



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería
Informática**

**GII_O_MA_19.07
Comparador de métricas de
evolución en repositorios
Software**



Presentado por Joaquín García Molina
Universidad de Burgos
11 de junio de 2022
Tutor: Carlos López Nozal



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



D. Carlos López Nozal, profesor del departamento de nombre departamento,
área de nombre área.

Expone:

Que el alumno D. Joaquín García Molina, con DNI 76441581-T, ha realizado
el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado GII_O_MA_19.07
Comparador de métricas de evolución en repositorios Software.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del
que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 11 de junio de 2022

Vº. Bº. del Tutor:

D. Carlos López Nozal

Resumen

Este TFG desarrolla una segunda iteración sobre *Evolution Metrics Gauge*, un software para calcular métricas de evolución del proceso de desarrollo y obtenidas de la interacción de los desarrolladores en sus repositorios de *Gitlab*. *Evolution Metrics Gauge* es una aplicación web escrita en *Java* con el framework *Vaddin*. Toma como entrada un conjunto de repositorios públicos o privados y calcula métricas de evolución que permiten comparar los proyectos.

El objetivo de este TFG es realizar un incremento funcional aplicando el flujo de desarrollo y despliegue continuo. En concreto, se actualizará y probará el desarrollo con una nueva versión de *Vaadin*. En el incremento se realizará la integración necesaria para poder trabajar con la plataforma *GitHub*, se integrará con la funcionalidad previa y se añadirán nuevas métricas a las ya existentes para trabajar con ellas y con las ya existentes con proyectos procedentes de ambas forjas de repositorios. Gracias a esto, este TFG proporciona una herramienta que ayuda a poder gestionar la calidad de los procesos de desarrollo con independencia de la forja utilizada, ya sea *GitHub* o *GitLab*, ya que gracias a éste podremos obtener y evaluar las diferentes métricas de los repositorios y con ellas evaluar el proceso de desarrollo de los mismos.

Descriptores

Métricas de evolución, proceso de desarrollo de software, gestión de calidad, repositorios de código, *GitLab*, *GitHub*, comparación de proyectos software, aplicaciones web.

Abstract

This TFG develops a second iteration on ***Evolution Metrics Gauge***, a software to calculate evolution metrics of the development process and obtained from the interaction of developers in their Gitlab repositories. Evolution Metrics Gauge is a web application written in *Java* with the *Vaddin* framework. It takes as input a set of public or private repositories and calculates evolution metrics that allow projects to be compared.

The objective of this *TFG* is to carry out a functional increase by applying the flow of development and continuous use defined. Specifically, development will be updated and tested with a new version of *Vaadin*. In the increment, the integration with *Github* will be achieved and it will be integrated with the existing functionality and also new metrics will be added to the existing ones to work with them with repositories from both sources. Thanks to this, this *TFG* brings a tool that helps to manage the quality of the development processes regardless of the forge used, whether it is *Github* or *GitLab*, because thanks to the project we will be able to obtain and evaluate different metrics from the repositories and with them evaluate the development process of the repositories.

Keywords

Evolution metrics, software development process, quality management, code repositories, GitLab, GitHub, comparison of software projects, web applications.

Índice general

Índice general	iii
Índice de figuras	v
Índice de tablas	vii
Introducción	1
1.1. Estructura de la memoria	5
Objetivos del proyecto	7
2.1. Objetivos Evolution Metrics Gauge iteración 1	7
2.2. Objetivos Evolution Metrics Gauge iteración 2	8
2.3. Objetivos técnicos	9
Conceptos teóricos	11
3.1. Evolución de software: Proceso o ciclo de vida de un proyecto software	11
3.2. Repositorios y forjas de proyectos software	13
3.3. Calidad de un producto software	19
Técnicas y herramientas	35
4.1. Herramientas utilizadas	35
4.2. Técnicas	44
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	45
5.1. Selección del proyecto	45
5.2. Modelo de ciclo de vida	47
5.3. Gestión del proyecto	48

5.4. Automatización del proceso de desarrollo	59
5.5. Diseño extensible	65
5.6. API de GitHub	69
5.7. API de GitLab	71
5.8. Interfaz gráfica: <i>Vaadin</i>	73
Trabajos relacionados	79
6.1. <i>Criticality-Score</i>	79
6.2. <i>Agile-Metrics</i>	80
6.3. <i>Activity-API</i>	80
6.4. Resumen comparativo	81
6.5. Otros trabajos relacionados	84
Conclusiones y Líneas de trabajo futuras	85
7.1. Conclusiones	85
7.2. Líneas de trabajo futuras	88
Bibliografía	89

Índice de figuras

1.1. Nueva versión generada en este TFG de <i>Evolution Metrics Gauge</i> - <i>Comparador de métricas de evolución en repositorios software</i>	4
1.2. Primera iteración de <i>Evolution Metrics Gauge</i> - <i>Comparador de métricas de evolución en repositorios software</i>	4
3.1. Modelo de proceso en cascada [17]	12
3.2. Modelo de proceso incremental: <i>Scrum</i> [10]	12
3.3. Captura del presente proyecto almacenado en <i>GitHub</i>	14
3.4. Comparativa de tendencia de búsqueda de <i>Google</i> desde 2004 con los términos de distintas forjas de proyectos software	15
3.5. <i>CICD</i> con <i>GitHubActions</i> [3]	16
3.6. Ejemplo de gráfico <i>burndown</i>	18
3.7. Principales factores de calidad del producto de software [14]	19
3.8. Calidad basada en procesos [14]	20
3.9. Métricas de control y métricas de predicción [14]	21
3.10. Diagrama del framework para el cálculo de métricas con perfiles que almacena valores umbrales.	30
3.11. Patrones “singleton” y “método fábrica” sobre el framework de medición	33
3.12. Añadido al framework de medición la evaluación de métricas	33
4.1. Input generado por <i>Vaadin</i> vacío	42
4.2. Input generado por <i>Vaadin</i> con texto	42
5.1. Logo de <i>Evolution Metrics Gauge</i>	49
5.2. JRE empleado en la aplicación	51
5.3. Integración de <i>Maven</i> con <i>Eclipse</i>	56
5.4. Tablero de <i>Scrum</i> en <i>ZenHub</i> integrado en <i>GitHub</i>	57
5.5. Consola para <i>Git</i> de <i>Windows GitBash</i>	57
5.6. Algunos de los <i>GitHub Actions</i> existentes para <i>Java</i>	60

5.7.	<i>Workflow</i> definido para el proyecto	61
5.8.	<i>Secrets</i> o variables definidas para el proyecto en <i>GitHub</i>	63
5.9.	<i>Badges</i> en el archivo <i>Readme.md</i> del proyecto	63
5.10.	Ejemplo de informe generado por <i>JaCoCo</i>	64
5.11.	Conexión con <i>GitHub</i>	66
5.12.	Conexión con <i>GitLab</i>	66
5.13.	Desplegable con opciones para añadir repositorios.	66
5.14.	Interfaz de la aplicación donde se pueden ver las dos conexiones independientes a las dos forjas.	67
5.15.	Diálogo con botones generado por <i>Vaadin</i>	74
5.16.	Comparación de varios proyectos utilizando <i>Evolution metrics comparison</i>	74
5.17.	Diálogo de confirmación personalizado para importar repositorios desde archivo	77
6.1.	Comparación de dos proyectos utilizando <i>Activity-Api</i>	81

Índice de tablas

6.1. Tabla comparativa de herramientas, forjas	82
6.2. Tabla comparativa de herramientas, métricas	82

Introducción

El desarrollo de software es una actividad que puede ser enormemente compleja al poder desarrollar proyectos de gran envergadura que impliquen a muchas personas y entidades trabajando con diferentes herramientas y con variados patrones de organización [6]. Esta complejidad existe a nivel técnico ya que se requiere que se cumplan los requisitos establecidos funcionales pero es necesario que también se cumpla con los no funcionales como pueden ser la seguridad, la posibilidad de actualización, la escalabilidad de la arquitectura elegida, los tiempos de carga, etc. Además, esta complejidad existe también a nivel organizativo, es necesario que los jefes de proyecto sean capaces de organizar a los equipos y el trabajo a realizar de forma que se optimice tanto el tiempo como los recursos económicos disponibles.

Para poder salvar esta complejidad y que los jefes de proyecto sean capaces de llevar a cabo su tarea de optimización de los recursos se han creado diferentes modelos que permiten definir las actividades y tareas realizadas en los proyectos de forma organizada y lo más sencilla posible. Entre estos modelos destaca ***Unified Process (UP)*** [6] donde se definen las siguientes tareas en un proyecto:

- Captura de requisitos.
- Análisis
- Diseño
- Implementación
- Prueba

Estas diferentes tareas o fases de realizan de forma iterativa e incremental, es decir, tras la fase de prueba se comprueba que no existen nuevos requisitos y se repite todo el proceso. Cada una de estas iteraciones ha de resultar en un entregable o artefacto a ser posible funcional.

Este desarrollo iterativo incremental está también reflejado en otras metodologías de trabajo como son las de desarrollo ágil como *Scrum*, *Lean* o *eXtreme Programming*.

Para poder llevar a cabo este desarrollo iterativo y de forma colaborativa, entre varios desarrolladores, es necesario disponer de herramientas que permitan la gestión de los productos software como el proceso de desarrollo del equipo. Estas herramientas son los repositorios de software que son espacios centralizados donde se almacena, organiza, mantiene y difunde información digital, habitualmente archivos informáticos, que pueden contener trabajos científicos, conjuntos de datos o software¹.

Las herramientas de control de repositorios o forjas de proyectos software han evolucionado con los años y tienen muchas más funcionalidades, además del control de cambios de los archivos, se centran en fomentar el desarrollo colaborativo y la interacción entre desarrolladores. Entre dichas funcionalidades podemos nombrar el control de versiones, el control de los archivos de forma colaborativa, almacenándose tanto los propios archivos como las interacciones entre los miembros del equipo que los manipulan, sistemas de revisión de calidad, sistemas de control de incidencias (o *issues*) o sistemas de integración y despliegue continuo denominados *CICD* (*Continuous delivery - Continuous deployment*). Entre estas herramientas podemos destacar en la actualidad por ser las más usadas: *GitHub*², *GitLab*³ o *Bitbucket*⁴) aunque existen otras como *SourceForge*⁵.

Estas herramientas están en continua evolución desarrollando nuevas funcionalidades para mejorar la experiencia de los desarrolladores y los gestores de proyectos y permiten integración con terceros para ofrecer aquellas características que aún no ofrecen. En el orden de las metodologías ágiles las diferentes plataformas están avanzando mucho ofreciendo por ejemplo *GitLab*

¹<https://es.wikipedia.org/>

²<https://github.com/>

³<https://about.gitlab.com/>

⁴<https://bitbucket.org/>

⁵<https://sourceforge.net/>

el módulo *GitLab Issues*⁶) o *GitHub* ofreciendo *GitHub Issues*⁷ (mejorado con *ZenHub*⁸) que es la solución utilizada en este proyecto.

Estas herramientas generan una enorme cantidad de información de los proyectos y del proceso de desarrollo. En la actualidad uno de los aspectos del desarrollo de software que más interés despierta y en el que se realizan más avances es en la gestión de esta información ya que, cuanto más se optimice dicha gestión de la información, antes se pueden detectar los fallos en el proceso de desarrollo para optimizarlo. Este es el campo de trabajo de los jefes de proyecto, el correcto control sobre el proceso de desarrollo y el producto creado. Es por esto crucial que exista una manera de medir si se está realizando correctamente dicho proceso o no. Para ello existen las control y de predicción [14]. Las primeras se refieren al proceso de desarrollo, y las segundas al producto, en el presente TFG nos centraremos fundamentalmente en las primeras.

Es claro que el resultado de un proyecto dependerá del proceso de desarrollo seguido y su calidad. Esto es explicado, por ejemplo, por Sommerville en *Ingeniería de software* [14] y que cuanto mejor sea este proceso mejores resultados se obtendrán a la finalización de los proyectos.

Este presente TFG pretende profundizar en este punto, mejorar la calidad de los procesos de desarrollo, implementando medidas automáticas del proceso desarrollado en GitHub. Se implementa una nueva iteración sobre ***Evolution Metrics Gauge***, un software para calcular métricas de control⁹. Dicho software ha sido desarrollado en un TFG previo titulado ***Evolution Metrics Gauge - Comparador de métricas de evolución en repositorios software*** [18]. Este software consiste en una aplicación web escrita en lenguaje Java que toma como entrada un conjunto de repositorios públicos o privados de *GitLab* y calcula métricas de evolución que permiten comparar los proyectos. En esta nueva iteración se extiende la funcionalidad a repositorios de *GitHub*, se añaden nuevas métricas y se implementan diferentes mejoras. Podemos ver las diferencias entre las interfaces de ambas iteraciones en las figuras 1.1 y 1.2

⁶<https://docs.gitlab.com/ee/user/project/issues/>

⁷<https://docs.github.com/en/issues/tracking-your-work-with-issues/about-issues>

⁸<https://www.zenhub.com/>

⁹También llamadas métricas de proceso o métricas de evolución.

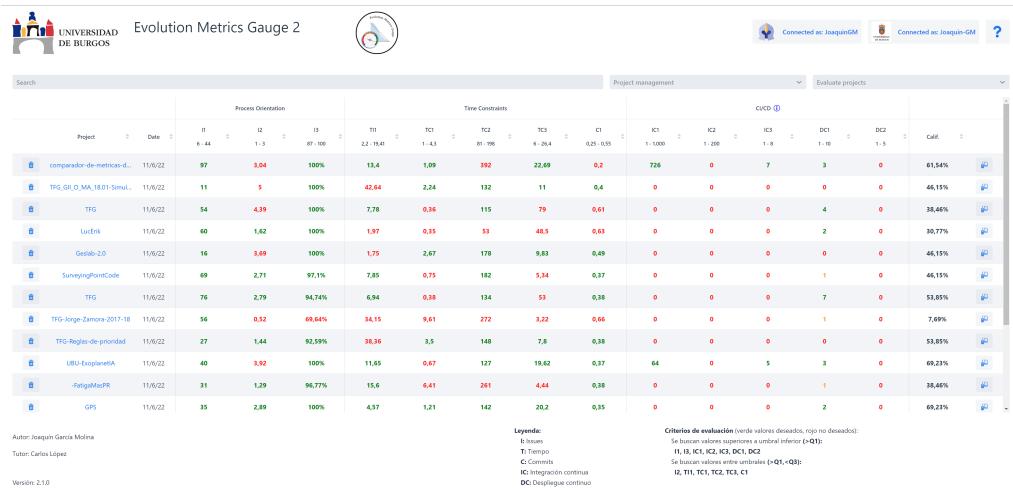


Figura 1.1: Nueva versión generada en este TFG de *Evolution Metrics Gauge* - *Comparador de métricas de evolución en repositorios software*

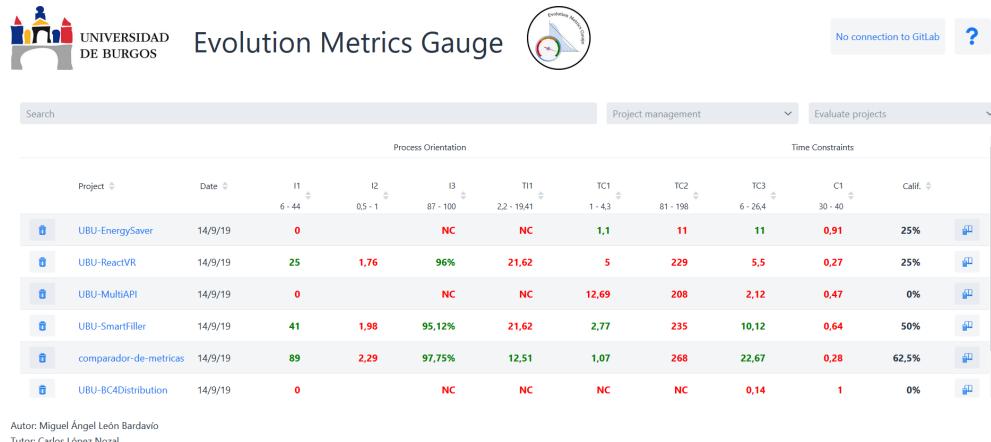


Figura 1.2: Primera iteración de *Evolution Metrics Gauge* - *Comparador de métricas de evolución en repositorios software*

1.1. Estructura de la memoria

La presente memoria tiene la siguiente estructura¹⁰:

Introducción. Introducción. Estructura de la memoria y anexos.

Objetivos del proyecto. Objetivos que busca alcanzar el proyecto.

Conceptos teóricos. Definiciones de los conceptos empleados en el proyecto.

Técnicas y herramientas. Técnicas y herramientas utilizadas durante el desarrollo del proyecto.

Aspectos relevantes del desarrollo. Aspectos destacables durante el proceso de desarrollo del proyecto.

Trabajos relacionados y *debt process*. Desarrollos relacionados y deuda técnica asociada a proceso.

Conclusiones y líneas de trabajo futuras. Conclusiones tras la realización del proyecto y posibilidades de mejora o expansión.

Se incluyen también los siguientes anexos:

Plan del proyecto software. Planificación temporal y estudio de la viabilidad del proyecto.

Especificación de requisitos del software. Análisis de los requisitos.

Especificación de diseño. Diseño de los datos, diseño procedimental y diseño arquitectónico.

Manual del programador. Aspectos relevantes del código fuente.

Manual de usuario. Manual de uso para usuarios que utilicen la aplicación.

¹⁰Se parte de la plantilla *LaTeX* proporcionada en <https://github.com/ubutfgm/plantillaLatex>

Objetivos del proyecto

El software desarrollado en este TFG, que se encuentra disponible en:
https://github.com/Joaquin-GM/GII_0_MA_19.07-Comparador-de-metricas-de-evolucion-en-repositorios-Software

es una segunda iteración del software desarrollado *Evolution Metrics Gauge*, disponible en:
<https://gitlab.com/mlb0029/comparador-de-metricas-de-evolucion-en-repositorios-software>

Para facilitar la comprensión se divide en esta sección con los objetivos definidos en cada iteración. Además se ha diferenciado entre objetivos generales y técnicos.

2.1. Objetivos Evolution Metrics Gauge iteración 1

A continuación se enumeran los objetivos iniciales de la aplicación ya desarrollada y cómo se han desarrollado: [18]

- Se obtienen medidas de métricas de evolución de uno o varios proyectos alojados en repositorios de *GitLab*.
- Las métricas que se calculan de un repositorio son algunas de las especificadas en la tesis titulada “*sPACE: Software Project Assessment in the Course of Evolution*” [13] y adaptadas a los repositorios software:
 - Número total de incidencias (*issues*)
 - Cambios (*commits*) por incidencia
 - Porcentaje de incidencias cerrados

- Media de días en cerrar una incidencia
- Media de días entre cambios
- Días entre primer y último cambio
- Rango de actividad de cambios por mes
- Porcentaje de pico de cambios
- Se permite comparar con otros proyectos de la misma naturaleza. Para ello se establecen unos valores umbrales por cada métrica basados en el cálculo de los cuartiles Q1 y Q3. Además, estos valores se calculan dinámicamente y se almacenan en perfiles de configuración de métricas.
- Se permite la posibilidad de almacenar de manera persistente estos perfiles de configuración de métricas por medio de archivos para permitir comparaciones futuras.
- También se permite almacenar de forma persistente las métricas obtenidas de los repositorios para su posterior consulta o tratamiento. Esto permite comparar nuevos proyectos con proyectos de los que ya se han calculado sus métricas. Esta funcionalidad se basa en la exportación e importación de los valores de métricas obtenidos por la aplicación en diferentes análisis usando archivos *CSV*.

2.2. Objetivos Evolution Metrics Gauge iteración 2

El objetivo principal del presente TFG es realizar mejoras y extender la funcionalidad que tiene el software ***Evolution Metrics Gauge***, un software para calcular métricas de control ¹¹ sobre distintos repositorios. En esta nueva iteración se pretende:

- Calcular las 8 métricas de evolución definidas sobre repositorios *GitHub* además de *GitLab* .
- Implementar nuevas métricas a las ya evaluadas.
- Realizar pruebas con repositorios de *GitLab* y *GitHub* simultáneamente.
- Diseñar una interfaz gráfica que permita la interacción simultánea con repositorios de *GitLab* y *GitHub*.
- Comprender y aplicar el flujo de trabajo de integración continua e implementarlo en el proyecto.
- Definir un conjunto de pruebas que ayuden a detectar errores de la versión actual y en la nueva funcionalidad.

