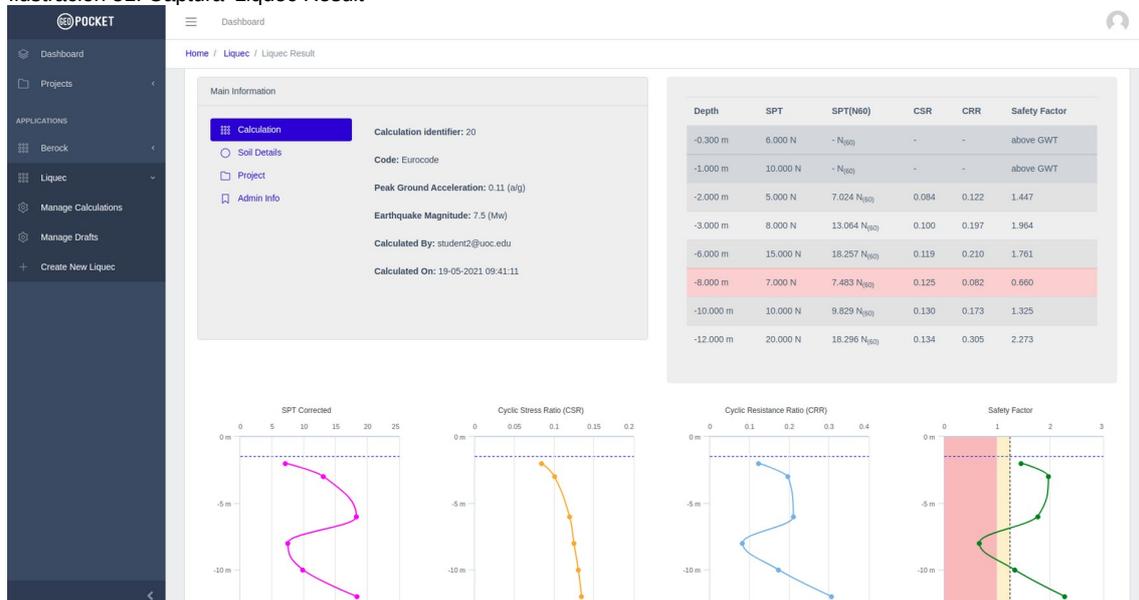
Por último, los datos de entrada relacionados con los ensayos de penetración estándar (Ilustración 50) son también introducidos por una ventana modal. Se define la profundidad del ensayo, el número de golpes y el porcentaje de aprovechamiento de energía. En la gráfica interactiva lateral se representa la curva de los ensayos superpuesta sobre el terreno definido previamente.

Ilustración 50: Captura 'Create Liquec (SPT)'



En la página de detalle de un cálculo de tipo Liquec (Ilustración 51), se presenta el resultado para cada ensayo SPT (tabla derecha). Si el ensayo no cumple con la normativa aparecerá en color rojo o naranja (en función del factor de seguridad). Para aquellos casos en lo que un ensayo SPT no haya sido tenido en cuenta se mostrará la razón. Los datos de entrada previos pueden ser consultados en el área izquierda. En la zona inferior se muestran los mismos resultados pero representados en gráficas interactivas (ensayo de penetración estándar corregido, tensión cíclica, resistencia cíclica y factor de seguridad). La aplicación también permite clonar en un borrador este tipo de cálculo.

Ilustración 51: Captura 'Liquec Result'



## 12 Implantación

A partir del archivo `.jar` o del código de la aplicación es posible levantar la plataforma web de cálculos geotécnicos de varias formas y acceder a ella a través de la dirección <http://localhost:8080> (es necesario que el sistema tenga libre el puerto). A continuación se describen los pasos necesarios para cada una de ellas:

- Mediante el archivo compilado `geopocket-uoc-1.0-SNAPSHOT.jar`
- Mediante Maven a partir del perfil 'h2' de Spring Boot
- Mediante Maven a partir del perfil 'local' de Spring Boot
- Mediante Docker a partir de una imagen publicada en *DockerHub*
- Mediante Docker a partir del archivo `Dockerfile`

### Mediante el archivo compilado `geopocket-uoc-1.0-SNAPSHOT.jar`

Los siguientes requisitos son necesarios para poder levantar la aplicación de esta forma:

- Java 1.8.0\_201

H2 es una base de datos en memoria. La plataforma dispone en configuración un perfil de Spring Boot (activo por defecto) que permite arrancar la aplicación apuntado a esta base de datos. Este perfil es útil para levantar la aplicación con un mínimo de requerimientos y sin necesidad de disponer de MySQL instalado en el sistema. Tanto para este perfil como para otros, la aplicación está configurada para crear la base de datos, en caso de no existir, así como todas las tablas necesarias para el correcto funcionamiento (este tipo de acciones se llevan a cabo a través del gestor de cambios en BBDD Liquibase). Lógicamente, la persistencia es en memoria por lo que después de cada despliegue los datos almacenados se perderán.

El archivo `geopocket-uoc-1.0-SNAPSHOT.jar` se adjunta en los entregables del TFG. Este archivo contiene el código de la plataforma web ya compilado y listo para ser desplegado. Tan solo se necesita ejecutar el siguiente comando desde la ruta donde esté ubicado el archivo `.jar`:

```
~/ $ java -jar geopocket-uoc-1.0-SNAPSHOT.jar
```

### Mediante Maven a partir del perfil 'h2' de Spring Boot

Los siguientes requisitos son necesarios para poder levantar la aplicación de esta forma:

- Java 1.8.0\_201
- Apache Maven 3.6.3

A partir del código de la aplicación (adjunto también en los entregables del TFG) es posible levantar la plataforma web. Para ello necesitamos tener instalado y correctamente configurado Maven en el sistema. Primero debemos compilar el código a partir del siguiente comando Maven (desde la raíz del código):

```
~/geopocket-uoc$ mvn clean install
```

Posteriormente, desde la carpeta *module-app*, será necesario ejecutar el siguiente comando Maven:

```
~/geopocket-uoc/module-app$  
mvn spring-boot:run -Dspring-boot.run.profiles=h2
```

Este comando levantará la aplicación apuntado a la base de datos en memoria H2.

### Mediante Maven a partir del perfil 'local' de Spring Boot

Los siguientes requisitos son necesarios para poder levantar la aplicación de esta forma:

- Java 1.8.0\_201
- Apache Maven 3.6.3
- Docker 20.10.3
- Docker-Compose 1.25.0

De forma similar al proceso anterior, es posible levantar la aplicación web mediante Maven pero en lugar de apuntar a una base de datos en memoria, se puede desplegar apuntando hacia un contenedor *docker* con una base de datos MySQL corriendo. Para ello primero debemos ejecutar el siguiente comando desde la ruta especificada del código adjunto:

```
~/geopocket-uoc/module-app/src/docker/mysql$ docker-compose up
```

El comando anterior, descarga una imagen *docker* con la base de datos MySQL instalada y la arranca exponiendo el puerto 3306 para que pueda ser consumido por la plataforma web. Lo siguiente es compilar el proyecto con Maven mediante el siguiente comando:

```
~/geopocket-uoc$ mvn clean install
```

Por último, desde la carpeta *module-app*, será necesario ejecutar el siguiente comando Maven que activa el perfil 'local' de Spring Boot, el cual está configurado para apuntar a una base de datos MySQL levantada en *localhost* a través del puerto 3306:

```
~/geopocket-uoc/module-app$  
mvn spring-boot:run -Dspring-boot.run.profiles=local
```

Al igual que en el perfil 'h2' el gestor de cambios *Liquibase* creará las tablas si no existen (normalmente esto ocurre la primera vez que se crea el contenedor con MySQL).

