

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Sistema para la extracción y análisis de construcciones sintácticas de código Python

**Abel Busto Dopazo**

**DIRECTORES**

**FRANCISCO ORTIN SOLER**

**MIGUEL GARCÍA RODRÍGUEZ**

*Proyecto presentado en cumplimiento de los requisitos*

*para el Grado en Ingeniería Informática del Software en el*

[*Computational Reflection Research Group*](http://www.reflection.uniovi.es/)

Departamento de Informática

Resumen

El objetivo principal de este proyecto de investigación es encontrar un mecanismo general para la extracción de construcciones sintácticas de código Python para su posterior análisis y explotación. La representación sintáctica de programas de ordenador suele llevarse a cabo con estructuras conocidas como Árboles de Sintaxis Abstracta (*AST*s). La extracción de estas estructuras es un paso necesario para poder analizar las construcciones sintácticas utilizadas por los programadores. Esta información puede ser utilizada en diferentes campos de aplicación, como la enseñanza de la programación, la implementación de *IDE*s y la documentación de patrones. Para poder trabajar con grandes volúmenes de programas, es necesario almacenar esas estructuras en bases de datos. Elegiremos para ello el modelo relacional por su madurez y eficiencia. El principal problema es que la información sintáctica de los programas se representa jerárquicamente mediante estructuras de árbol o grafo. Por lo tanto, es necesario representar los distintos patrones sintácticos (clases, métodos, sentencias, expresiones, etc.) en formato de tabla. Para cada construcción sintáctica, se identifica su contexto mediante información del propio nodo, de su nodo padre, de los nodos hijos y de sus niveles de profundidad y anchura. Así se aúna información local y global de cada nodo. El primer objetivo de este trabajo es la extracción del *AST* de cualquier programa Python. Para llevar a cabo este objetivo, el sistema propuesto modifica la salida del módulo *AST* de la Librería Estándar de Python (*Python Standar Library*) para ampliar la información sintáctica proporcionada por su *AST*. El segundo objetivo del presente proyecto es la transformación de esos *AST*s en un modelo relacional que permita almacenar grandes volúmenes de código, pudiéndolos consultar de un modo eficiente. El sistema implementa un mecanismo para traducir los *AST*s obtenidos en vectores n-dimensionales que pueden ser almacenados en forma de tabla. Con todo ello, será posible hacer análisis de las distintas construcciones sintácticas empleadas por los programadores, utilizando numerosos proyectos reales de código abierto. A modo de ejemplo, en este trabajo se hace un análisis detallado sobre las anomalías encontradas en el uso que hacen los programadores Python de las diferentes construcciones sintácticas en las que se divide su código.

Palabras clave

Lenguajes de programación, construcciones sintácticas, Árboles de Sintaxis Abstracta, Python

Abstract

TODO

Keywords

TODO

Agradecimientos

TODO

Índice de contenido

[1 Introducción 9](#_Toc168659697)

[2 Trabajo relacionado 10](#_Toc168659698)

[3 Descripción del sistema 11](#_Toc168659699)

[3.1 Extracción de ASTs 12](#_Toc168659700)

[3.2 Generación de tablas 15](#_Toc168659701)

[3.2.1 Programa 15](#_Toc168659702)

[3.2.2 Módulos 17](#_Toc168659703)

[3.2.3 Imports 18](#_Toc168659704)

[3.2.4 Definición de clases 18](#_Toc168659705)

[3.2.5 Definiciones de funciones 20](#_Toc168659706)

[3.2.6 Definiciones de métodos 21](#_Toc168659707)

[3.2.7 Sentencias 22](#_Toc168659708)

[3.2.8 Cases 23](#_Toc168659709)

[3.2.9 Handlers 24](#_Toc168659710)

[3.2.10 Expresiones 24](#_Toc168659711)

[3.2.11 Comprehensions 25](#_Toc168659712)

[3.2.12 Invocaciones a funciones 26](#_Toc168659713)

[3.2.13 Cadenas formateadas 26](#_Toc168659714)

[3.2.14 Variables 26](#_Toc168659715)

[3.2.15 Vectores 27](#_Toc168659716)

[3.2.16 Parámetros 27](#_Toc168659717)

[3.3 Detección de valores atípicos 29](#_Toc168659718)

[4 Metodología 30](#_Toc168659719)

[4.1 Conjunto de Datos 30](#_Toc168659720)

[4.2 Entorno de ejecución 32](#_Toc168659721)

[5 Evaluación 33](#_Toc168659722)

[5.1.1 Programas 33](#_Toc168659723)

[5.1.2 Módulos 33](#_Toc168659724)

[5.1.3 Imports 34](#_Toc168659725)

[6 Conclusiones y Trabajo Futuro 35](#_Toc168659726)

[6.1 Conclusiones 35](#_Toc168659727)

[6.2 Trabajo Futuro 35](#_Toc168659728)

[7 Planificación y Presupuesto 36](#_Toc168659729)

[7.1 Planificación del proyecto 36](#_Toc168659730)

[7.2 Planificación del proyecto 36](#_Toc168659731)

[7.2.1 Precios por hora 36](#_Toc168659732)

[7.2.2 Precio por unidad de trabajo 37](#_Toc168659733)

[7.2.3 Presupuesto total 40](#_Toc168659734)

[8 Referencias 41](#_Toc168659735)

[9 Anexos 42](#_Toc168659736)

[9.1 Dominio de las características 42](#_Toc168659737)

[9.1.1 StatementCategory 42](#_Toc168659738)

[9.1.2 StatementRole 42](#_Toc168659739)

[9.1.3 ExpressionCategory 42](#_Toc168659740)

[9.1.4 ExpressionRole 42](#_Toc168659741)

[9.2 Resultados Detección de Anomalías 43](#_Toc168659742)

[9.2.1 Programas 43](#_Toc168659743)

[9.2.2 Modulos 44](#_Toc168659744)

[9.2.3 Imports 45](#_Toc168659745)

[9.2.4 Definiciones de clases 46](#_Toc168659746)

[9.2.5 Definiciones de funciones 48](#_Toc168659747)

[9.2.6 Definiciones de métodos 50](#_Toc168659748)

[9.2.7 Sentencias 53](#_Toc168659749)

[9.2.8 Cases 56](#_Toc168659750)

[9.2.9 Handlers 56](#_Toc168659751)

[9.2.10 Expresiones 57](#_Toc168659752)

[9.2.11 Comprehensions 61](#_Toc168659753)

[9.2.12 Invocaciones a funciones 61](#_Toc168659754)

[9.2.13 Cadenas formateadas 62](#_Toc168659755)

[9.2.14 Variables 62](#_Toc168659756)

[9.2.15 Vectores 63](#_Toc168659757)

[9.2.16 Parámetros de declaración de funciones 63](#_Toc168659758)

[9.3 Repositorios GitHub 64](#_Toc168659759)

Lista de Figuras

[Figura 1: Arquitectura del sistema propuesto para la extracción de información sintáctica. 11](#_Toc168659760)

[Figura 2: Relación de clases del AST del PSL y del sistema propuesto. 14](#_Toc168659761)

Lista de Tablas

[Tabla 1: Características de programa. 16](#_Toc168659762)

[Tabla 2: Características para el módulo. 17](#_Toc168659763)

[Tabla 3: Características para los imports. 18](#_Toc168659764)

[Tabla 4: Características para la definición de clases. 19](#_Toc168659765)

[Tabla 5: Características para definiciones de funciones. 20](#_Toc168659766)

[Tabla 6: Características de definiciones de métodos. 21](#_Toc168659767)

[Tabla 7: Características de sentencias. 22](#_Toc168659768)

[Tabla 8: Características de los cases. 23](#_Toc168659769)

[Tabla 9: Características de los handlers. 24](#_Toc168659770)

[Tabla 10: Características de expression. 24](#_Toc168659771)

[Tabla 11: Características de comprehensiones. 25](#_Toc168659772)

[Tabla 12: Características de las invocaciones a funciones. 26](#_Toc168659773)

[Tabla 13: Características de las cadenas formateadas. 26](#_Toc168659774)

[Tabla 14: Características de las variables. 27](#_Toc168659775)

[Tabla 15: Características de los vectores. 27](#_Toc168659776)

[Tabla 16: Características de los parámetros. 28](#_Toc168659777)

[Tabla 17: Número de Nodos de los ASTs 30](#_Toc168659778)

[Tabla 18: Planificación del Proyecto 36](#_Toc168659779)

[Tabla 19: Precio por hora investigador 37](#_Toc168659780)

