2023 / 2025

GESTIÓN Y ANÁLISIS DE APLICACIONES EN KUBERNETES: MONITOREO DE MÉTRICAS, COBERTURA DE CÓDIGO Y DESPLIEGUE CONTINUO

ASIR

GitHub Actions

kubernetes

Prometheus

Grafana

Grafana loki

sonarqube

Raúl Herrera Ruiz

ÍNDICE

1. Descripción del proyecto.

Este proyecto se centra en el despliegue de un completo Stack de Observabilidad en un entorno Kubernetes utilizando Debian 12. El objetivo principal es desplegar y monitorear aplicaciones complejas, teniendo en cuenta los tests unitarios de dichas aplicaciones y la cobertura de código.

Se demostrará cómo en un entorno Kubernetes puede configurarse no sólo para ejecutar aplicaciones, sino también para garantizar su calidad, rendimiento y accesibilidad. Los análisis de métricas serán precisos, identificando los puntos críticos que afectan el rendimiento y la estabilidad de las aplicaciones.

1.1 **Tecnologías que se van a utilizar.**

Las principales tecnologías utilizadas en este proyecto serán:

- Kubernetes para la gestión de las apps
- Prometheus para la recolección de métricas
- Grafana para la visualización de datos
- Loki para la agregación y visualización de logs
- SonarQube para analizar y asegurar una alta cobertura de código.
- Jest para realizar tests unitarios en las aplicaciones.
- GitHub Actions para el despliegue de las aplicaciones.

El hardware usado será un portátil MSI GP72-7RD.

1.2 **Resultados que se esperan obtener.**

Al finalizar este proyecto, se obtendrá un clúster de Kubernetes completamente monitorizado y analizado, con aplicaciones generando métricas y logs relevantes. Se configurarán dashboards personalizados en Grafana para visualizar métricas clave como el uso de CPU, memoria y errores de las aplicaciones.

Las aplicaciones pasarán análisis de cobertura de código con SonarQube y tests unitarios con Jest, garantizando su calidad de código. Y se desplegará el entorno con GitHub Actions.

Se presentarán ejemplos prácticos de cómo utilizar estas herramientas para detectar problemas de rendimiento, fallos de cobertura y errores de configuración.

1.3 Escenario necesario para la realización del proyecto

Para llevar a cabo este proyecto, será necesario desplegar un stack de aplicaciones en Kubernetes que incluya tanto un frontend como un backend. Además, se deberán integrar todas las herramientas descritas anteriormente dentro del entorno del clúster. Por último, se requerirá un archivo YAML que defina el workflow de GitHub Actions, el cual actuará como orquestador del proceso de integración y despliegue continuo.

2. *Fundamentos teóricos y conceptos*

2.1 Implantación de aplicaciones web en contenedores

Tradicionalmente, las aplicaciones web se desplegaban en servidores físicos o máquinas virtuales, cada una configurada con su propio sistema operativo y dependencias. Esta forma de hacerlo resultaba ineficiente, ya que cualquier actualización o cambio en la aplicación podría requerir modificaciones complejas en el servidor haciendo que el servicio estuviese detenido un tiempo determinado.

La necesidad de un método más eficaz llevó al desarrollo de los **contenedores**, un enfoque que permite empaquetar aplicaciones con todas sus dependencias (bibliotecas, configuraciones) en una única imagen que puede ejecutarse de manera estable en cualquier entorno.

2.2 El surgimiento de las aplicaciones contenedoras

A medida que las aplicaciones crecieron en complejidad, se hizo evidente que los métodos tradicionales de despliegue, como instalar aplicaciones directamente en servidores físicos o máquinas virtuales, eran ineficientes. Cada aplicación podía tener dependencias específicas, configuraciones únicas y necesitar diferentes versiones de bibliotecas, lo que complicaba su gestión y despliegue.

Esto llevó al desarrollo del concepto de contenedores.

A diferencia de las máquinas virtuales, las contenedoras son ligeras porque comparten el kernel del sistema operativo, lo que reduce significativamente el consumo de recursos.

2.2.1 Docker: La revolución de los contenedores

Docker fue la primera plataforma en popularizar el uso de contenedores, ofreciendo una interfaz intuitiva para crear, gestionar y ejecutar contenedores de manera sencilla. Introdujo conceptos clave como:

Imágenes: Plantillas inmutables que contienen una aplicación y sus dependencias.

Contenedores: Instancias en ejecución de una imagen.

Docker Hub: Un repositorio público para compartir imágenes.

Docker se convirtió en el estándar para contenedores debido a su facilidad de uso y a su amplia adopción.

2.2.2 Podman: Contenedores sin daemon central

Podman es una alternativa a Docker diseñada para mejorar la seguridad y flexibilidad.

A diferencia de Docker, Podman no depende de un daemon central, lo que significa que los contenedores se ejecutan directamente bajo el control del usuario, sin requerir privilegios de root.

Las características de Podman son las siguientes:

- Sin Daemon: No necesita un servicio en segundo plano para funcionar.
- Compatibilidad: Utiliza el mismo formato de imágenes que Docker.
- Mayor Seguridad: Permite ejecutar contenedores sin permisos elevados, mejorando la seguridad del sistema.

2.2.3 LXC (Linux Containers): Contenedores nativos de Linux

LXC fue una de las primeras tecnologías de contenedores disponibles en Linux, diseñada para crear entornos aislados y ligeros que se comportan como sistemas completos. A diferencia de Docker y Podman, LXC ofrece un control más detallado sobre el entorno del contenedor.

Las características de LXC son :

- Aislamiento completo: Permite definir recursos específicos para cada contenedor.
- Control granular: Configuración avanzada de redes, almacenamiento y procesos.
- Flexibilidad: Ideal para entornos en los que se necesita un mayor control.

2.3 Orquestación de contenedores y el nacimiento de Kubernetes

Para gestionar aplicaciones complejas compuestas de múltiples contenedores, surgió la necesidad de crear orquestadores de contenedores. Un orquestador gestiona el ciclo de vida de los contenedores, asegurando que se desplieguen correctamente, se escalen automáticamente según la carga y se recuperen en caso de fallo.

Inicialmente, Docker ofreció su propio orquestador llamado Docker Swarm, pero Kubernetes se destacó rápidamente como el estándar debido a su flexibilidad, escalabilidad y soporte por parte de grandes empresas como Google (su creador).

Kubernetes proporciona funcionalidades avanzadas como:

Distribución y escalado inteligente: Ubica automáticamente los contenedores en los nodos adecuados según sus necesidades de recursos, permitiendo un escalado automático basado en el uso de CPU o manualmente según las necesidades del usuario.

Gestión integrada de servicios y balanceo de carga: Asigna direcciones IP y nombres DNS únicos a los servicios, distribuyendo de manera equilibrada las solicitudes entre los contenedores asociados.

Implementación segura y controlada: Permite realizar despliegues progresivos, monitoreando su estado y revirtiendo automáticamente si se detectan errores, asegurando la estabilidad de las aplicaciones.

Planificación y optimización de recursos: Selecciona de manera eficiente los nodos donde se ejecutarán los contenedores, equilibrando las cargas y las tareas de menor prioridad para maximizar el rendimiento.

Protección de datos sensibles: Gestiona de manera segura la configuración y los secretos (contraseñas, claves API) sin exponerlos en las imágenes de las aplicaciones.

Almacenamiento flexible: Facilita el montaje automático de volúmenes de almacenamiento, ya sea local, en la nube (AWS, GCP) o en red (NFS, Ceph), adaptándose a las necesidades de las aplicaciones.

Recuperación automática y gestión de errores: Supervisa el estado de los contenedores, reiniciando aquellos que fallen y reprogramando automáticamente los nodos en caso de problemas.

2.4 La necesidad de la Observabilidad

A medida que las aplicaciones en Kubernetes se volvieron más complejas, se hizo esencial contar con herramientas para observar su comportamiento. Esto dio lugar al concepto de observabilidad, que se centra en recopilar y analizar métricas, logs y trazas para comprender el estado y rendimiento de las aplicaciones.

Métricas: Datos numéricos que reflejan el estado del sistema (uso de CPU, memoria, latencia).

Logs: Registros textuales que detallan eventos y errores de las aplicaciones.

Trazas: Información detallada del flujo de ejecución entre componentes (útil en microservicios).

La observabilidad permite:

- Detectar problemas antes de que afecten a los usuarios.
- Identificar cuellos de botella de rendimiento.
- Realizar análisis forenses en caso de incidentes.

2.5 Prometheus: La solución para métricas

Prometheus es una herramienta de monitoreo desarrollada inicialmente por SoundCloud y adoptada como un proyecto oficial de la Cloud Native Computing Foundation (CNCF). Está diseñada específicamente para recolectar métricas en tiempo real, principalmente en entornos de Kubernetes, pero también se puede usar con otros servicios y aplicaciones.

Su arquitectura está basada en un modelo de recolección de métricas de tipo pull, donde Prometheus consulta activamente los endpoints de las aplicaciones para obtener información.

2.5.1 Funcionamiento de Prometheus

Scraping (Recolección de Métricas): Prometheus utiliza trabajos de scraping para conectarse periódicamente a los endpoints de las aplicaciones que exponen métricas. Estos endpoints suelen estar formateados en el estándar Prometheus (formato texto en /metrics).

Almacenamiento en series temporales: Cada métrica recopilada se almacena en una base de datos interna basada en series temporales (time series), lo que permite analizar su evolución a lo largo del tiempo.

Lenguaje de consultas (PromQL): Proporciona un lenguaje de consultas llamado PromQL, que permite realizar cálculos avanzados sobre las métricas recopiladas, como promedios, máximos, mínimos y tasas de crecimiento.

Alertas y notificaciones: Integra un sistema de alertas que permite definir reglas basadas en las métricas. Cuando se cumplen las condiciones configuradas, se generan alertas que pueden ser enviadas a diferentes canales (correo electrónico, Slack, Webhooks, etc.).

2.5.2 Ventajas de Prometheus

- Escalabilidad: Puede monitorizar miles de métricas en tiempo real.
- Independencia: No requiere una base de datos externa, lo que simplifica su despliegue.
- Flexibilidad: Compatible con múltiples fuentes de métricas, no solo aplicaciones en Kubernetes.

2.6 Grafana: Visualización clara y personalizable

Grafana es una plataforma de visualización de datos de código abierto que se ha convertido en el estándar para la creación de dashboards dinámicos. Permite transformar métricas en gráficos, tablas y paneles visuales que facilitan la interpretación de datos complejos. Aunque se integra perfectamente con Prometheus, también puede utilizar otras fuentes de datos como InfluxDB, MySQL, Elasticsearch y más.

2.6.1 Funcionamiento de Grafana

Dashboards dinámicos: Los usuarios pueden crear dashboards personalizables para visualizar métricas clave, con gráficos que se actualizan en tiempo real.

Paneles compartibles: Los dashboards se pueden compartir fácilmente entre equipos, lo que facilita la colaboración entre desarrollo y operaciones.

Alertas visuales: Grafana permite configurar alertas directamente en los gráficos, resaltando valores críticos. Por ejemplo, una línea que cambia de color al superar un umbral específico.

Consultas interactivas: Los usuarios pueden aplicar filtros, cambiar el rango de tiempo y modificar las consultas para adaptar los gráficos a sus necesidades.

2.6.2 Ventajas de Grafana

- Interfaz intuitiva: Su diseño gráfico permite visualizar métricas de manera clara.
- Compatibilidad multifuente: Puede conectarse a múltiples fuentes de datos simultáneamente.
- Seguridad: Soporte para autenticación de usuarios y control de acceso a dashboards.

2.7 Loki: Gestión centralizada de Logs

Loki es una solución de logging ligera y escalable creada por Grafana Labs, diseñada específicamente para Kubernetes. A diferencia de otras herramientas de logging, Loki no indexa el contenido completo de los logs, sino solo sus etiquetas (como nombre del contenedor, namespace, pod, etc.). Esto reduce significativamente el consumo de recursos.

2.7.1 Funcionamiento de Loki

Recolección ligera: Solo almacena las etiquetas de los logs y el contenido en bruto, lo que optimiza el rendimiento.

Integración con Grafana: Permite visualizar y analizar logs directamente en los dashboards de Grafana, junto a las métricas de Prometheus.

Filtros avanzados: Se pueden aplicar filtros para buscar patrones específicos en los logs (errores, advertencias, eventos críticos).

Escalabilidad Horizontal: Loki puede desplegarse como un servicio distribuido, ideal para entornos grandes de Kubernetes.

2.7.2 Ventajas de Loki

- Eficiencia: Utiliza menos recursos que otras soluciones de logging al no indexar el contenido completo.
- Búsqueda rápida: Gracias a su modelo basado en etiquetas, las búsquedas son rápidas y eficientes.
- Visualización integrada: Compatible directamente con Grafana, permitiendo una vista unificada de métricas y logs.

2.8 Tests Unitarios en Aplicaciones Web

Los tests unitarios permiten verificar que cada unidad de código (funciones, servicios, componentes, etc.) funcione correctamente de forma aislada. Son una práctica fundamental en el desarrollo moderno, ya que ayudan a prevenir errores, facilitan el mantenimiento del software y fomentan la confianza al modificar el código.

2.8.1 ¿Qué es un test unitario?

Un test unitario es una verificación automatizada que evalúa una unidad mínima de código. Sus principales características son:

- Aisladas: No dependen de otras partes del sistema.
- Repetibles: Ejecutan siempre con los mismos resultados.
- Rápidas: Ideales para la integración continua.

2.8.3 Jest, framework de testing

Jest es un framework de testing desarrollado por Facebook, muy utilizado en entornos JavaScript y TypeScript. Este framework ofrece lo siguiente:

- Sintaxis clara y expresiva.
- Soporte para mocks, pruebas asíncronas y temporizadores.
- Generación automática de cobertura de código.
- Integración sencilla en pipelines CI/CD.

Jest permite validar el comportamiento esperado del código antes de que llegue a producción, contribuyendo a una base sólida y confiable.

2.9 La importancia de la calidad de código

En el desarrollo de aplicaciones modernas, asegurarse que el código sea de alta calidad es fundamental para evitar errores, mejorar el rendimiento y garantizar su mantenimiento a largo plazo. El análisis de calidad de código permite identificar vulnerabilidades, código duplicado, errores potenciales y evaluar la cobertura de pruebas.

2.9.1 Beneficios del Análisis de Código

Prevención de errores: Detecta problemas antes de que lleguen a producción.

Mejora continua: Facilita el seguimiento de la calidad del código a lo largo del tiempo.

Seguridad: Identifica posibles vulnerabilidades de seguridad en el código.

2.9.2 SonarQube, el estándar para análisis de código

SonarQube es una plataforma de código abierto que permite analizar automáticamente la calidad del código de las aplicaciones, generando informes detallados que indican:

- Cobertura de código: Porcentaje de líneas cubiertas por pruebas.
- Vulnerabilidades: Problemas de seguridad identificados.
- Duplicados: Bloques de código que se repiten.
- Buenas prácticas: Asegura que el código sigue estándares de calidad.

2.10 Integración Continua y Despliegue Continuo (IC/DC)

La Integración Continua (IC) y el Despliegue Continuo (DC) son prácticas fundamentales en el desarrollo moderno de software, especialmente en entornos basados en contenedores como Kubernetes. Estas prácticas permiten automatizar pruebas, validaciones y despliegues de aplicaciones, asegurando mayor calidad, agilidad y reducción de errores en producción.

2.10.1 ¿Qué es el IC/DC?

- Integración Continua (IC): Consiste en integrar de manera automática los cambios realizados por los desarrolladores en un repositorio común. Cada cambio desencadena una cadena de pruebas automatizadas para validar que el nuevo código no rompe funcionalidades existentes.

- Despliegue Continuo (DC): Permite que, una vez validadas las pruebas, la aplicación se despliegue automáticamente en entornos de desarrollo, pruebas o producción, sin intervención manual.

2.10.2 Ventajas de usar IC / DC

- Automatización del ciclo de vida del software: Desde que se realiza un commit hasta que la aplicación se despliega.
- Detección temprana de errores: Gracias a las pruebas automatizadas.
- Despliegues más seguros y frecuentes: Se reduce el riesgo de errores en producción.
- Retroalimentación rápida: Los equipos de desarrollo reciben información inmediata sobre el estado del código.

2.11 GitHub Actions: automatización desde el repositorio

GitHub Actions es la herramienta de automatización de flujos de trabajo integrada en GitHub. Permite crear pipelines de IC/DC directamente desde los repositorios del proyecto, lo que facilita la integración con el código fuente y su despliegue automatizado.

2.11.1 Funcionamiento de GitHub Actions

- Workflows: Definidos en archivos YAML dentro del repositorio, especifican cuándo y cómo se deben ejecutar las acciones (por ejemplo, al hacer push, pull request, o manualmente).