## Mediante Docker a partir de una imagen publicada en *DockerHub*

Los siguientes requisitos son necesarios para poder levantar la aplicación de esta forma:

- Java 1.8.0\_201
- Docker 20.10.3
- Docker-Compose 1.25.0

Imagen *docker*: <https://hub.docker.com/r/pablobenitogonzalez/geopocket-uoc>

En el repositorio de *docker* existe publicada una versión compilada de la plataforma web de cálculos geotécnicos desarrollada en el presente Trabajo Final de Grado (TFG). El siguiente comando descargará una imagen de MySQL para levantarla en local de forma similar al proceso anterior. Además descargará la imagen de la aplicación subida al repositorio para crear un contenedor con la plataforma web de cálculos geotécnicos desplegada:

```
~/geopocket-uoc/module-app/src/docker$ docker-compose up
```

Ambos contenedores se ejecutan sobre la misma red por lo que se puede establecer una comunicación entre aplicación y base de datos sin ningún tipo más de configuración.

## Mediante Docker a partir del archivo *Dockerfile*

Los siguientes requisitos son necesarios para poder levantar la aplicación de esta forma:

- Java 1.8.0\_201
- Docker 20.10.3
- Docker-Compose 1.25.0

Como alternativa, podemos utilizar el archivo *Dockerfile* existente en código de la plataforma para crear una imagen de docker en local y levantarla junto con la imagen de MySQL. Este proceso es similar al descrito anteriormente, con la salvedad de que la imagen de la aplicación web no se descarga del repositorio mencionado, sino que se genera en nuestro sistema. El resultado es el mismo en cualquier caso:

```
~/geopocket-uoc$ docker-compose up
```

Se debe tener en cuenta que este último proceso suele tardar más tiempo que los anteriores.

## 13 Proyección a futuro

A pesar de que la plataforma web de cálculos geotécnicos desarrollada en el presente Trabajo Final de Grado (TFG) constituye una aplicación sólida ya de por sí funcional, se deben tener en cuenta ciertos aspectos relativos a su puesta en producción. En primer lugar, la seguridad contemplada en la plataforma depende de una cartera de usuarios en memoria que se identifican mediante una autenticación básica. No obstante, el escenario real que se contempla es muy diferente: la aplicación debería integrarse con el sistema de autenticación centralizado (*Single Sign-On, SSO*) de la Universidad de Alicante, de forma que cualquier alumno matriculado en determinadas asignaturas del Grado de Ingeniería Civil pudiera acceder con una identificación única. Del mismo modo, todo profesor perteneciente al Área de Ingeniería del Terreno del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante también debería tener acceso a través del sistema SSO.

En segundo lugar, se debe considerar que cualquier subida a producción atañe ciertas acciones importantes orientadas a fortalecer la seguridad de cualquier aplicación web. Entre otras cosas, es imprescindible forzar el uso de HTTPS, establecer ratios de llamada al API por IP o codificar los logs a formato JSON con *logstash* para que puedan ser consumidos en entornos de producción (por ejemplo con *Kibana*). No obstante, se podrían llevar a cabo algunas acciones más para incrementar la seguridad de la plataforma, como utilizar UUIDs para las claves primarias en lugar de números correlativos (de esta forma cualquier atacante encontraría más dificultades para adivinar el siguiente identificador).

Más allá de las mejoras de puesta en producción planteadas en la plataforma web de cálculos geotécnicos, la aplicación también podría ser evolucionada incorporando nuevas funcionalidades que permitieran una interacción estudiante-profesor más dinámica. Por un lado, se podría permitir que algunos cálculos realizados por un profesor sobre un proyecto perteneciente a un determinado alumno fueran visibles para el propio estudiante. Para ello, en los cálculos realizados por un profesor se podría incluir una opción de visibilidad. De esta forma, un profesor podría decidir si un cálculo debe ser o no visto por un alumno (actualmente ningún cálculo realizado por un profesor puede ser visto por ningún alumno). Por otro lado y siguiendo esta misma línea, también podría ser interesante añadir un campo comentario en los cálculos realizados por el profesor, así el estudiante podría leer las indicaciones opcionales asociadas al cálculo.

La plataforma web de cálculos geotécnicos ha sido diseñada para poder ser ampliada con nuevas herramientas de manera progresiva. Toda la estructura de la aplicación contempla un enfoque modular. En este sentido, se podrían añadir nuevos cálculos geotécnicos más interesantes para el alumno, como por ejemplo una herramienta para calcular la estabilidad en taludes. Además, sería conveniente enriquecer el manejo de históricos con más filtros. Con todo, también se podría mejorar las prestaciones incorporando funcionalidades relacionadas con la generación de reportes. En determinadas situaciones, como por ejemplo en las elaboraciones de trabajos finales de grado, el alumno puede requerir generar anejos de cálculo para adjuntarlos al proyecto como justificación técnica.

## 14 Conclusiones

Las numerosas dificultades que emergen durante el periodo de desarrollo de cualquier Trabajo Final de Grado (TFG) permiten, en la mayoría de casos, trazar líneas maestras sobre aquellas decisiones que nos acercan a nuestros objetivos y aquellas otras que nos alejan irremediabilmente. Tratar de lograr los propósitos planteados obliga, entre otras cosas, a adaptar ciertas ideas teóricas preconcebidas y a intentar buscar soluciones más allá de lo aprendido durante el grado académico. El desarrollo del presente TFG no ha sido una excepción en absoluto: la experiencia adquirida a lo largo del proceso pone de relieve la importancia de delimitar, definir y planificar correctamente cualquier tipo de proyecto.

En general, se puede considerar que el alcance definido durante los inicios ha derivado en un trabajo demasiado ambicioso para los tiempos establecidos. Si bien la intención de abarcar la máxima funcionalidad posible para dotar a la plataforma web de una autonomía propia supuso un punto de partida nítido, lo cierto es que el esfuerzo requerido para alcanzar los compromisos ha sido claramente superior al estimado. No obstante y con todo, no ha sido necesario introducir cambios significativos para garantizar el éxito.

A pesar de que las etapas previas de diseño de la plataforma (diagramado y prototipado) han resultado fundamentales para encauzar el proyecto y definir la plataforma web de cálculo geotécnico, se ha necesitado mucho tiempo para investigar algunas de las particularidades técnicas requeridas. Este trabajo de investigación a alto nivel llevado a cabo mucho antes de empezar la codificación, sin duda ha permitido establecer unas bases lo suficientemente sólidas como para poder orientar la implementación y adoptar prácticas profesionales adecuadas.