¹¹También llamadas métricas de proceso o métricas de evolución

2.3. Objetivos técnicos

Este apartado recoge los requisitos técnicos del proyecto existente [18]:

- Diseño de la aplicación de manera que se puedan extender con nuevas métricas con el menor coste de mantenimiento posible. Para ello, se aplica un diseño basado en frameworks y en patrones de diseño [2].
- El diseño de la aplicación facilita la extensión a otras plataformas de desarrollo colaborativo como *GitHub* o *Bitbucket*.
- Aplicación del *frameworks ‘modelo-vista-controlador’* para separar la lógica de la aplicación y la interfaz de usuario.
- Creación una batería de pruebas automáticas con cobertura por encima del 90 % en los subsistemas de lógica de la aplicación.
- Utilización una plataforma de desarrollo colaborativo que incluya un sistema de control de versiones, un sistema de seguimiento de incidencias y que permita una comunicación fluida entre el tutor y el alumno.
- Utilización un sistema de integración y despliegue continuo.
- Correcta gestión de errores definiendo excepciones de biblioteca y registrando eventos de error e información en ficheros de *log*.
- Aplicar nuevas estructuras del lenguaje Java para el desarrollo, como son expresiones lambda.
- Utilización de sistemas que aseguren la calidad continua del código que permitan evaluar la deuda técnica del proyecto.
- Pruebas la aplicación con ejemplos reales y utilizando técnicas avanzadas, como entrada de datos de test en ficheros con formato tabulado tipo *CSV (comma separated values)*.
- Comprender y aplicar el flujo de trabajo de integración continua del proyecto actual.
- Implementar un sistema de registro de errores persistente para gestionar su posible resolución.
- Pruebas la aplicación con ejemplos reales y utilizando técnicas avanzadas, como entrada de datos de test en ficheros con formato tabulado tipo *CSV (comma separated values)* también para métricas obtenidas de repositorios de *GitHub*.

Conceptos teóricos

3.1. Evolución de software: Proceso o ciclo de vida de un proyecto software

Un proceso del software es un conjunto de actividades cuya meta es el desarrollo de software desde cero o la evolución de sistemas software existentes. Para representar este proceso se utilizan modelos de procesos, que no son más que representaciones abstractas de este proceso desde una perspectiva particular. Estos modelos son estrategias para definir y organizar las diferentes actividades y artefactos del proceso. Los artefactos son las salidas de las actividades y el conjunto de artefactos conforman el producto software. Actividades comunes a cualquier modelo son:

- **Especificación:** En esta actividad se define la funcionalidad del software y los requerimientos que ha de cumplir.
- **Diseño e implementación:** En esta fase se define el diseño del software, se generan los artefactos y se realizan pruebas sobre ellos.
- **Validación:** En esta fase se debe asegurar que los artefactos generados cumplen con su especificación.
- **Evolución:** Fase asociada a la **corrección** de defectos o fallos, **adaptación** del software a cambios en el entorno en el que se utiliza, **mejora** y ampliación, y **prevención** mediante técnicas de ingeniería inversa y reingeniería como la refactorización.

Existen modelos de proceso generales como el tradicional modelo en cascada de los 80 (ver Fig. 3.1) o el modelo incremental (ver Fig. 3.2)

recogido en métodos y buenas prácticas del desarrollo ágil [10] como *Scrum*, *eXtreme Programming* o *Lean* entre otros. En el caso de *Unified Process (UP)* [6] se identifican las siguientes actividades o flujos de trabajo: recolección de requisitos, diseño e implementación, pruebas y despliegue. Además, en *UP* se añaden tres flujos de trabajo de soporte: configuración de cambios, gestión de proyecto y gestión de entorno. Estos flujos de trabajo se aplican iterativamente durante varias fases del desarrollo en cada una de las cuales se incrementa el producto software con algún artefacto resultado de la actividad.

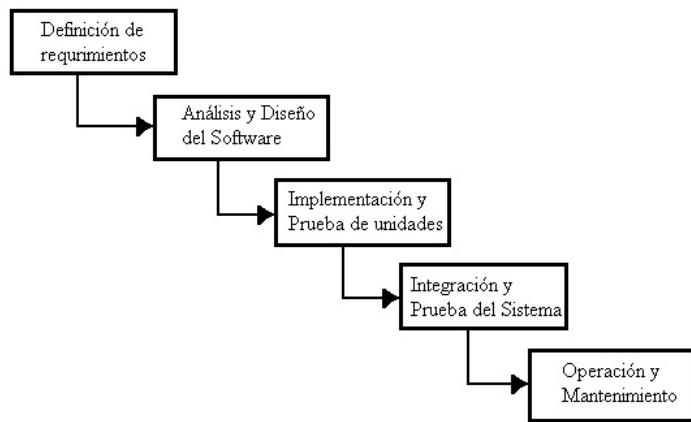


Figura 3.1: Modelo de proceso en cascada [17]

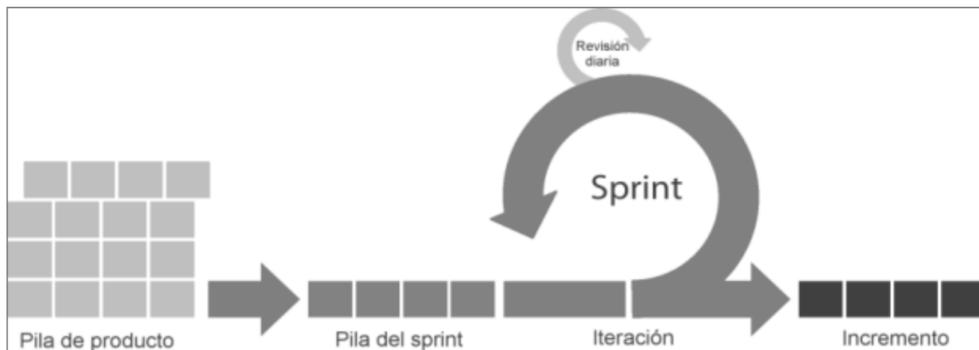


Figura 3.2: Modelo de proceso incremental: *Scrum* [10]

Sin embargo, estos modelos generales deben ser extendidos y adaptados para crear modelos más específicos. No existe un único proceso ideal para construir todos los productos software debido a que este proceso depende de la naturaleza del proyecto y de otros factores como el equipo de desarrollo, la

estabilidad de los requisitos funcionales, la importancia de los requisitos no funcionales como escalabilidad, seguridad, licencias, lenguaje de programación, tipo de arquitectura de computación, etc. Todos estos factores hacen que el proceso sea bastante complejo y que se requiera un modelo diferente para cada proyecto.

3.2. Repositorios y forjas de proyectos software

En el apartado anterior se habla sobre la complejidad de un proceso software y que éste puede ser representado por modelos que ayudan a organizar las diferentes actividades. En este apartado se hablará sobre metodologías y herramientas que pueden ayudar en más de una actividad del ciclo de vida.

Los repositorios de código son espacios virtuales donde los equipos de desarrollo generan los artefactos colaborativos procedentes de las actividades de un proceso de desarrollo. Estas herramientas permiten a un equipo de desarrollo trabajar en paralelo, lo que en ingeniería del software es complicado debido a que, por lo general, miembros del mismo equipo necesitan trabajar sobre el mismo fichero y esto genera conflictos. Normalmente estos espacios se encuentran en servidores por motivos de seguridad y para facilitar el acceso al repositorio a los miembros del equipo.

Un buen repositorio no solo permite almacenar los artefactos generados por cada una de las actividades del ciclo de vida del software, sino que también permite llevar un historial de cambios e incluso ayudará a entender el contexto de la aplicación: quién ha realizado los cambios y por qué, es decir, almacena las interacciones entre los miembros del equipo. Para ello se utilizan distintos sistemas, dependiendo del artefacto generado: foros de comunicación, sistemas de control de versiones como *Git*, sistemas de gestión de incidencias, sistemas de gestión de pruebas, sistemas de revisiones de calidad, sistemas de integración y despliegue continuo, etc. [5].

Además de estos repositorios, en la última década han surgido forjas de proyectos software de fácil acceso tanto para proyectos empresariales como para proyectos open-source (SourceForge ¹², GitHub ¹³, GitLab ¹⁴, Bitbucket

¹²<https://sourceforge.net/>

¹³<https://github.com/>

¹⁴<https://about.gitlab.com/>

¹⁵).

El presente proyecto está almacenado en un repositorio en *GitHub*¹⁶, ver Fig 3.3.

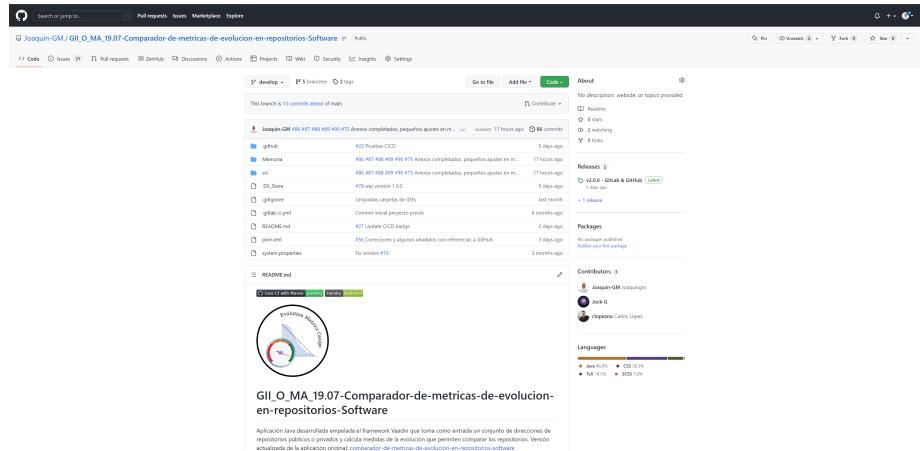


Figura 3.3: Captura del presente proyecto almacenado en *GitHub*

Estas forjas suelen ofrecer servidores para almacenar repositorios e integran múltiples sistemas para dar soporte a los flujos de trabajo y registrar las interacciones entre los miembros del equipo, también ofrecen posibilidades para usar estos sistemas en un servidor particular. Además, se puede extender su funcionalidad con sistemas de terceros para gestionar otras actividades no soportadas directamente por la propia forja, como *Travis CI*¹⁷ para gestionar la integración continua o *Codacy*¹⁸ para gestionar las revisiones automáticas de calidad.

Actualmente estas forjas han tenido una gran aceptación entre la comunidad de desarrolladores y existen muchos desarrollos de software de tendencia que las utilizan. En la Fig. 3.4 se aprecia como cambia la tendencia de utilización de dichas forjas en el tiempo. Actualmente la forja predominante es claramente *GitHub* pero se ve un incremento en el uso de *GitLab*.

¹⁵<https://bitbucket.org/>

¹⁶Enlace al repositorio del proyecto en *GitHub*: https://github.com/Joaquin-GM/GII_O_MA_19.07-Comparador-de-metricas-de-evolucion-en-repositorios-Software

¹⁷<https://travis-ci.org/>

¹⁸<https://www.codacy.com/>

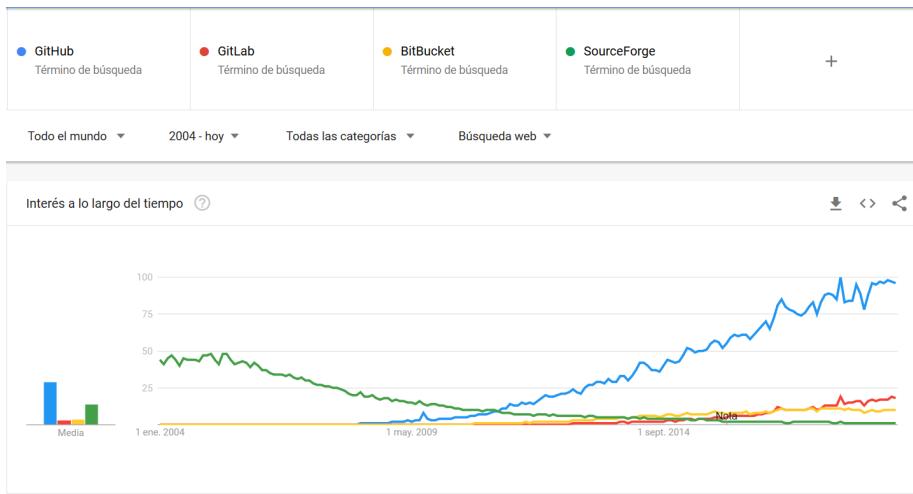


Figura 3.4: Comparativa de tendencia de búsqueda de *Google* desde 2004 con los términos de distintas forjas de proyectos software

Estas forjas de proyectos software están en constante evolución, tanto en sus estructuras estáticas como en sus interacciones dinámicas en los proyectos y se registran grandes conjuntos de datos difíciles de procesar. Sin embargo, las forjas de proyectos software proporcionan interfaces de programación específicas que permiten acceder a toda la información registrada.

El desafío a la comunidad científica y empresarial es constante mostrando un incremento en el interés en las aplicaciones de minería que mejoren sus sistemas de decisión [5]. Estos datos que registran las forjas de repositorios pueden ser utilizados para mejorar estos sistemas de decisión en función de la evolución del proyecto.

GitHub vs. GitLab

Se ha hablado anteriormente de las forjas de repositorios como *GitHub* o *GitLab* y se puede observar en la Fig. 3.4 la tendencia en el uso de diferentes forjas. Se observa como *GitHub* predomina sobre las demás y como crece el uso de *GitLab*. En esta sección se comparan los aspectos más relevantes de estas dos tendencias según los servicios que ofrecen. La fuente de esta información es un artículo de *GitLab* llamado ‘*GitHub vs. GitLab*’ [4].

CI/CD - Continuous Integration/Continuous Delivery

La integración y despliegue continuo son prácticas sirve para para construir, probar y, en caso de tratarse de una página o aplicación web, desplegar la aplicación una vez se combinen los cambios en el repositorio central. Ambos ofrecen la posibilidad de realizar este proceso mediante software de terceros como *Travis CI*. Sin embargo, *GitHub* (forja de repositorios donde se aloja el proyecto) ofrece una solución propia que se empleará en el proyecto, *GitHub Actions* y se ha definido un flujo de trabajo de integración continua y despliegue continuo utilizándolo que se detallará en la sección de Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto.

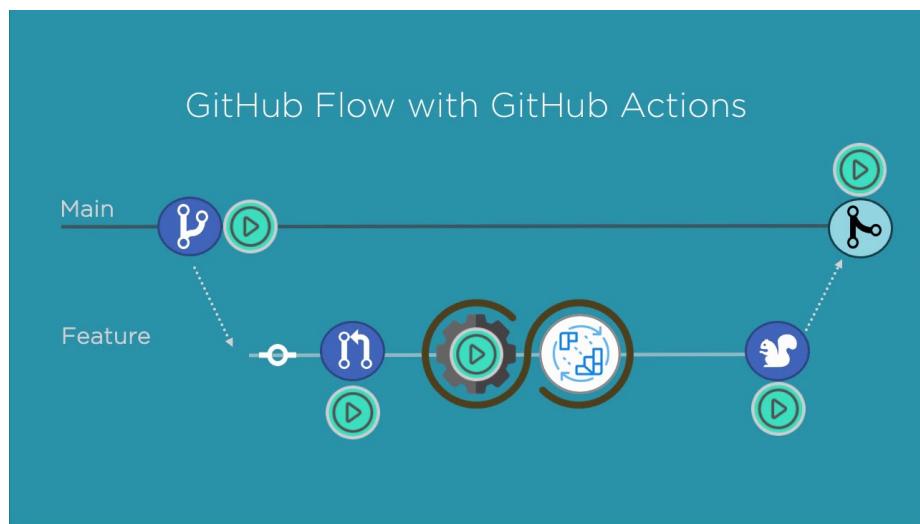


Figura 3.5: *CICD* con *GitHubActions* [3]

Estadísticas e informes

Ambos ofrecen estadísticas e informes sobre los datos que registran de los repositorios y pueden ser accedidos visualmente desde la Web del repositorio o desde APIs de programación. Por ejemplo, las métricas que trabaja este proyecto se calculan a partir de datos proporcionados por estas APIs.

Algo que ofrece *GitLab* y no *GitHub* es la monitorización del rendimiento de las aplicaciones que se hayan desplegado.

Importación y exportación de proyectos

A diferencia de GitHub, *GitLab* ofrece la posibilidad de importar proyectos desde otras fuentes como *GitHub*, *Bitbucket*, *Google Code*, etc. También es posible exportar proyectos de *GitLab* a otros sistemas.

Sistema de seguimiento de incidencias (issues)

Ambos cuentan con un sistema de seguimiento de incidencias (*issuetracking system* o *issuetracker*), permiten crear plantillas para las incidencias, adornarlas con Markdown¹⁹, usar etiquetas o *labels* para categorizarlas, asignarlas a uno o varios miembros del equipo y bloquearlas para que sólo puedan comentarlas los miembros del equipo.

Sin embargo, *GitLab* da un paso más y permite asignar peso a las tareas, crear *milestones*, asignar fechas de vencimiento, marcar la incidencia como confidencial, relacionar incidencias, mover o copiar incidencias a otros proyectos, marcar incidencias duplicadas, exportarlas a CSV, entre otras cosas. Otros aspectos destacables de *GitLab* en cuanto a este tema son los gráficos *Burndown* de los *milestones* (ver Fig. 3.6), acciones rápidas y la gestión de una lista de quehaceres (*todos*) de un usuario cuándo a este se le asignan incidencias.

¹⁹Markdown es un lenguaje de marcado que facilita la aplicación de formato a un texto empleando una serie de caracteres de una forma especial [8]



Figura 3.6: Ejemplo de gráfico *burndown*

A diferencia de *GitLab*, *GitHub* mantiene un historial de cambios en los comentarios de una incidencia; permite asignar las incidencias a listas mediante “drag and drop”; proporciona información útil al pasar el ratón por encima de elementos de la Web como usuario, *issues*, etc.

Wiki

En ambas forjas es posible disponer de una *wiki* para el proyecto.

Otros aspectos destacables

- *GitHub* permite repositorios 100 % binarios
- Es posible instalar una instancia de *GitLab* en un servidor particular, lo que posibilita gestionar software adicional dentro del servidor como sistemas de detección de intrusos o un monitor de rendimiento.
- *GitLab* permite elegir miembros del equipo como revisores de “*merge requests*”.
- El código de *GitLab EE* puede ser modificado para ajustarlo a las necesidades de seguridad y desarrollo.
- Ambos incluyen *APIs* que permiten realizar aplicaciones que se integren con *GitLab* o *GitHub*. Esto ha sido clave para la realización de este proyecto, como se ha mencionado anteriormente.

- *GitLab* nos proporciona un *IDE*²⁰ Web para realizar modificaciones sobre el código desde el mismo *GitLab*, también incluye un terminal Web para el *IDE* que permite, por ejemplo, compilar el código.
- Ambos permiten la integración con repositorios *Maven*²¹

3.3. Calidad de un producto software

El software debe tener la funcionalidad y el rendimiento requeridos por el usuario, además de ser mantenible, confiable, eficiente y fácil de utilizar.

La calidad de un producto de software no tiene que ver sólo con que se cumplan todos los requisitos funcionales, sino también otros requerimientos no funcionales que no se incluyen en la especificación como los de mantenimiento, eficiencia y usabilidad.