- Jobs y Steps: Cada workflow puede contener varios jobs, que a su vez contienen pasos específicos como instalación de dependencias, ejecución de pruebas, construcción de contenedores y despliegue.

- Integración con Kubernetes y Docker: GitHub Actions permite construir imágenes Docker, subirlas a un registry y desplegarlas en clústeres de Kubernetes de forma automatizada.

2.11.2 Ventajas de GitHub Actions

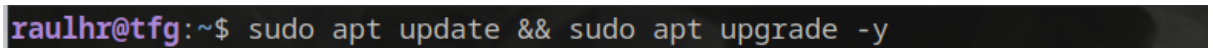
- Entorno gestionado por GitHub: No es necesario mantener servidores para el pipeline.
- Alta integración: Compatible con contenedores, Helm, kubectl, y otros servicios de DevOps.
- Modularidad: Gran ecosistema de acciones reutilizables desde el marketplace de GitHub.
- Transparencia: Toda la ejecución queda registrada en el repositorio.

3. *Instalación del software.*

3.1 Requisitos previos

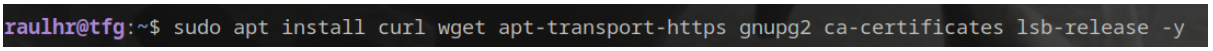
Lo primero que necesitaremos será tener el sistema operativo (Debian 12) actualizado.

```
sudo apt update && sudo apt upgrade -y
```



Una vez hecho esto, instalaremos las dependencias necesarias

```
sudo apt install curl wget apt-transport-https gnupg2
ca-certificates lsb-release -y
```



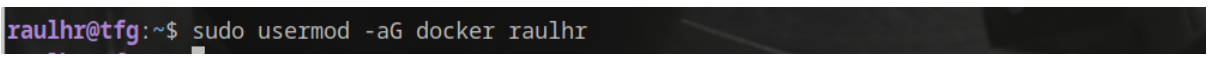
3.2 Instalación de Docker

Para poder usar minikube y kubernetes vamos a necesitar instalarnos Docker, para ello haremos lo siguiente

```
sudo apt install docker.io
```

Para poder usar docker con un usuario sin privilegios usaremos el siguiente comando, una vez ejecutado el comando tendremos que salir y volver a entrar de él para que se actualicen los permisos.

```
sudo usermod -aG docker (usuario)
```

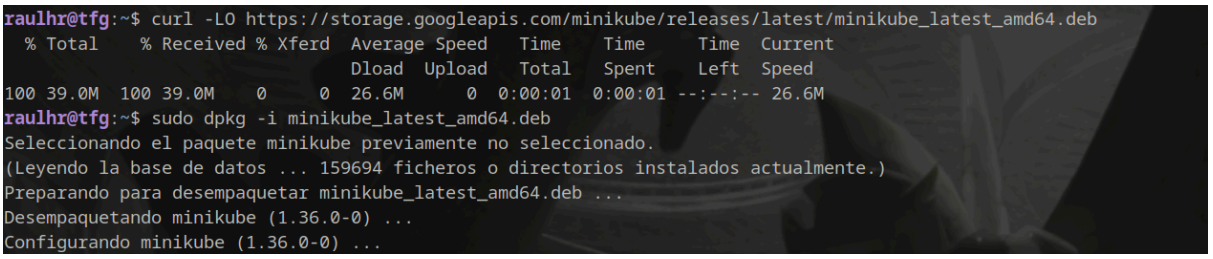


Comprobamos que se ha instalado de forma correcta

3.3 Instalación de Minikube

Lo primero que haremos será instalar Minikube antes que Kubernetes.

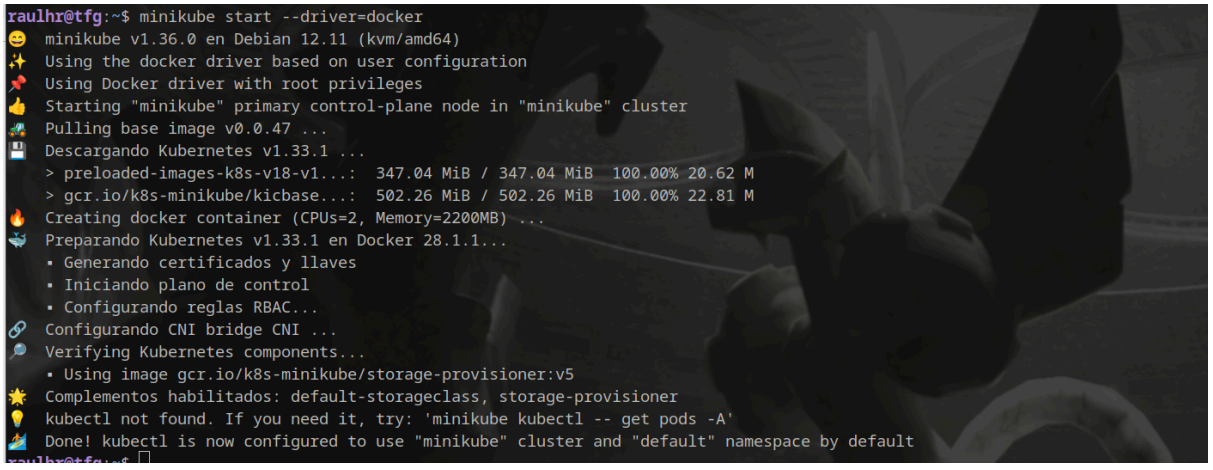
```
curl -LO
https://storage.googleapis.com/minikube/releases/latest/minikube_latest_amd64.deb

sudo dpkg -i minikube_latest_amd64.deb
```



Una vez hecho esto comprobamos que se ha instalado correctamente

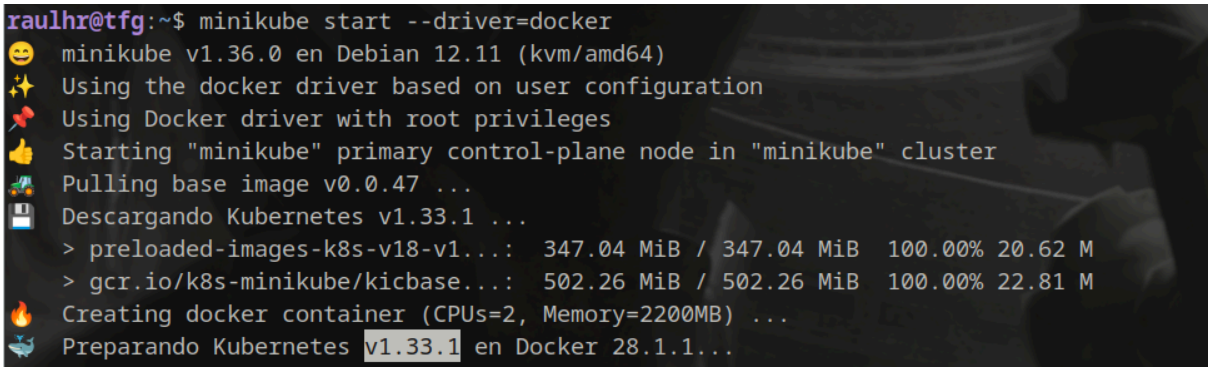
Y lo iniciamos con el driver que queramos, en mi caso será docker

```
minikube start --driver=docker
```



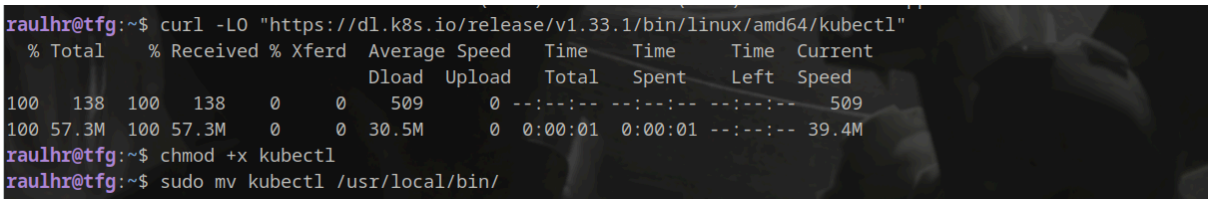
3.4 Instalación de Kubernetes

Una vez tenemos Docker y Minikube pasamos a la instalación de Kubernetes, como hemos comprobado anteriormente la versión de kubernetes que necesitamos es la 1.33.1 porque es la que está usando minikube



Por ello vamos a instalarnos ese cliente específico

```
curl -LO
"https://dl.k8s.io/release/v1.33.1/bin/linux/amd64/kubectl"

chmod +x kubectl

sudo mv kubectl /usr/local/bin/
```



Ahora pasamos a comprobar que se ha instalado de forma correcta

Se ha instalado correctamente la versión que necesitamos.

3.5 Instalación de SonarQube

Para instalar Sonar necesitaremos más recursos, para ello haremos lo siguiente

```
minikube config set memory 4096
minikube config set cpus 2
minikube delete && minikube start
```

Y ahora instalaremos SonarQube usando Helm

3.5.1 Instalación de Helm

Helm es una herramienta que simplifica la administración de aplicaciones en Kubernetes

```
wget https://get.helm.sh/helm-v3.8.0-linux-amd64.tar.gz
tar -zxvf helm-v3.8.0-linux-amd64.tar.gz
sudo mv linux-amd64/helm /usr/local/bin/helm
```

Una vez instalado Helm, continuamos con la instalación de SonarQube.

3.5.2 Instalación de SonarQube

Añadimos el repositorio donde se encuentra Sonar a helm y crearemos un namespace específico para Sonar.

```
helm repo add sonarqube
https://SonarSource.github.io/helm-chart-sonarqube
helm repo update
```

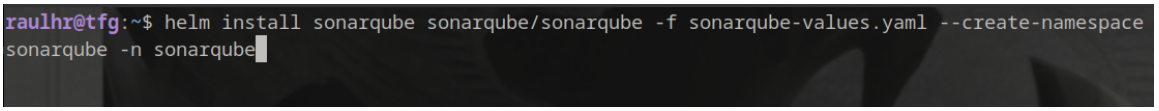
Ahora creamos el siguiente archivo de configuración para Sonar

```
nano sonarqube-values.yaml
community:
  enabled: true

jdbcOverwrite:
  enable: false
  oracleJdbcDriver:
    url: ""
    username: ""
    password: ""

postgresql:
  enabled: true
  postgresqlPassword: sonarpass
  postgresqlUsername: sonar
  postgresqlDatabase: sonarqube

sonarqube:
  web:
    contextPath: "/"
  jvmOpts: "-Xmx512m -Xms512m"

service:
  type: ClusterIP

persistence:
  enabled: false

resources:
  requests:
    cpu: "500m"
```

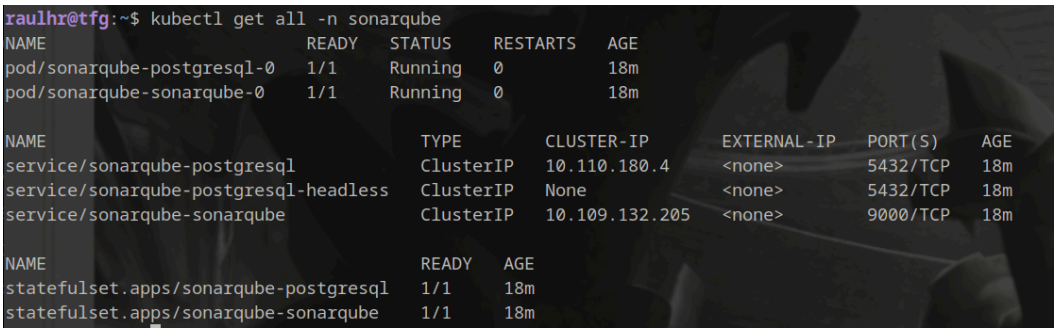
```
    memory: "1Gi"
  limits:
    cpu: "1"
    memory: "2Gi"

monitoringPasscode: "sonar-monitoring-pass"
```

Ejecutamos el siguiente comando para instalarlo

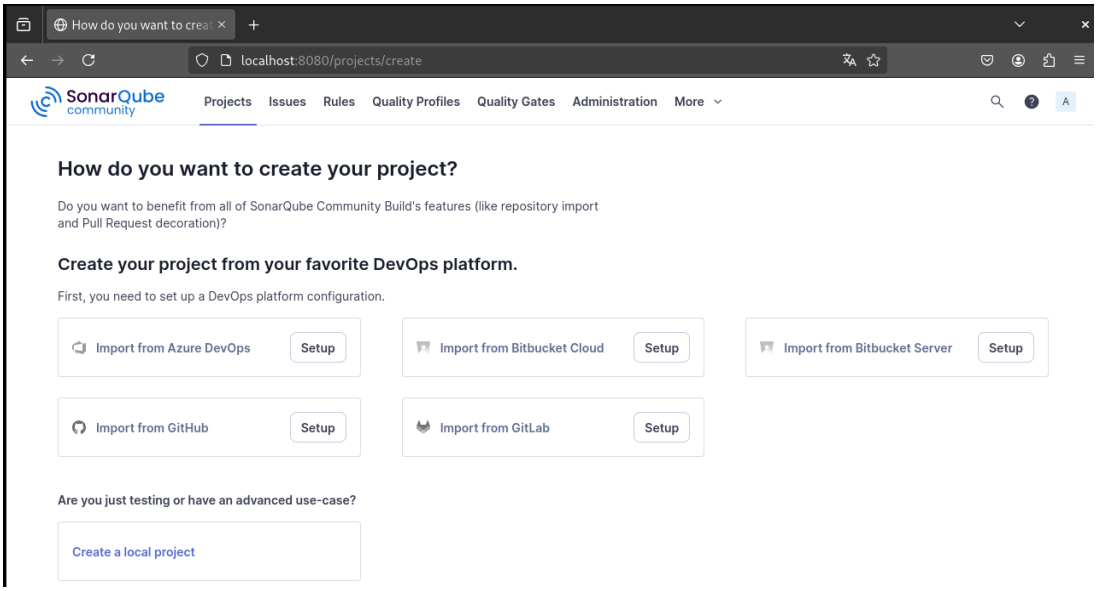
```
helm install sonarqube sonarqube/sonarqube -f
sonarqube-values.yaml --create-namespace sonarqube -n sonarqube
```



Y ya tendríamos SonarQube instalado y totalmente funcional.



(La app se muestra ahora mismo por un port-forward de kubectl, más tarde veremos cómo configurar el ingress para acceder a él por una url)

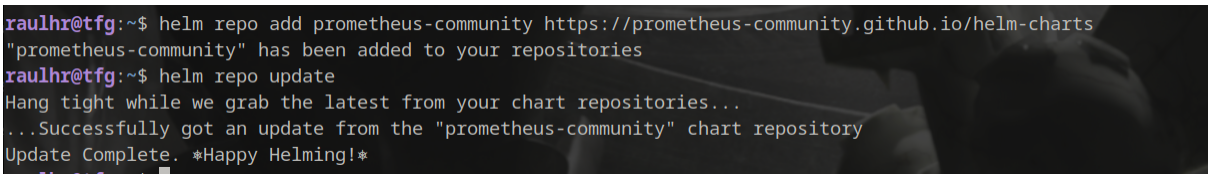


3.6 Instalación de Prometheus y Grafana

Para la instalación de estas dos herramientas necesitaremos usar Helm.

Añadimos el repositorio de prometheus a helm y actualizamos los repositorios de helm

```
helm repo add prometheus-community
https://prometheus-community.github.io/helm-charts
helm repo update
```



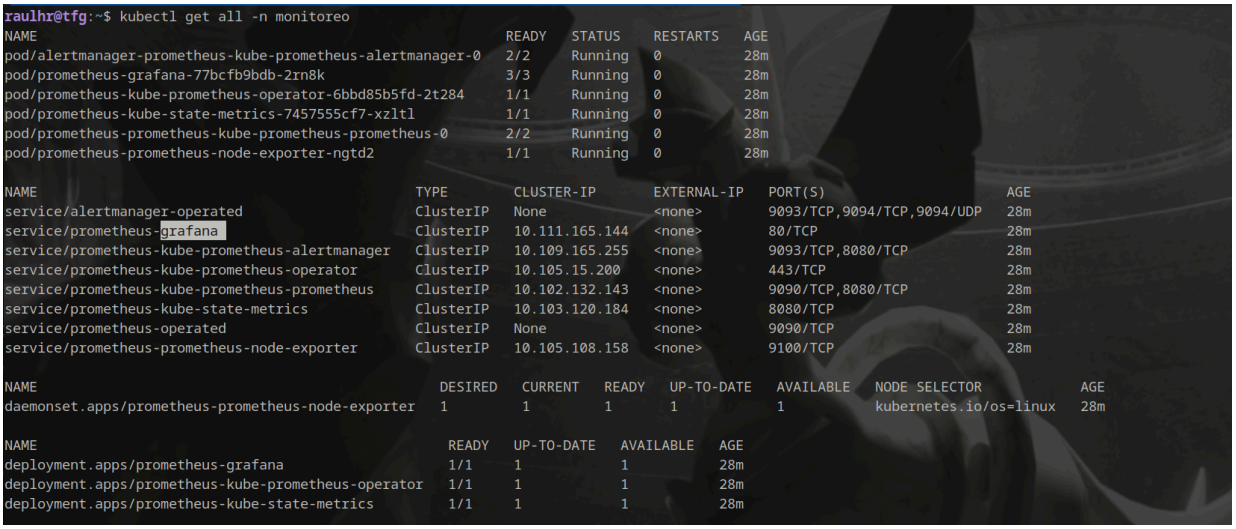
Creamos un nuevo namespace donde instalaremos las aplicaciones de monitoreo

```
helm install prometheus prometheus-community/kube-prometheus-stack
--create-namespace --namespace monitoreo
```

En la misma instalación nos muestra una guía de lo que puedes hacer para comenzar, pero nosotros lo configuraremos más tarde.