Por otro lado, el *stack* tecnológico empleado solo era conocido parcialmente. Como consecuencia, se ha tenido que aprender una parte del mismo (probablemente esta circunstancia también se dé en entornos profesionales). Mientras que algunas tecnologías han requerido dedicar un tiempo de preparación y estudio elevado, otras no han requerido demasiada dedicación. En concreto, la curva de aprendizaje de *Vue.js* ha sido inferior a lo esperado: partiendo de un mínimo de conocimiento de *Javascript* la curva puede resultar baja en comparación con otros tipos de *frameworks* como *Angular* o *React*.

En definitiva y a pesar de las dificultades expuestas con anterioridad, a lo largo del presente TFG se ha conseguido alcanzar los objetivos definidos desde un inicio: se ha podido crear una aplicación web basada en tecnologías actuales para realizar cálculos relacionados con el terreno (con todo el alcance demarcado), se ha adquirido conocimientos y experiencia en el desarrollo de proyectos con cierta complejidad técnica, se ha elaborado la documentación necesaria en cada fase, se ha mejorado el *stack* tecnológico personal y se ha consolidado el conocimiento adquirido en el Grado de Ingeniería Informática.

## 15 Glosario

**AJAX:** JavaScript asíncrono y XML (*Asynchronous JavaScript and XML*).

**Alcance:** procesos y definición del trabajo que debe incluir el proyecto, y solo ese trabajo.

**API:** conjunto de reglas y especificaciones que las aplicaciones pueden seguir para comunicarse entre ellas.

**Aplicación web:** herramienta que los usuarios pueden utilizar mediante un navegador.

**Backend:** parte de un sistema informático responsable del almacenamiento y manipulación de datos.

**Bootstrap:** entorno de trabajo CSS diseñado para la creación de interfaces limpias y con diseño adaptable.

**CSS:** *Cascading Style Sheets* (hoja de estilos en cascada).

**Entregable:** cualquier elemento (documento, código, archivo) sobre la que hay un compromiso de entrega.

**Frontend:** parte de un sistema informático o aplicación con la que el usuario interactúa directamente.

**MVC:** patrón de arquitectura de software (*Modelo-Vista-Controlador*).

**ORM:** técnica de programación para convertir datos en un lenguaje de programación orientado a objetos (*Object-Relational Mapping*).

**Requisitos:** todos los aspectos y necesidades que debe cubrir el proyecto.

**SPA:** tipo de aplicación web donde todas las pantallas las muestra en la misma página, sin recargar el navegador (*Single Page Application*).

**SQL:** *Structured Query Language* (lenguaje de consulta estructurada).

**Stack tecnológico:** lista de todos los servicios tecnológicos utilizados o conocidos.

**TFG:** Trabajo Final de Grado.

**UML:** *Unified Modeling Language* (lenguaje modelado unificado).

**Usuario:** cualquier persona que esté registrada en el sistema y utilice la aplicación.

**SPT:** ensayo de penetración estándar.

## 16 Bibliografía

- [1] Universidad de Alicante, Información General  
[En línea] Departamento de Ingeniería Civil [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021].  
<<https://dic.ua.es/es/web/informacion-general.html>>
- [2] Universidad de Alicante, Líneas de investigación  
[En línea] Ingeniería del Terreno y sus Estructuras (InTerEs) [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021].  
<[https://cvnet.cpd.ua.es/curriculum-breve/grp/es/ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras-\(interes\)/492](https://cvnet.cpd.ua.es/curriculum-breve/grp/es/ingenieria-del-terreno-y-sus-estructuras-(interes)/492)>
- [3] Pastor Navarro, José Luís, Página personal de José Luis Pastor  
[En línea] Universidad de Alicante [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021].  
<<https://personal.ua.es/es/joseluis-pastor/pagina-personal-de-jose-luis-pastor.html>>
- [4] Benito González, Pablo; Pastor Navarro, José Luís (octubre 2018) Liquefaction According to Eurocode  
[En línea] GitHub [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021].  
<<https://github.com/LiquEc/LiquEc>>
- [5] Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras  
[En línea] Ministerio de Fomento [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021].  
<<http://normativa.itafec.com/geologia-geotecnia/ES.04.01.004.OT.pdf>>
- [6.1] Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02) [En línea] BOE [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021]. <<https://web.archive.org/web/20060322152852/http://www.miliarium.com/Paginas/Leyes/urbanismo/estatal/ncse02.pdf>>
- [6.2] Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)  
[En línea] Ministerio de Fomento [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2021].  
<[https://www.mitma.gob.es/recursos\\_mfom/0820200.pdf](https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0820200.pdf)>
- [7] Eurocódigos [En línea] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana  
[Fecha de consulta: 20 de enero de 2021].  
<<https://www.mitma.gob.es/organos-colegiados/marcado-ce-y-eurocodigos/eurocodigos>>
- [8] Rocscience Inc., Join 400+ schools using the best geotechnical software  
[En línea] Rocscience [Fecha de consulta: 24 de marzo de 2021].  
<<https://www.rocscience.com/learning/academic-bundle>>
- [9] Geoslope, Student Edition  
[En línea] Seequent Solutions [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2021].  
<<http://secure.geo-slope.com/tips/studentedition.aspx>>
- [10] Licuefacción de suelo  
[En línea] Wikipedia [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2021].  
<[https://es.wikipedia.org/wiki/Licuefacci%C3%B3n\\_de\\_suelo](https://es.wikipedia.org/wiki/Licuefacci%C3%B3n_de_suelo)>
- [11] ¿Qué es Java?  
[En línea] Java Help [Fecha de consulta: 8 de marzo de 2021].  
<[https://www.java.com/es/about/whatis\\_java.jsp](https://www.java.com/es/about/whatis_java.jsp)>
- [12] Java (lenguaje de programación)  
[En línea] Wikipedia [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2021].  
<[https://es.wikipedia.org/wiki/Java\\_%28lenguaje\\_de\\_programaci%C3%B3n%29](https://es.wikipedia.org/wiki/Java_%28lenguaje_de_programaci%C3%B3n%29)>
- [13] Información de Java 8  
[En línea] Java Help [Fecha de consulta: 9 de marzo de 2021].  
<<https://java.com/es/download/help/java8.html>>