[Tabla 20: Precio por hora programador 37](#_Toc168659781)

[Tabla 21: Precios por unidad de trabajo. Parte 1: Decisión de alcance 37](#_Toc168659782)

[Tabla 22: Precios por unidad de trabajo. Parte 2: Elección de tecnologías 37](#_Toc168659783)

[Tabla 23: Precios por unidad de trabajo. Parte 3: Diseño de la arquitectura 37](#_Toc168659784)

[Tabla 24: Precios por unidad de trabajo. Parte 4: Desarrollo del programa 38](#_Toc168659785)

[Tabla 3425: Precios por unidad de trabajo. Parte 14: Documentación del proyecto 39](#_Toc168659786)

[Tabla 266: Conceptos de los costes indirectos 40](#_Toc168659787)

# Introducción

TODO

La principal contribución de este trabajo es la extracción de construcciones sintácticas de código Python, definiendo técnicas de transformación de ASTs a tablas que nos permitan almacenar y analizar grandes volúmenes de datos de forma eficiente. Para ello:

1. Diseñamos un AST con un grano de detalle de sus entidades mucho más fino que el utilizado por el módulo AST de la Librería Estándar de Python (*Python Standar Library, PSL*) [1], ampliando el nivel de detalle ofrecido por nuestro nuevo diseño del AST.
2. Modificamos el análisis sintáctico que realiza la *PSL* para que cree estos nuevos árboles enriquecidos en lugar de los originales.
3. Definimos un mecanismo de traducción de los ASTs a información tabular.
4. Analizamos y detectamos valores anómalos en los conjuntos de datos generados.

Este trabajo se encuentra organizado de la siguiente manera. El siguiente capítulo describe el trabajo relacionado. El Capítulo 3 presenta la descripción del sistema propuesto y el Capítulo 4 describe la metodología seguida para la evaluación del sistema. En el Capítulo 5 se explican los resultados de los diferentes experimentos, mientras que el Capítulo 6 detalla las conclusiones y el trabajo futuro. Finalmente, el Capítulo 7 detalla la planificación y presupuesto.

# Trabajo relacionado

TODO

# Descripción del sistema

La Figura 1 muestra el diagrama de la arquitectura de nuestro sistema. A continuación, describimos someramente sus elementos para posteriormente profundizar en los mismos. La entrada del sistema es un conjunto de programas Python obtenidos tanto de GitHub como de una asignatura de primer año de programación de un Grado en Ingeniería Informática del Software de la Universidad de Oviedo (Capítulo 4.1), para utilizar código escrito por principiantes y expertos. La salida es un conjunto de datos con las construcciones sintácticas extraídas, su relación con el nivel de experiencia del programador y un informe acerca de los patrones atípicos detectados.



Figura 1: Arquitectura del sistema propuesto para la extracción de información sintáctica.

Lo primero que hacemos es modificar la salida del módulo *AST* de la *Python Standard Library* (*PSL*), aumentando la información sintáctica ofrecida por éste. Este se hace implementando el patrón de diseño *Visitor* [2] que, recorriendo el *AST* original, crea uno nuevo con información más específica. Para ello, rediseñamos el *AST*, añadiendo nuevos tipos de nodos, atributos y relaciones, proporcionando así una información más detallada que la ofrecida por el módulo original (Sección 3.1)

A continuación, establecemos una clasificación de los distintos tipos de subárboles con estructura común. Identificamos los siguientes siete tipos de construcciones sintácticas principales: *project* (conjunto de directorios y ficheros Python que componen un proyecto independiente), *module* (fichero), *class definition* (definiciones de clases), *function definition* (definición de funciones), *method definition* (definiciones de métodos), *statement* (sentencias) y *expression* (expresiones).

Además de estas entidades principales, usamos *imports* para guardar información resumida de los imports que usa un módulo. La información de los parámetros de las definiciones de funciones y métodos se guarda en *parameters*. También usamos entidades para representar información que solo está presente en el caso de determinadas sentencias. Usamos *case*, para almacenar información exclusiva de las sentencias de tipo Match y *handlers*, para la información relativa a las sentencias Try y TryStar. Por último, almacenamos de forma independiente información específica de algunas expresiones, como *comprehensions* (generadores de listas, diccionarios, tuplas y sets), *callargs* (invocaciones a funciones), *fstring* (cadenas de texto formateadas), *variable* (variables) y *vector* (información relativa a los literales de tipo lista, diccionario, tuplas y sets). Definimos un recorrido para visitar estos 16 tipos de subárboles, guardando la información de cada construcción sintáctica en una tabla correspondiente (Sección 3.2).

Posteriormente, los datos de las tablas son procesados y filtrados para posteriormente proceder con la detección de anomalías (Sección 3.3). Si las anomalías son debidas a errores de medición (entradas que no debían haber sido consideradas) se eliminan; en caso contrario, se incluyen en un informe de anomalías.

## Extracción de ASTs

Tal y como hemos mencionado anteriormente, la principal estructura de datos para representar sintácticamente un programa es el árbol de sintaxis abstracta (*Abstract Syntax Tree*, *AST*). Cada nodo de un *AST* representa una construcción sintáctica de un programa como una definición de un tipo, una variable, la invocación a un método o una expresión aritmética. Python es un lenguaje de programación interpretado, conocido por su simplicidad y legibilidad, lo que facilita la escritura y el mantenimiento de código [3]. A diferencia de los lenguajes compilados que utilizan representaciones intermedias de código [4], como el *bytecode* en Java o el *Intermediate Language* (*IL*) en .NET, Python ejecuta el código directamente a través de un intérprete. El análisis de las construcciones sintácticas en Python puede ser un reto debido a la falta de un proceso de compilación formal. Para abordar este desafío, se puede utilizar el módulo *AST* de la *Python Standard Library* (*PSL*) [1]. Este módulo proporciona una representación abstracta y jerárquica del código fuente de Python, permitiendo la manipulación de la estructura del código. Es posible descomponer los programas en sus componentes básicos, facilitando así el estudio de las distintas construcciones sintácticas empleadas por los programadores.

A continuación, vamos a explicar el proceso para la modificación del *AST* generado por la *PSL*. Por cada fichero Python, la *PSL* realiza un análisis sintáctico del mismo y genera un *AST*. Mediante el patrón de diseño *Visitor* [2] se recorre el *AST* original para añadir información más detallada sobre la estructura sintáctica del programa, incluyendo nuevas categorías sintácticas, relaciones o atributos. A modo de ejemplo, todas las operaciones binarias en Python son representadas en el *PSL* como instancias de BinOp, dificultando el conocimiento del tipo concreto de operación que representa. Para dar más información acerca de la expresión, hemos añadido nodos que representan operaciones binarias concretas en función del operador: operaciones arítmeticas (Arithmetic), potencias (Pow), desplazamiento de bits (Shift) u operaciones lógicas a nivel de bits (BWLogical), entre otras. Esta información extra nos permite identificar que la primera suele ser más habitual entre los programadores noveles, pudiéndose detectar como patrón común a este tipo de programadores. La última es más comúnmente utilizada por programadores expertos. Lo mismo sucede cuando declaramos un valor o un literal. La *PSL* interpreta todos los literales como instancias de una misma entidad Constant. Sin embargo, el sistema propuesto tiene en cuenta el tipo de literal y permite clasificar la expresión con una de las siguientes clases: IntLiteral, FloatLiteral, ComplexLiteral, NoneLiteral, BoolLiteral, StringLiteral o EllipsisLiteral.

Además de las nuevas clases, nuestro nuevo diseño también añade nuevas relaciones para almacenar información sintáctica de interés. Por ejemplo, los nodos de sentencias o expresiones del nuevo *AST* incorporan información relativa al rol que éstos juegan en su construcción sintáctica padre. Así, por ejemplo, una asignación puede jugar dos roles distintos si su padre es una sentencia while, podría ser la condición del bucle o formar parte de su cuerpo. La información que denota cuándo una asignación se utiliza como condición es significativa, por ejemplo, para detectar programadores no principiantes (éstos rara vez usan asignaciones en las condiciones de while). Estas modificaciones nos permiten ampliar el nivel de detalle en comparación con la versión original, donde solamente conoceríamos la clase que define a un nodo y las que definen a sus hijos.

La Figura 2 muestra la diferencia entre las XX clases del *AST* de la *PSL* [1] y las XXX definidas en el nuevo diseño propuesto.





Figura 2: Relación de clases del AST del PSL y del sistema propuesto.