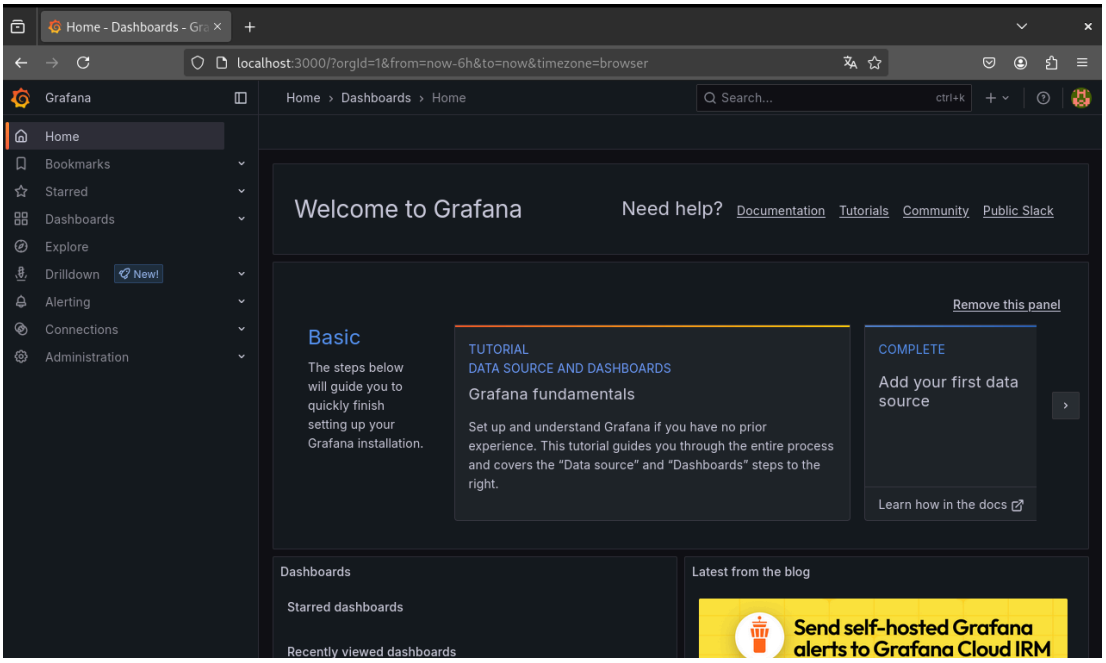
Podremos ver que está todo corriendo correctamente usando el siguiente comando

```
kubectl get all -n monitoreo
```



Esto nos mostrará todo lo que ha generado la instalación previa que hemos hecho con helm en el namespace monitoreo.

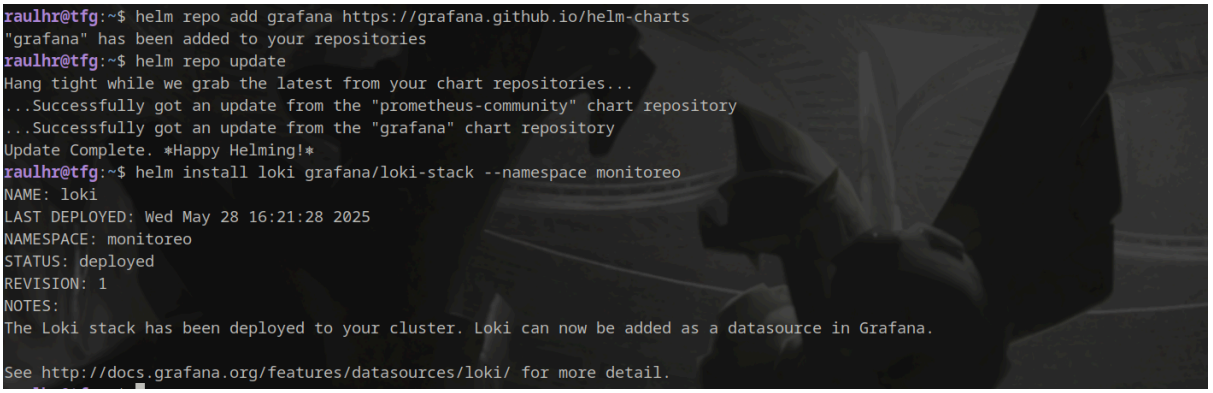
Observamos que también aparece grafana de forma correcta.



3.7 Instalación de Loki

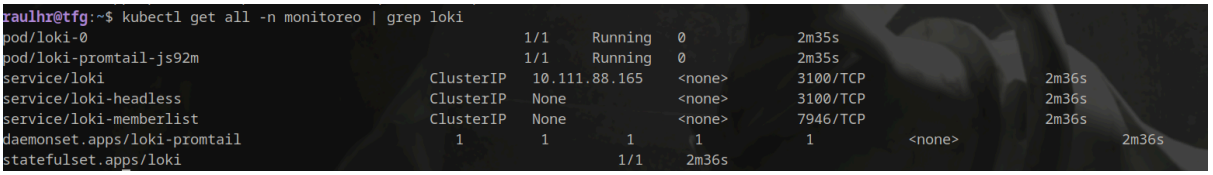
Una vez instalado Grafana, pasamos con la instalación de Loki, para ello agregaremos el repositorio de grafana a helm e instalaremos loki usando helm en el namespace monitoreo creado previamente.

```
helm repo add grafana https://grafana.github.io/helm-charts
helm repo update

helm install loki grafana/loki-stack --namespace monitoreo
```



Comprobamos que esté instalado correctamente usando

```
kubectl get all -n monitoreo | grep loki
```

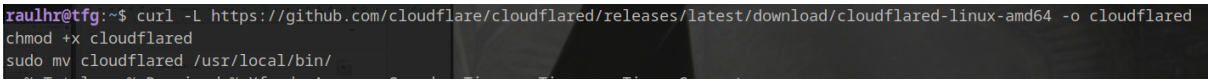


Vemos que está todo corriendo sin ningún error.

3.8 Instalación de Cloudflare

Necesitamos exponer las apps que tenemos en local a la red pública, para ello usaremos Cloudflared. Lo instalamos de la siguiente manera

```
curl -L
https://github.com/cloudflare/cloudflared/releases/latest/download
/cloudflared-linux-amd64 -o cloudflared
chmod +x cloudflared
sudo mv cloudflared /usr/local/bin/
```



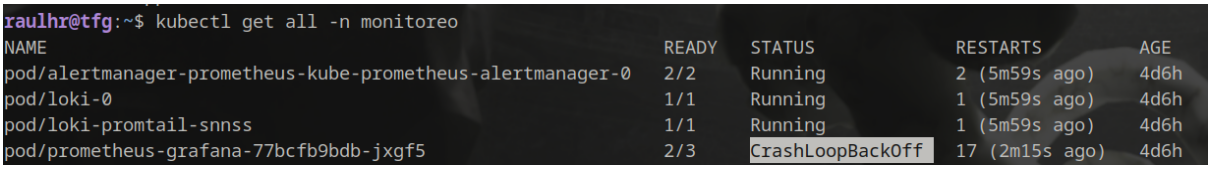
Ahora ya podemos exponer nuestra app local a la red pública.

4. *Creación del escenario y configuración del software.*

Hemos observado haciendo

```
kubectl get all -n monitoreo
```

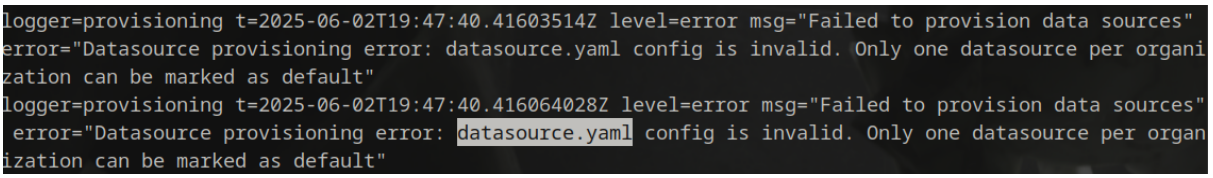
Que el pod de grafana está fallando



Comprobando los logs usando

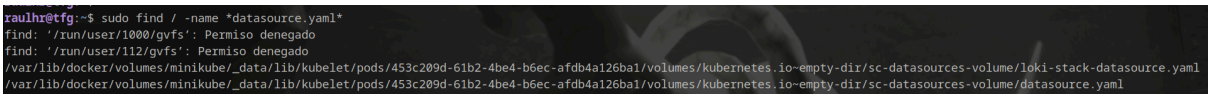
```
kubectl logs -n monitoreo deployment/prometheus-grafana
```

Observamos que hay un fallo en un archivo de configuración llamado **datasource.yaml**

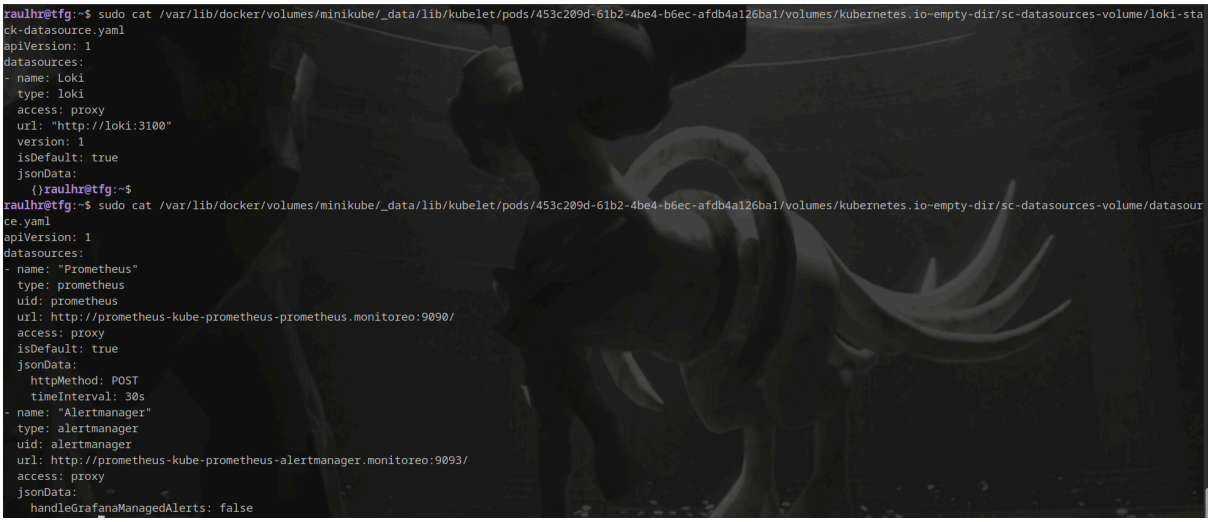


Una vez hemos identificado el fallo, vamos a buscar dicho archivo

```
sudo find / -name *datasource.yaml*
```



Una vez localizados los archivos que están fallando vamos a comprobar el contenido que tienen

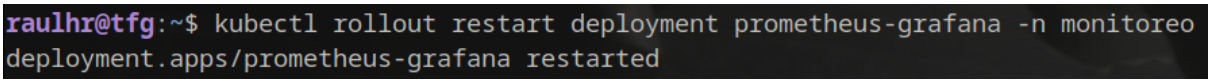


Observamos que ambos tienen la opción isDefault en true por lo que Grafana intenta obtener la información de forma predeterminada tanto de Loki como de Prometheus, por ello da fallo ya que solo puede tener uno de los dos configurado de manera predeterminada.

Lo más lógico es poner como predeterminado a Prometheus ya que es el principal recolector de métricas, para ello modificamos el archivo de loki y le ponemos el parámetro **isDefault** a **false**

Ahora aplicamos los cambios para que el pod de Grafana comience a funcionar de manera correcta

```
kubectl rollout restart deployment prometheus-grafana -n monitoreo
```



Y comprobamos que ya funciona correctamente

```
raulhr@tfg:~$ kubectl get pod/prometheus-grafana-6c96d68598-6wwvn -n monitoreo
NAME                                  READY   STATUS    RESTARTS   AGE
prometheus-grafana-6c96d68598-6wwvn   3/3     Running   0          65s
```

Para que este cambio sea persistente vamos a modificar el chart usado para instalar Loki

```
helm upgrade loki grafana/loki-stack \
  -n monitoreo \
  --set grafana.datasources."datasources\.yaml".apiVersion=1 \
  --set
grafana.datasources."datasources\.yaml".datasources[0].name=Loki \
  --set
grafana.datasources."datasources\.yaml".datasources[0].type=loki \
  --set
grafana.datasources."datasources\.yaml".datasources[0].url=http://loki
:3100 \
  --set
grafana.datasources."datasources\.yaml".datasources[0].access=proxy \
  --set
grafana.datasources."datasources\.yaml".datasources[0].isDefault=false
```

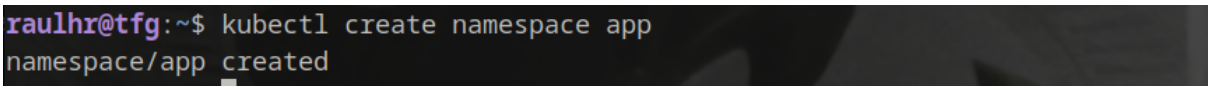
```
raulhr@tfg:~$ helm upgrade loki grafana/loki-stack \
  -n monitoreo \
  --set grafana.datasources."datasources\.yaml".apiVersion=1 \
  --set grafana.datasources."datasources\.yaml".datasources[0].name=Loki \
  --set grafana.datasources."datasources\.yaml".datasources[0].type=loki \
  --set grafana.datasources."datasources\.yaml".datasources[0].url=http://loki:3100 \
  --set grafana.datasources."datasources\.yaml".datasources[0].access=proxy \
  --set grafana.datasources."datasources\.yaml".datasources[0].isDefault=false
Release "loki" has been upgraded. Happy Helming!
NAME: loki
LAST DEPLOYED: Tue Jun  3 20:19:53 2025
NAMESPACE: monitoreo
STATUS: deployed
REVISION: 2
NOTES:
The Loki stack has been deployed to your cluster. Loki can now be added as a datasource in Grafana.

See http://docs.grafana.org/features/datasources/loki/ for more detail.
```

4.1 Preparación del entorno

Pasamos a la creación del escenario. Lo primero que necesitaremos es una aplicación con un frontend y un backend para poder realizar tanto el monitoreo como la cobertura de código y los tests.

Para ello crearemos un nuevo namespace en kubernetes y ahí lanzaremos la aplicación

```
kubectl create namespace app
```



Una vez creado el namespace procedemos a lanzar la aplicación. Para esta demostración me ha ayudado mi compañero de trabajo **Alejandro Salas** a crear la aplicación ya que es algo secundario al trabajo en sí. Dicha aplicación te solicita un registro y un login que irán a una base de datos externa. La app simula una votación con dos equipos de fútbol, Real Betis Balompié y Sevilla Fútbol Club.

La aplicación cuenta con tests unitarios, los podemos observar en los siguientes ficheros :

4.2 Tests unitarios

En nuestra aplicación podremos encontrar los tests unitarios en los siguientes ficheros :

backend/src/auth/auth.service.spec.ts
backend/src/user/user.service.spec.ts
backend/src/vote/vote.service.spec.ts
frontend/src/App.test.jsx
frontend/src/components/AuthModal.test.jsx
frontend/src/components/Popup.test.jsx

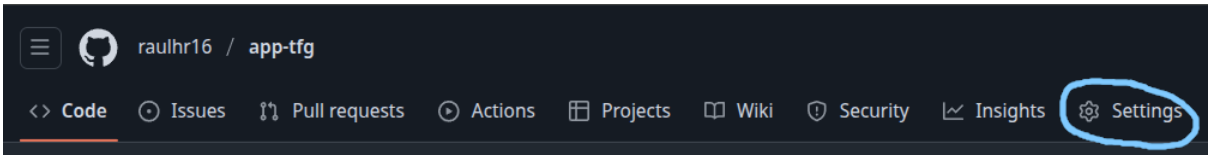
En cada uno de los anteriores ficheros podremos encontrar todos los tests unitarios para el código de nuestra aplicación, estos tests se lanzarán con jest en la ejecución del workflow de github actions y se guardará su porcentaje de cobertura en un archivo que posteriormente analizará sonarqube y nos mostrará el porcentaje de cobertura de código.