- [14] Spring Framework  
[En línea] Spring [Fecha de consulta: 11 de marzo de 2021].  
<<https://spring.io/projects/spring-framework>>
- [15] López Magaña, Luis Miguel (diciembre 2018) Qué es Spring framework  
[En línea] OpenWebinars [Fecha de consulta: 11 de marzo de 2021].  
<<https://openwebinars.net/blog/que-es-spring-framework/>>
- [16] Spring Boot  
[En línea] Spring [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2021].  
<<https://spring.io/projects/spring-boot>>
- [17] Hibernate ORM  
[En línea] Hibernate [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2021].  
<<https://hibernate.org/orm/>>
- [18] MySQL Home Page  
[En línea] MySQL [Fecha de consulta: 15 de marzo de 2021].  
<<https://www.mysql.com/>>
- [19] The Progressive JavaScript Framework  
[En línea] Vue.js [Fecha de consulta: 16 de marzo de 2021].  
<<https://vuejs.org/>>
- [20] CoreUI Vue  
[En línea] GitHub [Fecha de consulta: 16 de marzo de 2021].  
<<https://github.com/coreui/coreui-free-vue-admin-template/>>
- [21] Bootstrap Home Page  
[En línea] Bootstrap [Fecha de consulta: 16 de marzo de 2021].  
<<https://getbootstrap.com/>>
- [22] Obermühlner, Eric, Big-Math, Advanced Java BigDecimal Math Functions  
[En línea] GitHub [Fecha de consulta: 17 de marzo de 2021].  
<<https://github.com/eobermuhlner/big-math>>
- [23] Highcharts Home Page  
[En línea] Highcharts [Fecha de consulta: 17 de marzo de 2021].  
<<https://www.highcharts.com/>>
- [24] Liquibase Home Page  
[En línea] Liquibase [Fecha de consulta: 18 de marzo de 2021].  
<<https://www.liquibase.org/>>
- [25] Arango, Andrés (mayo 2017) Gestiona el versionado de los scripts de base de datos con Liquibase  
[En línea] Sdos [Fecha de consulta: 18 de marzo de 2021].  
<<https://sdos.es/blog/gestiona-el-versionado-de-los-scripts-de-base-de-datos-con-liquibase>>

# 17 Anexos

## 17.1 Anexo 1. Entregables

El presente Trabajo Final de Grado (TFG) consta de los siguientes ficheros:

- *PEC\_FINAL\_memoria\_Benito\_Gonzalez\_Pablo.pdf*:  
Memoria final del Trabajo Final de Grado (TFG).
- *PEC\_FINAL\_ppt\_Benito\_Gonzalez\_Pablo.pdf*:  
Presentación utilizada en la defensa del TFG.
- *PEC\_FINAL\_autoinforme\_Benito\_Gonzalez\_Pablo.pdf*:  
Autoinforme de competencias transversales.
- *geopocket-uoc-1.0-SNAPSHOT.jar*:  
Archivo jar compilado de la plataforma web de cálculos geotécnicos.

```
.
├── PEC_FINAL_memoria_Benito_Gonzalez_Pablo.pdf
├── PEC_FINAL_ppt_Benito_Gonzalez_Pablo.pdf
├── PEC_FINAL_autoinforme_Benito_Gonzalez_Pablo.pdf
└── geopocket-uoc-1.0-SNAPSHOT.jar
```

Además, el código fuente de la aplicación de cálculos geotécnicos está publicado bajo una licencia libre en la plataforma GitHub (Ilustración 52). Se puede acceder al repositorio mediante el siguiente enlace:

<https://github.com/pablobenitogonzalez/geopocket-uoc>

Ilustración 52: Repositorio de GitHub

The screenshot shows the GitHub repository page for 'pablobenitogonzalez/geopocket-uoc'. At the top, there are navigation options for 'master' branch, '1 branch', and '0 tags'. There are buttons for 'Go to file', 'Add file', and 'Code'. The repository name is 'pablobenitogonzalez Create LICENSE' with a commit hash '2f8db52' and 'yesterday' and '11 commits'. Below this is a list of files:

File Name	Commit	Time
module-app	Commit Week 20/05-21/05	5 days ago
module-berock	Commit Week 20/05-21/05	5 days ago
module-common	Commit Week 20/05-21/05	5 days ago
module-liquec	Commit Week 20/05-21/05	5 days ago
module-project	Commit Week 20/05-21/05	5 days ago
module-security	Commit Week 20/05-21/05	5 days ago

On the right side, there is an 'About' section with the text 'UOC TFG GeoPocket GitHub' and 'Unlicense License'. Below that is a 'Languages' section with a bar chart showing the following distribution:

Language	Percentage
Java	55.1%
Vue	38.3%
JavaScript	5.0%
Dockerfile	0.7%
HTML	0.5%
SCSS	0.4%

## 17.2 Anexo 2. Código fuente (extractos)

Extracto del código del servicio que maneja la lógica de persistencia de los cálculos de tipo Berock:

```
@Service
public class BerockServiceImpl extends AbstractToolService<Berock, BerockSearch>
    implements ToolService<Berock, BerockSearch>, StatisticsService, BerockService {

    private final ProjectService projectService;

    private final BerockExecutor executor;

    @Autowired
    public BerockServiceImpl(final BuildProperties buildProperties, final Environment environment,
        final BerockRepository repository, final BerockCriteria criteria,
        final ProjectService projectService, final BerockExecutor executor,
        final SecurityContextHelper securityContextHelper) {
        super(Tool.BEROCK, BerockSearch.class, buildProperties, environment, repository, criteria,
            securityContextHelper);
        this.projectService = projectService;
        this.executor = executor;
    }

    @Override
    public Berock saveDraft(final Berock berock, final Long projectId) {
        if (Objects.isNull(berock.getId())) {
            final Project project = projectService.get(projectId);
            berock.setProject(project);
            berock.setStatus(Status.DRAFT);
            return repository.save(berock);
        }
        final Berock berockDBO = get(berock.getId());
        if (!Status.DRAFT.equals(berockDBO.getStatus())) {
            throw new GeoPocketException(String.format("Cannot save berock in status %s",
                berockDBO.getStatus()));
        }
        berockDBO.getJoints().clear();
        final Project project = projectService.get(projectId);
        berockDBO.setProject(project);
        berockDBO.setRockType(berock.getRockType());
        berockDBO.setWeatheringDegree(berock.getWeatheringDegree());
        berockDBO.setRockQualityDesignation(berock.getRockQualityDesignation());
        berockDBO.setUniaxialCompressiveStrength(berock.getUniaxialCompressiveStrength());
        berockDBO.getJoints().addAll(berock.getJoints());
        berockDBO.getAudit().preUpdate(); // issue with transactions
        return repository.save(berockDBO);
    }

    @Override
    @Transactional
    public Berock calculate(final Berock berock, final Long projectId) {
        final Berock berockDBO = saveDraft(berock, projectId);
        berockDBO.setCalculationInfo(buildCalculationInfo());
        executor.calculate(berockDBO);
        berockDBO.setStatus(Status.CALCULATED);
        return repository.save(berockDBO);
    }

    @Override
    public Berock clone(final Long id) {
        final Berock berockDBO = get(id);
        final Berock berock = new Berock();
```

```

berock.setRockType(berockDBO.getRockType());
berock.setWeatheringDegree(berockDBO.getWeatheringDegree());
berock.setRockQualityDesignation(berockDBO.getRockQualityDesignation());
berock.setUniaxialCompressiveStrength(berockDBO.getUniaxialCompressiveStrength());
berock.setJoints(new ArrayList<>());
Optional.ofNullable(berockDBO.getJoints()).orElse(Collections.emptyList())
    .forEach(jointDBO -> {
        final Joint joint = new Joint();
        joint.setSpacing(jointDBO.getSpacing());
        joint.setFamily(jointDBO.getFamily());
        berock.getJoints().add(joint);
    });
return saveDraft(berock, berockDBO.getProject().getId());
}
}