Sommerville enumera en *Ingeniería del software* [14] los principales factores que afectan a la calidad del producto, como se puede observar en la Fig. 3.7:

- Calidad del proceso
- Tecnología de desarrollo
- Calidad del personal
- Costo, tiempo y duración

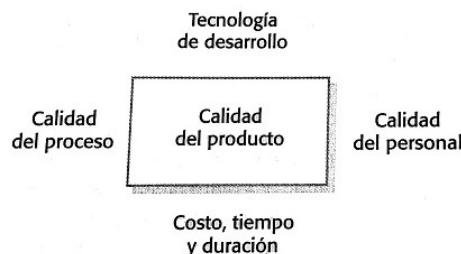


Figura 3.7: Principales factores de calidad del producto de software [14]

Para llegar a tener un software de calidad hay que tener en cuenta todos los factores mencionados anteriormente en cada una de las tres fases de la **administración de la calidad**: aseguramiento, planificación y control.

²⁰Integrated Development Environment — Entorno de Desarrollo Integrado

²¹Herramienta para la gestión de proyectos software: <https://maven.apache.org/>

Aseguramiento de la calidad. Se encarga de establecer un marco de trabajo de procedimientos y estándares que guíen a construir software de calidad.

Planificación de la calidad. Selección de procedimientos y estándares para un proyecto software específico.

Control de la calidad. La fase de control es la que se encarga de que el equipo de desarrollo cumpla los estándares y procedimientos definidos en el plan de calidad del proyecto. Esta fase puede realizarse mediante revisiones de calidad llevados a cabo por un grupo de personas y/o mediante un proceso automático llevado a cabo por algún programa.

Control de la calidad: medición

En la fase de control de calidad se vigila que se sigan los procedimientos y estándares definidos en el plan de calidad. Pero estos podrían no ser adecuados o siempre pueden mejorar, por lo que en esta fase se puede valorar el mejorarlo como se puede observar en la Fig. 3.8.

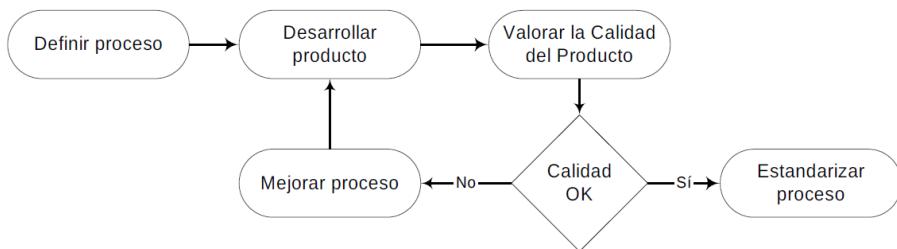


Figura 3.8: Calidad basada en procesos [14]

Este proceso puede ser llevado a cabo mediante revisiones ejecutadas por un grupo de personas o por medio de programas que automaticen este proceso. El desafío a la comunidad científica y empresarial es constante mostrando un incremento en el interés de aplicaciones que permiten mejorar sus sistemas de decisión. Estas aplicaciones deberán llevar un control sobre el proceso y/o sobre el producto software y ese control se podrá realizar mediante un proceso de medición, que ofrece una medida cuantitativa de los atributos del producto y proceso software.

La medición del software es un proceso en el que se asignan valores numéricos o simbólicos a atributos de un producto o proceso software. Una métrica de software es una medida cuantitativa del grado en que un sistema,

componente o proceso software posee un atributo dado. Las métricas son de control o de predicción. Las **métricas de control** se asocian al proceso de desarrollo del software, por ejemplo, la media de días que se tarda en cerrar una incidencia; y las **métricas de predicción** se asocian a productos software, por ejemplo, la complejidad ciclomática de una función. Ambos tipos de métricas influyen en la toma de decisiones administrativas como se observa en la Fig. 3.9. Los repositorios y las forjas facilitan la obtención de datos para este proceso de medición.

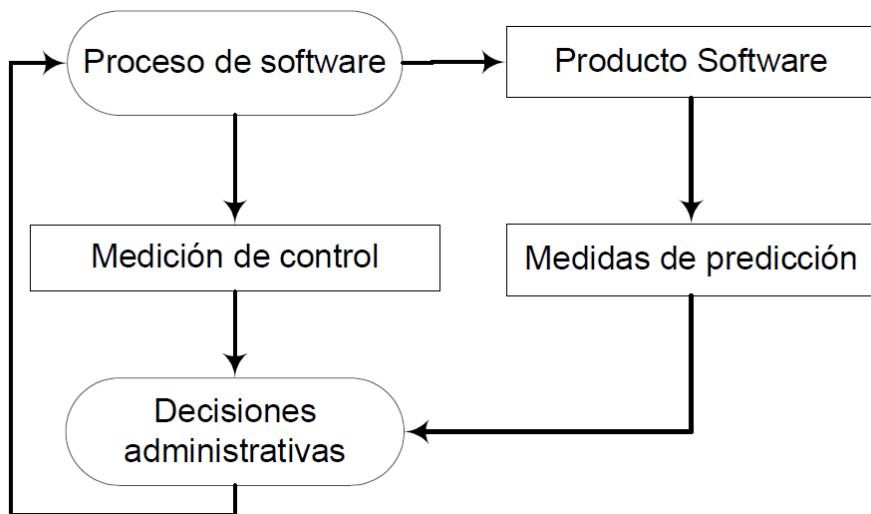


Figura 3.9: Métricas de control y métricas de predicción [14]

Este proyecto se centra sólo en la obtención de métricas de evolución que permitirán controlar y evaluar el proceso del desarrollo de un producto software. Por tanto se dejarán las métricas de predicción para otros trabajos y se detallará más sobre las de control en el siguiente apartado.

Métricas de control: medición de la evolución o proceso de software

En la Fig. 3.7 se muestra la calidad de proceso como factor que afecta directamente a la calidad de producto. Parece lógico considerar como hipótesis que la calidad de un artefacto software tenga alguna relación con la manera en la que el equipo de desarrollo aplica las actividades del ciclo de vida del software dentro del repositorio. La validación empírica de estas hipótesis ha abierto una nueva línea de aplicación con los conjuntos de datos que se pueden extraer de los repositorios gracias a interfaces de programación

específicas que proporcionan estas forjas de repositorios y que permiten acceder a toda la información registrada.

Una plataforma de desarrollo colaborativo como *GitLab* puede presentar herramientas para controlar la evolución de un proyecto software, por ejemplo: un sistema de control de versiones (*VCS - Version Control System*), un sistema de seguimiento de incidencias (*issue Tracking System*), un sistema de integración continua (*CI - Continuous Integration*), un sistema de despliegue continuo (*CD - Continuous Deployment*), etc. Todas estas herramientas facilitan la comunicación entre los miembros de un equipo de desarrollo, ayudan a gestionar los cambios que producen cada uno de los miembros y proporcionan mediciones de proceso. Estas mediciones se pueden utilizar para obtener métricas de control que ayuden a evaluar y mejorar la evolución del proyecto.

Las métricas de control que se utilizan en este proyecto provienen de una *Master Thesis* titulada *sPACE: Software Project Assessment in the Course of Evolution* [13]. A continuación se describen las métricas que se implementan en este proyecto usando la plantilla de definición de la norma ISO 9126.

Además, en esta segunda iteración del proyecto se han añadido cinco nuevas métricas relacionadas con la integración y despliegue continuo (*CICD*).

I1 - Número total de *issues* (incidencias)

- **Categoría:** Proceso de Orientación
- **Descripción:** Número total de *issues* creadas en el repositorio
- **Propósito:** ¿Cuántas *issues* se han definido en el repositorio?
- **Fórmula:** $NTI. NTI = \text{número total de issues}$
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $NTI \geq 0$. Valores bajos indican que no se utiliza un sistema de seguimiento de incidencias, podría ser porque el proyecto acaba de comenzar
- **Tipo de escala:** Absoluta
- **Tipo de medida:** $NTI = \text{Contador}$

I2 - commits (cambios) por issue

- **Categoría:** Proceso de Orientación
- **Descripción:** Número de *commits* por *issue*
- **Propósito:** ¿Cuál es el volumen medio de trabajo de las *issues*?
- **Fórmula:** $CI = \frac{NTC}{NTI}$. $CI = \text{Cambios por issue}$, $NTC = \text{Número total de commits}$, $NTI = \text{Número total de issues}$
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $CI \geq 1$, Lo normal son valores altos. Si el valor es menor que uno significa que hay desarrollo sin documentar.
- **Tipo de escala:** Ratio
- **Tipo de medida:** $NTC, NTI = \text{Contador}$

I3 - Porcentaje de issues cerradas

- **Categoría:** Proceso de Orientación
- **Descripción:** Porcentaje de *issues* cerradas
- **Propósito:** ¿Qué porcentaje de *issues* definidas en el repositorio se han cerrado?
- **Fórmula:** $PIC = \frac{NTIC}{NTI} * 100$. $PIC = \text{Porcentaje de issues cerradas}$, $NTIC = \text{Número total de issues cerradas}$, $NTI = \text{Número total de issues}$
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $0 \leq PIC \leq 100$. Cuanto más alto mejor
- **Tipo de escala:** Ratio
- **Tipo de medida:** $NTI, NTIC = \text{Contador}$

TI1 - Media de días en cerrar una issue

- **Categoría:** Constantes de tiempo
- **Descripción:** Media de días en cerrar una *issue*
- **Propósito:** ¿Cuánto se suele tardar en cerrar una *issue*?
- **Fórmula:** $MDCI = \frac{\sum_{i=0}^{NTIC} DCI_i}{NTIC}$. *MDCI = Media de días en cerrar una issue, NTIC = Número total de issues cerradas, DCI = Días en cerrar la issue*
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $MDCI \geq 0$. Cuanto más pequeño mejor. Si se siguen metodologías ágiles de desarrollo iterativo e incremental como SCRUM, la métrica debería indicar la duración del *sprint* definido en la fase de planificación del proyecto. En SCRUM se recomiendan duraciones del *sprint* de entre una y seis semanas, siendo recomendable que no exceda de un mes [10].
- **Tipo de escala:** Ratio
- **Tipo de medida:** *NTI, NTIC = Contador*

TC1 - Media de días entre *commits*

- **Categoría:** Constantes de tiempo
- **Descripción:** Media de días que pasan entre dos *commits* consecutivos
- **Propósito:** ¿Cuántos días suelen pasar desde un *commit* hasta el siguiente?
- **Fórmula:** $MDC = \frac{\sum_{i=1}^{NTC} TC_i - TC_{i-1}}{NTC}$. *TC_i - TC_{i-1} en días; MDC = Media de días entre cambios, NTC = Número total de commits, TC = Tiempo de commit*
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $MDEC \geq 0$. Cuanto más pequeño mejor. Se recomienda no superar los 5 días.
- **Tipo de escala:** Ratio

- **Tipo de medida:** $NTC = \text{Contador}$; $TC = \text{Tiempo}$

TC2 - Días entre primer y último commit

- **Categoría:** Constantes de tiempo
- **Descripción:** Días transcurridos entre el primer y el último *commit*
- **Propósito:** ¿Cuántos días han pasado entre el primer y el último *commit*?
- **Fórmula:** $DEPUC = TC2 - TC1$. $TC2 - TC1$ en días; $DEPUC = \text{Días entre primer y último commit}$, $TC2 = \text{Tiempo de último commit}$, $TC1 = \text{Tiempo de primer commit}$
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $DEPUC \geq 0$. Cuanto más alto, más tiempo lleva en desarrollo el proyecto. En procesos software empresariales se debería comparar con la estimación temporal de la fase de planificación.
- **Tipo de escala:** Absoluta
- **Tipo de medida:** $TC = \text{Tiempo}$

TC3 - Ratio de actividad de commits por mes

- **Categoría:** Constantes de tiempo
- **Descripción:** Muestra el número de *commits* relativos al número de meses
- **Propósito:** ¿Cuál es el número medio de cambios por mes?
- **Fórmula:** $RCM = \frac{NTC}{NM}$. $RCM = \text{Ratio de cambios por mes}$, $NTC = \text{Número total de commits}$, $NM = \text{Número de meses que han pasado durante el desarrollo de la aplicación}$
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $RCM > 0$. Cuanto más alto mejor

- **Tipo de escala:** Ratio
- **Tipo de medida:** $NTC = \text{Contador}$

C1 - Cambios pico

- **Categoría:** Constantes de tiempo
- **Descripción:** Número de *commits* en el mes que más *commits* se han realizado en relación con el número total de *commits*
- **Propósito:** ¿Cuál es la proporción de trabajo realizado en el mes con mayor número de cambios?
- **Fórmula:** $CP = \frac{NCMP}{NTC}$. $CP = \text{Cambios pico}$, $NCMP = \text{Número de commits en el mes pico}$, $NTC = \text{Número total de commits}$
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $0 \leq CCP \leq 1$. Mejor valores intermedios. Se recomienda no superar el 40 % del trabajo en un mes.
- **Tipo de escala:** Ratio
- **Tipo de medida:** $NCMP$, $NTC = \text{Contador}$

Nuevas métricas relacionadas con CI-CD

IC1 - Número total de *jobs* ejecutados

- **Categoría:** CI-CD
- **Descripción:** Número de *jobs* ejecutados en el proyecto.
- **Propósito:** ¿Cuál es el número total de *jobs* ejecutados con éxito en el proyecto?
- **Fórmula:** $NJE = \text{número total de jobs}$.
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.

- **Interpretación:** $NJE \geq 0$. Un valor de cero indica que el proyecto no tiene integración y despliegues continuos y no se ha realizado ningún trabajo automatizado de despliegue.
- **Tipo de escala:** Absoluta
- **Tipo de medida:** $NJE = Contador$

IC2 - Número de *Jobs* ejecutados el último año

- **Categoría:** CI-CD
- **Descripción:** Número de *jobs* ejecutados en el último año (últimos 365 días).
- **Propósito:** ¿Cuál es el número total de *jobs* ejecutados con éxito en el proyecto durante el año previo?
- **Fórmula:** $NJELY = \text{número total de } jobs \text{ ejecutados el último año.}$
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $NJELY \geq 0$. Un valor de cero indica que en el proyecto no se ha realizado ningún trabajo automatizado de despliegue durante el último año.
- **Tipo de escala:** Absoluta
- **Tipo de medida:** $NJELY = Contador$

IC3 - Número de tipos diferentes de *jobs* ejecutados

- **Categoría:** CI-CD
- **Descripción:** Número de tipos diferentes de *jobs* ejecutados en el proyecto.
- **Propósito:** ¿Cuál es el número total de tipos de *jobs* ejecutados con éxito en el proyecto?
- **Fórmula:** $NTJE = \text{número total de tipos diferentes de } jobs \text{ ejecutados en el proyecto.}$

- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $NTJE \geq 0$. Un valor de cero indica que el proyecto no tiene integración y despliegues continuos y no se ha realizado ningún trabajo automatizado de despliegue.
- **Tipo de escala:** Absoluta
- **Tipo de medida:** $NTJE = Contador$

DC1 - Número total de releases

- **Categoría:** CI-CD
- **Descripción:** Número de *releases* lanzadas en el proyecto.
- **Propósito:** ¿Cuál es el número total de *releases* del proyecto?
- **Fórmula:** $NRR = \text{número total de releases lanzadas en el proyecto}$.
- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $NRR \geq 0$. Un valor de cero indica que aún no se ha lanzado ninguna *release* del proyecto.
- **Tipo de escala:** Absoluta
- **Tipo de medida:** $NRR = Contador$

DC2 - Número de releases lanzadas el último año

- **Categoría:** CI-CD
- **Descripción:** Número de *releases* lanzadas en el proyecto en el último año (últimos 365 días).
- **Propósito:** ¿Cuál es el número total de *releases* lanzadas en el proyecto durante el año previo?
- **Fórmula:** $NRRLY = \text{número total de releases lanzadas en el proyecto en el último año}$.

- **Fuente de medición:** Proyecto en una plataforma de desarrollo colaborativo.
- **Interpretación:** $NRRLY \geq 0$. Un valor de cero indica que no se ha lanzado ninguna *release* del proyecto durante el último año.
- **Tipo de escala:** Absoluta
- **Tipo de medida:** $NRRLY = Contador$

Framework de medición

Para la implementación de las métricas se ha seguido la solución basada en frameworks propuesta en *Soporte de Métricas con Independencia del Lenguaje para la Inferencia de Refactorizaciones* [9]. El objetivo del *framework* es la reutilización en la implementación del cálculo de métricas. El diseño, mostrado en la Fig. 3.10, permite:

- Facilitar el desarrollo de nuevas métricas
- Personalizar los valores límite inferior y superior, puesto que éstos pueden variar dependiendo del contexto en el que se calculen las métricas.
- Crear un grupo de configuraciones de métricas llamado ‘Perfil de métricas’ para poder evaluar los proyectos en torno a un contexto. Dos casos de ejemplo serían:
 - Crear un perfil de métricas para un grupo de trabajo que se encargue de software de finanzas y evaluar un proyecto respecto de proyectos ya terminados o respecto de proyectos públicos.
 - Crear un perfil que evalúe las métricas de proyectos de fin de grado.

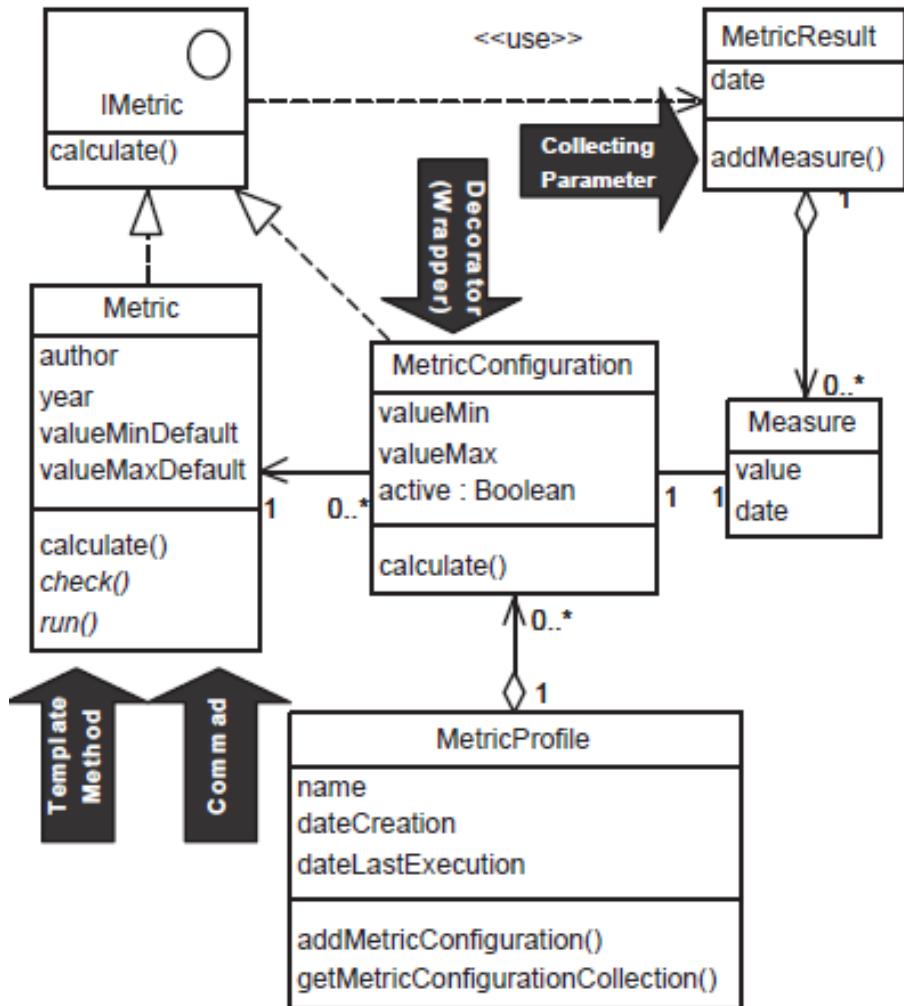


Figura 3.10: Diagrama del framework para el cálculo de métricas con perfiles que almacena valores umbrales.

En el diagrama UML de la Fig. 3.10 se muestran las entidades principales del framework de medición y la relación entre ellas, especificando la navegabilidad y la multiplicidad. Las anotaciones en forma de flecha oscura especifican los patrones de diseño [2] aplicados en el framework.