Encontramos la app en el siguiente repositorio de github : [App Votos]

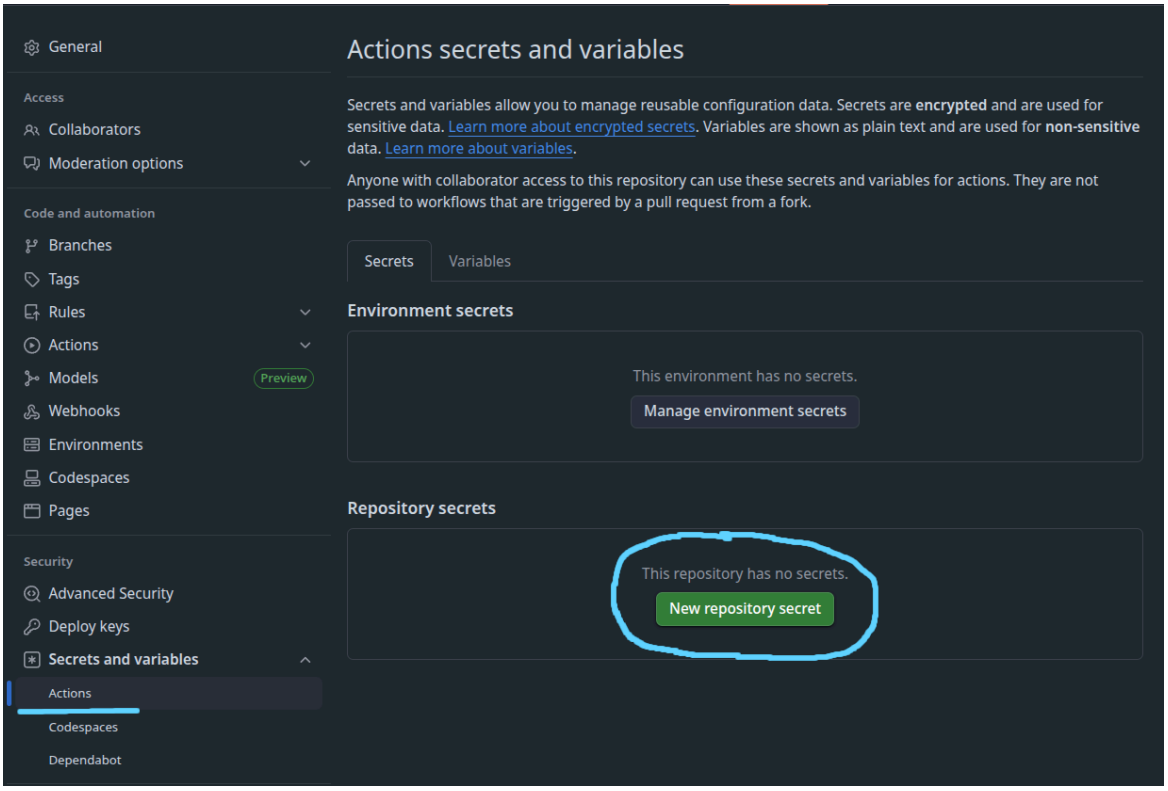
Una vez tenemos la app vamos a tener que seguir unos pasos antes de poder desplegarla y hacer todo lo que queremos con github actions.

Primero debemos crear en el repositorio de GitHub donde tenemos alojada la app una serie de secretos que serán necesarios luego en el despliegue con github actions.

Para ello vamos a Ajustes/Settings dentro del repositorio donde está alojada la app

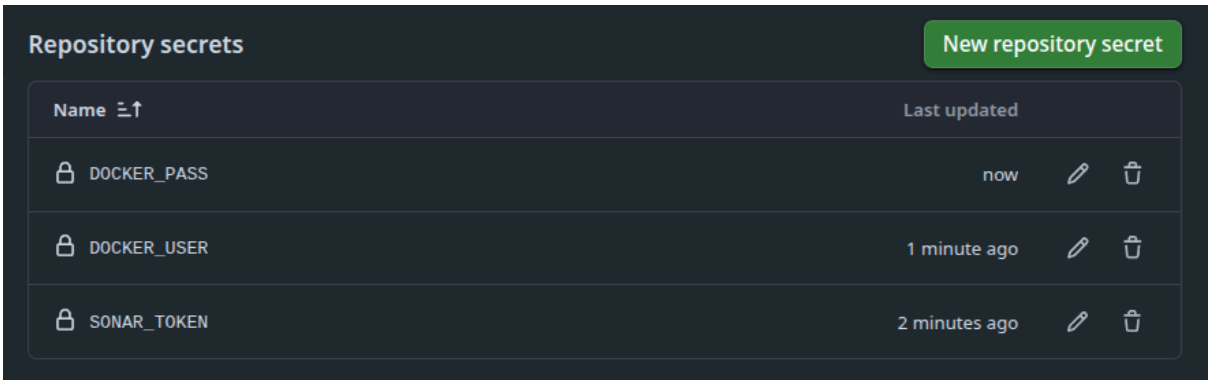


Y en la parte izquierda accedemos al apartado Actions dentro de Secrets and variables



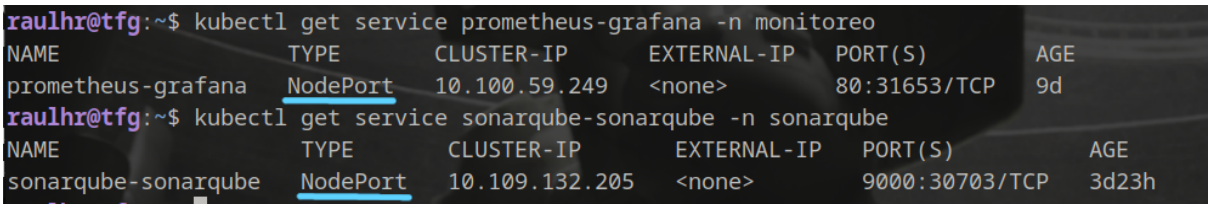
Ahora creamos los secretos necesarios

```
SONAR_TOKEN -> En SonarQube My Account > Security > Generate Token
DOCKER_USER -> Nombre usuario docker (raulhr16)
DOCKER_PASS -> Contraseña de dicho usuario
```



Una vez tenemos los secretos creados en el repositorio de github y antes de seguir con el workflow vamos a configurar Cloudflared para poder acceder a grafana y sonar desde fuera.

Hay que asegurarnos previamente que tenemos configurado los servicios de grafana y sonarqube con la opción NodePort en vez de ClusterIP para poder acceder desde el exterior.



En caso de no tenerlos configurados de dicha manera, haremos un kubectl edit del servicio para modificarlo.

En mi caso prefiero usar como editor de texto Nano antes que vi por lo que ejecuto el siguiente export

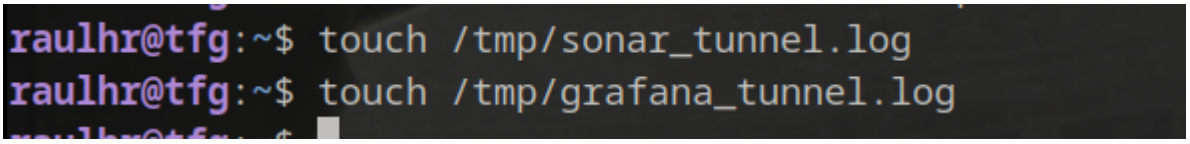
```
export KUBE_EDITOR="nano"
```

Una vez hecho esto ya podemos ejecutar el siguiente comando para editar el servicio que queramos usando nano

```
kubectl edit service (nombre del servicio) -n (nom namespace)
```

Ahora ya podemos exponer tanto sonarqube como grafana a la red externa con los siguiente comandos, primero creamos dos archivos donde se guardarán los logs y la dirección donde estarán alojadas nuestras apps

```
touch /tmp/sonar_tunnel.log
touch /tmp/grafana_tunnel.log
```

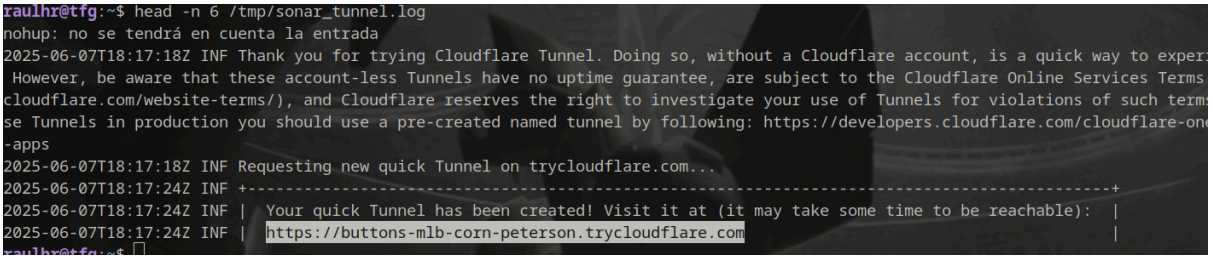


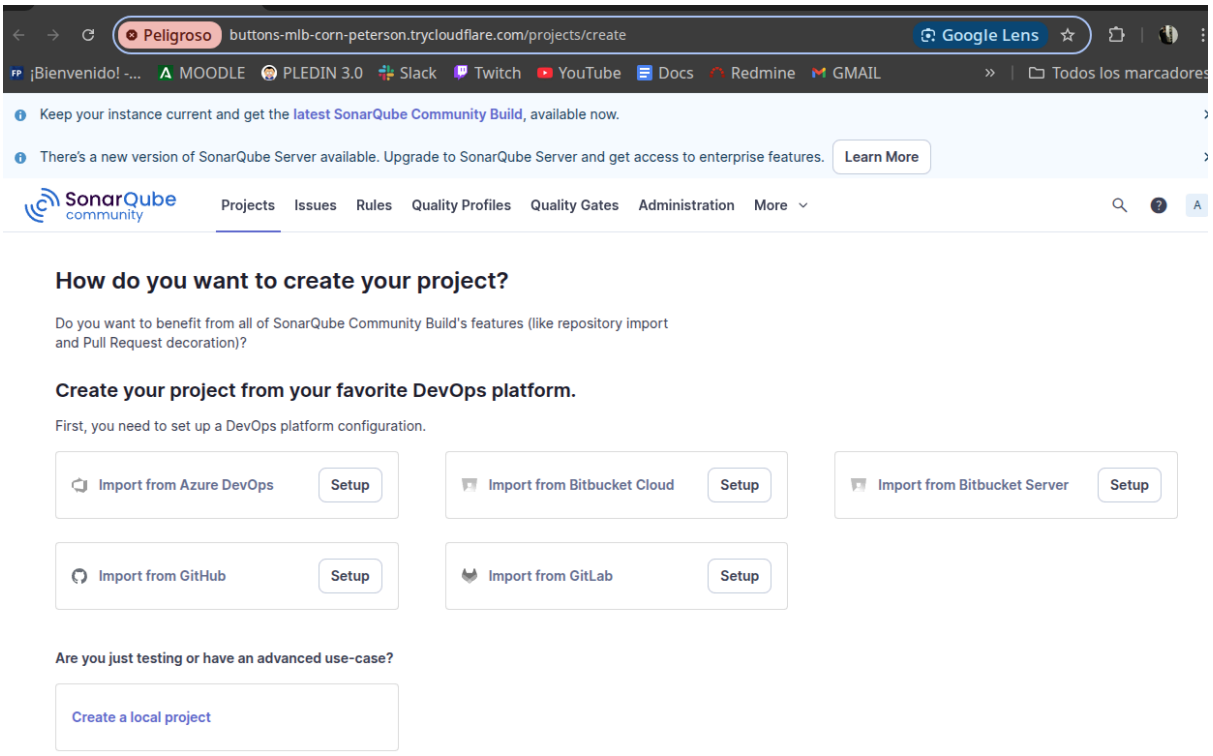
Una vez creado los archivos donde se guardarán los logs exponemos las apps

```
nohup cloudflared tunnel --url http://192.168.49.2:30703/
--no-autoupdate > /tmp/sonar_tunnel.log 2>&1 &
```

Y ahora consultamos la url con el siguiente comando

```
head -n 6 /tmp/sonar_tunnel.log
```

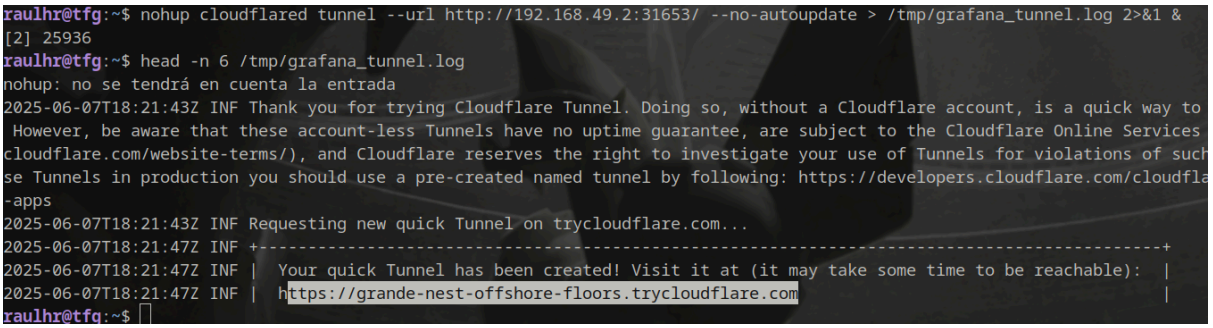




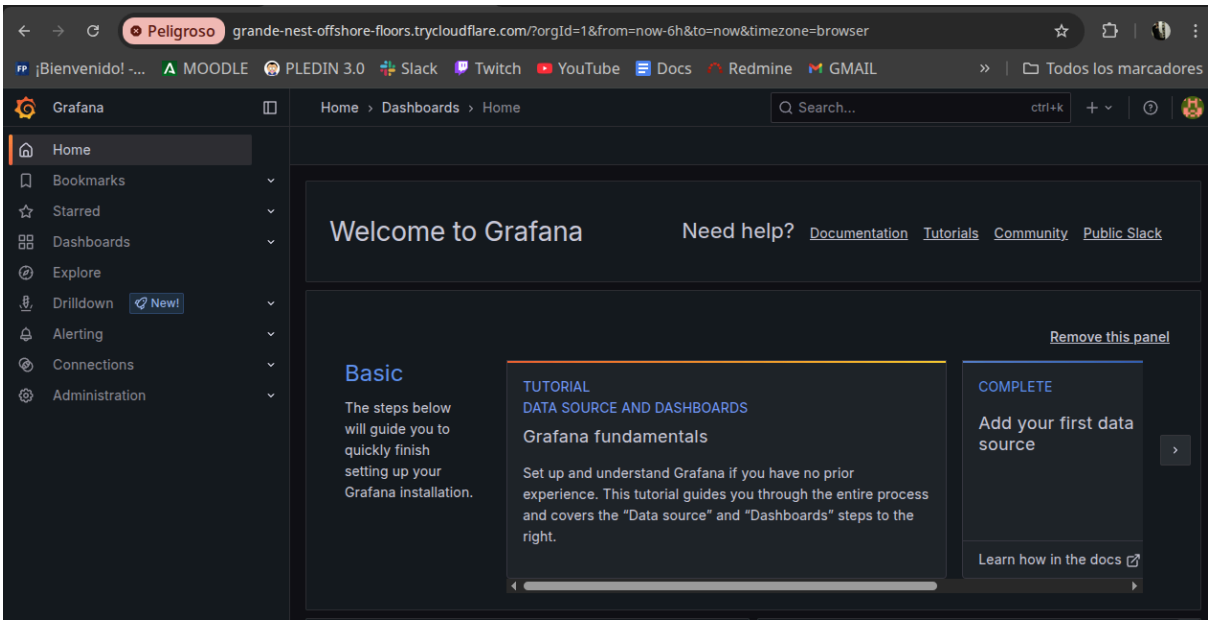
Y ya tendríamos acceso a SonarQube desde el exterior.