## Generación de tablas

Uno de los principales objetivos de este proyecto es el análisis y explotación del conjunto de datos obtenido de las construcciones sintácticas. Las estructuras sintácticas de los programas obtenida a través de sus ASTs ofrecen información adicional al mero texto de su código fuente. Esta información sintáctica ha sido utilizada para desarrollar otro tipo de herramientas tales como desofuscadores [1], detectores de vulnerabilidades de seguridad [7], decompiladores [8], [9] o clasificadores de programadores [10]. Adicionalmente a la creación de herramientas, las estructuras sintácticas de los programas se pueden emplear para minar, analizar y documentar los patrones sintácticos recurrentes utilizados por los programadores. Los algoritmos clásicos de minería de datos se basan en datos tabulares por lo que, para utilizar dichos algoritmos, necesitamos convertir los ASTs a tablas. Lo primero es definir los distintos tipos de nodos del AST que tengan una estructura homogénea, para poder almacenarlos en la misma tabla. Identificamos los siguientes 7 tipos de nodos: proyecto (conjunto de directorios y ficheros Python que componen un proyecto independiente), módulos (fichero Python), definiciones de clases, definición de funciones, definiciones de métodos, sentencias y expresiones.

Para algunos de estos 7 tipos principales vamos a definir tablas auxiliares para almacenar cierta información extra. En el caso de los módulos, definiremos los imports. Para complementar la tabla de definiciones de funciones, definiremos la tabla de parámetros (conjunto de parámetros con los que se define una función) qué, también ayudarán para expandir la información acerca de las Lambda expresiones. Como tablas derivadas de sentencias vamos a definir 2, la tabla de cases (información extra relativa a las sentencias de tipo Match) y la tabla de handlers (información extra relativa a las sentencias Try y TryStar). Por último, para complementar las expresiones, vamos a definir 5 tablas: comprehensions (información relativa a generadores de listas, diccionarios, tuplas y sets), invocaciones a funciones, cadenas de texto formateadas, variables, vectores (información relativa a los literales de tipo lista, diccionario, tuplas y sets).

Además, incluiremos una última tabla que sirve para relacionar a cada elemento con su elemento padre. Esta tabla se llamará nodos y contendrá únicamente los identificadores del elemento, de su elemento padre y, además, el nombre de la tabla a la que pertenece el elemento padre para facilitar los joins.

A modo de ejemplo inicial, la Tabla 7 muestra la información almacenada para las sentencias. Además del nombre de la clase de la sentencia (su categoría sintáctica), guardamos la categoría sintáctica de su nodo padre. También, almacenamos el rol que la sentencia juega en el nodo padre. Asimismo, almacenamos la distancia desde el nodo raíz al actual (altura) y el número de arcos desde el actual al nodo hoja más distante (profundidad). Para posibilitar obtener información con respecto a los hijos de la sentencia se almacenan los identificadores de sus tres primeros hijos.

Dentro de cada una de las tablas que hemos comentado, exceptuando la tabla nodos, se almacena el nivel de experiencia del usuario autor de dicho nodo y el identificador de este para poder identificar los nodos escritos por un mismo autor.

A continuación, explicamos las características extraídas para cada construcción sintáctica.

### Programa

La Tabla 1 muestra la información almacenada para cada programa. Incluimos diferentes porcentajes definidos en ese programa (clases, enumerados, funciones…), todos ellos obtenidos de la sintaxis de sus hijos, e información sobre la implementación de las clases en paquetes.

Tabla 1: Características de programa.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Name | Nombre del proyecto | String |
| Has subdirs with code | Si en el directorio base del proyecto hay algún subdirectorio con ficheros Python pero sin un fichero \_\_init\_\_.py en el | True or False. |
| Has packages | Si en el directorio base del proyecto hay algún subdirectorio con ficheros Python y un fichero \_\_init\_\_.py en el | True or False |
| Number of modules | Número de ficheros Python en el total del proyecto | Integer |
| Number of subdirs with code | Número de subdirectorios con ficheros Python en su interior | Integer |
| Number of packages | Número de subdirectorios con ficheros Python en su interior, pero sin un fichero \_\_init\_\_.py | Integer |
| Class defs pct | Proporción de las definiciones dentro del proyecto que son definiciones de clases | [0, 1] |
| Function defs pct | Proporción de las definiciones dentro del proyecto que son definiciones de funciones | [0, 1] |
| Enum defs pct | Proporción de las definiciones dentro del proyecto que son clases enumeradas | [0, 1] |
| Has code root package | Si el proyecto tiene ficheros Python en el directorio base | True or False |
| Average defs per module | Número medio de definiciones que hay en cada fichero Python del proyecto | Real |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

### Módulos

En lo que respecta a los módulos (ficheros Python), calculamos distintas características. Se incluyen el nombre del fichero y la convención de nombrado que sigue, también se incluyen diferentes proporciones de definiciones (clases, funciones y enumerados). Además, se incluye información relativa a las proporciones de sentencias y expresiones presentes en el fichero, contadores de funciones y clases y, alguna información extra extraída de los hijos del módulo. La Tabla 2 muestra las características almacenadas para un módulo.

Tabla 2: Características para el módulo.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Name | Nombre del fichero Python | String |
| Name convention | La convención utilizada para el nombre del fichero. | Lower | Upper | CamelLow | CamelUp | SnakeCase | Discard | NoNameConvention |
| Has doc string | Si el fichero tiene un comentario de módulo. Esto es una cadena como primer hijo del módulo | True or False. |
| Global statements pct | Proporción de los hijos del módulo que son sentencias (sin contar imports y definciones) | [0, 1] |
| Global expressions pct | Proporción de los hijos del módulo que son expresiones | [0, 1] |
| Number of classes | Número de clases definidas en el módulo | Integer |
| Number of functions | Número de funciones definidas en el módulo | Integer |
| Class defs pct | Proporción de las definiciones de este módulo que son clases | [0, 1] |
| Function defs pct | Proporción de las definiciones de este módulo que son funciones | [0, 1] |
| Enum defs pct | Proporción de las definiciones de este módulo que son clases enumeradas | [0, 1] |
| Average statements function body | Número medio de sentencias en el cuerpo de las funciones de este módulo | Real |
| Average statements method body | Número medio de sentencias en el cuerpo de los métodos de este módulo | Real |
| Type annotation pct | Proporción de anotaciones de tipo en los parámetros y en las funciones | [0, 1] |
| Has entry point | Si el fichero tiene el idiom “if \_\_name\_\_ == ‘\_\_main\_\_’” | True or False |

### Imports

Esta información es complementaria a la tabla de módulos ya que almacena la información de los imports (una entrada por cada módulo).

Tabla 3: Características para los imports.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Number imports | Número de imports distintos en el módulo | Integer |
| Module imports pct | Proporción de imports simples (nodo Import) | [0, 1] |
| Average imported modules | Número medio de elementos importados por cada nodo Import | Real |
| From imports pct | Proporción de imports from (nodo ImportFrom) | [0, 1] |
| Average from imported modules | Número medio de elementos importados por cada nodo ImportFrom | Real |
| Average as in imported modules | Número medio de elementos importados con un alias con respecto a los nodos ImportFrom | Real |
| Local imports pct | Proporción de imports que no son definidos al comienzo del fichero | [0, 1] |

### Definición de clases

Respecto a la definición de clases, almacenamos la convención que sigue y la longitud del nombre de la clase. Contabilizamos además los decoradores de la clase, los métodos, las clases base que utiliza, el número de sentencias que forma la clase y el número de *keywords* (distintas de “meta=”) que utiliza la clase. Además, guardamos si la clase es un enumerado y si la clase tiene un comentario de clase (su primer hijo es una cadena), si la clase tiene una anotación de tipo genérica (por ejemplo, “class list[T]”) y si la clase usa una meta clase (define el *keyword* “meta=” en la cláusula de herencia).

Para identificar los tipos de métodos que se definen en la clase hemos identificado 7 tipos de métodos especiales: métodos privados, métodos mágicos, métodos asíncronos, métodos de clase, métodos estáticos, métodos abstractos y métodos de propiedad. Estos tipos se identifican en función de su nombre (por ejemplo, un método privado empieza por \_) o por las anotaciones que tiene el método (por ejemplo, @classmethod para un método de clase). De cada uno de estos tipos almacenamos la proporción de estos métodos que hay definidos en la clase.

Por último, guardamos las proporciones de anotaciones de tipos en los parámetros y tipos de retorno de los métodos de la clase, la proporción de expresiones que se definen en el cuerpo de la clase, proporción de asignaciones que se definen en el cuerpo de la clase, el número medio de sentencias en los cuerpos de los métodos y el código fuente de la propia clase como cadena de texto.