Para crear una nueva métrica, esta deberá implementar la clase abstracta *Metric*, en especial los métodos *check()* y *run()*. El método *calculate()* de

la clase *Metric* utiliza el patrón de diseño **método plantilla**²² sobre estos métodos, que deberán ser implementados por las clases concretas que hereden de *Metric*. Un ejemplo de este método sería:

```
...
Value calculate(Entity entity,
MetricConfiguration metricConfig,
MetricsResults metricsResults)
{
    Value value;
    if(check(entity))
    {
        value = run(entity);
        metricsResults.addMeasure(new Measure(metricConfig, value));
    }
    return value;
}
...
```

Siendo *entity* la entidad que se está midiendo, *metricConfig* la configuración de valores límite que se está utilizando, *metricsResults* el lugar donde se almacena el resultado y *value* el valor medido en el método *run()*. La plantilla establece una comprobación previa de que el repositorio contenga datos esenciales para el cálculo de la métrica, en ese caso se calcula la métrica y se añade el resultado a la colección *metricsResults*. Este método delega en las subclases el comportamiento de los métodos *check* y *run*. Además, almacena en el objeto colector *metricsResults*, pasado como argumento, el valor medido para la configuración de la métrica para posibilitar el análisis y presentación de los resultados posteriores.

MetricConfiguration toma el rol de decorador en el patrón de diseño **decorador**²³ que permite configurar los valores límite de las métricas. Implementa la misma interfaz que *Metric*, *IMetric*, y está asociado a una métrica. Su método *calculate* simplemente realizará una llamada al método *calculate* de la métrica (*Metric*) a la que está asociada la configuración.

Un perfil de métricas agrupa un conjunto de configuraciones de métricas para un contexto dado, por ejemplo, para un conjunto de proyectos realizados por alumnos de la universidad en su realización del TFG. Se podría instanciar un *MetricResult* para almacenar los resultados de toda esta colección de configuraciones de métricas y bastaría sólo con recorrer el perfil usando el método *calculate()* de cada configuración.

²²<https://refactoring.guru/design-patterns/template-method>

²³<https://refactoring.guru/design-patterns/decorator>

Este TFG ha adaptado este framework en el paquete “motor de métricas”, y se han realizado unas pocas modificaciones. Las modificaciones más destacadas son:

- Se ha aplicado a las métricas concretas el patrón ***Singleton***²⁴, que obliga a que sólo haya una única instancia de cada métrica; y se ha aplicado el patrón ***Método fábrica***²⁵ tal y como se muestra en la Fig. 3.11, de forma que *MetricConfiguration* no esté asociada con la métrica en sí, sino con una forma de obtenerla.

La intencionalidad de esto es facilitar la persistencia de un perfil de métricas. Las métricas se podrían ver como clases estáticas, no varían en tiempo de ejecución y solo debería haber una instancia de cada una de ellas. Por ello, al importar o exportar un perfil de métricas con su conjunto de configuraciones de métricas, estas configuraciones no deberían asociarse a la métrica, sino a la forma de acceder a la única instancia de esa métrica.

- Se han añadido los métodos *evaluate* y *getEvaluationFunction* en la interfaz *IMetric*, ver Fig. 3.12.

Esto permitirá interpretar y evaluar los valores medidos sobre los valores límite de la métrica o configuración de métrica. Por ejemplo, puede que para unas métricas un valor aceptable esté comprendido entre el valor límite superior y el valor límite inferior; y para otras un valor aceptable es aquel que supere el límite inferior.

EvaluationFunction es una interfaz funcional²⁶ de tipo ‘función’: recibe uno o más parámetros y devuelve un resultado. Este tipo de interfaces son posibles a partir de la versión 1.8 de Java.

Esto permite definir los tipos de los parámetros y de retorno de una función que se puede almacenar en una variable. De este modo se puede almacenar en una variable la forma en la que se puede evaluar la métrica.

²⁴<https://refactoring.guru/design-patterns/singleton>

²⁵<https://refactoring.guru/design-patterns/factory-method>

²⁶Enlaces a la documentación: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/FunctionalInterface.html> — <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/function/package-summary.html>

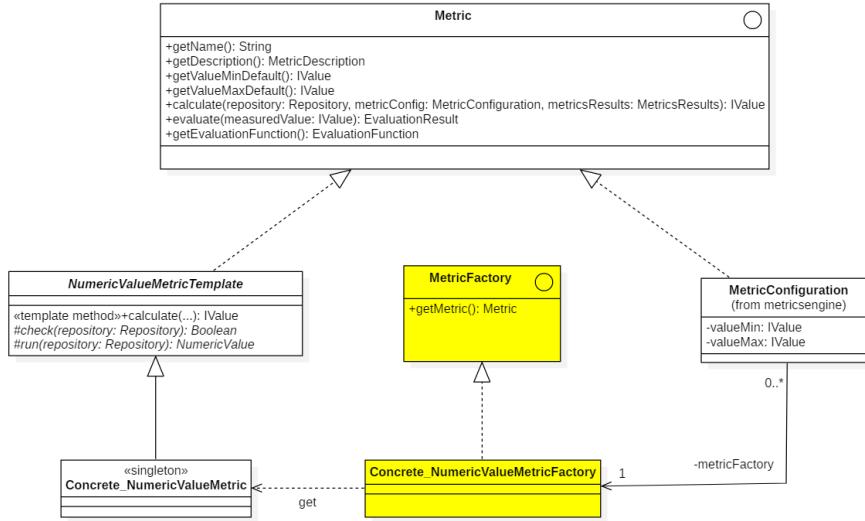


Figura 3.11: Patrones “singleton” y “método fábrica” sobre el framework de medición

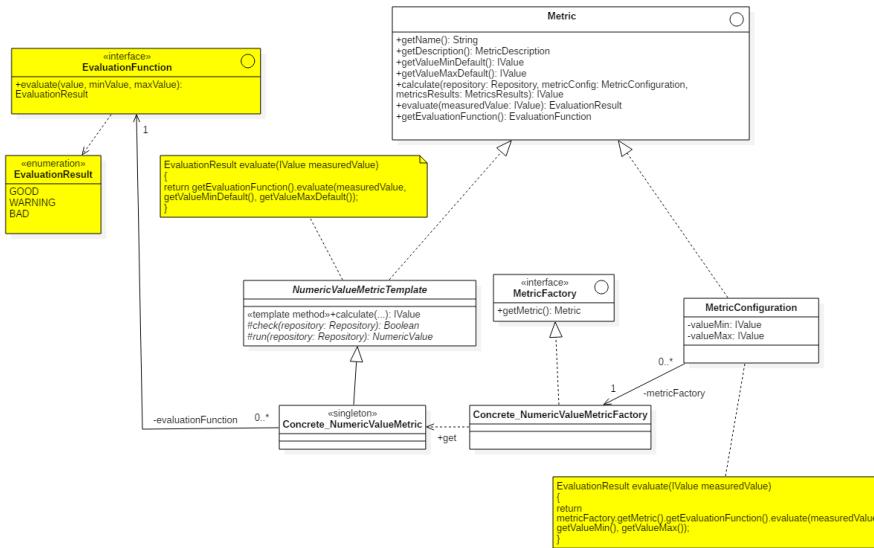


Figura 3.12: Añadido al framework de medición la evaluación de métricas

Técnicas y herramientas

A continuación se muestran las diferentes técnicas y herramientas empleadas en el proyecto.

4.1. Herramientas utilizadas

En esta sección se describen brevemente las herramientas utilizadas en el desarrollo del proyecto. La elección de las herramientas condicionada por el desarrollo previo, ha sido actualizada con versiones más recientes. En esta sección también se describen las notas de las acciones llevadas a cabo en durante el proceso de actualización. Se podrá encontrar más información acerca del código y las herramientas utilizadas en el ‘Apéndice D - Documentación técnica de programación’.

Entorno de desarrollo

El entorno de desarrollo lo componen las diferentes herramientas que se utilizan para realizar y facilitar el desarrollo del software,

Eclipse IDE for Java EE Developers. Entorno de programación *Java* para aplicaciones web.

Se ha utilizado la versión: 2019-03. Enlace a página de descarga:

<https://www.eclipse.org/downloads/packages/release/2019-03>

Eclipse es uno de los *IDE* (*Integrated Development Environment* o entorno de desarrollo integrado por sus siglas en inglés) más empleados para el desarrollo en *Java*, aunque hay otros también muy utilizados como *IntelliJ IDEA* de *JetBrains*.

Eclipse IDE for Java EE Developers es un paquete que incluye herramientas para desarrolladores de *Java* que crean *Java EE* y aplicaciones web, incluido un *IDE* de *Java*, herramientas para *Java EE*, *JPA*, *JSF*, *Mylyn*, *EGit* y otros.

Más concretamente, el paquete incluye:

- *Data Tools Platform*
- *Eclipse Git Team Provider*
- *Eclipse Java Development Tools*
- *Eclipse Java EE Developer Tools*
- *JavaScript Development Tools*
- *Maven Integration for Eclipse*
- *Mylyn Task List*
- *Eclipse Plug-in Development Environment*
- *Remote System Explorer*
- *Eclipse XML Editors and Tools*

Podemos obtener la versión más reciente en: <https://www.eclipse.org/downloads/packages/release/kepler/sr2/eclipse-ide-java-ee-developers>

De forma adicional a las herramientas anteriores, es posible instalar **plugins** para ampliar la funcionalidad. En el proyecto se han instalado los siguientes:

- *YEdit* para facilitar el trabajo con ficheros con un formato especial
- *YEdit* sirve como editor de ficheros con extensión *.yml*, y ha sido utilizado para generar los archivos que se usan para configurar la integración y despliegue continuo (tanto en *Gitlab* como *GitHub*).
- *Vaadin Plugin for Eclipse 4.0.2*, sirve para poder usar la herramienta *Vaadin* en el entorno de Eclipse de una manera más sencilla.

Eclipse dispone de varias vistas para las diferentes tareas del proyecto, las más utilizadas han sido:

- **Java EE.** Es la vista por defecto de este paquete de *Eclipse*. Facilita el trabajo de aplicaciones web y es la vista utilizada para escribir código. Ofrece, entre otras cosas, un explorador de paquetes y vistas para trabajar con *Java*.

- **Debug.** La vista utilizada para depurar el programa. Sirve para ejecutar la aplicación instrucción a instrucción y detectar así un problema o *bug*.
- **Git.** Esta vista permite trabajar con el sistema de control de versiones *Git*. Mantiene una vista con un listado de repositorios, otra que visualiza el historial de cambios de un archivo seleccionado y, la más importante, una ventana que permite visualizar los cambios realizados, indexarlos, realizar *commits* y publicarlos en el repositorio remoto. Eclipse permite la integración con cualquier otra forja de repositorios como textitGitHub o textitGitLab. De forma adicional se ha trabajado con la consola de textitGit para textitWindows *GitBash*.

textitJava SE 11 (JDK). *Java Development Kit.* Conjunto de herramientas software útiles para el desarrollo de aplicaciones en textitJava entre las que se incluyen *javac.exe*, el compilador de textitJava; *javadoc.exe*, el generador de documentación; y *java.exe*, el intérprete de textitJava.

Se ha utilizado la versión v11.0.1. Enlace a página de descarga:

<https://www.oracle.com/java/technologies/downloads/>

A pesar de haber utilizado la versión *Java SE 11.0.2*²⁷ de textitJava. Sin embargo, ha sido posible compilar y ejecutar tanto las pruebas como la aplicación web con textitJava 8 realizando dos pequeñas modificaciones:

- De la versión 11 se ha utilizado el método *isBlank()* de la clase *String*. Se diferencia de *isEmpty()* en que no comprueba la longitud de la cadena y devuelve *true* si es 0, sino que devuelve *true* si la longitud es 0 o si no es 0 pero todos los caracteres de la cadena son espacios en blanco.
- De la clase *java.util.Optional*²⁸, soportada desde la versión 1.8, se utiliza la función *orElseThrow()*, que se soporta desde la versión 10, por tanto habría que buscar una alternativa para pasar a la versión 1.8. La versión 11 trae a esta clase la función *isEmpty()*.

textitApache Maven. Gestor de proyectos software que ayuda en la construcción del proyecto, la generación de documentación, generación

²⁷Actualmente ha sido lanzada la versión *Java SE 17.0.2* y se esperan actualizaciones cada 6 meses.

²⁸<https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.base/java/util/Optional.html>

de informes, gestión de dependencias, integración continua dentro de forjas de repositorios como textitGitHub y textitGitLab, etc.

Se ha actualizado a la versión v3.8.0 desde la versión v3.8.4 que utilizaba el proyecto original [18]. Enlace a página de descarga:

<https://maven.apache.org/download.cgi>

Se han automatizado en este proyecto utilizando *Maven* y la integración continua de *GitHub* (*Github Actions*) los siguientes procesos:

- Compilación. Es un proceso de generación de binarios a partir del código fuente escrito en Java.
- Pruebas unitarias y de integración automáticas con *JUnit*.
- Generación de informes de pruebas, cobertura con ayuda de *Jacoco* y *JUnit*.
- Despliegue en servidor de *Heroku*.

Maven Jetty Plugin. Contenedor de aplicaciones Web integrado con *Maven* en forma de textitplugin.

Se ha utilizado la versión v9.4.36 y se ha incluido en el proyecto en el *pom.xml*:

```
...
<plugin>
<groupId>org.eclipse.jetty</groupId>
<artifactId>jetty-maven-plugin</artifactId>
<version>9.4.36.v20210114</version>
<configuration>
<scanIntervalSeconds>2</scanIntervalSeconds>
</configuration>
</plugin>
...
```

Enlace a página de descarga:

<https://mvnrepository.com/artifact/org.eclipse.jetty/jetty-maven-plugin/9.4.36.v20210114>

Se ha utilizado para desplegar en el equipo local de desarrollo y realizar pruebas durante el desarrollo en local. Para correr la aplicación en el entorno local basta con ejecutar:

```
mvn jetty:run
```

y gracias a la capacidad que tiene el *plugin* de captar los cambios (cada dos segundos según podemos ver en la configuración previa) facilita mucho el desarrollo al recompilar automáticamente el proyecto.

textitLogging

El *logging* es el proceso que permite ver lo que ocurre durante la ejecución de la aplicación para poder depurar errores y analizar comportamientos para solucionar diferentes problemas. Este proceso es útil tanto en la fase de desarrollo del proyecto como en la de producción una vez la aplicación está desplegada y en uso por usuarios finales.

SLF4J. Visualización del *logging*. Sirve como una simple fachada o abstracción para varios marcos de registro (por ejemplo, *java.util.logging*, *logback*, *log4j*) que permite al usuario final conectar el marco de registro deseado en el momento de la implementación.

Enlace a página de descarga:

<https://www.slf4j.org/download.html>

textitLog4j 2. *Logger*. Se ha utilizado actualizado la versión a la 2.17.2 desde v2.11.2 utilizada por el proyecto previo [18] para evitar diferentes vulnerabilidades.

Enlace a página de descarga:

<https://mvnrepository.com/artifact/org.apache.logging.log4j/log4j-core/2.17.2>

Esta herramienta permite configurar este proceso por medio de un fichero *log4j2* con extensión *XML*, *JSON*, *YAML* o *Properties*²⁹ [1]. En este proyecto se configuró mediante un fichero con extensión *.properties*.

Ambas herramientas están integradas con *Maven*, y sólo es necesario añadir en el fichero *pom.xml* las dependencias correspondientes.

²⁹Manual de configuración de *Log4j 2*: <https://logging.apache.org/log4j/2.x/manual/configuration.html>

Pruebas

La fase de pruebas permite comprobar que la implementación realizada funciona correctamente y no contiene errores. Se han implementado dos tipos de pruebas: unitarias y de integración. Las unitarias prueban los diferentes módulos y las de integración prueban la relación que tienen los diferentes módulos entre sí.

JUnit5 . Conjunto de bibliotecas para el desarrollo de pruebas unitarias.

Se ha utilizado la versión v5.3.1. Enlace a página de descarga:

<https://junit.org/junit5/>

JUnit permite realizar pruebas unitarias de forma automática o semi-automática de aplicaciones *Java*. Se han ejecutado de ambas formas en el proyecto. La automatización completa ha sido posible gracias a las herramientas de *CI (Continuous Integration)* de *Github GitHub Actions*: <https://docs.github.com/es/actions>

Esta versión de *JUnit 5*, sobre la anterior *JUnit 4*, ha influido en este proyecto de la siguiente manera:

- *JUnit 5* soporta **Java 11**.
- Permite realizar asertos (*asserts*) de tipo **assertAll()**³⁰. Este tipo de asertos permite tratar varios asertos como una unidad. Se utilizaron en versiones anteriores de la aplicación, pero realmente no eran necesarios y se optó por quitarlos.
- Permite realizar **comprobaciones de lanzamiento de excepciones** en asertos del tipo *assertThrows()*.
- Permite realizar suposiciones (*assumptions*) que permiten realizar una comprobación que pasará por alto un test (lo marca como *skipped*) si la comprobación falla. Es decir, que no lo marcará como error, simplemente no realizará el test.
Esto ha sido útil de cara a probar funciones que realizan conexiones a *GitLab* o *GitHub* que requieren credenciales de acceso que no se pueden publicar en los test ya que quedarían publicadas. Por tanto estos test tienen presunciones que comprueban que se tiene las credenciales de acceso y no se realizan los test si no se dispone de estas credenciales, en lugar de lanzar un error por no poder realizar la conexión.

³⁰<https://junit.org/junit5/docs/current/api/org/junit/jupiter/api/Assertions.html>

Estos test se ejecutan manualmente por el programador en su equipo local y no se ejecutan automáticamente en el proceso de integración continua.

- Permite crear **tests parametrizados**. Estos son test que prueban funciones que requieren argumentos. Cada combinación de argumentos es un caso de prueba, y crear un test para cada combinación es un caso claro del defecto de código: ‘código duplicado’. Por ello estos argumentos se pueden generar mediante funciones, enumeraciones, proveedores de argumentos o recolectar desde un *CSV* y solo ser necesario un test para todas las combinaciones de argumentos posibles.

Frameworks y librerías específicas para el proyecto

github-api.kohsuke . Librería de conexión a *GitHub API*.

Se ha utilizado esta librería para realizar la conexión con la *API* de *GitHub* en su última versión disponible, la 1.306:

<https://github-api.kohsuke.org/>

gitlab4j-api . Framework de conexión a *GitLab API*.

Se ha actualizado a última versión disponible, la versión v4.19.0.
Enlace:

<https://javadoc.io/doc/org.gitlab4j/gitlab4j-api/4.19.0/index.html>

Apache Commons Math . Librería que se utiliza para matemáticas descriptivas y que ha servido para el cálculo de cuartiles, necesarios para obtener los valores umbrales de las métricas según las estadísticas.

Se ha utilizado la versión v3.6.1. Enlace a página de descarga:

https://commons.apache.org/proper/commons-math/download_math.cgi

Ejemplo de uso de la clase *DescriptiveStatistics* de la librería:

```
[breaklines]
...
ArrayList<Double> datasetForMetric;
Double q1ForMetric, q3ForMetric;
DescriptiveStatistics descriptiveStatisticsForMetric;

descriptiveStatisticsForMetric = new DescriptiveStatistics(datasetForMetric
    .stream()
    .mapToDouble(x -> x)
    .toArray());
q1ForMetric = descriptiveStatisticsForMetric.getPercentile(25);
q3ForMetric = descriptiveStatisticsForMetric.getPercentile(75);
...

```

Interfaz gráfica

Vaadin . Framework para desarrollo de interfaces web con *Java*. Se ha utilizado la versión v13.0.0 Enlace:

<https://vaadin.com/>

Con este framework no ha sido necesario escribir *HTML*, solo *Java* y *CSS* para los estilos.

Como ejemplo de esto, para implementar un *input* se utilizaría el siguiente código:

```
...
EmailField emailField = new EmailField();
emailField.setLabel("Email address");
add(emailField);
...
```

y el resultado sería el de las siguientes figuras Fig. 4.1 y Fig. 4.2



Figura 4.1: Input generado por *Vaadin* vacío



Figura 4.2: Input generado por *Vaadin* con texto

Desarrollo y despliegue continuo

GitHub . Forja (plataforma de desarrollo colaborativo) para alojar proyectos utilizando el sistema de control de versiones *Git* en la que se ha almacenado el proyecto en un repositorio *Git*.