Para grafana seguimos los mismos pasos

```
nohup cloudflared tunnel --url http://192.168.49.2:31653/
--no-autoupdate > /tmp/grafana_tunnel.log 2>&1 &

head -n 6 /tmp/grafana_tunnel.log
```

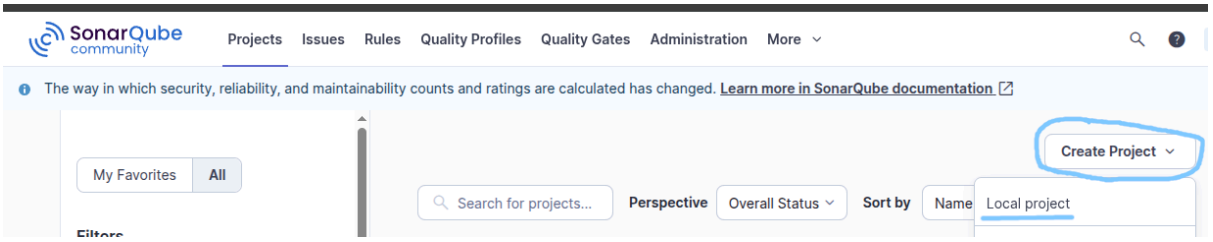


Y también tendremos ya acceso a grafana desde el exterior

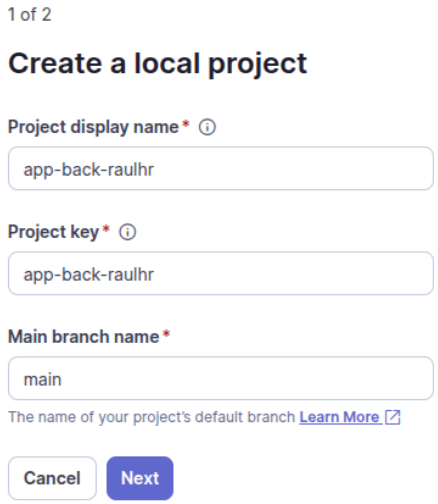


Una vez podemos acceder a sonarqube y grafana desde el exterior, debemos crear un proyecto en sonarqube donde subamos el resultado de la cobertura a nuestra app, para ello una vez logueados en la web haremos lo siguiente:

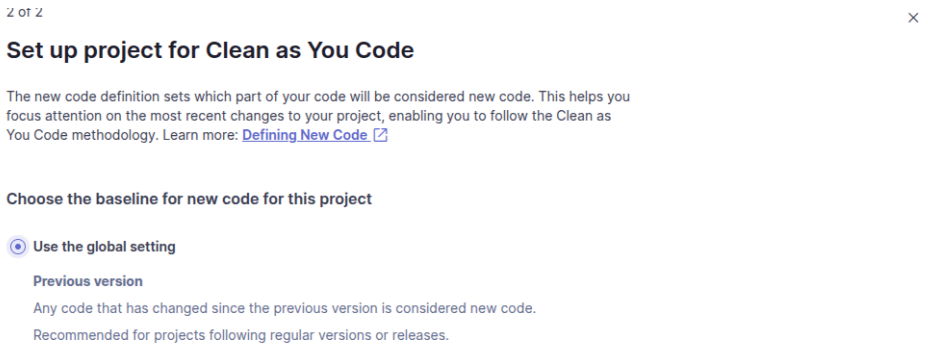
En la página principal de SonarQube una vez conectado con la cuenta de administrador pulsaremos en Create Project > Local project



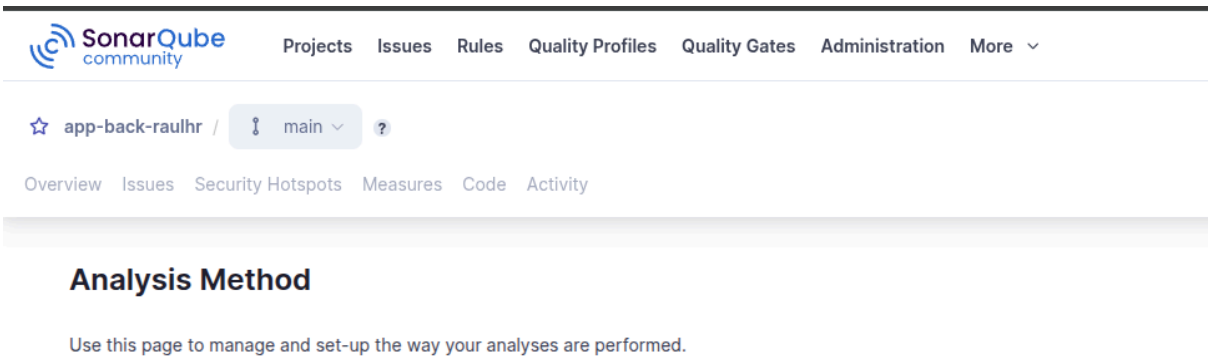
Ponemos el nombre que queramos y le damos a next



Pulsamos sobre Use the global setting y pulsamos en Create project



Y ya tendríamos el proyecto creado en Sonar



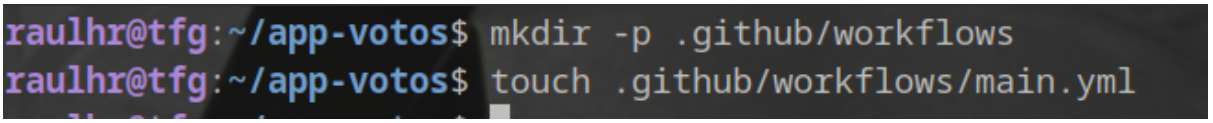
Ahora repetimos los mismos pasos para crear otro proyecto para el frontend.

Una vez creados ambos proyectos comenzamos con la creación del workflow de github actions para automatizarlo todo, para ello clonamos la aplicación en un repositorio local usando el siguiente comando

```
git clone git@github.com:raulhr16/app-tfg.git
```

Y ya lo tendríamos, ahora pasamos a crear el archivo de configuración del workflow, para ello crearemos la carpeta .github/workflows y dentro de ella el archivo main.yml

```
mkdir -p .github/workflows
touch .github/workflows/main.yml
```



4.3 Workflow Github Actions

Una vez hecho esto creamos el flow que queremos, voy a ir explicando paso por paso que hace dicho flow.

```
name: CI/CD Pipeline

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

env:
  SONAR_HOST_URL: (url de sonar)
  SONAR_TOKEN: ${{ secrets.SONAR_TOKEN }}
  DOCKER_USER: ${{ secrets.DOCKER_USER }}
  DOCKER_PASS: ${{ secrets.DOCKER_PASS }}
  BACKEND_IMAGE: raulhr16/backend
  FRONTEND_IMAGE: raulhr16/frontend
```

Lo primero que hemos hecho ha sido especificar el nombre de la pipeline, indicamos que se ejecute cuando se hace un push en la rama main o en una pull request y especificamos las variables de entorno.

```
jobs:
  test-y-analisis:
    runs-on: ubuntu-latest

    steps:
      - name: Clonando repositorio
        uses: actions/checkout@v3

      - name: Instalando node
        uses: actions/setup-node@v3
        with:
          node-version: 20

      - name: Instalando dependencias de backend
        run: npm ci
        working-directory: backend
```

```
    - name: Lanzando tests de backend
      run: npm test -- --coverage
      working-directory: backend

    - name: Guardar cobertura backend
      uses: actions/upload-artifact@v4
      with:
        name: backend-coverage
        path: backend/coverage

    - name: Instalando dependencias de frontend
      run: npm ci
      working-directory: frontend

    - name: Lanzando tests de frontend
      run: npm test -- --coverage
      working-directory: frontend

    - name: Guardar cobertura frontend
      uses: actions/upload-artifact@v4
      with:
        name: frontend-coverage
        path: frontend/coverage
```

Comenzamos con los pasos que ejecuta la pipeline, el primero es el test y análisis, en este paso vamos a clonar el repositorio en el agente, instalamos la versión 20 de node que es la que usa nuestra app, instalamos las dependencias y comenzamos a lanzar los tests. Los tests hay que lanzarlos con la opción --coverage para que cree un archivo con el resultado de la cobertura y así luego sonar podrá leer dicho archivo. Una vez creado dicho fichero hay que guardarlo como un artefacto para que luego en el siguiente paso el agente que se ejecute pueda descargarse el informe.

```
analisis-frontend:
   needs: test-y-analisis
   runs-on: ubuntu-latest
   steps:
     - name: Clonando repositorio
       uses: actions/checkout@v3

     - name: Descargar cobertura frontend
       uses: actions/download-artifact@v4
       with:
         name: frontend-coverage
         path: frontend/coverage

     - name: Escanear frontend
       uses: SonarSource/sonarcloud-github-action@master
       with:
         args: >
           -Dsonar.host.url=${{ env.SONAR_HOST_URL }}
           -Dsonar.token=${{ env.SONAR_TOKEN }}
           -Dsonar.projectBaseDir=frontend

     - name: Esperar quality gate frontend
       uses: warchant/setup-sonar-scanner@v7
       with:
         sonar-token: ${{ env.SONAR_TOKEN }}
```

En este paso analizamos la cobertura del frontend, añadimos la condición de que el primer paso tiene que salir en verde para que se ejecute este paso y luego la configuración de sonar necesaria.

```
analisis-backend:
   needs: test-y-analisis
   runs-on: ubuntu-latest
   steps:
     - name: Clonando repositorio
       uses: actions/checkout@v3

     - name: Descargar cobertura backend
       uses: actions/download-artifact@v4
       with:
         name: backend-coverage
         path: backend/coverage

     - name: Escaneando el backend
       uses: SonarSource/sonarcloud-github-action@master
       with:
         args: >
           -Dsonar.host.url=${{ env.SONAR_HOST_URL }}
           -Dsonar.token=${{ env.SONAR_TOKEN }}
           -Dsonar.projectBaseDir=backend

     - name: Esperar quality gate backend
       uses: warchant/setup-sonar-scanner@v7
       with:
         sonar-token: ${{ env.SONAR_TOKEN }}
```

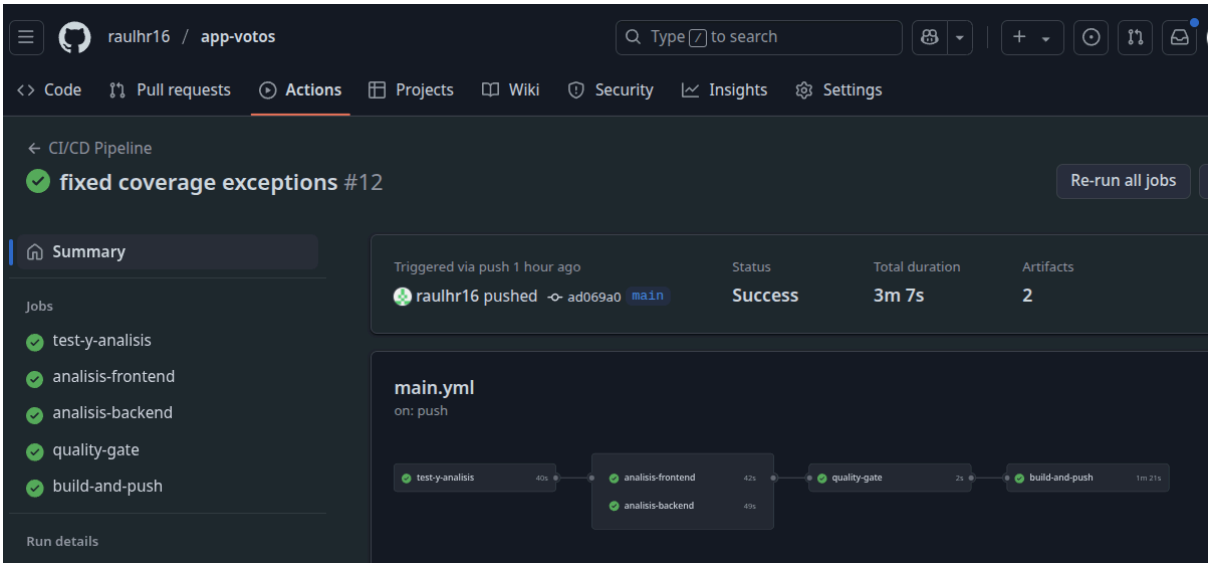
Lo mismo que hemos explicado anteriormente pero en este caso para el backend.

```
quality-gate:
   needs: [analisis-frontend, analisis-backend]
   runs-on: ubuntu-latest
   steps:
     - run: echo "Ambos quality gates completados"
```

Con este paso nos aseguramos de que pasen bien ambos análisis.

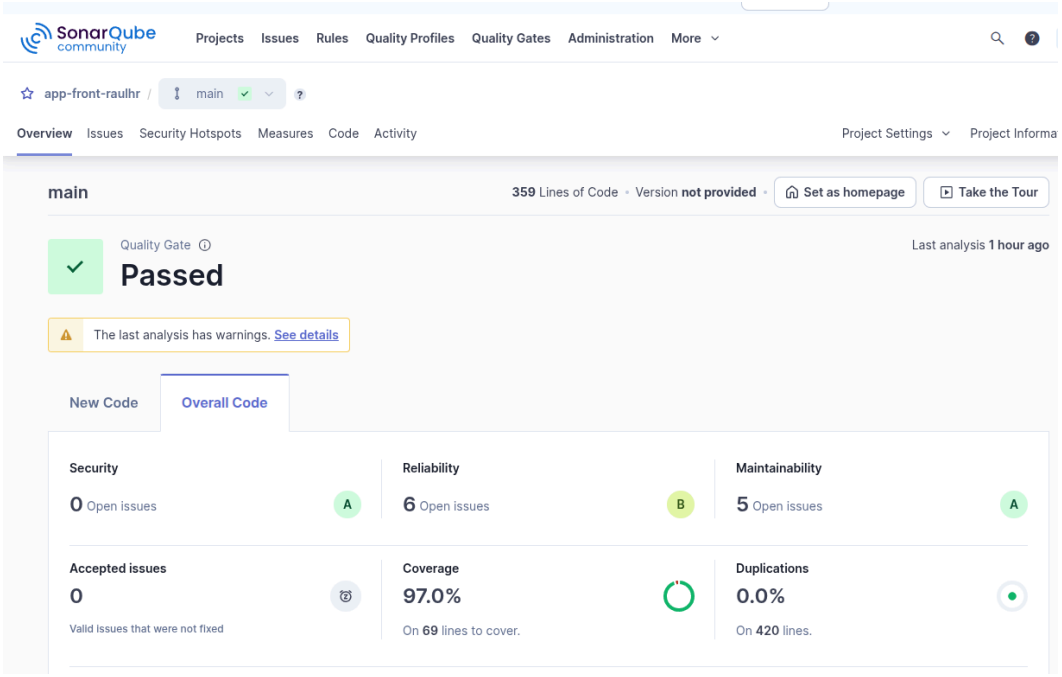
```
 build-and-push:
    needs: quality-gate
    runs-on: ubuntu-latest

    steps:
      - name: Clonando repositorio
        uses: actions/checkout@v3

      - name: Iniciando sesión en docker
        run: echo "${{ env.DOCKER_PASS }}" | docker login -u "${{
env.DOCKER_USER }}" --password-stdin

      - name: Buildeando y pusheando la última versión del backend
        run: |
          docker build -t $BACKEND_IMAGE:$GITHUB_RUN_NUMBER
./backend
          docker push $BACKEND_IMAGE:$GITHUB_RUN_NUMBER

      - name: Buildeando y pusheando la última versión del
frontend
        run: |
          docker build -t $FRONTEND_IMAGE:$GITHUB_RUN_NUMBER
./frontend
          docker push $FRONTEND_IMAGE:$GITHUB_RUN_NUMBER
```

Y en este último paso creamos la imágen de nuestra app después de habernos asegurado que pasa bien la cobertura con sonar y subimos la nueva versión de la app a docker-hub.