Tabla 4: Características para la definición de clases.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Name convention | La convención utilizada para el nombre de la clase. | Lower | Upper | CamelLow | CamelUp | SnakeCase | Discard | NoNameConvention |
| Is enum class | Si la clase es una clase enumerada (hereda de la clase Enum) | True or False |
| Number of characters | Número de caracteres del nombre de la clase | Integer |
| Number of decorators | Número de decoradores de la clase | Integer |
| Number of methods | Número de métodos definidos en la clase | Integer |
| Number of base classes | Número de clases base que se definen en la clase | Integer |
| Has generic type annotations | Si la clase tiene una anotación de tipo genérico | True or False. |
| Has doc string | Si la clase tiene un comentario de clase. Esto es si su primer hijo es una cadena | True or False. |
| Body count | Número de sentencias en el cuerpo de la clase | Integer |
| Assignments pct | Proporción de las sentencias en el cuerpo de la clase que son asignaciones | [0, 1] |
| Expressions pct | Proporción de las sentencias en el cuerpo de la clase que son expresiones | [0, 1] |
| Uses metaclass | Si la clase usa una meta class. Esto es si define una keyword “meta=” en la cláusula de herencia | True or False. |
| Number of keywords | Número de keywords diferentes de metaclass que tiene la clase | Integer |
| Height | Distancia (número de nodos) desde la definición de la clase hasta el nodo del módulo en el que está | Integer |
| Average stmts method body | Número medio de sentencias en el cuerpo de los métodos | Real |
| Type annotations pct | Proporción de los métodos y de los parámetros de los métodos con anotación de tipos | [0, 1] |
| Private methods pct | Proporción de los métodos que son privados | [0, 1] |
| Magic methods pct | Proporción de los métodos que son magic | [0, 1] |
| Async methods pct | Proporción de los métodos que son asíncronos | [0, 1] |
| Class methods pct | Proporción de los métodos que son de clase | [0, 1] |
| Static methods pct | Proporción de los métodos que son estáticos | [0, 1] |
| Abstract methods pct | Proporción de los métodos que son abstractos | [0, 1] |
| Property methods pct | Proporción de los métodos que son de propiedad | [0, 1] |

### Definiciones de funciones

Tabla 5: Características para definiciones de funciones.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Name convention | La convención utilizada para el nombre de la función. | Lower | Upper | CamelLow | CamelUp | SnakeCase | Discard | NoNameConvention |
| Number of characters | Número de caracteres del nombre de la función | Integer |
| Is private | Si la función es privada o no | True or False |
| Is magic | Si la función es mágica o no | True or False |
| Is async | Si la función es asíncrona o no | True or False |
| Height | Distancia (número de nodos) desde la definición de función hasta la raíz del módulo | Integer |
| Body count | Número de sentencias en el cuerpo de la función | Integer |
| Expressions pct | Proporción de las sentencias en el cuerpo de la función que son expresiones | [0, 1] |
| Number of decorators | Número de decoradores que tiene la función | Integer |
| Has return type annotation | Si la función tiene anotación del tipo que devuelve | True or False |
| Has doc string | Si la función tiene un comentario de función. Esto es si su primer hijo es una cadena | True or False |
| Type annotations pct | Proporción de los parámetros que tiene anotación de tipo. Incluido el tipo de retorno | [0, 1] |

La Tabla 5 muestra la información almacenada para cada una de las definiciones de funciones. Guardamos la convención y el número de caracteres del nombre de la función. Muchas de las características que guardamos en esta tabla coinciden con las almacenadas para las definiciones de clases, por ejemplo, la proporción de expresiones en el cuerpo de la función, el número de decoradores, la proporción de anotaciones de tipos y el código fuente.

Para las funciones hemos identificado tres tipos (el resto de los tipos nombrados en la tabla de definiciones de clases se almacenan en la tabla complementaria a esta para las definiciones de métodos), funciones privadas, funciones asíncronas y funciones mágicas. Para cada uno de estos tipos vamos a almacenar si la función es de ese tipo.

[TABLAS REVISADAS HASTA AQUI]

### Definiciones de métodos

Tabla 6: Características de definiciones de métodos.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Is class method | Si el método es de clase. Esto es si tiene el decorador @classmethod | True or False |
| Is static method | Si el método es estático. Esto es si tiene el decorador @staticmethod | True or False |
| Is constructor method | Si el método es un constructor. Esto es si se llama \_\_init\_\_ | True or False |
| Is abstract method | Si el método es abstracto. Esto es si tiene el decorador @abstract | True or False |
| Is property | Si el método es de propiedad. Esto es si tiene el decorador @property | True or False |
| Is cached | Si el método es cacheado. Esto es si tiene el decorador @cache | True or False |
| Is class method | Si el método es un wrapper. Esto es si tiene el decorador @wraps | True or False |

La Tabla 6 muestra la información adicional que complementa la tabla de definiciones de funciones para aquellas funciones que han sido definidas dentro de una clase (métodos). En esta tabla la única información que vamos a almacenar es la respectiva al tipo de método. Tendremos en cuenta los tipos ya descritos en el apartado de las definiciones de clases (estático, abstracto, de propiedad y de clase) y, añadiremos tres tipos más: constructor (si el nombre del método es \_\_init\_\_), cacheado (si tiene el decorador @cache) y wrapper (si tiene el decorador @wraps).

### Sentencias

En esta tabla vamos a agrupar todas las sentencias (teniendo un campo para distinguir los diferentes tipos) exceptuando las definiciones de funciones que hemos mostrado en los apartados anteriores y las expresiones que mostraremos en apartados posteriores.

Las sentencias van a tener tres campos de especial importancia: la categoría, que representa la categoría sintáctica de la sentencia; el rol de sentencia, que representa el rol que cumple la sentencia en su padre; y, la categoría del padre. Para estos tres campos definiremos un dominio complejo que se podrá consultar en el Anexo 1. Dominios complejos.

Además de esos tres campos, vamos a guardar su profundidad y su altura, su código fuente, las categorías sintácticas de sus tres primeros hijos (para poder hacer joins entre tablas) y, solo para algunos tipos de sentencia (If, While, With…), el número de sentencias de su cuerpo y si tienen una cláusula else.

Tabla 7: Características de sentencias.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Category | Categoría sintáctica de la sentencia | StatementCategory\* |
| Parent | Categoría sintáctica del nodo padre | Module | ClassDef | FunctionDef | MethodDef | StatementCategory\* |
| Statement role | Rol que cumple la sentencia en el nodo padre | StatementRole\* |
| Depth | Distancia máxima desde la sentencia hasta un nodo hoja | Integer |
| Height | Distancia desde el nodo actual hasta el nodo raíz. | Integer |
| Has or else | Si la sentencia tiene una cláusula else. Solo aplicable para Try, TryStar, If, For, AsyncFor and While. N/A en otro caso | True, False, N/A |
| Body size | Número de sentencias en el cuerpo de la sentencia. Solo aplicable para While, If, For, AsyncFor, Try, TryStar, With, AsyncWith. N/A en otro caso | True, False, N/A |
| First, second and third child | Categoría sintáctica del primer, segundo y tercer hijo de la sentencia respectivamente | Parameter| ExpressionCategory\* |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

\* Indica un dominio complejo. Este dominio se encuentra definido en el Anexo 9.1.

### Cases

Tabla 8: Características de los cases.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Number of cases | Número de cases en la sentencia Match | Integer |
| Guards | Proporción de guards en función del número de cases. | [0, 1] |
| Average body count | Número medio de sentencias en el cuerpo de los cases | Real |
| Average match value | Número medio de cláusulas MatchValue dentro de los cases de la sentencia Match | Real |
| Average match singleton | Número medio de cláusulas MatchSingleton dentro de los cases de la sentencia Match | Real |
| Average match sequence | Número medio de cláusulas MatchSequence dentro de los cases de la sentencia Match | Real |
| Average match mapping | Número medio de cláusulas MatchMapping dentro de los cases de la sentencia Match | Real |
| Average match class | Número medio de cláusulas MatchClass dentro de los cases de la sentencia Match | Real |
| Average match star | Número medio de cláusulas MatchStar dentro de los cases de la sentencia Match | Real |
| Average match as | Número medio de cláusulas MatchAs dentro de los cases de la sentencia Match | Real |
| Average match or | Número medio de cláusulas MatchOr dentro de los cases de la sentencia Match | Real |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

En esta tabla almacenaremos información adicional a la tabla de sentencias para las sentencias Match. En este caso vamos a guardar el número medio de cada uno de los 8 tipos de cláusulas Match (MatchValue, MatchSingleton, MatchSequence, MatchMapping, MatchClass, MatchStar, MatchAs y MatchOr), además de el número medio de sentencias en los cuerpos de las cláusulas case, el número de cases total y la proporción de guards en relación al total de cases.