Enlace a *GitHub*:

<https://github.com/>

Enlace al repositorio del proyecto:

https://github.com/Joaquin-GM/GII_0_MA_19.07-Comparador-de-metricas-de-evolucion-en-repositorios-Software

En este proyecto se ha optado por utilizar *GitHub* frente a la primera iteración del proyecto [18] para explorar su funcionalidad y comprobar que también es utilizable. Para más información hay una comparativa entre *GitHub* y *GitLab* en la sección 3.2.

JaCoCo . Librería utilizada para generar informes de cobertura del código en *Java*. Estos informes se pueden mostrar en *GitHub* fácilmente publicando los informes con formato *HTML*.

Se ha actualizado al proyecto para usar la la versión v0.8.7.

Enlace a informe de *JaCoCo* en *HTML* sobre la cobertura del proyecto:

Heroku . Herramienta para desplegar la aplicación (*CD*).

Enlace a herramienta:

<https://id.heroku.com/login>

Enlace a aplicación desplegada:

<https://evolution-metrics-v2.herokuapp.com/>

Documentación

LaTeX . Sistema de composición de textos. Enlace a herramienta:

<https://www.latex-project.org/>

TeXMaker . Entorno de desarrollo de documentos *LaTeX*.

Enlace a herramienta:

<https://www.xm1math.net/texmaker/>

Zotero . Herramienta de gestión de fuentes bibliográficas.

Enlace a herramienta:

<https://www.zotero.org/>

4.2. Técnicas

- A lo largo del proyecto se han utilizado diferentes patrones de diseño [2] como *Singleton*, *Factory Method*, *Wrapper*, *Builder*, *Listener*, etc. En los apéndices se puede encontrar más información al respecto.
- Para el motor de métricas se ha utilizado como base el framework propuesto en *Soporte de Métricas con Independencia del Lenguaje para la Inferencia de Refactorizaciones* [9]. Ver Fig. 3.10 en la sección 3.3.
- El ciclo de vida del software de este proyecto se ha basado en *Scrum*[10], es decir, ha seguido un modelo de proceso iterativo e incremental. En el documento de anexos en su primera sección titulada Plan de proyecto se mostrarán los detalles de las iteraciones.

Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

En este capítulo se recogen los aspectos más interesantes del desarrollo del proyecto y se justifican las diferentes decisiones tomadas durante el mismo. Se hace mención al motivo de elección del proyecto, el modelo del ciclo de vida empleado, el flujo de trabajo y la configuración del proyecto.

5.1. Selección del proyecto

La elección de este proyecto se debe a su temática de análisis de repositorios. Trata un aspecto al que normalmente no se presta demasiada atención en el desarrollo de proyectos software. Según la experiencia laboral del alumno, normalmente se presta más atención a métricas de proyecto y se descuidan las del proceso, olvidando cuidar la administración de la calidad correctamente. Esto es un error ya que analizando los repositorios con los que trabajamos en el desarrollo de proyectos podemos obtener métricas que nos dan información muy valiosa. Con esta información podemos detectar problemas que antes pasaban desapercibidos y mejorar en mucho la productividad de los equipos modificando ciertos aspectos del proceso de desarrollo. En este proyecto se han utilizado métricas que permiten llevar un control sobre el ciclo de vida de uno o varios proyecto, haciendo posible comparar su evolución a lo largo del tiempo. Además, permiten comparar si se están cumpliendo los objetivos definidos y como se mencionaba anteriormente mejorar el proceso de desarrollo aumentando su calidad.

En cuanto a la relación del proyecto con las diferentes asignaturas del Grado, está principalmente relacionado con la asignatura *Desarrollo*

Avanzado de Sistemas Software, donde se trata cómo desarrollar software de calidad mediante el proceso de *Administración de la calidad*, en el cual una de las actividades es el control de calidad. Este control se puede llevar a cabo mediante un proceso de medición utilizando diferentes métricas.

Otras asignaturas relacionadas:

- *Metodología de la Programación y Estructuras de Datos* han contribuido en cuanto a la construcción de una aplicación en un lenguaje Orientado a Objetos.
- *Ingeniería del Software*: ciclo de vida del software, el análisis de los requisitos y el modelado del sistema (diagramas de clases, diagramas de casos de uso, etc.).
- *Análisis y Diseño de Sistemas*: comprensión del sistema desarrollado en la aplicación web ya existente [18] de forma que se puedan realizar nuevas implementaciones y mejoras.
- *Estadística*: comprensión del cálculo de cuartiles para calcular los valores umbrales de las métricas.
- *Interacción Hombre/Máquina*: comprensión de los aspectos fundamentales para mejorar la usabilidad, simplicidad, adaptabilidad de la interfaz gráfica.
- *Diseño y Mantenimiento del Software*, el uso de patrones de diseño para mejorar la calidad de código y mantener los principios *SOLID*³¹ y de *Desarrollo Avanzado de Sistemas Software* la naturaleza del trabajo, las revisiones automáticas de calidad de código por medio de métricas y la importancia de la refactorización al detectar defectos de diseño.
- *Validación y Pruebas* comprensión de las pruebas ya desarrolladas y construcción de nuevas.
- *Sistemas Distribuidos* ha ayudado en el uso de *Maven* y en la construcción de una aplicación web.
- *Gestión de Proyectos*: ciclo de vida de desarrollo empleado durante el proyecto: *Scrum*[10].

³¹Single responsibility, Open/Closed, Liskov substitution, Interface segregation, Dependency inversion

5.2. Modelo de ciclo de vida

La metodología utilizada durante el desarrollo del proyecto ha sido **Scrum**, realizándose un proceso incremental, dividido en *sprints* de dos semanas. A la finalización de cada *sprint* se ha realizado una reunión denominada *sprint review* que se compone de dos partes:

Revisión del sprint: o *sprint review*, donde se comentan los avances realizados así como los diferentes problemas que han surgido durante las dos semanas de duración del *sprint*. Se modifica la pila de desarrollo (*sprint backlog*) pasando a completadas aquellas historias de usuario finalizadas y al siguiente *sprint* las no finalizadas, comentando posibles mejoras y soluciones a los problemas que se hayan tenido [10].

Planificación del siguiente sprint: o *sprint planning*, donde se definen las tareas a abordar durante el siguiente *sprint*. Estas tareas se recogen del *product backlog* o pila de producto y se añaden a la pila del *sprint* o *sprint backlog*.

Concretamente, se ha utilizado **ZenHub** en conjunto a las *issues* de *GitHub* para la gestión del proceso *Scrum* en el proyecto.

A lo largo del desarrollo del proyecto, los *sprints* se han centrado en diferentes tareas como pueden ser:

- Tareas de **investigación**, tanto de las materias relacionadas con el proyecto como de las herramientas que se utilizarán durante el proceso y de **configuración** del entorno de desarrollo.
- En la segunda etapa se aprecian tareas de **diseño e implementación** de la parte lógica de la aplicación. Se diseña el framework de conexión a forjas de repositorios, se implementa el *framework* descrito en *Soporte de Métricas con Independencia del Lenguaje para la Inferencia de Refactorizaciones* [9] para el cálculo de métricas y se diseñan los modelos de datos que serán utilizados por la aplicación.
- Tareas de **desarrollo** de las nuevas funcionalidades del proyecto, como la integración con *GitHub*, utilizando como base el *framework* descrito en *Soporte de Métricas con Independencia del Lenguaje para la Inferencia de Refactorizaciones* [9] y la integración ya existente con *GitLab*. Nuevos tests y mejoras de diferentes interfaces.

- Tareas de **integración y despliegue continuo CICD**, configurando *GitHub Actions* y el resto de herramientas para el flujo de trabajo de los sprints.
- Revisión de las **pruebas unitarias** existentes y creación de nuevas con *JUnit*, automatizando su ejecución gracias a *Maven* y los *pipelines*³² de *GitHub Actions*.
- Configurar **revisiones automáticas de cobertura** de las pruebas gracias a *Maven*, *JaCoCo* y *GitHub*.
- Configuración y puesta a punto de un entorno en *Heroku* donde realizar el **despliegue** la aplicación durante las tareas de *CICD*.
- Revisión y configuración de **badges**³³ para representar el estado del proyecto en cuanto a calidad de código, cobertura, despliegue y los trabajos de *CICD*.
- Implementación de mejoras y nuevos aspectos relacionados con la nueva funcionalidad en la **interfaz gráfica**.
- Tareas de **documentación** en la que se trabaja sobre la memoria y los anexos.

Consultando el *Anexo A - Plan de Proyecto Software* se puede obtener más información sobre los *sprints* realizados y el ciclo de vida del proyecto.

5.3. Gestión del proyecto

En esta sección se explican los diferentes aspectos relacionados con la gestión y configuración del proyecto.

Aplicación web

Se trabaja sobre la aplicación web implementada en la primera iteración del proyecto^[18]. Un aplicación web tiene como ventajas:

³²Definen las actividades de los procesos de *CICD* y las fases y el entorno en las que se ejecutarán

³³Distintivos que aportan información rápida sobre el estado del proyecto en ciertos aspectos como la cobertura, la calidad de código o el proceso de *CICD* y enlazan con la fuente de información

- El usuario puede acceder a ella directamente desde el navegador, sin necesidad de realizar instalación.
- Al no necesitar instalación, se puede utilizar desde cualquier dispositivo que tenga instalado algún navegador web. Se ha comprobado la compatibilidad de la aplicación con los siguientes: *Mozilla Firefox*, *Microsoft Edge*, *Internet Explorer*, *Google Chrome* y *Opera*.
- Actualizaciones. Para actualizar una aplicación web, el usuario final no tiene que instalar la actualización. Sino que habrá un período de mantenimiento de aplicación, normalmente muy corto y fuera de horario de uso, en el que ningún usuario podrá acceder a la aplicación. Después de este periodo, todos los usuarios dispondrán de la actualización.
- En cuanto a la actualización de la aplicación web, los usuarios finales obtendrán la nueva versión en cuanto vuelvan a acceder a la misma. Para evitar problemas de cacheo en el navegador se suele trabajar con *Service Workers* que permiten la actualización de la web incluso cuando el usuario la está usando.

Logo de la aplicación

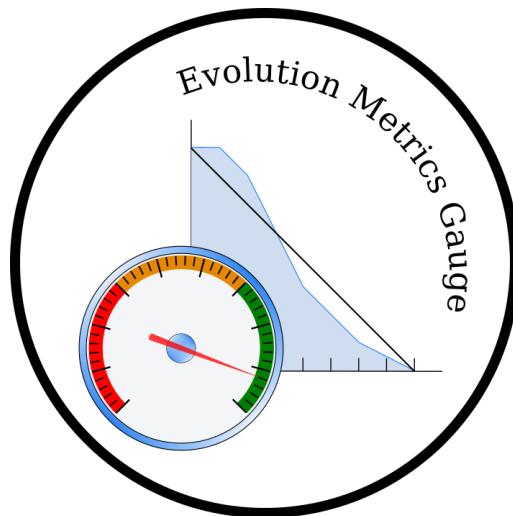


Figura 5.1: Logo de *Evolution Metrics Gauge*

En la Fig. 5.1 se muestra el logo de la aplicación que se ha mantenido al tratarse este proyecto de una nueva iteración. Éste se compone de un tacómetro que simboliza la medición y un gráfico *burndown* que simboliza la evolución de un proyecto. Lo que se pretende es mostrar la funcionalidad principal de la aplicación: calcular métricas de evolución.

Java 11

Se ha mantenido la versión utilizada en el proyecto original[18], Java 11. Para esta versión, la configuración necesaria de *Maven* para que el proyecto compile es la siguiente `pom.xml`:

```
...
<properties>
<project.build.sourceEncoding>UTF-8</project.build.sourceEncoding>
<project.reporting.outputEncoding>UTF-8</project.reporting.outputEncoding>
<java.version>11</java.version>
</properties>
...
<build>
...
<plugins>
<plugin>
<groupId>org.apache.maven.plugins</groupId>
<artifactId>maven-compiler-plugin</artifactId>
<configuration>
<source>${java.version}</source>
<target>${java.version}</target>
</configuration>
<version>3.8.1</version>
</plugin>
<plugin>
<groupId>org.apache.maven.plugins</groupId>
<artifactId>maven-war-plugin</artifactId>
<version>3.2.2</version>
</plugin>
...
</plugins>
...
</build>
...
```

Y en Eclipse IDE habría que añadir manualmente el *JRE* desde la ventana *Window/Preferences*, como se muestra en la figura 5.2

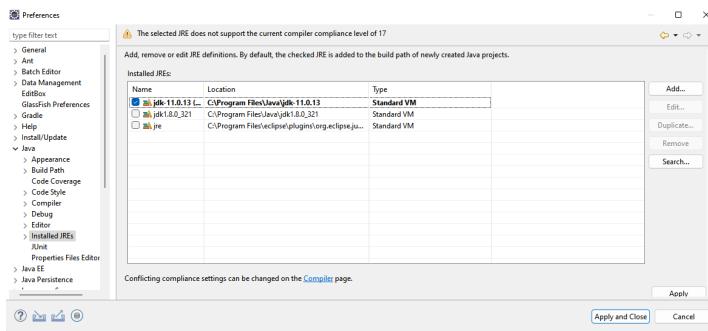


Figura 5.2: JRE empleado en la aplicación

Trabajo con *streams* de Java

Los *Streams*, presentes en *Java* desde la versión *Java* 1.8 son muy útiles ya que facilitan enormemente el procesamiento de grandes colecciones de datos. Estos permiten, usando un predicado, **filtrar** datos de una colección, **ordenar** los datos mediante un comparador, **mapear** o **reducir** los datos mediante alguna función y **almacenarlos** en algún tipo de colección mediante un colector.

Destacan dos funcionalidades, el *mapeo* que asocia cada dato del *stream* con un nuevo elemento (como el cálculo del cuadrado de cada elemento) y la *reducción* que permite obtener un único resultado a partir del conjunto de datos (como la suma de un conjunto de datos).

... Un ejemplo de uso de *streams* en la aplicación:

```
List<CustomGitlabApiRelease> repositoryReleases = repository.getRepositoryInternalMetrics().getReleases()
.stream().collect(Collectors.toList());
...
List<CustomGithubApiRelease> repositoryReleases = repository.getRepositoryInternalMetrics().getGHReleases()
.stream().collect(Collectors.toList());
...
```

En el ejemplo se obtienen tanto de la *API* de *GitLab* como de la de *GitHub* un *stream* con las *releases* de un proyecto y se recogen los resultados en una lista (*collect*).

Interfaces funcionales y funciones lambda de Java

En el proyecto también se hace uso de interfaces funcionales y funciones *lambda*. En la sección anterior ya vemos el uso de dos funciones lambda en el código mostrado (argumentos de las funciones *filter* y *map*).

El paquete `java.util.function`³⁴ es soportado por *Java* desde la versión 1.8. Este paquete permite almacenar funciones en variables.

Las funciones lambda son funciones anónimas con sintaxis

```
(parametros) -> {cuerpo funcion lambda}
```

que no están declaradas en una clase y pueden ser utilizadas en cualquier parte, pasarse como parámetro a una función y ser almacenadas en variables.

Las interfaces funcionales³⁵ son interfaces con un único método, que es abstracto, llamado método funcional. Este método permite restringir los tipos de los parámetros y de los valores de retorno de una función lambda.

Éstas han sido utilizadas en numerosas ocasiones tanto para los *streams* (como se observa en el código anterior), como en elementos de la interfaz gráfica y otros elementos sensibles a eventos como por ejemplo:

```
...
this.button.addActionListener(event -> addRepository(repositorySourceType));
...
this.closeButton.addActionListener(event -> fireEvent(new CloseEvent(this)));
...
```

También han sido utilizadas para almacenar funciones en variables, definiendo una interfaz funcional para restringir los tipos parámetros y de los resultados de la función. Un aspecto importante es que las variables que almacenen funciones NO se pueden serializar, por eso la variable `EVAL_FUNC_GREATER_THAN_Q1` del código siguiente se ha marcado como *transient* dentro de una clase que implementa *Serializable*.

³⁴<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/function/package-summary.html>

³⁵<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/FunctionalInterface.html>

```

...
public interface Metric extends Serializable {
    @FunctionalInterface
    public interface EvaluationFunction {
        EvaluationResult evaluate(IValue value, IValue minValue, IValue maxValue);
    }
}

...
EvaluationResult evaluate(IValue measuredValue);

EvaluationFunction getEvaluationFunction();
}

...
public abstract class NumericValueMetricTemplate implements Metric {
    ...
    protected transient static final EvaluationFunction EVAL_FUNC_GREATER_THAN_Q1 =
        (measuredValue, minValue, maxValue) ->
    {
        try {
            Double value, min;
            value = ...
            min = ...
            if (value > min) return EvaluationResult.GOOD;
            else if (value.equals(min)) return EvaluationResult.WARNING;
            else return EvaluationResult.BAD;
        } catch (Exception e){
            return EvaluationResult.BAD;
        }
    };
    ...
}
...

```

En el ejemplo anterior muestra la manera en la que las métricas podrían valorarse. La métrica será dada como buena si supera el umbral inferior. Cada métrica podrá usar esta función o implementar una función propia si es necesaria una mayor particularización. Los requisitos definidos en la interfaz funcional son que esa función deberá tener tres argumentos del tipo *IValue* y devolver un resultado del tipo *EvaluationResult*.

Además, para poder serializar los resultados obtenidos en las nuevas métricas relacionadas con los *jobs* y las *releases*, ha sido necesario emplear clases propias que sí son serializables ya que las que vienen con las integraciones no lo son. Podemos verlo en los siguientes ejemplos de código:

```

...
public class CustomGithubApiJob implements Serializable {
private static final long serialVersionUID = -7602110263950506090L;

private transient GHWorkflowJob job;

/**
 * Store as variables in this class the ones of Job used to calculate metrics, use these instead of the Job
 * This is needed because during the imports the Job is set to null.
 */
private String name;

public String getName() {
    return name;
}

public void setName(String name) {
    this.name = name;
}

public CustomGithubApiJob(GHWorkflowJob job) {
    super();
    this.job = job;
    this.name = job.getName();
}

public GHWorkflowJob getJob() {
    return job;
}

public void setJob(GHWorkflowJob job) {
    this.job = job;
}
}

...
public class CustomGitlabApiRelease implements Serializable {
private static final long serialVersionUID = -5602110263950506090L;

private transient Release release;

public CustomGitlabApiRelease(Release release) {
    super();
    this.release = release;
}

public Release getRelease() {
    return release;
}

public void setRelease(Release release) {
    this.release = release;
}
}

...

```

Como podemos ver también hacemos uso de *transient* para poder realizar la serialización.

Maven

Maven es una herramienta de gestión de proyectos software. Esta herramienta facilita, a partir de un único fichero con extensión *XML* llamado `pom.xml`³⁶:

- La construcción y compilación del proyecto.
- La generación de documentación.
- La generación de informes.
- La gestión de las dependencias del proyecto.
- La integración con un sistema de control de versiones como *Git*, y el trabajo con repositorios remotos como *GitLab* o *GitHub* e incluso en repositorios *self-hosted*³⁷.
- La generación y distribución de *releases*.

Maven puede crear la estructura de directorios del proyecto, administrar las dependencias y descargar las librerías necesarias. Además, es compatible con la mayoría de *IDEs*³⁸. Por ejemplo, en este proyecto se ha trabajado sobre *Eclipse IDE*, el cual tiene muy buena integración con *Maven*, como se puede observar en la Fig. 5.3.