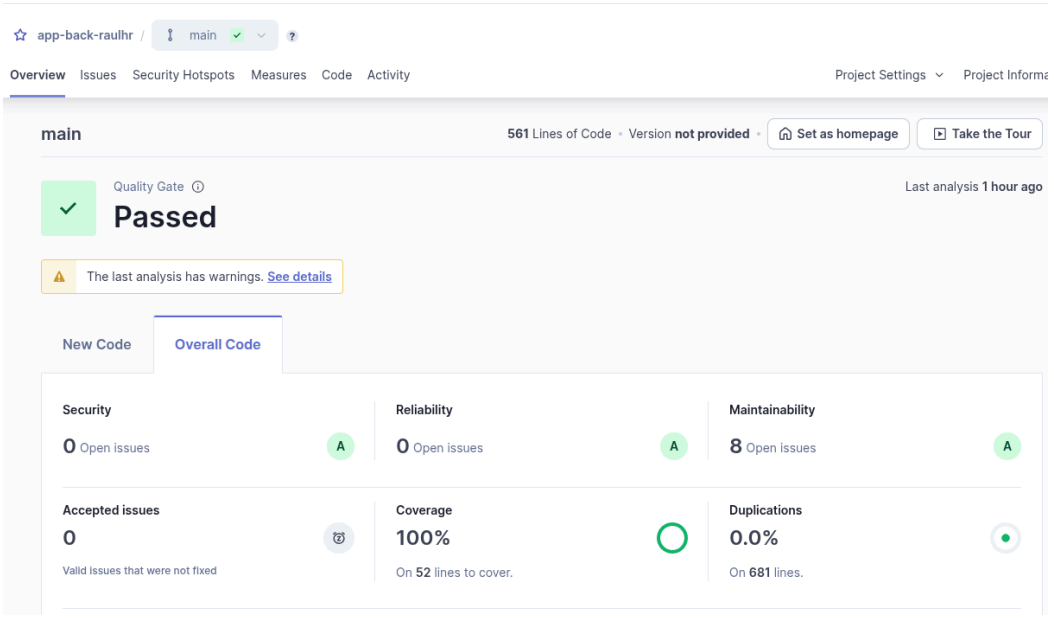


Y comprobamos que han pasado bien ambos proyectos de sonar, tanto del frontend como del backend.

Frontend

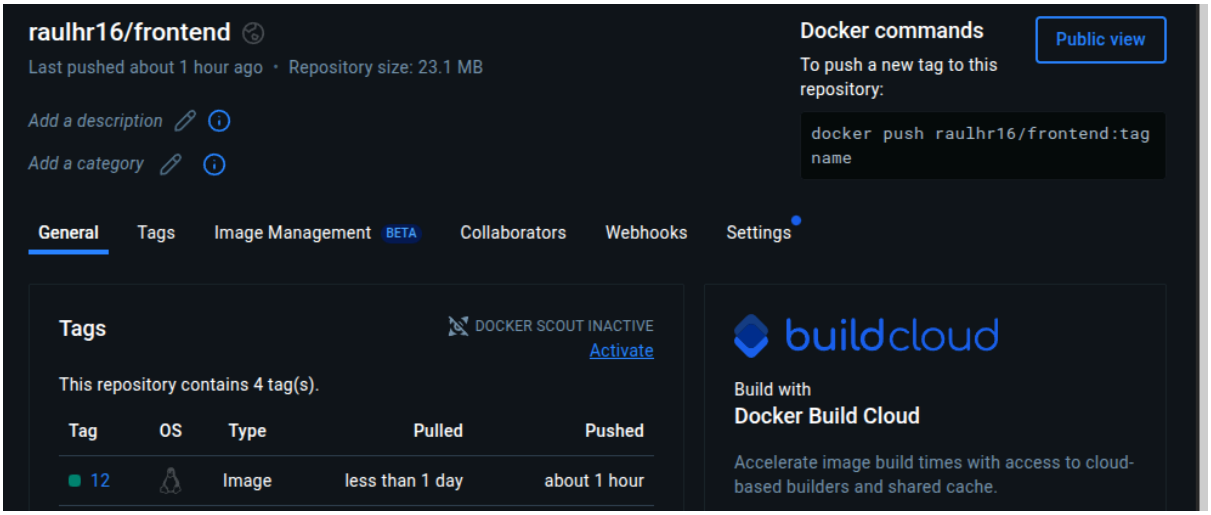


Backend

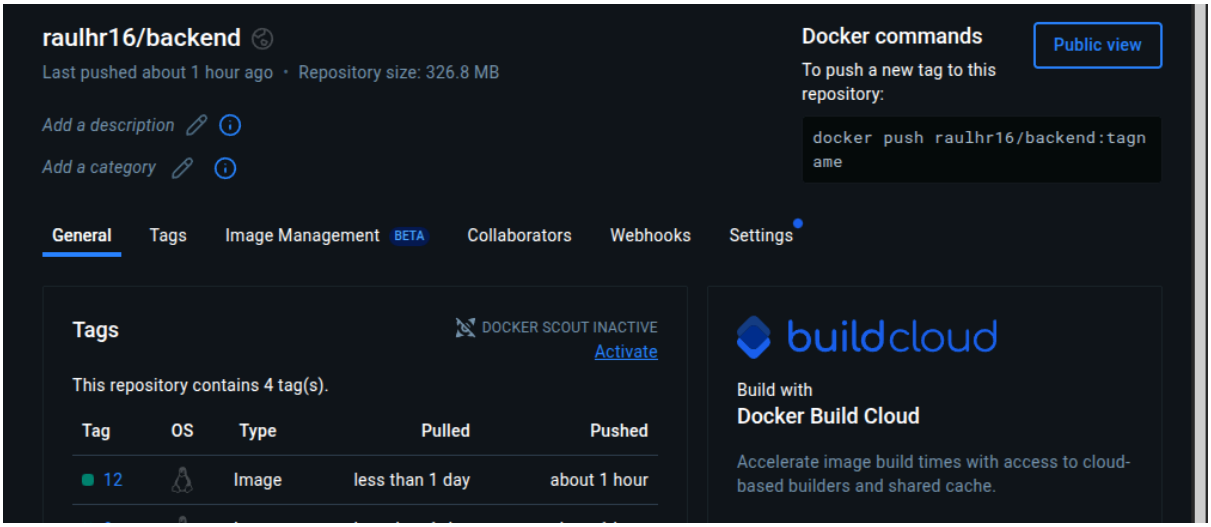


Y comprobamos que se ha subido la última versión de la imágen a docker-hub

Frontend



Backend



Vemos que efectivamente ambas imágenes se han subido de forma correcta y con el tag de la run de github actions.

4.4 Despliegue de la App

Ahora comenzamos con el despliegue de la aplicación en local y con la conexión con grafana, prometheus y loki.

Para el despliegue de la app en local usaremos kubernetes, crearemos los siguiente ficheros de configuración para poder desplegarla

secreto-db.yaml

```
apiVersion: v1
kind: Secret
metadata:
  name: secreto-db
  namespace: app
type: Opaque
data:
  POSTGRES_DB: dGZn
  POSTGRES_USER: cmF1bGhy
  POSTGRES_PASSWORD: cmF1bGhy
```

postgres-deployment.yaml

```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: postgres
  namespace: app
spec:
  replicas: 1
  selector:
    matchLabels:
      app: postgres
  template:
    metadata:
      labels:
        app: postgres
    spec:
      containers:
        - name: postgres
          image: postgres:15
          ports:
```

```
            - containerPort: 5432
          env:
            - name: POSTGRES_DB
              valueFrom:
                secretKeyRef:
                  name: secreto-db
                  key: POSTGRES_DB
            - name: POSTGRES_USER
              valueFrom:
                secretKeyRef:
                  name: secreto-db
                  key: POSTGRES_USER
            - name: POSTGRES_PASSWORD
              valueFrom:
                secretKeyRef:
                  name: secreto-db
                  key: POSTGRES_PASSWORD
          volumeMounts:
            - name: postgres-data
              mountPath: /var/lib/postgresql/data
      volumes:
        - name: postgres-data
          emptyDir: {}
```

postgres-service.yaml

```
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: postgres
  namespace: app
spec:
  selector:
    app: postgres
  ports:
    - port: 5432
      targetPort: 5432
```

backend-deployment.yaml

```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: backend
  namespace: app
spec:
  replicas: 1
  selector:
    matchLabels:
      app: backend
  template:
    metadata:
      labels:
        app: backend
    spec:
      containers:
        - name: backend
          image: raulhr16/backend:12
          ports:
            - containerPort: 3000
          env:
            - name: DB_HOST
              value: postgres
            - name: DB_PORT
              value: "5432"
            - name: DB_USER
              valueFrom:
                secretKeyRef:
                  name: secreto-db
                  key: POSTGRES_USER
            - name: DB_PASS
              valueFrom:
                secretKeyRef:
                  name: secreto-db
                  key: POSTGRES_PASSWORD
            - name: DB_NAME
              valueFrom:
                secretKeyRef:
                  name: secreto-db
                  key: POSTGRES_DB
```

backend-service.yaml

```
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: backend
  namespace: app
spec:
  selector:
    app: backend
  ports:
    - port: 3000
      targetPort: 3000
```

frontend-deployment.yaml

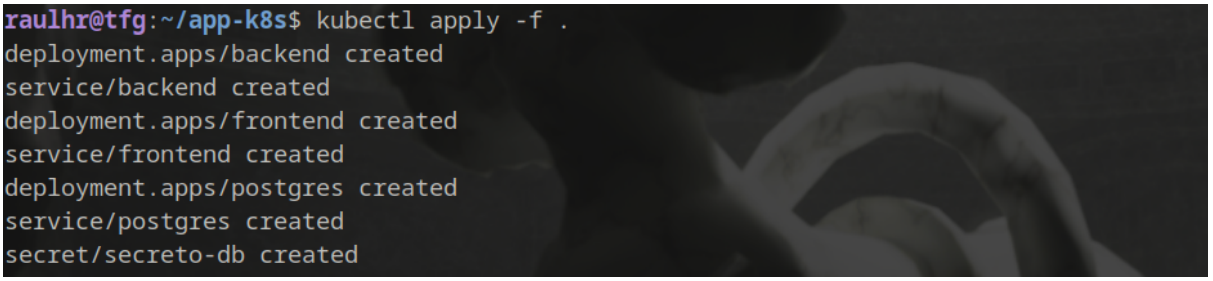
```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: frontend
  namespace: app
spec:
  replicas: 1
  selector:
    matchLabels:
      app: frontend
  template:
    metadata:
      labels:
        app: frontend
    spec:
      containers:
        - name: frontend
          image: raulhr16/frontend:12
          ports:
            - containerPort: 80
```

frontend-service.yaml

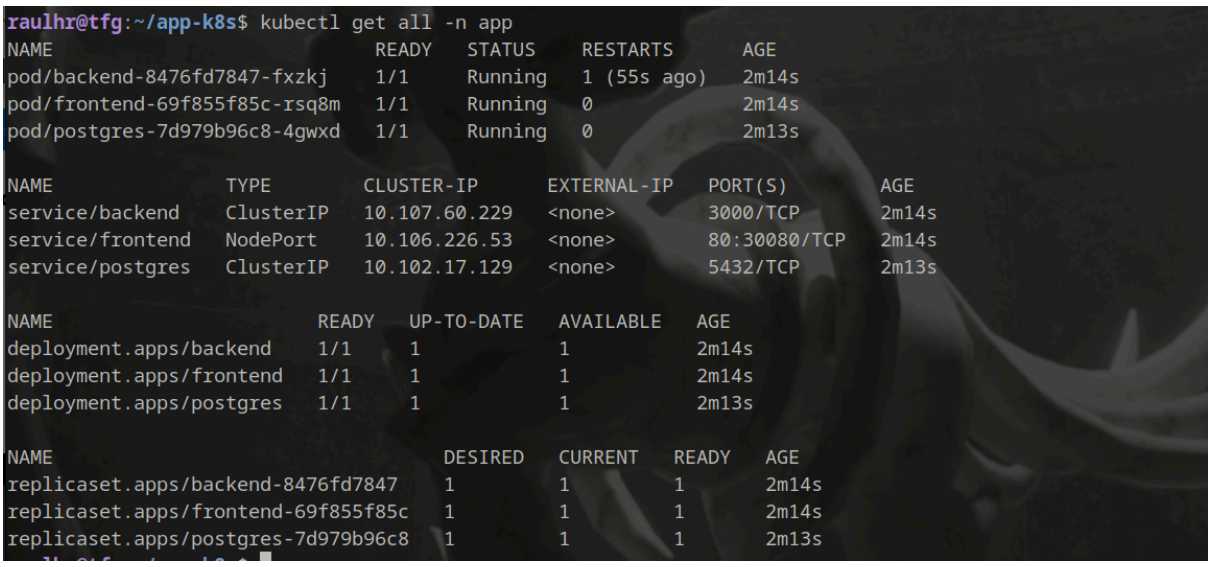
```
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: frontend
  namespace: app
spec:
  type: NodePort
  selector:
    app: frontend
  ports:
    - port: 80
      targetPort: 80
      nodePort: 30080
```