### Handlers

Tabla 9: Características de los handlers.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Number of handlers | Número de cláusulas except | Integer |
| Has finally | Si la sentencia Try tiene una cláusula finally | True or False |
| Has catch all | Si la sentencia Try tiene una cláusula except que capture todas las excepciones (type==None) | True or False |
| Average body count | Número medio de sentencias en el cuerpo de las cláusulas except. | Real |
| Has star | Si incluye una cláusula except con estrella (TryStar) | True or False |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

En esta tabla vamos a almacenar información adicional a la tabla de sentencias para las sentencias Try y TryStar, concretamente en relación con el contenido y forma de las cláusulas except. Guardaremos: el número de handlers (cláusulas except); si el try contiene la cláusula finally; si el try contiene un catch all (except que admite cualquier tipo de excepción); el número medio de sentencias en el cuerpo de los except y, si algún handler incluye el operador estrella (si la sentencia es un TryStar, contiene un except \*\*).

### Expresiones

Tabla 10: Características de expression.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Category | Categoría sintáctica del nodo. | ExpressionCategory\* |
| First, second, third and fourth child | Categoría sintáctica del hijo correspondiente. | ExpressionCategory\* |
| Parent | Categoría sintáctica del nodo padre. | Module | ClassDef | FuncionDef | MethodDef | StatementCategory\* | ExpressionCategory\* |
| Expression role | Rol del nodo actual en el nodo padre. | ExpressionRole\* |
| Height | Distancia en arcos desde el nodo actual hasta el nodo raíz. | Integer |
| Depth | Distancia en arcos desde el nodo actual hasta el nodo hoja más distante. | Integer |
| Source code | Código fuente de la expresion | String |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

\* Índica un dominio complejo. Este dominio se encuentra definido en el Anexo 9.1.

La Tabla 10 muestra la información almacenada para las expresiones. En este caso, almacenamos una información similar a la que almacenamos para las sentencias. En este caso, además de la categoría sintáctica de la expresión y de su nodo padre, almacenamos las categorías sintácticas de sus cuatro primeros hijos. También guardamos información sobre el papel que desempeña en su padre (rol), junto con los valores de la altura, la profundidad y el código fuente.

Para las operaciones, tanto binarias como unarias, hemos dividido en varias categorías sintácticas diferentes en función del operador. Para ver más detalles al respecto de esta separación se puede consultar el Anexo 1 en el que se enumeran las diferentes categorías sintácticas de las expresiones y a que nodos de la estructura base del árbol AST de Python a la que corresponden.

En los apartados siguientes vamos a comentar las diferentes tablas auxiliares utilizadas para completar la información presente en la tabla expresiones con relación a las categorías sintácticas que necesitan dicha información extra.

### Comprehensions

Tabla 11: Características de comprehensiones.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Category | Categoría sintáctica de la comprehension | ListComp | SetComp | DictComp | GenComp |
| Number of ifs | Número de condiciones de la comprehension (ifs) | Integer |
| Number of generators | Número de generadores en la comprehension | Integer |
| Is async | Si la comprehension es asíncrona | True or False |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

Esta es una de las tablas auxiliares a la tabla de expresiones. En este caso, contiene la información relativa a las comprehensiones. Esto son las expresiones de las siguientes categorías sintácticas: ListComp, SetComp, DictComp y GenComp. En esta tabla, a parte del tipo de comprehension que es, almacenaremos el número de generadores y el número de condiciones (ifs) de la comprehension. Además, guardaremos si la comprehension es asíncrona.

### Invocaciones a funciones

Tabla 12: Características de las invocaciones a funciones.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Number args | Número de argumentos en la invocación a la función | Integer |
| Named args pct | Proporción de argumentos pasados por referencia | [0, 1] |
| Double star args pct | Proporción de argumentos con la sintaxis \*\*args | [0, 1] |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

Esta tabla almacena la información extra necesaria para las expresiones con categoría sintáctica Call (invocación a función). Esta información extra esta formada por: número de argumentos; proporción de argumento parados por referencia (arg\_name=arg\_value) y, proporción de argumentos con la sintaxis “\*\*arg”.

### Cadenas formateadas

La información extra relativa a las cadenas de texto formateadas (expresiones de la categoría JoinedStr) la guardaremos en esta tabla. Esta información será el número de elementos de la cadena formateada (constantes más valores formateados), la proporción de constantes en los elementos y la proporción de expresiones en los elementos.

Tabla 13: Características de las cadenas formateadas.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Number of elements | Número de elementos en la cadena formateada. Tanto constantes como valores formateados. | Integer |
| Constants pct | Proporción de los elementos anteriormente mencionados que son constantes. | [0, 1] |
| Expressions pct | Proporción de los elementos anteriormente mencionados que son expresiones (FormattedValues) | [0, 1] |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

### Variables

En este caso, esta tabla contiene la información extra relativa a las variables. La información extra será: la convención de nombrado que sigue la variable; el número de caracteres del nombre; si la variable es privada, en función de su nombrado y, si la variable es mágica, en función también de su nombrado.

Tabla 14: Características de las variables.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Name convention | Convención de nombrado que sigue la variable. | Lower | Upper | CamelLow | CamelUp | SnakeCase | Discard | NoNameConvention |
| Number of characters | Número de caracteres del nombre de la variable | Integer |
| Is private | Si la variable es privada. Esto es si su nombre comienza por \_ | True or False |
| Is magic | Si la variable es mágica. Esto es si su nombre es de la forma \_\_name\_\_ | True or False |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

### Vectores

Esta es la última tabla del conjunto de tablas auxiliares a expresiones. En esta recogeremos la información extra necesaria para analizar los vectores. Los vectores son todas las expresiones que pertenezcan a una de las siguientes categorías sintácticas: ListLiteral, SetLiteral, DictLiteral y GeneratorLiteral. La información almacenada será: la categoría del vector, para diferenciar entre las 4 posibles; el número de elementos que componen el vector y, si el vector es homogéneo, esto es si todos los elementos que lo componen son del mismo tipo.

Tabla 15: Características de los vectores.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Category | Categoría sintáctica del vector | ListLiteral | SetLiteral | DictLiteral | GeneratorLiteral |
| Number of elements | Número de elementos que componen el vector | Integer |
| Homogeneous | Si todos los elementos del vector son del mismo tipo | True or False |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

\* Índica un dominio complejo. Este dominio se encuentra definido en el Anexo 9.1.

### Parámetros

En esta tabla, almacenaremos la información relativa a los parámetros declarados tanto en la definición de funciones como en las lambda expresiones. Para distinguir entre los parámetros que provienen de cada una de las dos posibilidades vamos a almacenar su rol. Además, vamos a almacenar la proporción de los parámetros que son de cada posible tipo: parámetros posicionales; parámetros variables; parámetros únicamente con keyword y parámetros con valor por defecto. Para algunos de estos tipos incluiremos un valor boleano para saber si tienen al menos un parámetro de ese tipo. Por último, incluiremos el convenio de nombrado más habitual entre los nombres de los parámetros y la proporción de parámetros con anotación de tipo.

Tabla 16: Características de los parámetros.

| **Nombre** | **Descripción** | **Dominio** |
| --- | --- | --- |
| Parameters role | Indica el nodo en el que se definieron los parámetros | FunctionParameters | LambdaParameters |
| Number of params | Número de parámetros | Integer |
| Por only param pct | Proporción de parámetros posicionales. | [0, 1] |
| Var param pct | Proporción de parámetros como variable | [0, 1] |
| Has var param | Si hay algún parámetro del tipo variable | True or False |
| Type annotation pct | Proporción de los parámetros que tienen una anotación de tipo | [0, 1] |
| Kw only param pct | Proporción de los parámetros que solo se pueden pasar por referencia | [0, 1] |
| Default value pct | Proporción de los parámetros que definen un valor por defecto | [0, 1] |
| Has kw param | Si hay algún parámetro del tipo keyword | True or False |
| Name convention | Convención de nombrado más seguida por los nombres de los parámetros | Lower | Upper | CamelLow | CamelUp | SnakeCase | Discard | NoNameConvention |
| Expertise level | Si el usuario que escribió este proyecto es experto o principiante | BEGINNER | EXPERT |
| UserID | Identificador del usuario que escribió este proyecto | Unique ID (Integer) |

Las 16 tablas creadas describen información sobre construcciones sintácticas homogéneas, permitiéndonos obtener patrones comunes de expresiones o sentencias. No obstante, un programa posee múltiples subárboles de distintas construcciones, representado mediante información heterogénea (p. ej., un programa tiene una clase que define un método, donde se usa una sentencia que incluye varias expresiones distintas). Por ello, además de utilizar la información homogénea, debemos crear *datasets* que incluyan la información heterogénea y así poder minar patrones sintácticos heterogéneos y más expresivos.