³⁶Project Object Model

³⁷Repositorios almacenados en servidores gestionados por la propia empresa o equipo que desarrolla el software

³⁸Integrated Development Environment - Entorno de desarrollo integrado

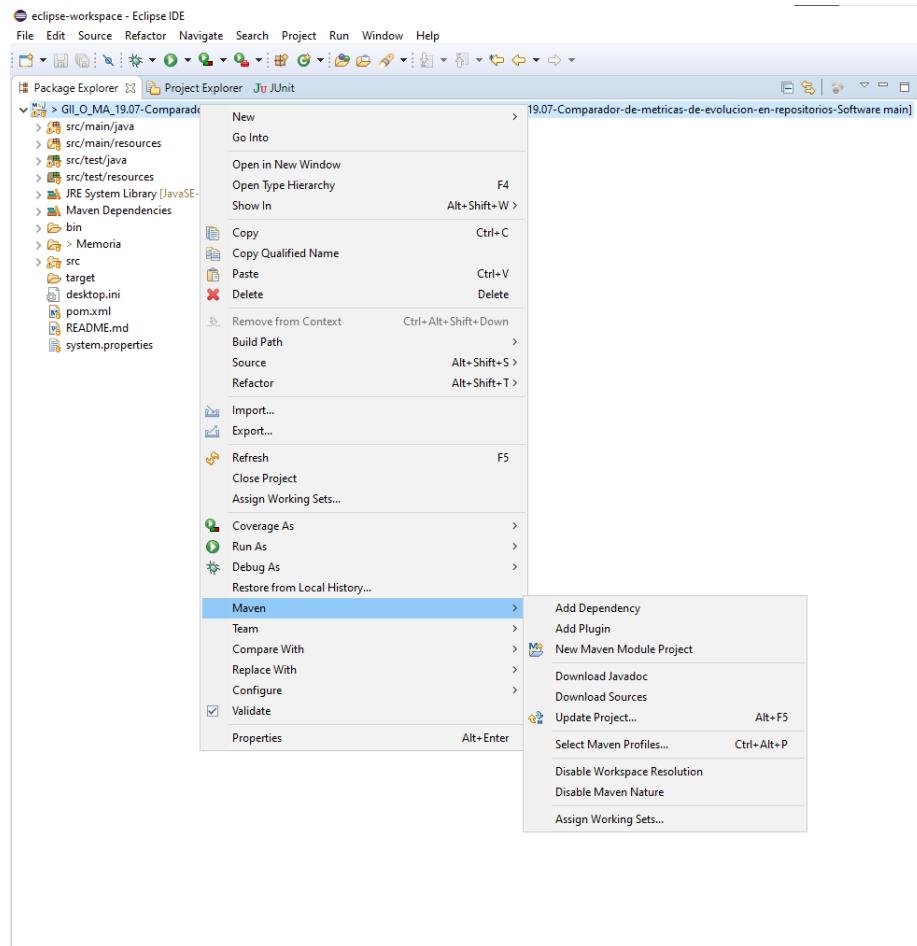


Figura 5.3: Integración de *Maven* con *Eclipse*

También permite el uso de arquetipos, que son patrones o plantillas que se aplican en la infraestructura del proyecto.

Aunque puede resultar difícil configurar correctamente *Maven* a través del archivo de configuración, debido sobre todo al buen número de herramientas a configurar en él, una vez configurado, nos ahorra mucho tiempo y nos permite centrarnos en el desarrollo de funcionalidad.

Sistema de control de versiones

Se ha utilizado *Git* para el desarrollo del proyecto para el control de versiones y se ha utilizado *GitHub* como repositorio remoto.

GitHub no sólo ha permitido el almacenamiento del código del proyecto si no que también ha permitido el seguimiento y colaboración alumno-tutor gracias a las herramientas que proporciona. Además, utilizando *ZenHub* (que se puede integrar en el propio *GitHub*) se ha llevado a cabo la gestión de las tareas (*issues*) del proyecto. Como se puede observar en la figura 5.4:

Figura 5.4: Tablero de *Scrum* en *ZenHub* integrado en *GitHub*

Es posible configurar Eclipse y *Maven* para trabajar con *Git*. Sin embargo, debido a la costumbre de uso directamente en consola del alumno, se ha optado por el uso de *GitBash* tal y como se muestra en la Fig. 5.5.

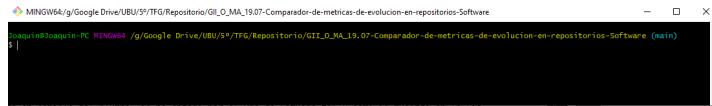


Figura 5.5: Consola para *Git* de *Windows GitBash*

Logger

Un *logger* permite crear mensajes para el seguimiento o registro de la ejecución de una aplicación. Puede resultar de utilidad, por ejemplo, para realizar la depuración de la aplicación si se muestran los distintos puntos o estados por lo que va pasando la ejecución con los valores tomados por variables de interés[7].

Este tipo de mensajes se pueden obtener también con la instrucción `System.out.println()` para mostrar mensajes en la salida estándar, pero esta

clase *Logger* ofrece la ventaja de poder emitir la salida también en archivos con diferentes formatos (*XML*, *TXT*, *HTML*, etc).

El uso de un *logger* se puede utilizar en cualquier entorno, en desarrollo, se utiliza para mostrar los mensajes por consola y ayudar a los desarrolladores a detectar y solucionar problemas de forma rápida. En cambio, en entornos de producción se almacenan los *logs* capturados en una base de datos para que puedan ser analizados de forma centralizada y se puedan analizar los *logs* provenientes de los diferentes usuarios finales de la aplicación.

Cada mensaje generado con la clase *Logger* debe tener asignado un nivel de importancia. Por ejemplo, se podrían plantear los siguientes niveles ordenador de mayor importancia a menos[11]:

SEVERE: Nivel de mensaje indicando un error crítico.

WARNING: Indica un error potencial.

INFO: Para mensajes informativos.

CONFIG: Usado con mensajes relacionados con la configuración.

FINE: Proporciona información de traza de la ejecución.

FINER: Proporciona información de traza de la ejecución más detallada.

FINEST: Proporciona información de traza de la ejecución muy detallada.

La clase *Level* de *Java* nos permite usar estos niveles y usándola podemos establecer a partir de qué nivel se deben almacenar o mostrar los mensajes de log.

Se han mantenido las herramientas utilizadas en la primera iteración del proyecto [18] actualizando a versiones actuales para evitar vulnerabilidades:

- **SLF4J** (*Simple Logging Facade for Java*): proporciona una *API* de registro *Java* a través de un simple patrón de fachada. El servidor de registro subyacente se determina en tiempo de implementación y puede ser *java.util.logging*, *log4j*, *logback* o *tinylog*. La separación de la *API* de cliente desde el servidor de registro reduce el acoplamiento entre una aplicación y cualquier marco de registro especial. Esto puede hacer más fácil integrar con código existente o de terceros o entregar código en otros proyectos que ya han hecho una opción de registro de *back-end*[16].

- **Log4j:** es una biblioteca de código abierto desarrollada en *Java* por la *Apache Software Foundation* que permite a los desarrolladores de software escribir mensajes de registro, cuyo propósito es dejar constancia de una determinada transacción en tiempo de ejecución. *Log4j* permite filtrar los mensajes en función de su importancia. La configuración de salida y granularidad de los mensajes es realizada en tiempo de ejecución mediante el uso de archivos de configuración externos [15]. A través del fichero *log4j2* con extensión *XML*, *JSON*, *YAML* o *Properties* se pueden configurar diferentes aspectos como los niveles y el formato de los mensajes³⁹ [1].

En este proyecto se configuró mediante un fichero con extensión *.properties*, localizado en la carpeta *resources src/main/resources* para que los mensajes sean redirigidos a un fichero con ruta *log/log4.log*. También se muestran por consola si estamos en el entorno de desarrollo.

Como las dos herramientas tienen integración con *Maven* sólo es necesario añadir en el fichero *pom.xml* las dependencias correspondientes en el fichero *pom.xml* del proyecto

Para poder añadir mensajes con el *logger*, utilizamos la *API SLF4J (slf4j-api)*. Eso permite que si cambiáramos de *Log4J* a otro *logger* no tuviéramos que modificar el código si no sólo la conexión con la *API SLF4J*.

Para ello, en primer lugar, se debe obtener en cada clase que quiera ser utilizado:

```
private static final Logger LOGGER = LoggerFactory.getLogger(MetricsService.class);
```

en segundo lugar, para añadir un mensaje sólo es necesario realizar una llamada al *logger* estableciendo el nivel de error:

```
LOGGER.error("Error fetching a repository. Message: " + e.getMessage());
```

5.4. Automatización del proceso de desarrollo

La automatización del flujo de trabajo ha permitido el despliegue continuo de la aplicación, para ello se ha trabajado con las herramientas que ofrece *GitHub* y que vamos a ver a continuación.

³⁹Manual de configuración de Log4j 2: <https://logging.apache.org/log4j/2.x/manual/configuration.html>

CICD: GitHub Actions

Se ha utilizado el sistema de despliegue e integración continua (*CICD*) que ofrece *GitHub*, ***GitHub Actions***, que permiten configurar *CICD* para una gran cantidad de tipos de proyectos incluyendo proyectos *Java* que utilicen *Maven* como es el caso del presente proyecto. En la figura 5.6 podemos ver algunos de los *actions* que existen para *Java*:

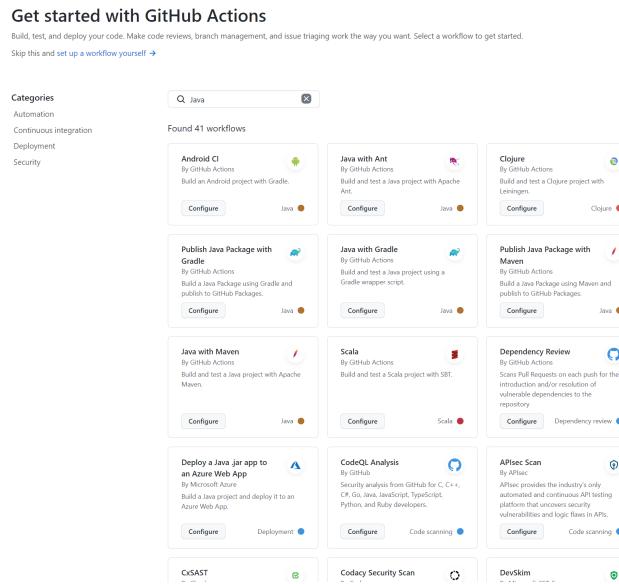


Figura 5.6: Algunos de los *GitHub Actions* existentes para *Java*

Las *GitHub actions* son procesos (también denominados *jobs*) que se ejecutan cuando nuevo código es subido al repositorio remoto, por ejemplo a través de un *commit* o un *merge* de una rama de desarrollo de una funcionalidad concreta. Además, cabe destacar que se agrupan en los llamados *workflows*. En el caso de este proyecto se ha configurado un *workflow* para que se ejecuten una serie de *jobs* o tareas cuando se suba nuevo código a la rama *main* del mismo.

Se han configurado 4 etapas:

- **Compilación** (*build*). Se ejecuta el *build* del proyecto con *Maven*. Que ejecute correctamente es necesario para continuar.
- **Pruebas** (*test*). Se ejecutan las pruebas unitarias definidas en el proyecto y se comprueba que éstas pasen.

- **Despliegue** (*deployment*). Se despliega la aplicación en producción en **Heroku**. Para ello se realizan dos tareas, en primer lugar se hace *login* con el usuario de *Heroku* del proyecto y en segundo lugar se sube el archivo *.war* obtenido en el paso de compilación.

La url de la aplicación desplegada es:

<https://evolution-metrics-v2.herokuapp.com/>

El *workflow* configurado para el proyecto se ha denominado *build-and-deploy* y la figura 5.7 podemos ver los diferentes pasos que se ejecutan en el mismo:

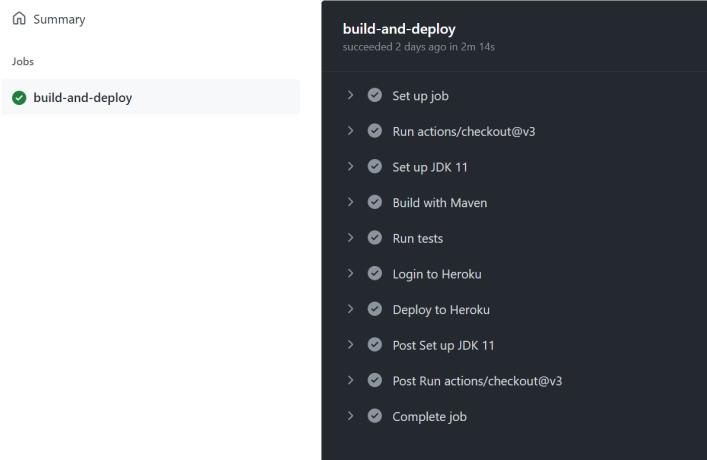


Figura 5.7: *Workflow* definido para el proyecto

La definición del *workflow* se configura en el archivo */.github/workflows/maven.yml* y cuyo contenido es el siguiente:

```

...
# This workflow will build a Java project with Maven, and cache/restore any dependencies to improve the workflow
# For more information see: https://help.github.com/actions/language-and-framework-guides/building-and-testing-a-java-project-with-maven

name: Java CI with Maven

on:
  push:
    branches: [ "main" ]
  pull_request:
    branches: [ "main" ]

jobs:
  build-and-deploy:
    runs-on: ubuntu-latest
    steps:
      - uses: actions/checkout@v3
      - name: Set up JDK 11
        uses: actions/setup-java@v3
        with:
          java-version: '11'
          distribution: 'temurin'
          cache: maven
      - name: Build with Maven
        run: mvn -B package -Pproduction --file pom.xml

      - name: Run tests
        run: |
          mvn clean jacoco:prepare-agent install jacoco:report

      - name: Login to Heroku
        uses: akhileshns/heroku-deploy@v3.12.12
        with:
          heroku_api_key: ${{secrets.HEROKU_API_KEY}}
          heroku_app_name: "evolution-metrics-v2"
          heroku_email: "jgm1009@alu.ubu.es"
          justlogin: true

      - name: Deploy to Heroku
        run: |
          heroku plugins:install heroku-cli-deploy
          heroku war:deploy target/evolution-metrics-gauge-v2-2.0.0.war --app evolution-metrics-v2
...

```

Tokens y variables necesarias

Para poder ejecutar las *actions* definidas ha sido necesario almacenar el *API key* de *Heroku*, el cual nos permite hacer *login* y posteriormente realizar el despliegue. En el código de la configuración anterior se ha podido ver que las variables se llaman de la siguiente manera:

```

...
heroku_api_key: ${{secrets.HEROKU_API_KEY}}
...

```

Podemos ver la figura 5.8 cómo se almacenan los denominados *secrets* en GitHub:

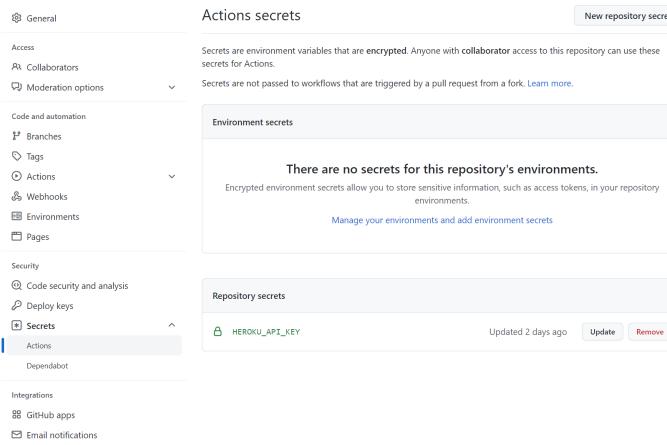


Figura 5.8: *Secrets* o variables definidas para el proyecto en *GitHub*

Badges

Los denominados *badges* son pequeños distintivos que se añaden en el archivo *readme.md* del proyecto para dar más visibilidad a cierta información relevante. En el proyecto se han incluido dos *badges* para representar el estado del despliegue continuo (*pipeline*) que refleja el estado de la última ejecución del *workflow* previamente explicado. También se ha incluido una *badge* para indicar si la aplicación está desplegada o no en *Heroku*.

Podemos verlas en la figura 5.9:

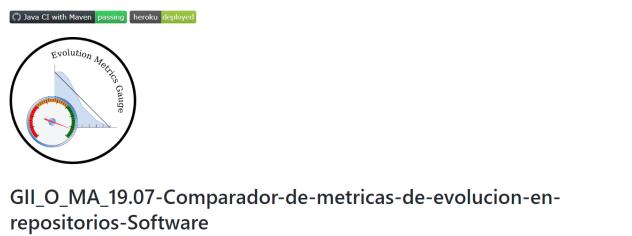


Figura 5.9: *Badges* en el archivo *Readme.md* del proyecto

Y el código de las mismas es:

```
...
! [build-and-deploy] (https://github.com/Joaquin-GM/GII\_O\_MA\_19.07-Comparador-de-metricas-de-evolucion-en-repositorios-Software)
[! [Heroku] (http://heroku-badge.herokuapp.com/?app=evolution-metrics-v2&style=flat&svg=1)] (https://evolution-metrics.v2app.com/)
...
```

Revisión automática de la cobertura

La cobertura es el porcentaje de la aplicación que está probado por algún test. Esta cobertura se puede medir en relación al total de líneas de código, al número de instrucciones, clases o al número de bifurcaciones en condicionales y bucles o bien a número de métodos.

Para realizar las revisiones automáticas de cobertura, lo primero que hay que hacer es definir las pruebas utilizando *JUnit* y ejecutarlas y posteriormente, utilizando *JaCoCo* generaremos un informe donde se nos muestran los valores de cobertura del código.

Podemos ver un ejemplo de informe generado con *JaCoCo* en la figura 5.10

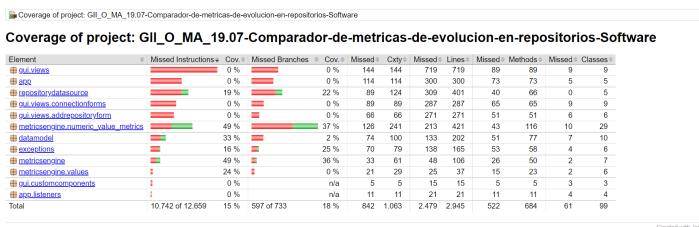


Figura 5.10: Ejemplo de informe generado por *JaCoCo*

Configuración de *JaCoCo* con *Maven*

Para poder utilizar *JaCoCo*, tenemos que establecer varios valores de configuración en el archivo *pom.xml*. En primer lugar, debemos establecer la carpeta donde alojar los informes generados:

```
<reporting>
  <outputDirectory>${project.build.directory}/reports</outputDirectory>
</reporting>
...
```

Tras esto tenemos que añadir el *plugin* de la siguiente de *JaCoCo* para *Maven*:

```
<plugin>
  <groupId>org.jacoco</groupId>
  <artifactId>jacoco-maven-plugin</artifactId>
  <version>0.8.3</version>
  <configuration>
    <outputDirectory>${project.reporting.outputDirectory}/jacoco-reports</outputDirectory>
    <output>file</output>
    <title>Coverage of project: ${project.name}</title>
  </configuration>
</plugin>
```

En la configuración se define:

- El directorio de destino de los informes
- Que se desea que se generen en forma de fichero
- El título del fichero

Una vez tenemos la configuración establecida, para generar los informes con *Maven* tenemos que ejecutar:

```
$ mvn clean jacoco:prepare-agent install jacoco:report  
$ mvn jacoco:report
```

El primer comando genera el fichero `jacoco.exec` que es necesario para la ejecución del segundo comando.

5.5. Diseño extensible

Anteriormente en la sección 3.3 - ‘Framework de medición’ se ha visto cómo en el proyecto se implementa un framework de medición que permite la reutilización en el cálculo de métricas. Esto ha permitido implementar las cinco nuevas métricas relacionadas con *CICD* y realizar la nueva integración con *GitHub*.

El paquete `repositorydatasource`, en el que previamente se realizaba sólo la conexión con *GitLab*, se ha extendido de forma que ahora también incluye la integración con *GitHub*. Esto se ha conseguido aplicando el patrón de diseño: método fábrica y diferenciando entre las dos forjas de repositorios tenemos las clases: `RepositoryDataSourceUsingGithubAPI`, `RepositoryDataSourceFactoryGithub`, `RepositoryDataSourceUsingGitlabAPI` y `RepositoryDataSourceFactoryGitlab` que implementan las interfaces `RepositoryDataSource` y `RepositoryDataSourceFactory`. Utilizando este mismo diseño e implementando las interfaces anteriores en nuevas clases se puede seguir extendiendo la funcionalidad de la aplicación a otras forjas de repositorios en un futuro.