Una vez creado todos los archivos de configuración los desplegamos usando

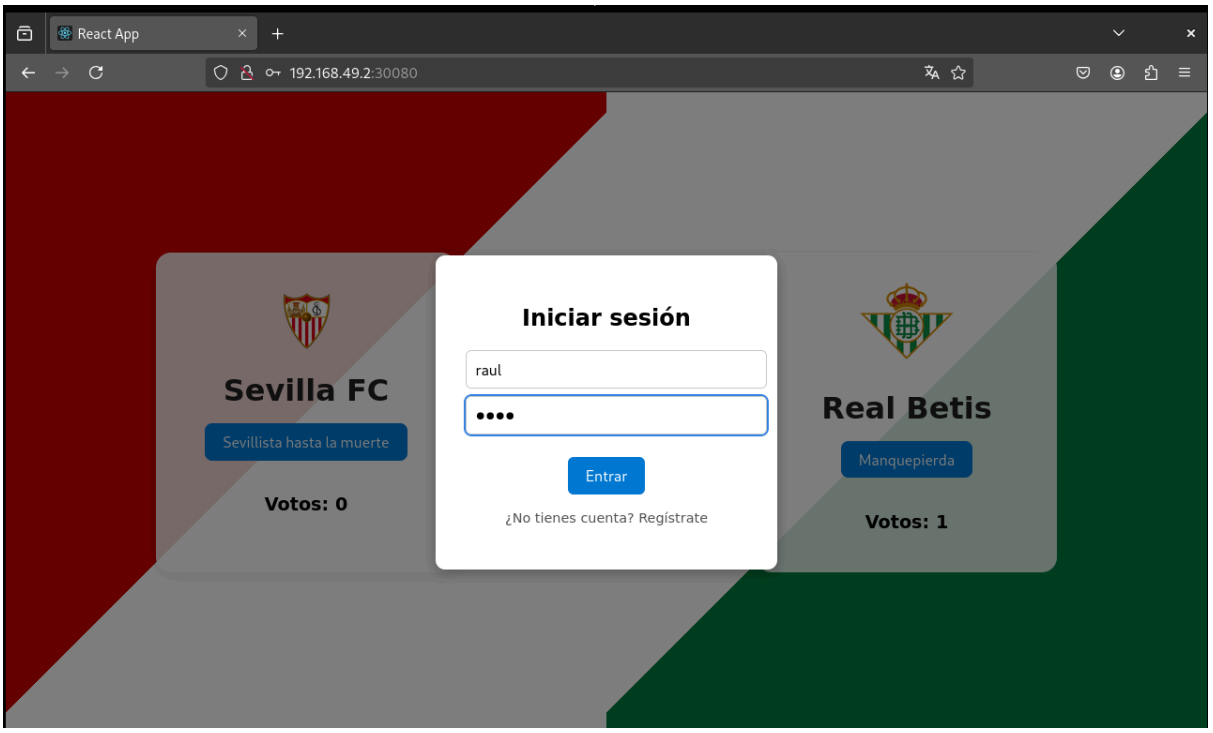
```
kubectl apply -f .
```



Y comprobamos que está funcionando bien



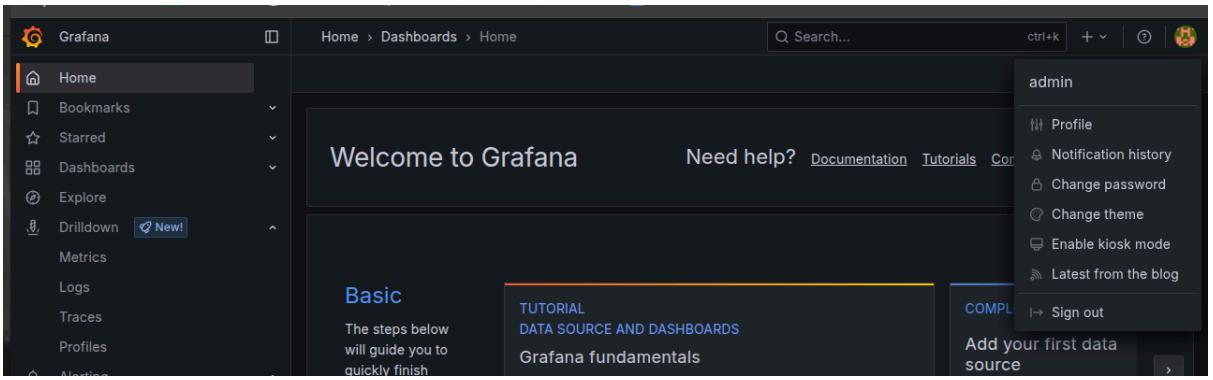
Ahora vamos a probar la app



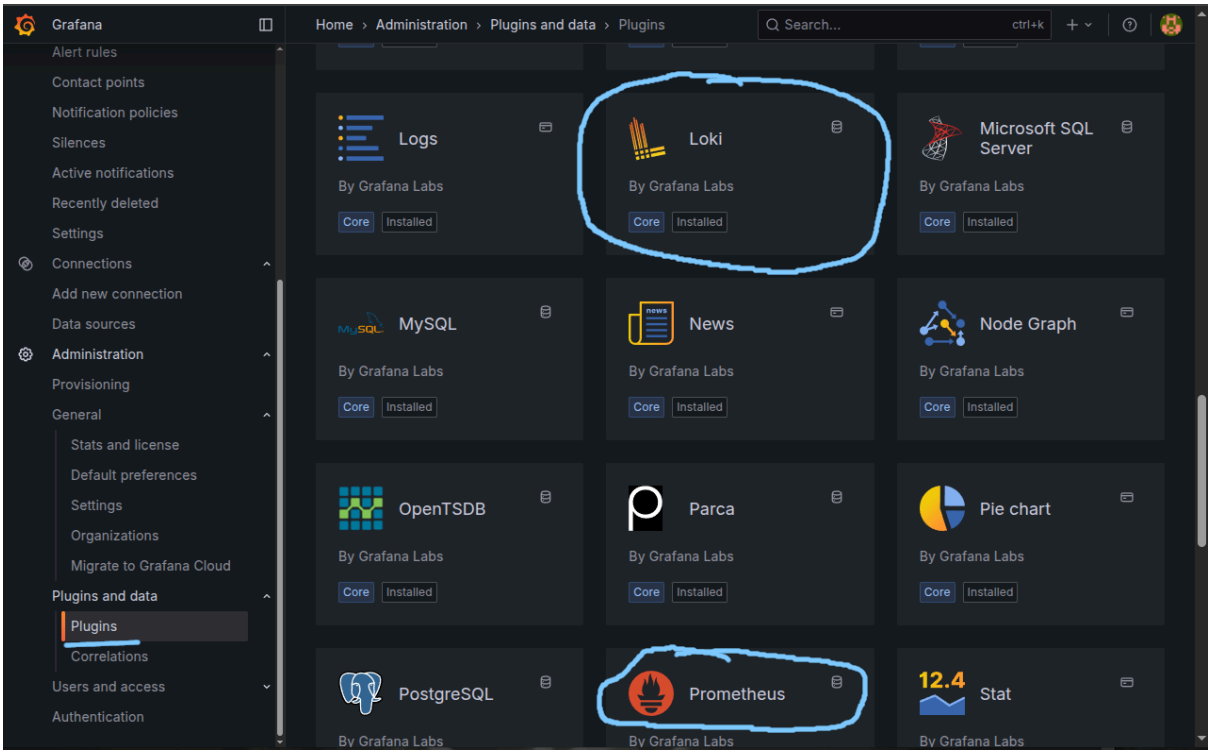
Y efectivamente funciona bien.

4.5 Grafana, prometheus y loki

Ya podemos comenzar con la configuración de los observadores. Para ello lo primero que haremos será iniciar sesión como administrador en Grafana.

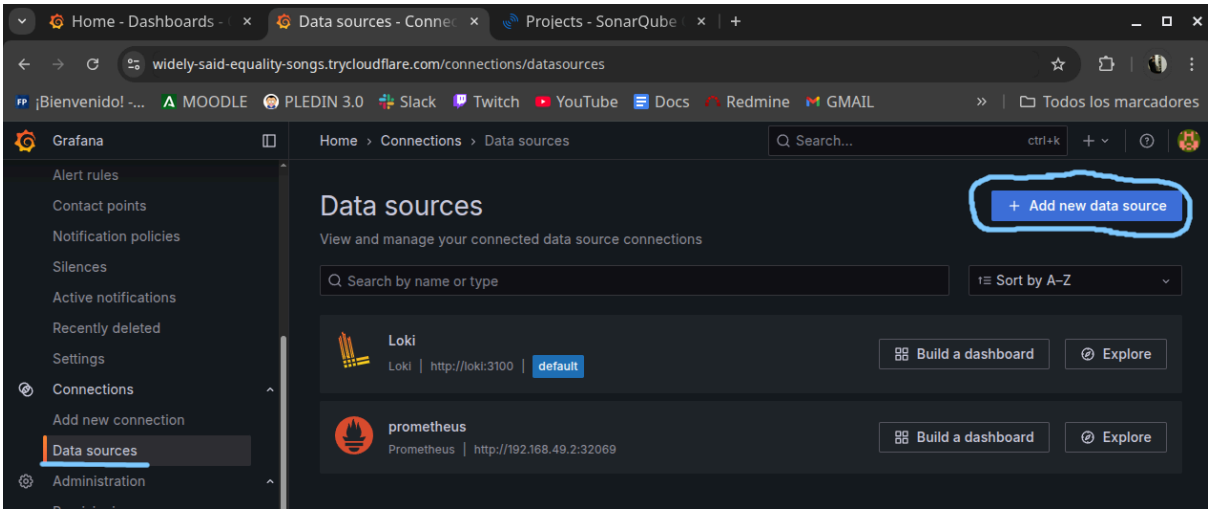


Una vez dentro de grafana vamos a asegurarnos de que tenemos los plugins necesarios para usar loki y prometheus instalados

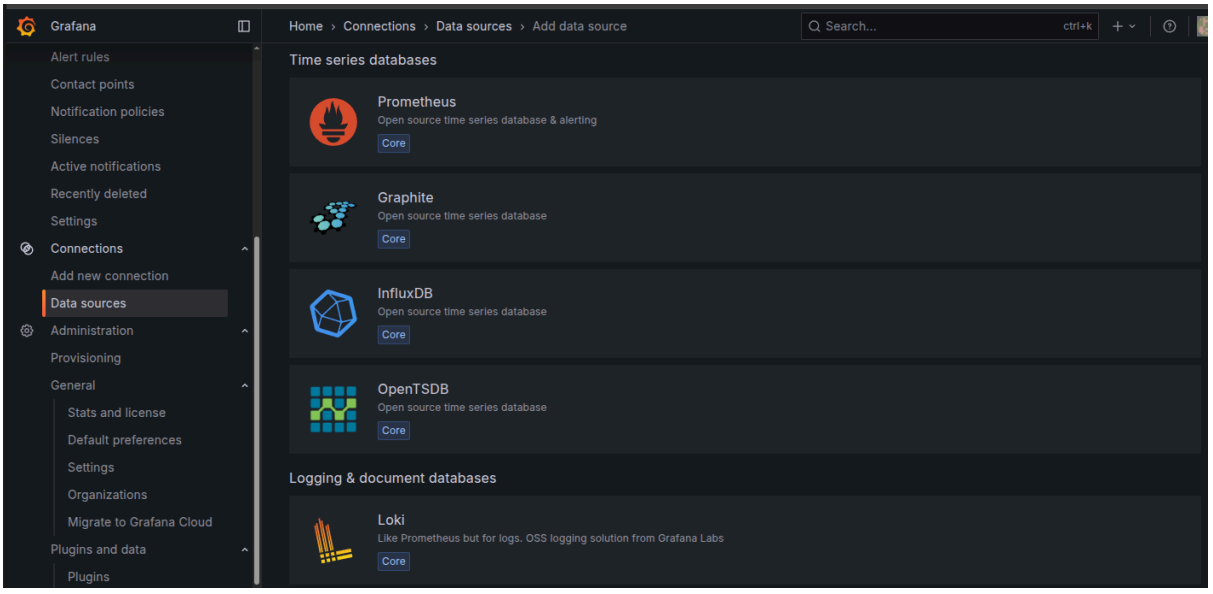


Si no tuviéramos alguno de esos dos nos lo instalaremos introduciendo el nombre en el buscador y luego pulsando el botón de instalar.

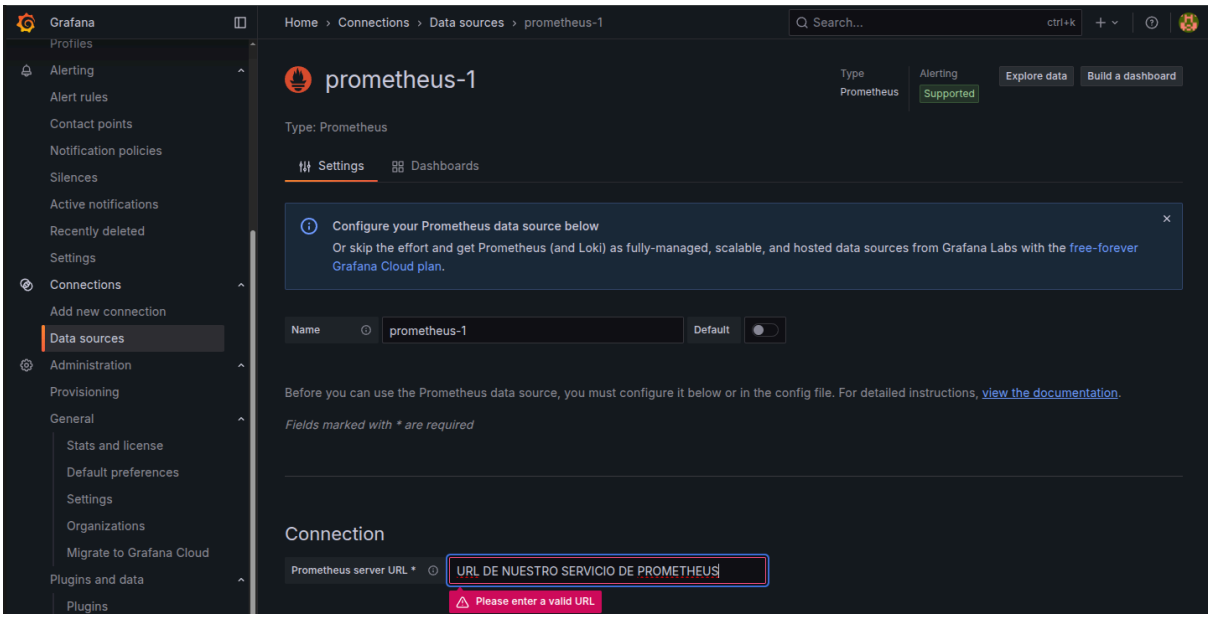
Una vez tenemos ambos plugins instalados pasamos a añadir en grafana ambas fuentes de datos, para ello iremos a la pestaña Data sources > add new datasource



Una vez pulsamos dicha opción nos saldrá el siguiente menú



Aquí seleccionaremos la fuente de datos que queramos añadir, recordad que tenemos que añadir tanto Loki como Prometheus, como ejemplo usaré Prometheus



Rellenamos la URL para que Grafana se pueda conectar con prometheus y le daríamos a 'save & test'

Para saber qué URL hay que poner ahí podemos comprobar el servicio de prometheus en nuestro kubernetes, en mi caso es el siguiente

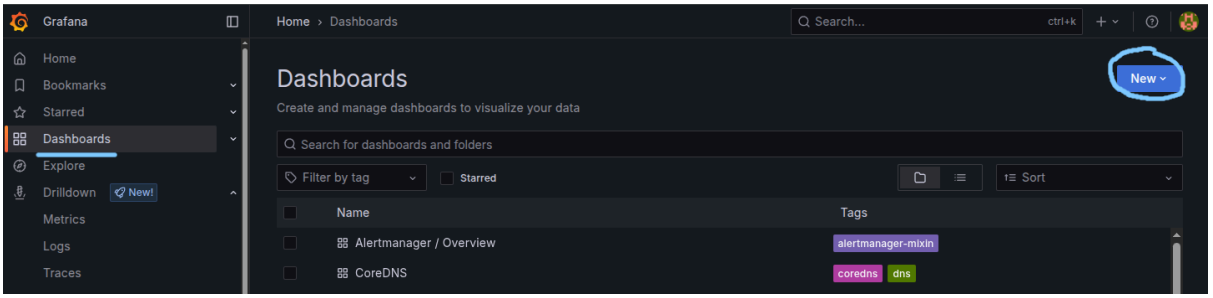
```
raulhr@tfg:~/app-k8s$ kubectl get service prometheus-kube-prometheus-prometheus -n monitoreo
NAME                                    TYPE       CLUSTER-IP      EXTERNAL-IP   PORT(S)                         AGE
prometheus-kube-prometheus-prometheus   NodePort   10.100.84.199   <none>        9090:32069/TCP,8080:32225/TCP   11d
```

Mi servicio es de tipo NodePort por si necesito entrar en prometheus para cambiar algo, debido a esto yo me conectaré a la siguiente url : http://192.168.49.2:32069

La ip que sale es la ip de minikube. Una vez añadido eso ya tendríamos Prometheus y Loki en Grafana con capacidad de mirar la información de la app que tenemos en el namespace App.

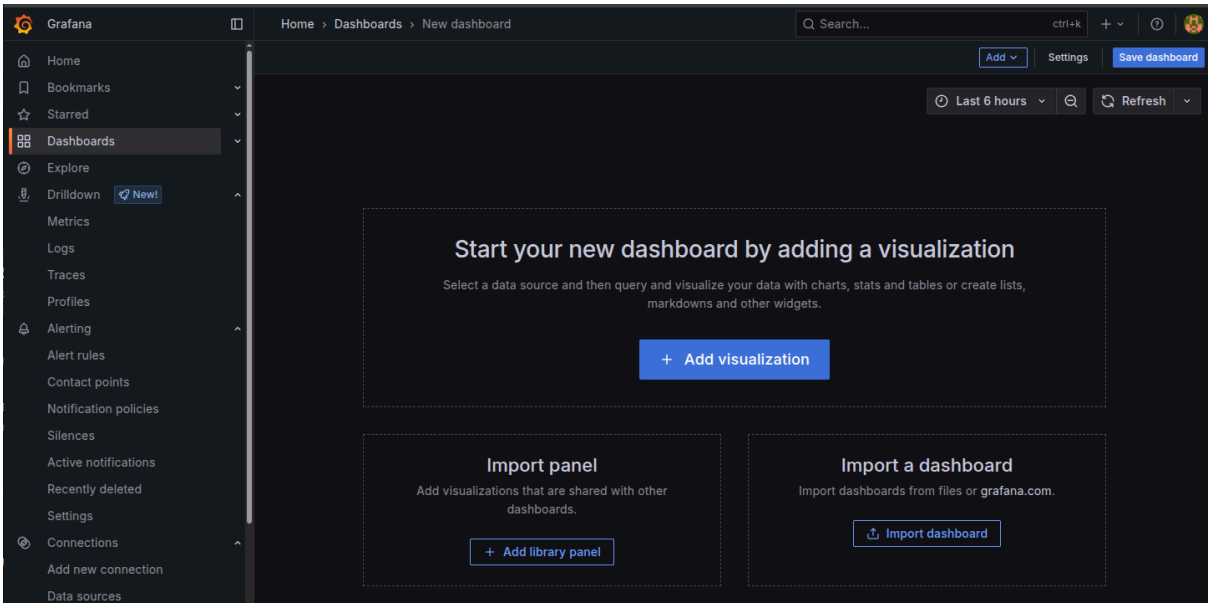
Vamos a comenzar con las pruebas en Grafana para comprobar el correcto funcionamiento del stack.

Primero iremos a la pestaña de dashboards,

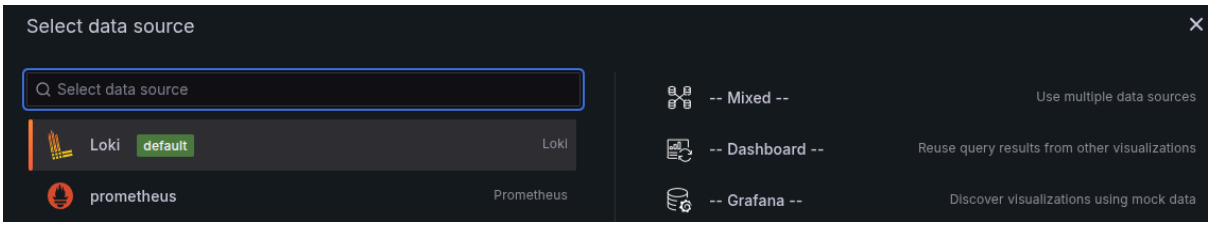


En Grafana hay varios dashboards por defecto y también hay dashboards de la comunidad que podemos usar mediante el id de dichos dashboards, pero en mi caso vamos a crear uno propio, para ello pulsaremos en el botón de new que aparece en la esquina superior derecha.