La creación de los *datasets* heterogéneos se realiza mediante operaciones de disgregación de datos (*drill down*) que combinan la información de las distintas tablas [23]. Así creamos los 5 siguientes *datasets* heterogéneos:

1. Una instancia por cada tipo definido, incluyendo la información de su programa.
2. Una instancia por cada campo de un tipo definido, incluyendo la información del programa y el tipo del campo.
3. Una instancia por cada método de un tipo definido, incluyendo la información del programa y los tipos de retorno y de los tres primeros parámetros (None si no los hubiere).
4. Una instancia por cada sentencia, incluyendo la información del programa, tipo y método en el que se ha definido.
5. Una instancia por cada expresión, incluyendo la información del programa, tipo, método y sentencia en el que se ha definido.

Cada uno de estos modelos surge de la combinación de dos o más construcciones homogéneas. Así, conseguimos relacionar características de diferentes construcciones sintácticas como programas, definiciones de tipos y métodos. Estos nuevos *datasets* serán útiles para obtener patrones sintácticos formados por características de varias construcciones sintácticas. Al almacenar también para todas las instancias de los *datasets* homogéneos información sobre el nivel de experiencia del programador, podremos obtener de forma posterior patrones asociados a ese nivel.

Desde el punto de vista de su implementación, el tiempo de cálculo se ve aumentado según se incluyen nuevos conjuntos de datos para la creación de los *dataset* heterogéneos. Por ello, hemos optimizado esta operación en la medida de lo posible a través del uso de consultas SQL, que nos permiten obtener estos nuevos conjuntos de datos a partir de los conjuntos de datos homogéneos almacenados en la base de datos. Hemos utilizado las sentencias *where* y *join* para unir los datos de las diferentes tablas y hemos creado una tabla nueva en base de datos para guardar los identificadores de todos los nodos guardados y de sus padres.

En resumen, nuestro sistema crea 12 conjuntos de datos (*datasets*) para el minado de patrones sintácticos: 7 homogéneos y 5 heterogéneos.

## Detección de valores atípicos

En los *datasets* utilizados, es posible que puedan encontrarse instancias con valores atípicos, representando patrones sintácticos significativamente distintos al resto de la población. La detección de los mismos es importante para poder documentar dichos patrones, al constituir información valiosa relacionada con la contribución de nuestro estudio. Adicionalmente, determinadas anomalías pueden deberse a errores en los datos, que deben ser eliminadas para evitar conclusiones erróneas [24].

Nuestros conjuntos de datos poseen información numérica y categórica. Para detectar valores anómalos en los datos numéricos, empleamos el test de Tukey basado en comparaciones con el rango intercuartil, definido como la diferencia entre el tercer y primer cuartil de una distribución (IQR = Q3 – Q1) [25].

De este modo, se define un valor atípico como aquél fuera de alguno de los dos siguientes intervalos:

(1)

(2)

El primer rango permite identificar un valor atípico leve y el segundo uno extremo. En base a la distribución de los valores de la variable, consideraremos (1) o (2) como anomalías, eligiendo (2) siempre que haya valores atípicos extremos y (1) en caso contrario.

Para el caso de las variables categóricas, empleamos un análisis de frecuencia en el que consideramos que un valor categórico es atípico cuando su número de ocurrencias es menor que 0,2% / *número posibles valores*. Por ejemplo, una variable booleana tendrá un valor anómalo cuando éste ocurra menos del 0,1% del total.

# Metodología

## Conjunto de Datos

El conjunto de datos utilizado incluye programas escritos tanto por programadores principiantes como por expertos. Los programas de principiantes han sido obtenidos de estudiantes de primer año del Grado en Ingeniería de Software de la Universidad de Oviedo, durante el periodo 2020-2024, de la asignatura de Fundamentos de la Informática. Cada programa representa un examen o una práctica realizada por un alumno o por un grupo de alumnos. Para poder identificar los programas, hemos tenido en cuenta la estructura de directorios y la presencia de ficheros Python en dichos directorios.

El código fuente de los programas escritos por expertos fue obtenido de diferentes repositorios de código abierto en *GitHub*, utilizando la API que proporciona el propio *GitHub* para la obtención mediante código Python de repositorios. Los proyectos devueltos por la API y, por consiguiente, los que se analizan como código de experto son, entre otros, llama\_index, ray o streamlit (la lista completa está en el Anexo 9.3).

Así, tal y como se muestra en la Tabla 17, obtuvimos un total de 1.609 programas con 18.226 ficheros Python.

Tabla 17: Número de Nodos de los ASTs

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Principiante | Experto | Total |
| PROGRAMAS | 1.591 | 18 | 1.609 |
| Modules | 7.124 | 11.102 | 18.226 |
| Imports | 7.124 | 11.102 | 18.226 |
| Classdefs | 7.755 | 14.569 | 22.324 |
| Functiondefs | 59.879 | 88.089 | 147.968 |
| Methoddefs | 35.666 | 56.754 | 92.420 |
| Parameters | 61.752 | 92.146 | 153.898 |
| Expressions | 3.490.521 | 4.792.486 | 8.283.007 |
| Callargs | 338.727 | 521.668 | 860.395 |
| Comprehensions | 4.982 | 13.277 | 18.259 |
| FStrings | 4.977 | 17.053 | 22.030 |
| Variables | 1.167.967 | 1.694.338 | 2.862.305 |
| Vectors | 121.764 | 229.900 | 351.664 |
| Statements | 457.483 | 617.277 | 1.074.760 |
| Cases | 0 | 29 | 29 |
| Handlers | 8.953 | 6.803 | 15.756 |
| Total |  |  | **13.942.876** |

En la Tabla 17 podemos observar que la distribución de los datos para cada clase de programador (principiante o experto) se encuentra equilibrada excepto en el caso de la construcción sintáctica proyecto, en la que el número de nodos para programadores expertos es muy inferior, coincidiendo con el menor número de proyectos (un nodo por proyecto).

A partir del código fuente, se generan los *AST*s y se recorren éstos para para rellenar las 17 tablas de definidos en las Sección 3.2. La Tabla 17 muestra el número de nodos *AST* obtenidos para cada una de las tablas, observándose cómo la base de datos tiene un total de casi 14 millones de entradas.

## Entorno de ejecución

Nuestro sistema se ha implementado modificando el compilador de Java del OpenJDK 11.0.3, y desarrollando el resto de los módulos en Python 3.7.4 con scikit-learn 0.21.3 y mlxtend 0.18.0. Para almacenar los *datasets* utilizamos PostgreSQL 10.15. Todo el código fue ejecutado en un servidor Dell PowerEdge R530 con dos procesadores Intel Xeon E5-2620 v4 2.1 GHz (32 núcleos) con 128GB DDR4 2400 MHz de memoria RAM, ejecutando un sistema operativo CentOS 7.9–2009.1 de 64 bits.

# Evaluación

Nuestro conjunto de datos consta de un total de 13.942.876 nodos extraídos de los *AST*s generados por el conjunto de programas seleccionado. Todos estos nodos pertenecen a una de las 17 tablas definidas (en la Tabla 17se puede ver el desglose de los datos).

Siguiendo el método descrito en la Sección 3.3., hemos realizado el análisis de valores anómalos. A continuación, se detallan los resultados más destacables. El informe completo del análisis realizado se puede consultar en el Anexo 9.2.