```

Extracto del código que configura los pasos a realizar para obtener un cálculo de tipo Berock:

```

@Component
public class BerockRoadMap extends RoadMap<BerockTask> {
    public BerockRoadMap() {
        STEPS.add(CALCULATE_ALPHA_3A);
        STEPS.add(CALCULATE_JV);
        STEPS.add(CALCULATE_RDQ);
        STEPS.add(CALCULATE_ALPHA_3B);
        STEPS.add(CALCULATE_FINAL_ALPHA_3);
        STEPS.add(CALCULATE_ALLOWABLE_BEARING_PRESSURE);
    }
}

```

Extracto del código de la factoría que asocia cada paso a su lógica de negocio (*Task*) en un cálculo Berock:

```

@Component
public class BerockTaskFactory {

    private final ApplicationContext applicationContext;

    private static final Map<BerockTask, Class<? extends AbstractBerockTaskExecutable>> FACTORY =
        new EnumMap<>(BerockTask.class);

    static {
        FACTORY.put(BerockTask.CALCULATE_ALPHA_3A, Alpha3aTask.class);
        FACTORY.put(BerockTask.CALCULATE_ALPHA_3B, Alpha3bTask.class);
        FACTORY.put(BerockTask.CALCULATE_JV, JvTask.class);
        FACTORY.put(BerockTask.CALCULATE_RDQ, RdqTask.class);
        FACTORY.put(BerockTask.CALCULATE_FINAL_ALPHA_3, FinalAlpha3Task.class);
        FACTORY.put(BerockTask.CALCULATE_ALLOWABLE_BEARING_PRESSURE,
            AllowableBearingPressureTask.class);
    }

    @Autowired
    public BerockTaskFactory(ApplicationContext applicationContext) {
        this.applicationContext = applicationContext;
    }

    AbstractBerockTaskExecutable getExecutableTask(final BerockTask task) {

```

```

        return Optional.of(applicationContext.getBean(BerockTaskFactory.FACTORY.get(task)))
            .orElseThrow(() ->
                new GeoPocketException(String.format("Executable task not found for [%s]",
                    task.getDescription())));
    }
}

```

Extracto de código de la vista que gestiona los cálculos de tipo Berock:

```

<template>
  <div v-show="!loading">
    <CRow>
      <CCol sm="12">
        <CTableWrapper
          :items="berockCollection"
          hover
          striped
          bordered
          small
          fixed
          caption="Berock Calculations"
          :totalPages="totalPages"
          :activePage="pageNumber+1"
          @updatePagination:activePage="onChangePagination"
        />
      </CCol>
    </CRow>
  </div>
</template>

<script>
import Result from "../../assets/constants/Result";
import Status from "../../assets/constants/Status";
import {RepositoryFactory} from '../../repositories/RepositoryFactory'
import CTableWrapper from './BerockTable.vue'

const BerockRepository = RepositoryFactory.get('berock');
export default {
  name: 'ManageBerockCalculations',
  components: { CTableWrapper },
  data () {
    return {
      loading: true,
      berockCollection: [],
      totalPages: 0,
      pageNumber: 0
    }
  },
  mounted() {
    this.fetch(0)
  },
  methods: {
    async fetch(page) {
      const {data} = await BerockRepository.get(Status.CALCULATED, page);
      this.berockCollection = this.addClasses(data.content);
      this.totalPages = data.totalPages;
      this.pageNumber = data.pageable.pageNumber;
      this.loading = false;
    },
    addClasses(collection) {
      collection.forEach(function (berock) {
        berock._result = 'success';

```

```

        if (berock.result.result === Result.ERROR) {
            berock._result = 'danger';
        }
    });
    return collection;
},
onChangePagination(page) {
    this.fetch(page-1)
}
}
}
}
</script>

```

Extracto de código encargado de enviar las cabeceras de autenticación para cada petición REST realizada desde el frontal:

```

import axios from 'axios'

const baseURL = process.env.VUE_APP_API_BASE_URL;

const axiosInstance = axios.create({
    baseURL: baseURL
});

axiosInstance.interceptors.request.use(
    (config) => {
        let user = JSON.parse(localStorage.getItem('user'));
        if (user && user.authdata) {
            config.headers['Authorization'] = `Basic ${user.authdata}`;
        }
        return config;
    },
    (error) => {
        return Promise.reject(error);
    }
);

export default axiosInstance

```

Extracto de código con algunas llamadas REST desde el frontal:

```

import axiosInstance from './Repository'

const resource = '/berock';
export default {
    get(status, page = 0, size = 10) {
        return axiosInstance.get(`${resource}?status=${status}&page=${page}&size=${size}&sort=audit.updatedOn,desc`);
    },
    getBerock(id) {
        return axiosInstance.get(`${resource}/${id}`);
    },
    saveDraft(payload) {
        return axiosInstance.post(`${resource}/draft`, payload);
    },
    calculate(payload) {
        return axiosInstance.post(`${resource}/calculate`, payload);
    }
}

```

## 17.3 Anexo 3. Librerías adicionales

### **Big-Math (Advanced Java BigDecimal Math Functions)**<sup>[22]</sup>

Java no tiene absolutamente ningún soporte para funciones matemáticas avanzadas con *BigDecimal*. La librería de código abierto *Big-Math* proporciona todas aquellas funciones matemáticas necesarias para poder realizar los cálculos geotécnicos con una precisión arbitraria. En concreto, la versión 2.3.0 proporciona implementaciones eficientes y precisas para las siguientes funciones principales:

- `log(BigDecimal, MathContext)`
- `exp(BigDecimal, MathContext)`
- `pow(BigDecimal, BigDecimal, MathContext)` calcula  $x^y$
- `sqrt(BigDecimal, BigDecimal, MathContext)`
- `root(BigDecimal, BigDecimal, MathContext)` calcula la raíz  $n$  de  $x$
- `sin(BigDecimal, MathContext)`
- `cos(BigDecimal, MathContext)`
- `tan(BigDecimal, MathContext)`
- `asin(BigDecimal, MathContext)`
- `acos(BigDecimal, MathContext)`
- `atan(BigDecimal, MathContext)`
- `atan2(BigDecimal, BigDecimal, MathContext)`
- `sinh(BigDecimal, MathContext)`
- `cosh(BigDecimal, MathContext)`
- `tanh(BigDecimal, MathContext)`
- `asinh(BigDecimal, MathContext)`
- `acosh(BigDecimal, MathContext)`
- `atanh(BigDecimal, MathContext)`

### **Highcharts**<sup>[23]</sup>

*Highcharts* es una moderna biblioteca de gráficos multiplataforma basada en SVG. Facilita la adición de gráficos interactivos a proyectos web y móviles. Ha estado en desarrollo activo desde 2009. Dispone de un robusto conjunto de características, posee una gran facilidad de uso y cuenta con una documentación exhaustiva. Su uso está permitido en ámbitos no comerciales o educativos.

### **Liquibase**<sup>[24]</sup>

*Liquibase* permite mantener el control de todos los cambios ejecutados sobre una base de datos: almacena toda la información de los mismos (autor, fecha, cambio, etc.), asocia dichos cambios a los desarrollos realizados sobre la aplicación y los integra con el propio control de versiones del código fuente<sup>[25]</sup>.