De la misma manera, en la interfaz gráfica se han realizado las modificaciones necesarias para realizar la conexión de manera diferenciada e independiente con *GitHub* y con *GitLab* y para poder añadir repositorios alojados en cada una de ellas. Podemos ver las nuevas características de la interfaz en las figuras 5.11 y 5.12:

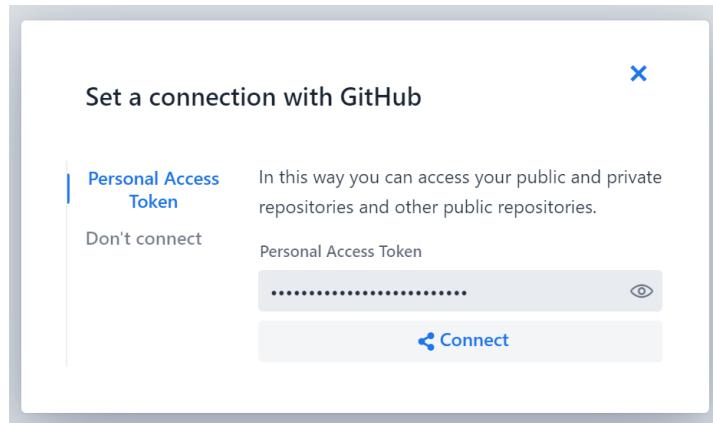


Figura 5.11: Conexión con *GitHub*.

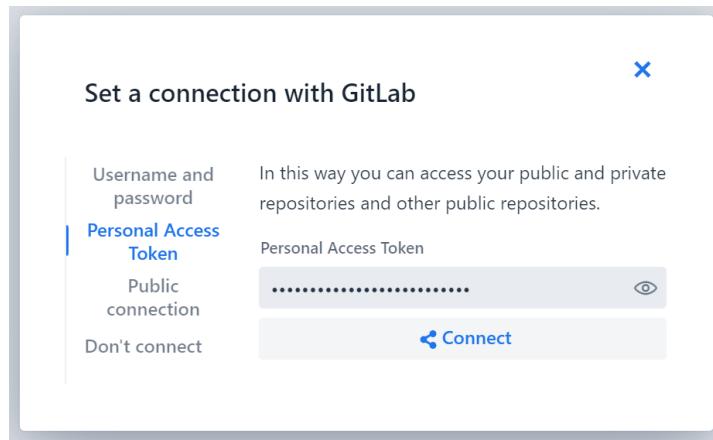


Figura 5.12: Conexión con *GitLab*.

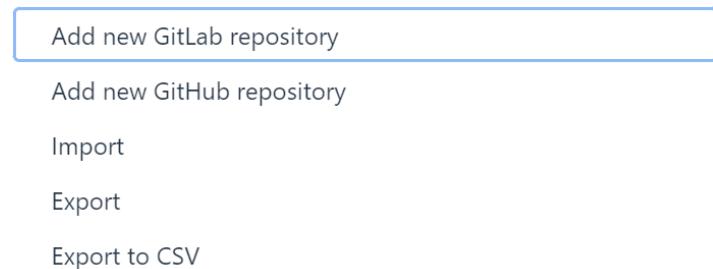


Figura 5.13: Desplegable con opciones para añadir repositorios.

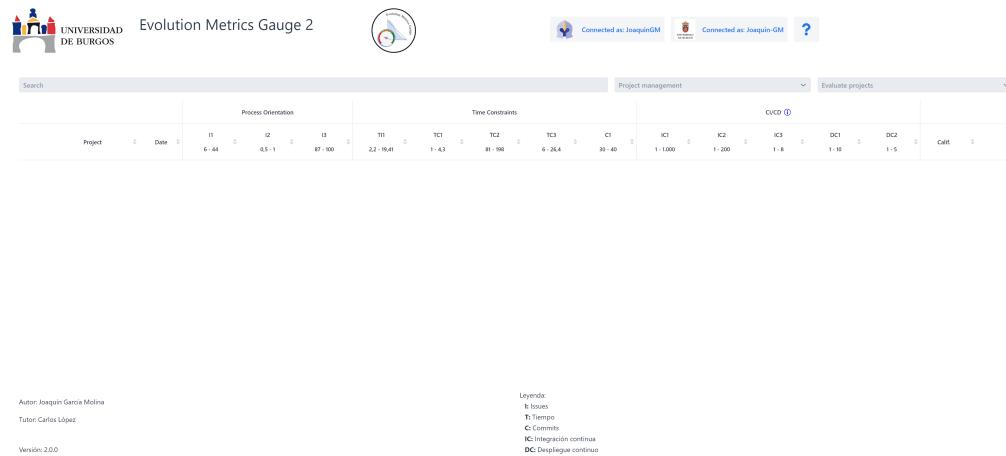


Figura 5.14: Interfaz de la aplicación donde se pueden ver las dos conexiones independientes a las dos forjas.

Para implementar la nueva forma de añadir repositorios de *GitHub* se reutiliza la clase *AddRepositoryFormTemplate* ya utilizada para *GitLab* y la clase *AddRepositoryDialog* con la función:

```
...
private void createConnectionForms() {
    addRepositoryForms.add(new AddRepositoryFormByUsername());
    addRepositoryForms.add(new AddRepositoryFormByGroup());
    addRepositoryForms.add(new AddRepositoryFormByURL());
}
...
```

Para implementar la nueva formas de conexión (y las posibles futuras que se podrían añadir) se ha incrementado la funcionalidad del método *createConnectionForms* de la clase *ConnectionDialog*:

```

...
private void createConnectionForms() {
    if (repositorySourceType.equals(RepositorySourceType.GitLab)) {
        ConnectionForm userPasswordConnForm = new ConnectionFormUsingUserPassword(repositorySourceType);
        connectionForms.add(userPasswordConnForm);

        ConnectionForm paTokenConnForm = new ConnectionFormUsingPAToken(repositorySourceType);
        connectionForms.add(paTokenConnForm);

        ConnectionForm publicConnForm = new ConnectionFormUsingPublicConn(repositorySourceType);
        connectionForms.add(publicConnForm);

        ConnectionForm noConnForm = new ConnectionFormWithoutConn(repositorySourceType);
        connectionForms.add(noConnForm);

    } else if (repositorySourceType.equals(RepositorySourceType.GitHub)) {
        // Coneksió con username and password deprecated for GitHub, public connection also not allowed
        ConnectionForm paTokenConnForm = new ConnectionFormUsingPAToken(repositorySourceType);
        connectionForms.add(paTokenConnForm);

        ConnectionForm noConnForm = new ConnectionFormWithoutConn(repositorySourceType);
        connectionForms.add(noConnForm);
    }
}
...

```

Cabe destacar como se ve en el código anterior que dependiendo de la forja se permiten diferentes tipos de conexión. *GitHub* sólo permite trabajar con su *API* utilizando un *token* privado mientras que *GitLab* si permite también el uso de una conexión pública (aunque con funcionalidad restringida, por ejemplo, no permite calcular las métricas relacionadas con *CICD* pues no se pueden recuperar datos de *jobs* y de *releases* con este tipo de conexión).

Además, cabe indicar que *GitHub* no permite la conexión vía usuario y contraseña pues está *deprecada*, ver:

<https://docs.github.com/es/rest/overview/other-authentication-methods>

5.6. API de GitHub

GitHub ofrece una *API* ⁴⁰ *REST* ⁴¹ para poder acceder a la información e interactuar con los repositorios alojados en *GitHub*. Para interactuar con esta *API* se ha utilizado la librería:

github-api.kohsuke ⁴²

Para poder utilizarla en el proyecto se ha incluido en el archivo *pom.xml* como *plugin* de *Maven* de la siguiente manera:

```
...
<dependencies>
  ...
  <!-- Github API alternative updated 2022 -->
  <!-- https://mvnrepository.com/artifact/org.kohsuke/github-api -->
  <dependency>
    <groupId>org.kohsuke</groupId>
    <artifactId>github-api</artifactId>
    <version>1.306</version>
  </dependency>
  ...
</dependencies>
...
```

⁴⁰<https://docs.github.com/es/rest>

⁴¹*Representational state transfer*

⁴²<https://github-api.kohsuke.org/>

Algunos ejemplos de usos de la librería en la aplicación:

```

...
private GitHub githubclientApi;
...

public void connect(RepositorySourceType repositorySourceType) throws RepositoryDataSourceException {
    if (connectionType.equals(EnumConnectionType.NOT_CONNECTED)) {
        // githubclientApi = new GitHubClient();
        try {
            githubclientApi = GitHub.connect();
            currentUser = null;
            connectionType = EnumConnectionType.CONNECTED;
            LOGGER.info("Established connection with GitHub public way");
        } catch (IOException e) {
            LOGGER.error("Error connecting to GitHub: " + e.toString());
        }
    } else {
        throw new RepositoryDataSourceException(RepositoryDataSourceException.ALREADY_CONNECTED);
    }
}

...

public Collection<datamodel.Repository> getCurrentUserRepositories
(RepositorySourceType repositorySourceType) throws RepositoryDataSourceException {

    try {
        Collection<datamodel.Repository> resultrepositories = new ArrayList<datamodel.Repository>();
        if (connectionType != EnumConnectionType.NOT_CONNECTED) {
            List<GHRepository> lRepositories = githubclientApi.searchRepositories().
                user(currentUser.getName()).list().toList();

            for (GHRepository repo : lRepositories) {
                mapUrlIdRepo.put(repo.getId(), repo);
                resultrepositories.add(
                    new datamodel.Repository(
                        repo.getHtmlUrl().toString(), repo.getName(), repo.getId()
                    )
                );
            }
        }
        return resultrepositories;
    } else {
        throw new RepositoryDataSourceException(RepositoryDataSourceException.NOT_CONNECTED);
    }
} catch (IOException e) {
    throw new RepositoryDataSourceException(RepositoryDataSourceException.REPOSITORY_NOT_FOUND);
}
}

...

```

5.7. API de GitLab

De la misma manera, *GitLab* ofrece una *API* ⁴³ *REST* ⁴⁴ para poder acceder a la información e interactuar con los repositorios alojados en *GitLab*. Para interactuar con esta *API* se ha utilizado la librería:

gitlab4j/gitlab4j-api ⁴⁵

Para poder utilizarla en el proyecto se ha incluido en el archivo *pom.xml* como *plugin* de *Maven* de la siguiente manera:

```
...
<dependencies>
  ...
  <!-- GitLab API -->
  <!-- https://mvnrepository.com/artifact/org.gitlab4j/gitlab4j-api -->
  <dependency>
    <groupId>org.gitlab4j</groupId>
    <artifactId>gitlab4j-api</artifactId>
    <version>5.0.1</version>
    <scope>compile</scope>
  </dependency>
  ...
</dependencies>
...
```

⁴³<https://docs.gitlab.com/ee/api/>

⁴⁴*Representational state transfer*

⁴⁵<https://github.com/gitlab4j/gitlab4j-api>

Algunos ejemplos de usos de la librería en la aplicación:

```

...
private GitLabApi gitLabApi;

...

public void connect(String username, String password, RepositorySourceType repositorySourceType)
throws RepositoryDataSourceException {
try {
if (username == null || password == null || username.isBlank() || password.isBlank())
throw new RepositoryDataSourceException(RepositoryDataSourceException.LOGIN_ERROR);
if (connectionType.equals(EnumConnectionType.NOT_CONNECTED)) {
gitLabApi = GitLabApi.oauth2Login(RepositoryDataSourceUsingGitlabAPI.HOST_URL, username,
password.toCharArray());
currentUser = getCurrentUser(gitLabApi.getUserApi().getCurrentUser());
connectionType = EnumConnectionType.LOGGED;
LOGGER.info("Logged to GitLab");
} else {
throw new RepositoryDataSourceException(RepositoryDataSourceException.ALREADY_CONNECTED);
}
} catch (GitLabApiException e) {
reset();
throw new RepositoryDataSourceException(RepositoryDataSourceException.LOGIN_ERROR);
} catch (Exception e) {
throw e;
}
}

...

public Collection<Repository> getAllUserRepositories(String userIdOrUsername,
RepositorySourceType repositorySourceType) throws RepositoryDataSourceException {
Collection<Repository> repositories;
try {
if (currentUser != null && currentUser.getUsername().equals(userIdOrUsername)) {
repositories = getCurrentUserRepositories(repositorySourceType);
} else if (!connectionType.equals(EnumConnectionType.NOT_CONNECTED)) {
repositories = gitLabApi.getProjectApi().getUserProjectsStream(userIdOrUsername, new ProjectFilter()
.map(p -> new Repository(p.getWebUrl(), p.getName(), p.getId())).collect(Collectors.toList()));
} else {
throw new RepositoryDataSourceException(RepositoryDataSourceException.NOT_CONNECTED);
}
return repositories;
} catch (RepositoryDataSourceException e) {
throw e;
} catch (GitLabApiException e) {
throw new RepositoryDataSourceException(RepositoryDataSourceException.USER_NOT_FOUND);
}
}

...

```

5.8. Interfaz gráfica: *Vaadin*

Continuando con la implementación inicial, se ha continuado trabajando con el *framework Vaadin* para evolucionar la interfaz gráfica. *Vaadin* se escribe en *Java* y no requiere escribir código *HTML*. Sí se tiene que utilizar *CSS* para añadir estilos a la aplicación, estos se encuentran en el archivo: https://github.com/Joaquin-GM/GII_0_MA_19.07-Comparador-de-metricas-de-evolucion-en-repositorios-Software/blob/main/src/main/webapp/frontend/site.css.

Como ejemplo del uso de *Vaadin* en la aplicación podemos ver cómo para implementar el diálogo para cerrar las conexiones con las forjas de repositorios se emplea el siguiente código:

```
...
private ConnectionInfoComponent connectionInfoComponent;
private ConnectionDialog connectionFormDialog;
private RepositoryDataSource rds = RepositoryDataSourceService.getInstance();
private Button closeConnectionButton = new Button();
private Button closeDialogButton = new Button("Close", new Icon(VaadinIcon.CLOSE), event -> close());
...

public CloseConnectionDialog(RepositorySourceType repositorySourceType) {
    this.repositorySourceType = repositorySourceType;

    connectionInfoComponentGitLab = new ConnectionInfoComponent(repositorySourceType);
    connectionFormDialog = new ConnectionDialog(repositorySourceType);

    addOpenedChangeListener(event ->{
        if(event.isOpened()) {
            if (rds.getConnectionType(repositorySourceType).equals(EnumConnectionType.NOT_CONNECTED)) {
                closeConnectionButton.setText("Connect");
                closeConnectionButton.setIcon(VaadinIcon.CONNECT.create());
            } else {
                closeConnectionButton.setText("Close connection");
                closeConnectionButton.setIcon(VaadinIcon.UNLINK.create());
            }
        }
    });
}

closeConnectionButton.addClickListener(event ->
{
    if(rds.getConnectionType(repositorySourceType) != EnumConnectionType.NOT_CONNECTED) {
        try {
            rds.disconnect(repositorySourceType);
        } catch (RepositoryDataSourceException e) {
            ConfirmDialog.createError()
                .withCaption("Error")
                .withMessage("An error has occurred. Please, contact the application administrator.")
                .withOkButton()
                .open();
        }
    }
    close();
    connectionFormDialog.open();
}
```

```

});  

HorizontalLayout buttonsLayout = new HorizontalLayout(closeConnectionButton, closeDialogButton);  

VerticalLayout vLayout = new VerticalLayout(connectionInfoComponentGitLab, buttonsLayout);  

add(vLayout);
}  
  

...

```

y el resultado sería el de la Fig. 5.15

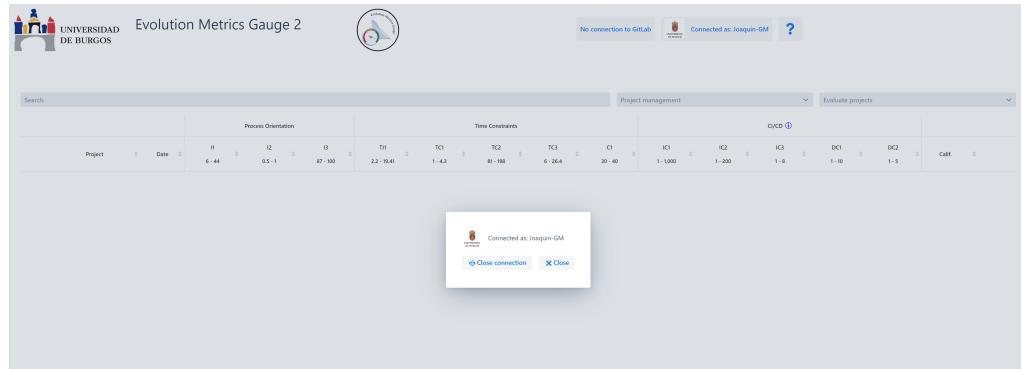


Figura 5.15: Diálogo con botones generado por Vaadin

En la Fig. 5.16 se muestra el diseño de la interfaz gráfica de la aplicación:

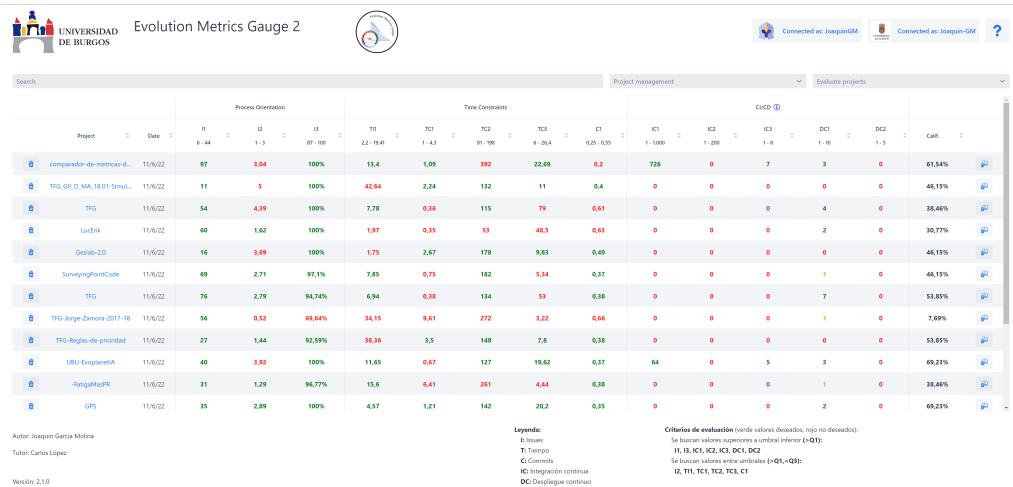


Figura 5.16: Comparación de varios proyectos utilizando *Evolution metrics comparison*

Ventajas e inconvenientes de *Vaadin*

Vaadin tiene las siguientes ventajas:

- Permite crear interfaces web sin utilizar *HTML*, sólo utilizando *Java*, aunque también permite una combinación de ambos no se ha empleado en este proyecto. También permite añadir estilos a la aplicación con *CSS*.
- Tiene disponible una amplia librería de componentes ⁴⁶ de interfaz gráfica de manera gratuita.
- Permite personalizar los componentes e incluso publicar nuevos que desarrollemos nosotros mismos en el directorio *Vaadin* ⁴⁷ para compartirlos con el resto de la comunidad.
- Dispone de una documentación (<https://vaadin.com/docs/latest/>) de gran calidad y un buen soporte técnico.
- Se integra con *Maven* y *Eclipse*.

Y como inconvenientes podemos destacar:

- Al no separar la interfaz de la parte lógica (no implementa el modelo vista-controlador) al tener todo junto en el código *Java*, el código resulta más difícil de comprender y mantener. Resulta complicado personalizar la interfaz si nos salimos de las opciones básicas que nos da *Vaadin*, los componentes y *layouts* que nos ofrece *Vaadin* se deberían poder de configurar y personalizar de una manera más sencilla. Cabe destacar la manera en la que se aplican las clases a elementos del *DOM* generados por *Vaadin*, que reciben una identificación con una numeración aleatoria en cada renderizado, haciéndolos muy poco accesibles vía selectores *CSS*.
- Para usar componentes avanzados, se debe adquirir una licencia.