### Programas

1. Se detectaron un total de 544 programas, cerca de un 34%, que no tienen definiciones (clases, funciones o enumerados).
2. Un 98% de los programas no contienen ningún paquete. Todos los módulos están almacenados en la raíz del programa.
3. Se detectaron dos programas, ambos de expertos, que tienen más de 3.000 módulos, mientras que la media es de 11,3 módulos por programa. Estos programas son ray y llama\_index, ambos con más de 900 contributors. Además, de entre los programas de alumnos, hay 6 que tiene más de 500 módulos. Esto se debe a la entrega de librerías Python completas por lo que se han descartado.
4. Se ha detectado un programa con más de 200 subdirectorios con código, mientras que la media es de 0,4 subdirectorios por programa. Este programa es ray, que como se comento anteriormente, cuenta con más de 900 contributors y es un proyecto enorme.
5. Se ha detectado un programa con más de 1.000 paquetes, mientras que la media es de 1,64 paquetes por programa. Además, se ha detectado otro programa con cerca de 400 paquetes, mientras que el siguiente programa con más paquetes tiene no más de 150. Estos dos programas son ray y llama\_index. En el caso de los programas de principiantes, en relación con lo indicado en el punto 3, hay varios programas con un número de paquetes muy superior al resto.
6. Se detectaron como anómalos los programas que tienen una o más enumeraciones, debido a que tan solo el 0,7% de los programas tienen alguna enumeración. Además, todos los programas que tienen alguna enumeración fueron escritos por expertos.
7. De entre los programas de principiantes no hay ninguno que no tenga ficheros con código en el directorio raíz del programa. Esto se debe a la estructura sencilla de las entregas que, en la mayoría de los casos, era una estructura obligatoria.
8. Mientras que en los programas de expertos no hay ningún programa con ninguna definición de clases, entre los programas de principiantes, solo un 2% tiene al menos una clase definida.

### Módulos

1. Se detectaron un total de 3.974 módulos que no tenían definiciones (clases, funciones o enumerados), de los cuales, 2.199 son de expertos.
2. Se han detectado 3 módulos con un número de clases superior a 90, mientras que la media es de 1 clase por módulo. Todos ellos, han sido escritos por expertos.
3. Se ha detectado 1 módulo con más de 185 funciones definidas, mientras que la media es de 2,5 definiciones de funciones por módulo.
4. Se ha detectado un módulo con más de 100 sentencias de media en los cuerpos de sus métodos. Este valor se encuentra muy alejado del resto, siendo la media de 1,66. Así mismo, hay otros 2 módulos con más de 35 sentencias de media, siendo todos ellos escritos por expertos, y siendo muy superiores a la media.
5. Se ha detectado que el 56,5% de los módulos no tienen expresiones declaradas en el ámbito global del módulo. De este 56,5%, el 65% fueron escritos por expertos.
6. Entre los expertos, el convenio de nombrado de módulos más habitual es el SnakeCase, con cerca de un 65% de uso. Por el contrario, entre los principiantes el SnakeCase solo se usa un 20% de los casos, y es el Lower el más usado en un 45% de los módulos.
7. Entre los expertos, cerca del 50% de los módulos no tienen ninguna definición de clase, entre los principiantes, este porcentaje alcanza el 70%. [esto no contradice el punto 9 anterior??] – una cosa es programas y otra módulos.
8. Entre los principiantes, cerca del 50% de los módulos solo tienen definiciones de funciones. Por el contrario, entre los expertos, un 50% de los módulos no tienen definiciones de funciones y tan solo el 30% están formados únicamente por definiciones de funciones.
9. Entre los expertos, un 41% de los módulos tienen al menos una anotación de tipo, este porcentaje entre los principiantes es de tan solo el 12%. Entre los principiantes no existe ningún módulo con un 100% de anotaciones de tipos.

### Imports

1. Se ha detectado que los imports del tipo as in solo se usan en un 6% de los módulos.
2. Se ha detectado que tan solo el 18% de los módulos no tienen ningún import.
3. Se han detectado 3 ficheros con un número de imports anómalo, se detectaron anómalos al tener más de 123 imports, mientras que la media es de 5,11.
4. Se ha detectado que un 40% de los módulos tienen 0 imports simples. En los principiantes, este porcentaje se eleva hasta un 52%, mientras que en expertos este porcentaje es del 37%.
5. Se ha detectado que un 28% de los módulos tienen 0 imports from, mientras que un 25% solo tienen imports de tipo from. En el caso de los principiantes, el 52% no tienen ningún import from y el 15% solo tienen imports de tipo from. Para los expertos, solo el 13% no tienen imports from, y el 31% solo tienen imports from.

### Definiciones de clase

1. Se ha detectado que tan solo el 13% de las definiciones de clase tienen decoradores. Para los principiantes este porcentaje se reduce hasta un 0,1%, y para los expertos aumenta hasta un 20%.
2. Se ha detectado que ninguna definición de clase tiene una anotación de tipo genérica. Esto puede deberse a que esa funcionalidad fue añadida a Python en la versión 3.12, la más reciente a la realización de este trabajo, por lo que todavía no habrán implementado esta característica del lenguaje.
3. Se ha detectado que tan solo un 1,3% de las clases son enumerados, todas ellas fueron escritas por expertos.
4. Se ha detectado como anómalo una clase con más de 200 métodos, mientras que la media es de 4,14 métodos por clase.
5. Se han detectado un total de 4000 clases sin métodos. Estas clases representan el 20% del total. Las clases sin métodos constan, en su mayoría, de un comentario de clase y una sentencia Pass. Todo apunta a que estas clases son fruto de herencia mal usada.
6. Se ha detectado como anómala cualquier clase que tenga más de una clase base. Esto se debe a que tan solo el 4,2% tienen más de una clases base. De entre las clases con más de una clase base, el 70% son de expertos y, existe una clase con un total de 45 clases base.
7. Se ha detectado una clase con una media de 114 sentencias en los cuerpos de sus métodos. Este valor está muy alejado del siguiente, la media de este valor es de 2,9.
8. Se ha detectado una clase que tiene un total de 618 sentencias en el ámbito global de la clase. Se aleja mucho del siguiente valor, la media de este valor es de 5,76.
9. Se ha detectado que el 69% de las clases no tienen ninguna sentencia en el ámbito global. Además, un 51% de las clases no tienen expresiones en el ámbito global.
10. Se ha detectado que el 70% de las clases no tienen ninguna anotación de tipo. En el caso de los principiantes se eleva hasta un 83% y, en el caso de los expertos, disminuye hasta el 63%.
11. Se ha detectado como anómalo la presencia de cualquier tipo de método especial, exceptuando los métodos mágicos. Esto se debe a que muy pocas clases presentan alguno de estos métodos. En el caso de los métodos privados, son un 19,05% las clases que tienen al menos un método; para los métodos asíncronos, son un 5,2%; para los métodos de clase, son un 8,32%; para los métodos estáticos, son un 4,4% y, para los métodos abstractos, son un 1,26%; para los métodos de propiedad, son un 9,56%.
12. Se ha detectado que un 88,4% de las clases tienen el convenio de nombrado CamelUp.

### Definiciones de funciones

1. Se ha detectado que tan solo el 15% de las funciones tienen al menos un decorador. Este porcentaje baja hasta el 2% en principiantes y aumenta hasta un 25% en las funciones de expertos.
2. Se ha detectado que el 73% de las funciones no tienen ninguna anotación de tipo. Este porcentaje aumenta hasta el 84% en principiantes y disminuye hasta un 64% en las funciones de expertos.
3. Se ha detectado que el 100% de las funciones con un número de caracteres anómalo han sido escritos por expertos. Además, el 99% de estas funciones tienen SnakeCase como convenio de nombrado.
4. Se ha detectado una función con un total de 172 sentencias en el ámbito global de la función. Este valor esta muy alejado del siguiente, la media es de 4,66 sentencias por función.
5. Se ha detectado una función con un total de 45 decoradores. Este valor esta muy alejado del siguiente, la media es de 0,18 decoradores por función. Además, de entre las funciones que tienen al menos un decorador, un 15%, el 94% son de expertos.
6. Se ha detectado que, con respecto a la altura de las funciones, el 83% tienen altura 1 (funciones en el ámbito global del módulo), y tan solo un 7% tienen una altura superior a 2.
7. Se ha detectado que un 42% de las funciones no tienen ninguna expresión en el ámbito global y casi un 4% tiene únicamente expresiones.
8. Se ha detectado que un 73% de las funciones no tienen ninguna anotación de tipo y menos de un 5% tienen la totalidad de anotaciones de tipos posibles. En principiantes es un 84% el que no tiene ninguna anotación de tipo y un 15% el que tiene la totalidad de anotaciones de tipos posibles. En expertos estos porcentajes son del 64% y del 27% respectivamente.

# Conclusiones y Trabajo Futuro

## Conclusiones

TODO

## Trabajo Futuro

Como trabajo futuro planeamos utilizar los *datasets* generados para TODO

Todos los datos utilizados en nuestro trabajo, el informe de valores anómalos, el nuevo diseño del AST y todo el código fuente utilizado para implementar nuestro sistema están disponibles para su descarga en <https://github.com/ComputationalReflection/PythonSourceCodeAnalysis>.