## 17.4 Anexo 4. Cálculo Berock

A continuación se adjunta la normativa de la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera<sup>[5]</sup>, para calcular la presión admisible usada en cimentaciones superficiales en roca. La implementación de la herramienta Berock utiliza dicha normativa como base de cálculo.

### 4.5.3. CIMENTACIONES SUPERFICIALES SOBRE ROCA

Existen muchas cimentaciones directas sobre roca en las obras de carretera. El estudio de la seguridad frente al hundimiento mediante fórmulas analíticas es complicado, pues no existen modelos de comportamiento en rotura sobre los que se tenga experiencia práctica suficiente.

En casos de rocas muy débiles ( $q_u < 1$  MPa) o que estén fuertemente diaclasadas (RQD < 10%) o que estén bastante o muy meteorizadas (grado de meteorización igual o mayor que IV, según la tabla 3.3), se recomienda considerar la roca como si se tratase de un suelo y recurrir a los procedimientos de verificación correspondientes que se indican en esta Guía. Preferiblemente deberá utilizarse el método analítico que se formula en 4.5.5, para cuya aplicación es necesario determinar los parámetros de resistencia de la roca alterada en ensayos de laboratorio (ensayos de corte directo o triaxiales).

En caso de rocas menos débiles, menos diaclasadas y menos alteradas que lo indicado en el párrafo precedente, se puede determinar una presión admisible a partir de los datos siguientes:

- Resistencia a compresión simple de la roca sana,  $q_u$ .
- Tipo de roca.
- Grado de alteración medio.
- Valor del RQD y separaciones de las litoclasas.

Estos parámetros deben ser los representativos del comportamiento del volumen de roca situado bajo la cimentación hasta una profundidad de  $1,5 B^*$ , medida desde su plano de apoyo.

La presión admisible puede estimarse mediante la siguiente expresión:

$$P_{vadm} = p_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \sqrt{\frac{q_u}{p_0}}$$

Donde:

$p_{vadm}$  = Presión admisible.

$p_0$  = Presión de referencia. Deberá tomarse un valor de 1 MPa.

$q_u$  = Resistencia a compresión simple de la roca sana.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  = Parámetros adimensionales que dependen del tipo de roca, de su grado de alteración y del espaciamiento de las litoclasas, según se indica a continuación.

#### 4.5.3.1. Influencia del tipo de roca

A igualdad de grado de alteración y de espaciamiento del diaclasado, existen rocas cuya estructura es más proclive a contener planos de debilidad no detectados en los sondeos ni en los ensayos de compresión simple, que a veces se realizan con muestras de pequeño tamaño.

Atendiendo a este aspecto, las rocas pueden clasificarse en varios grupos, partiendo de un primer grupo en el que no se temen fisuras o grietas no detectables por los reconocimientos y terminando en un cuarto grupo en el que el tipo de formación rocosa es proclive a contener otros planos de debilidad aparte de los detectables con los trabajos de censo de litoclasas o con los ensayos de compresión simple realizados en laboratorio a pequeña escala.

El parámetro  $\alpha_1$  puede determinarse en laboratorio ensayando muestras a tracción (o tracción indirecta) para medir la relación que existe entre la resistencia a tracción simple  $q_t$  y la resistencia a compresión simple  $q_u$ . El valor del parámetro  $\alpha_1$  será:

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{10 \cdot q_t}{q_u}}$$

A falta de información específica respecto a este parámetro se puede utilizar el valor que se obtenga de la tabla 4.3.

TABLA 4.3. VALORES DE  $\alpha_1$  SEGÚN EL TIPO DE ROCA

GRUPO N.º	NOMBRE GENÉRICO	EJEMPLOS	$\alpha_1$
1	Rocas carbonatadas con estructura bien desarrollada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calizas, dolomías y mármoles puros</li> <li>• Calcarenitas de baja porosidad</li> </ul>	1,0
2	Rocas ígneas y rocas metamórficas (*)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granitos, cuarcitas</li> <li>• Andesitas, riolitas</li> <li>• Pizarras, esquistos y gneises (esquistosidad subhorizontal)</li> </ul>	0,8
3	Rocas sedimentarias (***) y algunas metamórficas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calizas margosas, argilitas, limolitas, areniscas y conglomerados</li> <li>• Pizarras y esquistos (esquistosidad verticalizada)</li> <li>• Yesos</li> </ul>	0,6
4	Rocas poco soldadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Areniscas, limolitas y conglomerados poco cementados</li> <li>• Margas</li> </ul>	0,4

(\*) A excepción de las indicadas en los grupos 1 y 3.

(\*\*) A excepción de las indicadas en los grupos 1 y 4.

En todo caso se recomienda que cuando aparezcan varios tipos de roca en un mismo apoyo, o existan dudas en esta clasificación y salvo información específica en otro sentido, se tome como valor de cálculo  $\alpha_1 = 0,4$ .

#### 4.5.3.2. Influencia del grado de meteorización

El grado de meteorización de la roca debe medirse de acuerdo con la escala que se indica en la tabla 3.3.

Para caracterizar el grado de meteorización correspondiente a la roca que existe en el entorno de la cimentación, se usará el mayor grado de alteración que pudiera existir hasta alcanzar una profundidad igual a  $1,5 B^*$ , medida bajo el plano de apoyo.

Los valores que se recomiendan para establecer el valor del parámetro  $\alpha_2$  son los siguientes:

- Grado de meteorización I (Roca sana o fresca):  $\alpha_2 = 1,0$
- Grado de meteorización II (Roca ligeramente meteorizada):  $\alpha_2 = 0,7$
- Grado de meteorización III (Roca moderadamente meteorizada):  $\alpha_2 = 0,5$
- Cuando el grado de meteorización sea igual o superior al IV, deberá estarse a lo especificado al respecto en el epígrafe 4.5.3 (cálculo como en suelos).

#### 4.5.3.3. Influencia del espaciamiento entre litoclasas

La separación entre litoclasas debe caracterizarse de dos formas diferentes:

- Mediante censo de litoclasas en afloramientos próximos a la zona de cimentación.
- Midiendo el valor del RQD en los sondeos mecánicos.

En todo caso, la zona de referencia será el volumen de roca situado bajo la cimentación hasta una profundidad igual a  $1,5 B^*$ .

Partiendo de estos datos, se calculará  $\alpha_3$  como el mínimo de entre los dos valores siguientes:

$$\alpha_3 = \min(\alpha_{3a}, \alpha_{3b}) \quad \alpha_{3a} = \sqrt{\frac{s}{1m}} \quad \alpha_{3b} = \sqrt{\frac{\text{RQD}(\%)}{100}}$$

Donde:

$s$  = Espaciamiento entre las litoclasas expresado en m. Se utilizará el correspondiente a la familia de diaclasas que conduzca a un valor menor.

$1m$  = Valor que se utiliza para hacer adimensional la expresión correspondiente.

RQD = Valor del parámetro «Rock Quality Designation», expresado en tanto por ciento (véase epígrafe 3.3.4).