⁴⁶<https://vaadin.com/components>

⁴⁷<https://vaadin.com/directory/search>

Configuración para uso en *Internet Explorer*

Aunque *Internet Explorer* dejará de tener soporte oficial por parte de *Microsoft* a partir del 15 de junio de 2022, se ha mantenido la configuración adicional implementada previamente para poder ejecutar la aplicación en *Internet Explorer* 11 en el archivo de configuración del proyecto *pom.xml*:

```
<profiles>
  <profile>
    <id>production</id>
    <properties>
      <vaadin.productionMode>true</vaadin.productionMode>
    </properties>
    <dependencies>
      <dependency>
        <groupId>com.vaadin</groupId>
        <artifactId>flow-server-production-mode</artifactId>
      </dependency>
    </dependencies>
    <build>
      <plugins>
        <plugin>
          <groupId>com.vaadin</groupId>
          <artifactId>vaadin-maven-plugin</artifactId>
          <version>${vaadin.version}</version>
          <executions>
            <execution>
              <goals>
                <goal>copy-production-files</goal>
                <goal>package-for-production</goal>
              </goals>
            </execution>
          </executions>
        </plugin>
      </plugins>
    </build>
  </profile>
</profiles>
```

y es necesario compilar con la opción de producción de la siguiente manera:

mvn clean package -Pproduction

Elementos de terceros

Además de los componentes que nos ofrece *Vaadin*, se ha utilizado un componente del *Vaadin Directory* creado por terceros. Se trata de un diálogo de confirmación y se puede encontrar en el siguiente enlace: <https://vaadin.com/directory/component/confirm-dialog>. Este diálogo se ha personalizado definiendo una clase de envoltura: *ConfirmDialogWrapper* y se han definido algunos diálogos a partir de la misma como se muestra en la Fig. 5.17

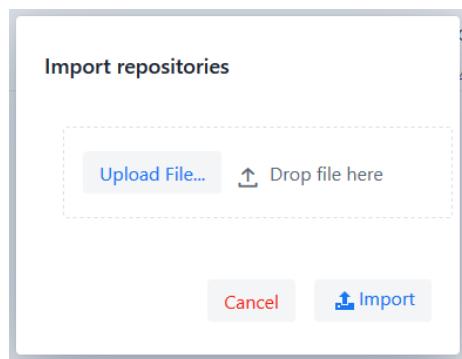


Figura 5.17: Diálogo de confirmación personalizado para importar repositorios desde archivo

Trabajos relacionados

Se van a comentar diferentes aplicaciones con funcionalidad similar al presente proyecto y compararlas con él, cabe destacar que aunque hay similitudes, no se ha encontrado en el mercado ninguna solución con las características de framework de medición y extensibilidad a diferentes forjas que tiene el presente proyecto.

6.1. *Criticality-Score*

Se trata de una aplicación de consola escrita en *Python* por miembros del *Open Source Security Foundation (OpenSSF)*⁴⁸ que tiene como objetivo valorar con una puntuación crítica a todos los proyectos *open source* posibles para así ver de qué proyectos depende más la comunidad de desarrolladores de todo el mundo y poder así aumentar la seguridad de dichos proyectos.

Podemos encontrar la aplicación en:
https://github.com/ossf/criticality_score

La puntuación de criticidad de un proyecto define la influencia y la importancia de un proyecto. Es un número entre 0 (menos crítico) y 1 (más crítico). Se basa en el algoritmo de medida de la criticidad de Rob Pike⁴⁹ que utiliza una serie de parámetros como las fechas de creación y actualización del proyecto, el número de colaboradores o el número de *issues* cerradas entre otros. Una vez se tienen los parámetros obtenidos de los repositorios,

⁴⁸Open Software Security Foundation: <https://openSSF.org/> - <https://github.com/ossf>

⁴⁹Quantifying Criticality by Rob Pike https://github.com/ossf/criticality_score/blob/main/Quantifying_criticality_algorithm.pdf

se opera con ellos utilizando el algoritmo y se obtiene una puntuación (el *criticality-score*).

En este proyecto se trabaja con repositorios de *GitHub* y *GitLab* utilizando *API-token* como en el presente proyecto, sin embargo no es extensible a otras forjas de repositorios. Tampoco se tiene umbrales para los parámetros y no podemos valorar con esta herramienta si los valores obtenidos para calcular el *criticality-score* son apropiados o no.

6.2. *Agile-Metrics*

Agile Metrics es un recopilador de datos de *KPI* del proceso de desarrollo de software. Recopila mediciones de los productores (forjas de repositorios), crea métricas y las envía a los consumidores (procesadores de datos los datos de métricas para proporcionar un procesamiento posterior, por ejemplo, visualización. Sólo está soportado *ElasticSearch*. Soporta tres productores o forja, *BitBucket*, *JIRA Software Server* y *SonarQube*. Trabaja con diferentes métricas dependiendo de donde esté alojado el repositorio, por ejemplo con *BitBucket* sólo calcula los *commits* diarios por autor, proyecto o repositorio mientras que con *JIRA Software Server* calcula 13 métricas entre las que podemos nombrar el ratio de *bugs* o el volumen de *issues*.

La idea tras la cual nace esta aplicación escrita en Java es muy similar a la del proyecto actual, pero está enfocado a necesidades más concretas pues no trabaja con las forjas de repositorios más comunes (*GitHub* y *GitLab*) y además no unifica las métricas calculadas si no que es dependiente de la forja con la que se trabaje en ese momento.

Podemos encontrar la aplicación en:
<https://github.com/DaGrisa/agile-metrics#consumer>

6.3. *Activity-API*

Se trata de una aplicación desarrollada también en el entorno de un trabajo fin de carrera, similar en funcionalidad al proyecto actual. Está implementada como aplicación de escritorio en lenguaje Java y fue usado como inspiración en algunos aspectos de modelo para la primera versión inicial[18] de este proyecto.

Se trata de una aplicación alojada en *GitHub*⁵⁰ y que se puede obtener

⁵⁰<https://github.com/dba0010/Activiti-Api>

y ejecutar pues es *opensource*. Esta aplicación trabaja sólo con *GitHub* pero tiene implementada una versión de un framework que permitiría la extensibilidad a otras forjas de manera similar a este proyecto.

Activity-API permite evaluar un proyecto o comparar sólo dos entre ellos (una clara desventaja frente a este proyecto que permite añadir proyectos de forma ilimitada para compararlos). De forma similar a este proyecto muestra los resultados en forma de tabla y también trabaja con umbrales (definidos a partir de unas estadísticas obtenidas de un conjunto de datos obtenidos a partir de TFGs y publicado en *GitHub*⁵¹ para valorar las métricas muestra los valores obtenidos para las métricas y si entran o no en los umbrales por colores como se puede ver en la figura 6.1

The screenshot shows a Windows application window titled "Resultados comparacion". At the top, there are three buttons: "Buscar Repositorio", "Cargar informe", and "Comparar informes". Below the title bar is a table with two columns. The first column contains metric names, and the second column contains values with color-coded status indicators (green for good, red for bad, grey for neutral). The metrics and their values are:

	db0010_Activiti-Api	ClaraPalacios_TFG-Sistema_de_recomendacion_Asign
NumerofIssues	24	81
ContadorTareas	0,53	1,01
NumerofIssuesCerradas	24	81
PorcentajeIssuesCerradas	100,00	100,00
MediaDiasCierre	91,17	6,60
NumeroCambiosSinMensaje	0	0
MediaDiasCambio	5,41	1,81
DiasPrimerUltimoCommit	243,29	144,41
UltimaModificacion	Fri Feb 05 00:49:28 CET 2016	Fri Jun 08 21:10:14 CEST 2018
ContadorCambiosPico	0,40	0,57
RatioActividadCambio	5,62	16,00
ContadorAutor	0,04	0,03
Numerofavoritos	1	0

Figura 6.1: Comparación de dos proyectos utilizando *Activity-Api*

Además permite la exportación de los resultados como en este proyecto aunque luego no permite importarlos.

6.4. Resumen comparativo

Podemos comparar diferentes características de las herramientas con el proyecto, comparando si son extensibles en cuanto a forjas de repositorios o métricas o no entre otras características.

⁵¹https://github.com/clopezno/clopezno.github.io/blob/master/agile_practices_experiment/DataSet_EvolutionSoftwareMetrics_FYP.csv

Herramientas	Forjas	Extensible	<i>OpenSource</i>	Actualizado
Comparador-de-métricas	2	X	X	2022
Criticality-Score	2		X	2022
Agile-Metrics	3		X	2018
Activity-API	1		X	2016

Tabla 6.1: Tabla comparativa de herramientas, forjas

Herramientas	Métricas	Extensible	Umbrales	Configurables
Comparador-de-métricas	13	X	X	X
Criticality-Score	1			
Agile-Metrics	3-10			
Activity-API	13		X	X

Tabla 6.2: Tabla comparativa de herramientas, métricas

Como podemos ver en las tablas anteriores, el proyecto actual destaca claramente en cuanto a extensibilidad y capacidad de configuración, se pueden añadir más forjas de repositorios y nuevas métricas mientras que en el resto de herramientas es más complicado ya que están acopladas a las integraciones que tienen con las forjas de repositorios con las que trabajan. Además, cabe destacar que aunque las herramientas también comparan repositorios entre sí como hacemos en este proyecto, no permiten trabajar con umbrales de las mismas con lo que se pierde mucha perspectiva y el usuario no sabe si los valores de dichas métricas son aceptables (o incluso lógicos) o no.

Mantenibilidad y extensibilidad

Evolution Metrics Gauge ha preparado un framework para poder extenderse a otras forjas de repositorios, se implementó originalmente sólo trabajando con *Gitlab* y se ha extendido en este proyecto añadiendo *GitHub* a las forjas soportadas. Ninguna de las herramientas con las que hemos comparado este proyecto permite esta extensibilidad e incluyen demasiadas dependencias con las *API* de las forjas con las que trabajan.

En cuanto a la extensibilidad referente a las métricas, sólo en algunos se podría trabajar con más métricas. Además, ninguno trabaja con las mismas métricas independientemente de la forja como se hace en este proyecto gracias a la implementación del framework de medición que hemos visto anteriormente.

Por todo lo anterior, podemos decir que en la industria no existe actualmente ninguna solución estandarizada y que sea extensible para medir y analizar las métricas de evolución de los repositorios software por lo que este proyecto da una solución que hasta ahora no existe en el mercado, por lo que puede aportar gran valor.

Como se ha explicado anteriormente, la funcionalidad de este proyecto se puede ampliar tal y como se ha hecho en este TFG a otras forjas como *BitBucket* y añadir nuevas métricas (siempre que todas las forjas provean de la información necesaria para calcularlas a través de sus *API*), pudiendo llegar a ser un estándar que cubra cualquiera de las necesidades que pueda tener un usuario que necesite analizar métricas de evolución de sus repositorios software.

6.5. Otros trabajos relacionados

- **Soporte de Métricas con Independencia del Lenguaje para la Inferencia de Refactorizaciones.** Base sobre la que se ha realizado la construcción del subsistema “motor de métricas” y sobre la que se han implementado las nuevas funcionalidades en este proyecto. Se puede consultar más información al respecto en la sección 3.3 en el apartado ‘Framework de medición’.
- **Software Project Assessment in the Course of Evolution - Jacek Ratzinger.** De este trabajo de donde se obtuvieron las métricas de control con las que trabajaba *Evolution Metrics Gauge* inicialmente (en este proyecto se han ampliado con métricas referentes a integración y despliegue continuo o *CICD*). Hay una explicación detallada en el apartado 3.3 en el apartado ‘Métricas de control: medición de la evolución o proceso de software’.
- **Key Metrics to Track and Drive Your Agile Devops Maturity[12].** De este artículo se han tomado ideas y se ha visto la necesidad de añadir métricas relacionadas con DevOps, es decir métricas referentes a integración y despliegue continuo o *CICD*. De esta necesidad han surgido las 5 métricas añadidas al proyecto, ver 3.3.

Conclusiones y Líneas de trabajo futuras

A continuación se van a exponer las conclusiones obtenidas tras la realización del trabajo y las posibles líneas de trabajo futuras con las que se podría seguir mejorando la funcionalidad del proyecto.

7.1. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas tras las realización del proyecto podríamos dividirlas en dos grupos, unas conclusiones con un carácter más teórico basadas en la consecución de los objetivos planteados al inicio del proyecto y otras relacionadas con las herramientas utilizadas con un carácter más técnico.

En cuanto a las primeras, se ha concluido que:

- Se ha completado el objetivo de integrar *GitHub* con la aplicación, haciendo posible trabajar con repositorios alojados tanto en *GitLab* como en *GitHub*.
- Se han añadido cinco nuevas métricas relacionadas con la integración y despliegue continuos, un tipo de métricas con las que aún no se trabajaba.
- Se ha probado con repositorios reales que tanto la funcionalidad previa como la nueva se lleva a cabo correctamente y que la aplicación cumple con el objetivo de poder comparar repositorios calculando sus métricas de evolución. Gracias a esto se ha podido crear un perfil de métricas

con los TFGs presentados en los pasados años que se puede encontrar en:

url.

- Gracias al estudio y comprensión de las diferentes métricas, así como la implementación de nuevas y el mantenimiento de las ya existentes, podemos confirmar las métricas de evolución son tan importantes como las métricas de producto a pesar de que actualmente están relegadas a un segundo plano respecto a las de producto. Estudiar ambos tipos de métricas es clave para obtener un software de calidad, si el proceso de creación de software no se cuida y sólo se vela por el producto final, éste acabará teniendo peor calidad.
- La extensibilidad es un factor clave a la hora de mantener y mejorar el software. En este proyecto ha sido clave la estructura como *framework* que permite la adición de nuevas forjas de repositorios así como nuevas métricas para poder integrar *GitHub* y añadir las nuevas métricas.
- Los repositorios y las forjas de repositorios facilitan el proceso de desarrollo del software y nos dan herramientas para monitorizarlo, evaluarlo y si estimamos oportuno, mejorarlo si detectamos problemas gracias a las métricas y sus umbrales.

Y por último, relativas a las herramientas utilizadas, se ha concluido que:

- La integración y despliegue continuo, por medio de la realización de tests junto a la revisión automática de calidad de código nos ayuda a detectar errores, lo que permite corregirlos antes incluso de subir nuestro código al repositorio remoto donde lo estemos alojando. *GitHub* por medio de *GitHub actions* nos proporciona una magnífica herramienta que nos permite establecer flujos de acciones o *jobs* a ejecutar al subir código al repositorio remoto. Esto nos permite mantener un flujo automatizado que nos ayuda a tener una versión de nuestra aplicación actualizada desplegada en todo momento.
- Maven es un gran gestor de proyectos software escritos en *Java* y ayuda a trabajar con los mismos en todas sus fases, facilitando la configuración necesaria para integrar todas las herramientas y *plugins* necesarios.

- *Vaadin* es un **framework** que nos permite crear aplicaciones web modernas utilizando Java lo cual es una ventaja si no estamos familiarizados con otros lenguajes como *JavaScript* o necesitamos trabajar con *Java*. Sin embargo, tiene un gran coste de aprendizaje ya que al tener toda la funcionalidad de la interfaz y la lógica unidas, puede dificultar la comprensión y mantenibilidad del código. Además, cabe indicar que es poco personalizable en comparación con otras alternativas que están liderando actualmente el desarrollo web como pueden ser *Angular*, *React* o *Vue*, que además tienen una curva de aprendizaje más suave y una comunidad de usuarios mucho mayor.

7.2. Líneas de trabajo futuras

Algunos de los aspectos en los que se podría seguir trabajando para evolucionar y mejorar el proyecto son:

- Extender la funcionalidad a otras métricas de evolución
- Extender a otras forjas de repositorios como *Bitbucket*, realizando una integración y adaptaciones de la interfaz gráfica similares a las realizadas para *GitHub* en este proyecto.
- Soporte de entorno multisesión y gestión de usuarios con un sistema de autenticación ya sea propio contra una base de datos o bien utilizando alguna solución externa como *Firebase Authentication*.
- Realizar un histórico de mediciones y almacenarlo en una base de datos.
- Almacenamiento de perfiles de métricas en base de datos.
- Mejorar la interfaz web para sea adaptativa a los diferentes tamaños de pantalla (*responsive*).
- Internacionalizar la aplicación soportando diferentes idiomas.
- Mejoras de usabilidad como permitir borrar, evaluar o actualizar varios repositorios al mismo tiempo.
- En repositorios grandes las consultas a las *APIs* de las forjas de repositorios pueden ser muy largas debido a que tienen acceso limitado. Este problema se aprecia principalmente en repositorios grandes alojados en *GitLab*. Se podría evitar que la aplicación se quede esperando mientras finalizan dichas peticiones si se externalizan en un micro-servicio las consultas a las *APIs* de las forjas.

Bibliografía

- [1] Apache. Apache log4j™ 2: Manual - configuration. <https://logging.apache.org/log4j/2.x/manual/configuration.html>.
- [2] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, and J. Vlissides. *Patrones De Diseño: Elementos De Software Orientado a Objetos Reutilizable*. Addison-Wesley, 1 ed. en es edition.
- [3] GitLab. GitHub actions. <https://docs.github.com/es/actions>.
- [4] GitLab. GitHub vs. GitLab. <https://about.gitlab.com/devops-tools/github-vs-gitlab.html>.
- [5] Diego Güemes-Peña, Carlos Nozal, Raúl Sánchez, and Jesús Maudes. Emerging topics in mining software repositories: Machine learning in software repositories and datasets. 7. https://www.researchgate.net/publication/324073224_Emerging_topics_in_mining_software_repositories_Machine_learning_in_software_repositories_and_datasets.
- [6] Ivar Jacobson, Grady Booch, and James Rumbaugh. *El proceso unificado de desarrollo de software*. Addison Wesley.
- [7] javiergarciaescobedo. Registro de traza de ejecución con la clase Logger. <https://javiergarciaescobedo.es/programacion-en-java/28-programacion-estructurada/353-registro-de-traza-de-ejecucion-con-la-clase-logger>.
- [8] Iván Lasso. Qué es markdown, para qué sirve y cómo usarlo. <https://www.genbeta.com/guia-de-inicio/que-es-markdown-para-que-sirve-y-como-usarlo>.

- [9] Raúl Marticorena Sanchez, Yania Crespo, and Carlos López Nozal. Soporte de métricas con independencia del lenguaje para la inferencia de refactorizaciones. https://www.researchgate.net/profile/Yania_Crespo/publication/221595114_Soporte_de_Metricas_con_Independencia_del_Lenguaje_para_la_Inferencia_de_Refactorizaciones/links/09e4150b5f06425e32000000/Soporte-de-Metricas-con-Independencia-del-Lenguaje-para-la-Inferencia-de-Refactorizaciones.pdf.
- [10] Scrum Master. *Scrum Manager: Temario Troncal I.* v. 2.61 edition. https://www.scrummanager.net/files/scrum_manager.pdf.
- [11] Oracle. Clase Level de Java. <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/util/logging/Level.html>.
- [12] Charlie Ponsonby. Key metrics to track and drive your agile devops maturity. <https://www.infoq.com/articles/devops-maturity-metrics/>.
- [13] Jacek Ratzinger. sPACE: Software project assessment in the course of evolution. http://www.inf.usi.ch/jazayeri/docs/Thesis_Jacek_Ratzinger.pdf.
- [14] Ian Sommerville. *Ingeniería del software*. Pearson Education, 6^a edition.
- [15] Wikipedia. Log4j. <https://es.wikipedia.org/wiki/Log4j>.
- [16] Wikipedia. Slf4j. <https://es.wikipedia.org/wiki/SLF4J>.
- [17] Wikipedia. Software — wikipedia, la enciclopedia libre. [Online; Accedido 13-Enero-2022].
- [18] Miguel Ángel León Bardavío. Evolution metrics gauge - comparador de métricas de evolución en repositorios software. <https://gitlab.com/mlb0029/comparador-de-metricas-de-evolucion-en-repositorios-software>.