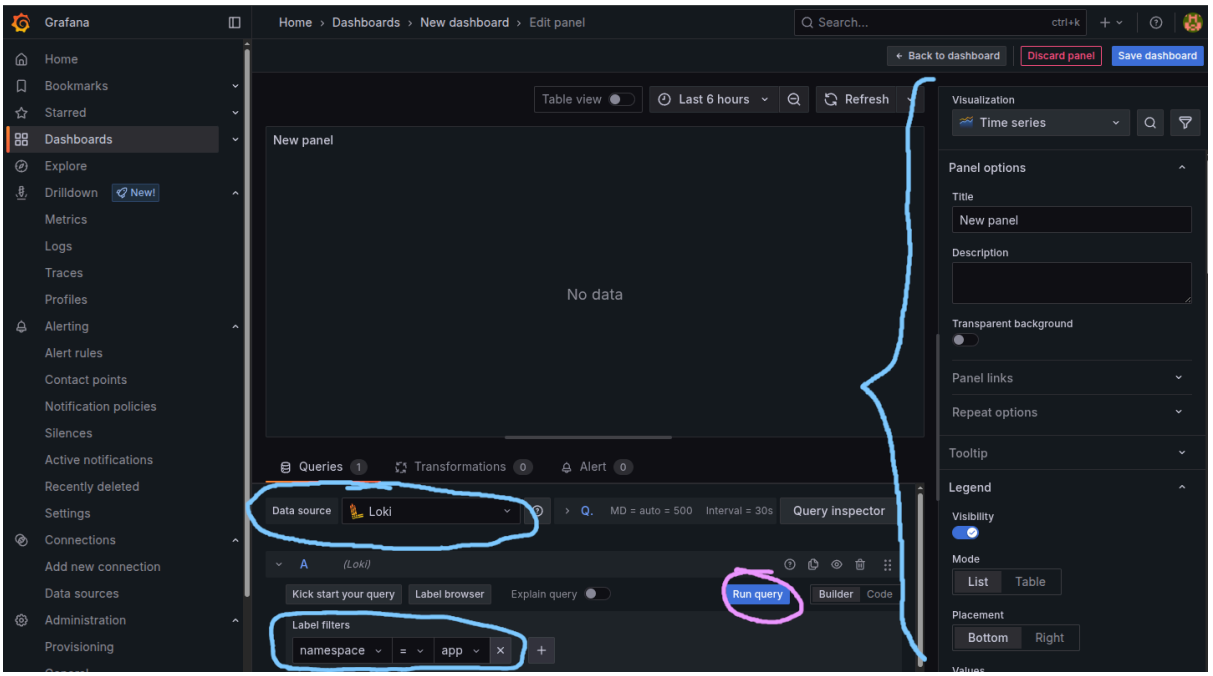
Una vez ahí le daremos a new dashboard y nos traerá a la siguiente ventana



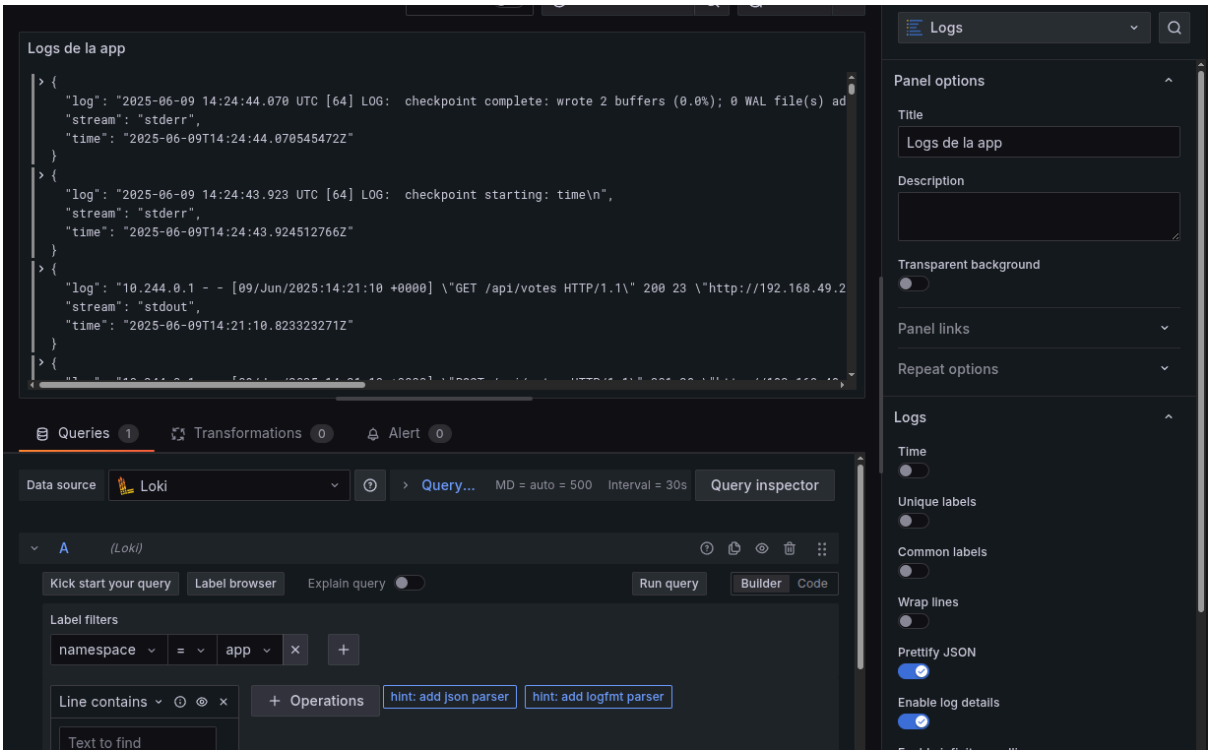
Aquí le daremos a Add visualization



Y te pedirá que introduzcas una data source para este panel, en mi caso vamos a empezar con Loki para que el primer panel sea de logs, una vez seleccionado Loki nos aparecerá la siguiente ventana

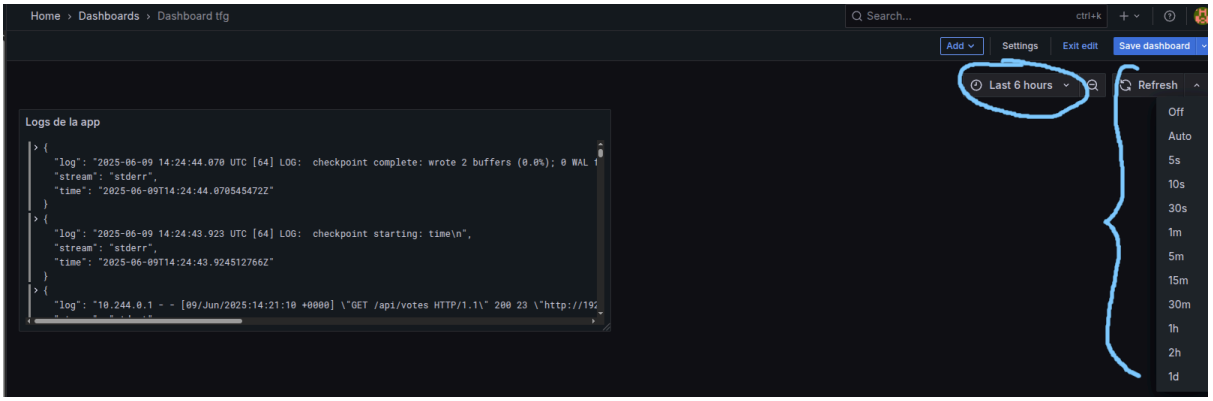


En esta ventana ya podremos editar todo lo que necesitemos de Loki, en mi caso quiero que me muestre los logs del namespace app, y editamos las opciones de la derecha para dejar el panel a nuestro gusto



Queremos que me aparezcan los logs con el pretty json activado para que sean más legibles.

Guardamos los datos y ya tendríamos nuestro primer dashboard con nuestro primer panel.



También podremos elegir el rango de tiempo del cual queremos obtener información y cada cuanto queremos que se actualice dicha información.

Una vez entendiendo el funcionamiento de Loki podemos usar filtros para obtener lo que queremos en la query, por ejemplo:

Ver errores de backend

```
{namespace="app"} |~ `(?i)ERROR`
```

Ver advertencias

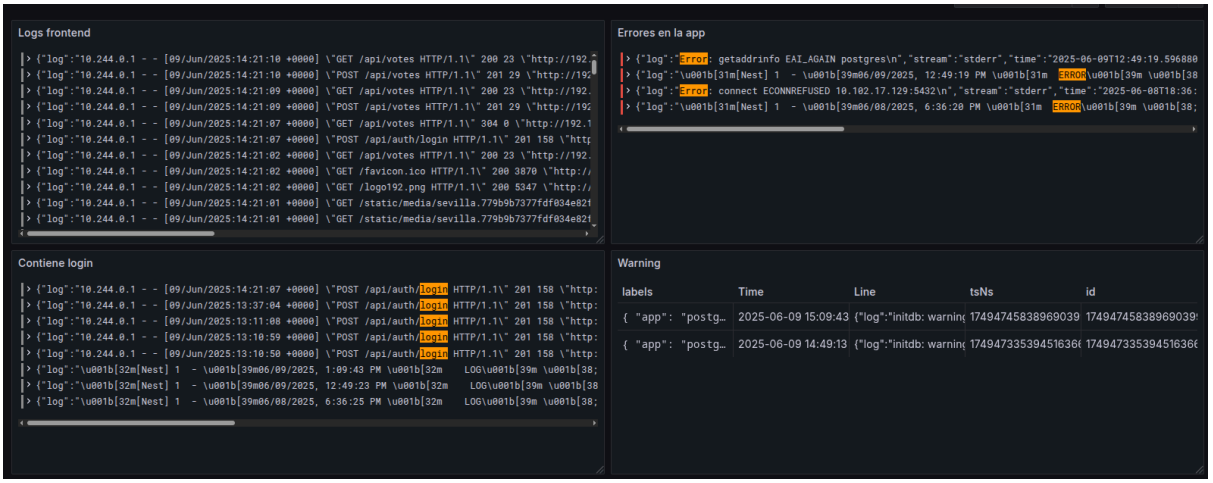
```
{namespace="app"} |~ `(?i)WARN`
```

Logs que contengan una palabra específica

```
{namespace="app"} |= "login"
```

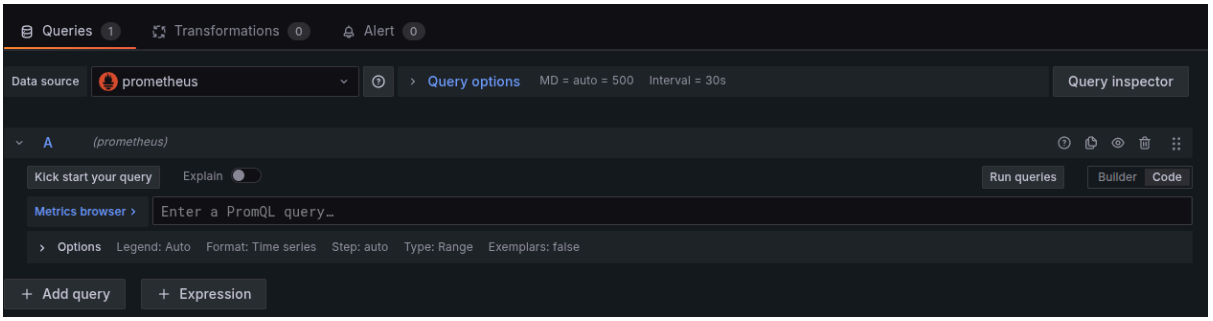
Logs del frontend

```
{namespace="app", container="frontend"}
```



Ahora vamos a ver cómo podemos crear un panel usando prometheus. Pulsamos en add > visualization

Y esta vez cogemos prometheus como data source



Y ya podemos poner las query que queramos, aquí están algunas de las más útiles

Porcentaje de CPU por pod

```
100 * rate(container_cpu_usage_seconds_total{namespace="app"}[1m])
```

Uso de memoria por pod

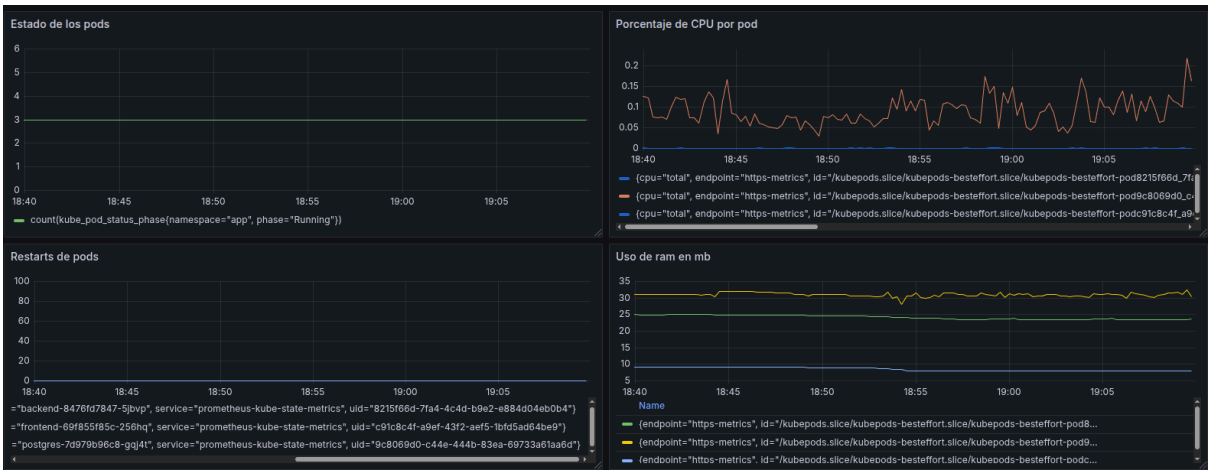
```
container_memory_usage_bytes{namespace="app"}
```

Restarts de pods

```
increase(kube_pod_container_status_restarts_total{namespace="app"}
[5m])
```

Estado de los pods

```
count(kube_pod_status_phase{namespace="app", phase="Running"})
```



Y ya tendríamos configurado Grafana con logs de Loki, métricas de Prometheus bajo un cluster de kubernetes donde se aloja una app desplegada, dicha app se puede actualizar de manera constante gracias a que obtiene el frontend y el backend de un despliegue continuo realizado con github actions, en dicho despliegue se comprueban los tests unitarios con jest y la cobertura de código con sonarqube.

4.6 Demostraciones

Video demostración del correcto funcionamiento del proyecto

demo1 tfg Raúl Herrera Ruiz

Repositorio de GitHub con los documentos

Repositorio con aplicación y archivos de despliegue k8s de dicha app

5. *Conclusiones y propuestas para seguir trabajando sobre el tema*

Este proyecto me ha resultado muy útil para entender mejor herramientas que uso a diario en el trabajo. Una de las más destacadas ha sido SonarQube, que nunca había utilizado ni conocido hasta ahora. Me ha sorprendido lo útil que es para detectar problemas en el código relacionados con la seguridad y la cobertura, aspectos que normalmente no se revisan con mucho detalle.

También me ha parecido muy buena idea el centrarme un poco más en Github Actions y el despliegue continuo ya que pienso que en la actualidad tiene mucha importancia por la gran versatilidad que tiene y en la cantidad de sitios que se está empezando a usar o que ya lleva tiempo siendo usado. Además ahora vamos a comenzar una migración de Bitbucket y Jenkins a Github y Github Actions en mi trabajo.

Otro aspecto importante ha sido el uso de logs y métricas. Gracias a ellos es posible detectar errores y prevenir caídas en la aplicación antes de que ocurran, lo cual es muy útil para mantener la estabilidad del sistema.

Para seguir trabajando sobre este tema profundizaría un poco más en las métricas y en los tests. En especial, los tests end-to-end y de accesibilidad, que no he llegado a usar y creo que pueden aportar mucho. Pero en general, estoy bastante satisfecho con el trabajo realizado.

6. *Bibliografía*

https://github.com/josedom24/ (Para parte de la teoría)

https://kubernetes.io/es/docs/home/ Teoría y configuración de Kubernetes.

https://prometheus.io/docs/introduction/overview/ Teoría y configuración de Prometheus.

https://grafana.com/docs/ Teoría y configuración de Grafana.

https://grafana.com/docs/loki/latest/?pg=oss-loki&plcmt=quick-links Teoría y configuración de Loki.

https://es.wikipedia.org/wiki/Prueba_unitaria Test unitarios

https://jestjs.io/es-ES/docs/getting-started Teoría y configuración de Jest.

https://docs.sonarsource.com/sonarqube-server/latest/ Teoría y configuración de Sonarqube.

https://docs.github.com/es/actions Teoría y configuración de Github Actions.

https://helm.sh/docs/ Instalación del software dentro de kubernetes.

https://minikube.sigs.k8s.io/docs/ Instalación de minikube

https://developers.cloudflare.com/cloudflare-one/connections/connect-networks/ Configuración e instalación cloudflared.