## 17.5 Anexo 5. Cálculo Liquec según EC-8

A continuación se adjunta la normativa del Eurocódigo 8 (EC-8)<sup>[7]</sup> para calcular el potencial de licuefacción de suelos. La implementación de la herramienta Liquec utiliza dicha normativa como base de cálculo en su opción EC-8.

### 4.1.4 Suelos potencialmente licuables

(1)P La disminución de resistencia y/o rigidez causada por el incremento de la presión de agua en los poros que se produce en terrenos sin cohesión sometidos a un movimiento sísmico, dando lugar a deformaciones permanentes importantes e incluso a una condición de tensiones efectivas casi nulas en el suelo, se debe denominar en lo sucesivo licuefacción.

(2)P Se debe evaluar la susceptibilidad a la licuefacción cuando el terreno de la cimentación esté formado por capas extendidas o potentes lentejones de arena suelta, situados bajo el nivel freático tanto si presentan finos -limos o arcillas- como si no, y cuando dicho nivel esté próximo a la superficie del terreno. Esta evaluación se debe realizar para las condiciones de campo libre en el emplazamiento (posición de la superficie del terreno, posición del nivel freático) que vayan a predominar durante la vida de la estructura.

(3)P Las investigaciones del terreno requeridas para dicha evaluación deben incluir, como mínimo, la realización de Ensayos de Penetración Estándar (SPT) o Ensayos de Penetración Estática con el Cono Mecánico (CPT), así como la determinación de las curvas granulométricas en el laboratorio.

(4)P En el caso del ensayo SPT, los valores medidos del índice de penetración  $N_{SPT}$ , expresados en golpes/30 cm, se deben normalizar para una presión efectiva del terreno de 100 kPa, así como para una energía de impacto que sea el 0,6 de la energía teórica de caída libre. Para profundidades menores de 3 m, los valores medidos del ensayo SPT deberían reducirse un 25%.

(5) La normalización respecto a los efectos de la sobrecarga de tierras puede realizarse multiplicando el valor medido de  $N_{SPT}$  por el coeficiente  $(100/\sigma'_{vo})^{1/2}$ , donde  $\sigma'_{vo}$  (kPa) es la presión efectiva que actúa a la profundidad a la que se haya realizado el ensayo SPT, en el momento de su ejecución. El coeficiente de normalización  $(100/\sigma'_{vo})^{1/2}$  no debería ser menor de 0,5 ni mayor de 2.

(6) La normalización de la energía de impacto requiere multiplicar el valor del índice de penetración obtenido en el punto (5) anterior por el coeficiente  $ER/60$ , donde  $ER$  es cien veces el cociente de energía específico para el equipo de ensayo.

(7) Para edificaciones con cimentación poco profunda, la evaluación de la susceptibilidad a la licuefacción puede omitirse cuando la capa de suelo arenoso saturado se encuentre a una profundidad mayor de 15 m medida desde la superficie del terreno.

(8) Se permite no tener en cuenta el peligro de licuefacción cuando  $\alpha \cdot S < 0,15$  y se cumpla, al menos, una de las condiciones siguientes:

- la arena tiene un contenido en arcillas mayor del 20% con un índice de plasticidad  $IP > 10$ ;
- la arena tiene un contenido de limo mayor que el 35% y, al mismo tiempo, el número de golpes SPT normalizado para los efectos de la presión total de tierras y para el cociente de energía  $N_1(60)$  mayor que 20;
- la arena es limpia, con un número de golpes SPT normalizado para los efectos de presión total de tierras y para el cociente de energía  $N_1(60)$  mayor que 30.

(9)P Cuando no se cumpla ninguna de las condiciones anteriores, el peligro de licuefacción se debe evaluar como mínimo mediante los métodos usuales en ingeniería geotécnica, basados en correlaciones entre las mediciones *in situ* y las tensiones tangenciales cíclicas críticas que han causado licuefacción en terremotos anteriores.

(10) En el anexo B se dan gráficos, obtenidos empíricamente, que muestran estas correlaciones para diferentes tipos de mediciones *in situ*. En estos gráficos puede estimarse la tensión tangencial sísmica,  $\tau_e$ , a partir de la expresión simplificada siguiente:

$$\tau_e = 0,65 \alpha \cdot S \cdot \sigma_{vo} \quad (4.4)$$

donde  $\sigma_{vo}$  es la presión vertical total ejercida por el terreno y el resto de variables son las mismas que las de las expresiones (4.1) a (4.3). Esta fórmula no puede usarse para profundidades superiores a 20 m.

(11)P Si se emplean correlaciones con medidas *in situ*, se debe considerar que un terreno con superficie horizontal es susceptible a licuefacción si la tensión tangencial inducida por el terremoto supera una cierta fracción  $\lambda$  de la tensión crítica que se sabe ha causado licuefacción en terremotos anteriores.

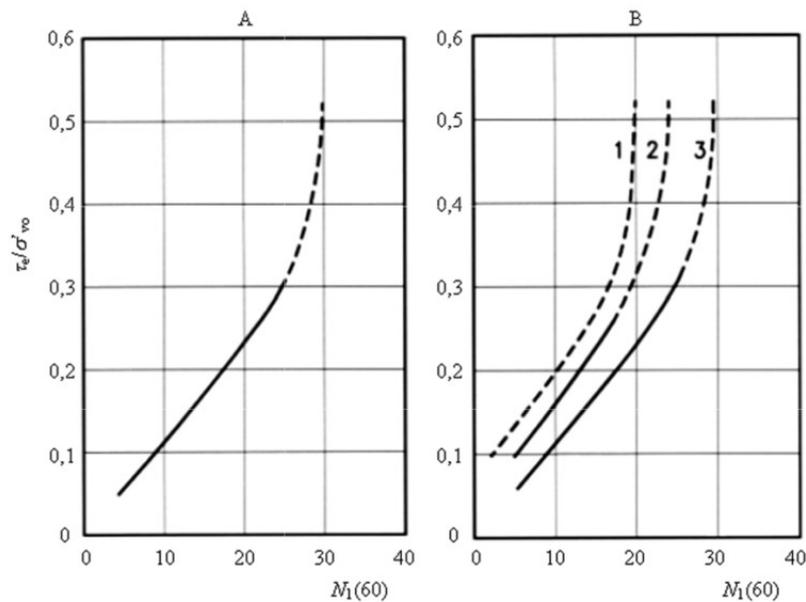
NOTA El valor de  $\lambda$  para su uso en un Estado puede encontrarse en su anexo nacional. El valor recomendado es  $\lambda = 0,8$ , lo que supone un coeficiente parcial de seguridad de 1,25.

(12)P Si se concluye que el suelo es susceptible de licuar y sus efectos son capaces de afectar a la capacidad portante o a la estabilidad de las cimentaciones, deben adoptarse medidas para conseguir que la seguridad de la cimentación sea la adecuada, ya sea mediante métodos de mejora del terreno o mediante pilotajes (para transmitir la carga a estratos de suelo no licuables).

(13) La mejora del terreno para evitar la licuefacción debería consistir bien en la compactación del suelo, para incrementar su resistencia a la penetración por encima de valores críticos, o bien en la utilización de drenaje, para reducir el exceso de presión intersticial generado por el movimiento del terreno.

NOTA La posibilidad de compactación del terreno depende principalmente de su contenido en finos y la profundidad.

(14) El empleo exclusivo de pilotes se debería considerar con prudencia, debido a las fuerzas importantes que se inducen en los pilotes al perder el suelo su capacidad portante en las capas licuables, así como por las inevitables incertidumbres asociadas a la localización y espesor de dichas capas.



Leyenda

$\tau_e / \sigma_{vo}$  Tensión cortante cíclica normalizada  
A Arenas limpias

B Arenas limosas  
Curva 1: 35% finos  
Curva 2: 15% finos  
Curva 3: < 5% finos

## 17.6 Anexo 6. Cálculo Liquec según NCSE-02

A continuación se adjunta la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02)<sup>[6.1][6.2]</sup> para calcular el potencial de licuefacción de suelos. La implementación de la herramienta Liquec utiliza dicha normativa como base de cálculo en su opción NCSE-02.

El estudio de la seguridad ante la licuación se puede hacer mediante la comparación de la tensión tangencial horizontal equivalente al terremoto,  $\tau_E$ , con la resistencia del terreno a la licuación,  $R_L$ , para lo que podrán utilizarse los procedimientos establecidos en la práctica de la ingeniería geotécnica sísmica o el siguiente procedimiento simplificado basado en el ensayo SPT, válido para terrenos de superficie horizontal y que se aplicará a todas las capas licuables situadas en la profundidad definida en el articulado. Se considera que se dispone de suficiente seguridad ante la licuación si, a todas las profundidades, se verifica que:

$$\tau_E \leq R_L / 1,5$$

siendo  $\tau_E$  la tensión tangencial equivalente al terremoto, que podrá suponerse igual a:

$$\tau_E = 0,65 r_d \cdot \sigma_v \cdot (a_c/g)$$

donde:

$$r_d = 1 - 0,015z$$

siendo

$z$  la profundidad en metros.

$\sigma_v$  es la tensión total vertical sobre el plano horizon-

tal, variable con la profundidad  $z$ , a la que se comprueba la licuación.

$a_c$  es la aceleración sísmica de cálculo, según 2.2.  
 $g$  es la aceleración de la gravedad.

y siendo  $R_L$  la resistencia del terreno a la licuación, que puede obtenerse mediante la expresión:

$$R_L = K_M \cdot R_1 \cdot \sigma'_v$$

donde

$$K_M = 1,5 - 1,8(K - 1)^{1/2}$$

$K$  es el coeficiente de contribución definido en 2.1.  
 $R_1$  se lee en la figura C.4.5 en función del golpeo en el ensayo SPT normalizado, para una energía útil del 60% de la nominal y a una presión efectiva vertical de 100 kPa (1 kp/cm<sup>2</sup>) ( $N_{1,60}$ ), de valor:

$$N_{1,60} = N \cdot (E_R/60) \cdot (1/\sigma'_v)^{1/2}$$

$E_R$  es el porcentaje de la energía de los golpes en el ensayo SPT que llega realmente al terreno.

$\sigma'_v$  es la tensión efectiva vertical, en kp/cm<sup>2</sup>, sobre un plano horizontal, a la profundidad  $z$ .

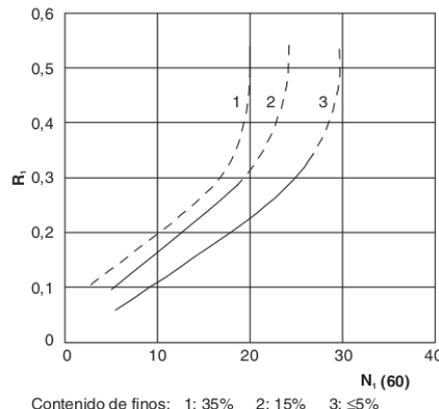


Figura C.4.5. Relación entre el cociente de tensiones que causa la licuación en arenas limpias y arenas limosas y el golpeo corregido en el SPT,  $N_{1,60}$

## 17.7 Anexo 7. Liquec desktop

La versión *desktop* de Liquec desarrollada por el autor del presente TFG a mediados de 2017 (Ilustración 53 y 54) puede ser consultada en los repositorios de GitHub<sup>[4]</sup>. Básicamente está desarrollada mediante JavaFX, por lo que, debido a la incompatibilidad tanto de tecnologías como de paradigmas, solo ha sido posible aprovechar parte del *core* de cálculo en la migración. No obstante, su diseño ha servido como punto de partida, inspiración y referencia para plantear las nuevas interfaces gráficas web en el prototipado. Para poder representar las gráficas auxiliares que ayudan a dar contexto a los datos de entrada, se ha tenido que utilizar la librería de Javascript Highcharts<sup>[23]</sup> como apoyo.

Ilustración 53: Entrada de Datos en Liquec Desktop

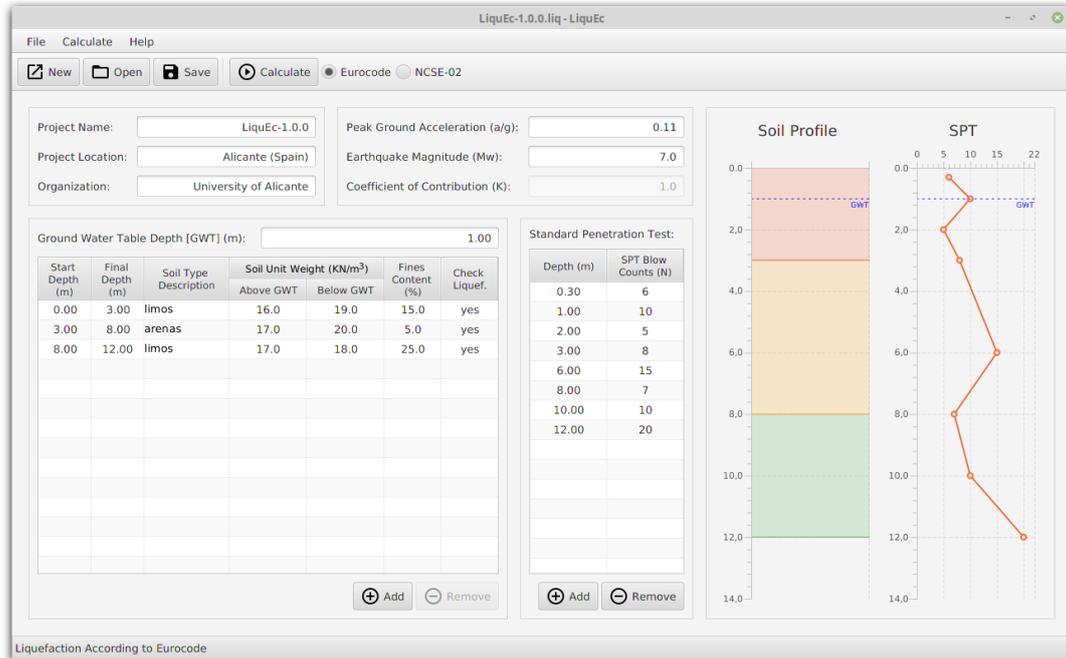


Ilustración 54: Pantalla de Resultado en Liquec Desktop