# Planificación y Presupuesto

## Planificación del proyecto

En la siguiente tabla se representan las fechas exactas y las horas de trabajo del proyecto. Las horas de trabajo diarias han variado en función de la carga de trabajo, la dificultad de este y la previsión de plazos restantes. Durante las fases 1, 3 y 4 hemos trabajado 2 horas diarias. En la fase 2 han sido 3 horas. Por último, en la fase de documentación, 4 horas diarias.

Tabla 18: Planificación del Proyecto

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tarea** | **Duración (h)** | **Comienzo** | **Fin** |
| ***Fase 1 (Diseño y análisis de la solución)*** | ***30*** | ***15/10/2023*** | ***02/11/2023*** |
| Decisión del alcance | 10 | 15/10/2023 | 19/10/2023 |
| Elección de tecnologías | 10 | 20/10/2023 | 26/10/2023 |
| Diseño de la arquitectura | 10 | 27/10/2023 | 02/11/2023 |
| ***Fase 2 (Implementación de la solución)*** | ***294*** | ***03/11/2023*** | ***19/03/2024*** |
| Desarrollo del programa | 150 | 03/11/2023 | 11/01/2024 |
| Desarrollo de la interfaz a la BD | 39 | 12/01/2024 | 30/01/2024 |
| Creación y configuración del entorno | 9 | 31/01/2024 | 02/02/2024 |
| Integración de las partes | 21 | 05/02/2024 | 13/02/2024 |
| Testing y corrección de errores | 75 | 14/02/2024 | 19/03/2024 |
| ***Fase 3 (Generación del dataset)*** | ***70*** | ***20/03/2024*** | ***07/05/2024*** |
| Obtención de programas | 10 | 20/03/2024 | 26/03/2024 |
| Ejecución del programa | 10 | 27/03/2024 | 02/04/2024 |
| Testing y corrección de errores | 50 | 03/04/2024 | 07/05/2024 |
| ***Fase 4 (Análisis del dataset)*** | ***60*** | ***08/05/2024*** | ***18/06/2024*** |
| Análisis del dataset | 30 | 08/05/2024 | 28/05/2024 |
| Testing y corrección de errores | 30 | 29/05/2024 | 18/06/2024 |
| ***Documentación del proyecto*** | ***60*** | ***19/06/2024*** | ***09/07/2024*** |
| ***Total*** | *514* | *15/10/2023* | *09/07/2024* |

## Planificación del proyecto

### Precios por hora

Todas las tareas completadas en las diferentes fases del proyecto han sido realizadas de forma secuencial. Una misma persona, tomando el rol de investigador y programador alternativamente ha desarrollado el proyecto en su conjunto.

En las tablas que siguen se representan los salarios por hora que hemos tenido en cuenta para cada uno de los roles. Estos salarios se han calculado teniendo en cuenta la situación actual del mercado laboral en España. En estos salarios hemos tenido en cuenta únicamente el coste directo, los costes indirectos del trabajo se pueden visualizar en el apartado Presupuesto Total.

Tabla 19: Precio por hora investigador

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Unidad** | **Descripción** | **Precio/hora (€)** | **Horas** | **Subtotal (€)** |
| Hora | Investigador | 50,00 € | 1 | 50,00 € |
|  |  |  | **Precio total / hora** | 50,00 € |

Tabla 20: Precio por hora programador

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Unidad** | **Descripción** | **Precio/hora (€)** | **Horas** | **Subtotal (€)** |
| Hora | Programador | 40,00 € | 1 | 40,00 € |
|  |  |  | **Precio total / hora** | 40,00 € |

### Precio por unidad de trabajo

El precio asociado a cada una de las tareas que componen el proyecto se listan a continuación, teniendo en cuenta el rol que ha realizado dicha tarea y el número de horas que ha llevado su realización.

Como se puede observar, el rol de programador esta asociado a las tareas que incluyen de forma directa la implementación de código, el manejo de sistemas informáticos y el testing. Por otro lado, el investigador se encarga del resto de tareas que, en resumen, son las relacionadas con los aspectos más teóricos y de decisión del proyecto.

Tabla 21: Precios por unidad de trabajo. Parte 1: Decisión de alcance

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Decisión del alcance** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 10 | Investigador | 50,00 € | 500,00 € |
|  |  | **Precio total** | 500,00 € |

Tabla 22: Precios por unidad de trabajo. Parte 2: Elección de tecnologías

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Elección de tecnologías** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 10 | Investigador | 50,00 € | 500,00 € |
|  |  | **Precio total** | 500,00 € |

Tabla 23: Precios por unidad de trabajo. Parte 3: Diseño de la arquitectura

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Diseño de la arquitectura** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 10 | Investigador | 50,00 € | 500,00 € |
|  |  | **Precio total** | 500,00 € |

Tabla 24: Precios por unidad de trabajo. Parte 4: Desarrollo del programa

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Desarrollo del programa** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 150 | Programador | 40,00 € | 6.000,00 € |
|  |  | **Precio total** | 6.000,00 € |

Tabla 25: Precios por unidad de trabajo. Parte 5: Desarrollo de la interfaz a la BD

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Desarrollo de la interfaz a la BD** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 39 | Programador | 40,00 € | 1.560,00 € |
|  |  | **Precio total** | 1.560,00 € |

Tabla 26: Precios por unidad de trabajo. Parte 6: Creación y configuración del entorno

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Creación y configuración del entorno** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 9 | Programador | 40,00 € | 360,00 € |
|  |  | **Precio total** | 360,00 € |

Tabla 27: Precios por unidad de trabajo. Parte 7: Integración de las partes

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Integración de las partes** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 21 | Programador | 40,00 € | 840,00 € |
|  |  | **Precio total** | 840,00 € |

Tabla 28: Precios por unidad de trabajo. Parte 8: Testing y corección de errores

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Testing y corrección de errores** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 75 | Programador | 40,00 € | 3.000,00 € |
|  |  | **Precio total** | 3.000,00 € |

Tabla 29: Precios por unidad de trabajo. Parte 9: Obtención de programas

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Obtención de programas** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 10 | Investigador | 50,00 € | 500,00 € |
|  |  | **Precio total** | 500,00 € |

Tabla 30: Precios por unidad de trabajo. Parte 10: Ejecución del programa

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ejecución del programa** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 10 | Investigador | 50,00 € | 500,00 € |
|  |  | **Precio total** | 500,00 € |

Tabla 31: Precios por unidad de trabajo. Parte 11: Testing y corrección de errores

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Testing y corrección de errores** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 50 | Programador | 40,00 € | 2.000,00 € |
|  |  | **Precio total** | 2.000,00 € |

Tabla 32: Precios por unidad de trabajo. Parte 12: Análisis del dataset

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Análisis del dataset** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 30 | Investigador | 50,00 € | 1.500,00 € |
|  |  | **Precio total** | 1.500,00 € |

Tabla 33: Precios por unidad de trabajo. Parte 13: Testing y corrección de errores

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Testing y corrección de errores** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 30 | Programador | 40,00 € | 1.200,00 € |
|  |  | **Precio total** | 1.200,00 € |

Tabla 3425: Precios por unidad de trabajo. Parte 14: Documentación del proyecto

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Documentación del proyecto** | | | |
|  |  |  |  |
| **Cantidad (horas)** | **Descripción** | **Precio (€)** | **Subtotal (€)** |
| 60 | Investigador | 50,00 € | 3.000,00 € |
|  |  | **Precio total** | 3.000,00 € |

### Presupuesto total

La Tabla 20 muestra el presupuesto final del proyecto. En este presupuesto se incluyen los precios de cada una de las tareas listadas en el apartado anterior, además de los costes indirectos (un 10% de los costes directos). El listado de conceptos incluidos dentro de los costes indirectos puede verse listados en la Tabla 21.

Tabla 35: Presupuesto total

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Unidades** | **Descripción** | **Precio (€)** |
| 1 | Precio 1: Decisión del alcance | 500,00 € |
| 1 | Precio 2: Elección de tecnologías | 500,00 € |
| 1 | Precio 3: Diseño de la arquitectura | 500,00 € |
| 1 | Precio 4: Desarrollo del programa | 6.000,00 € |
| 1 | Precio 5: Desarrollo de la interfaz a la BD | 1.560,00 € |
| 1 | Precio 6: Creación y configuración del entorno | 360,00 € |
| 1 | Precio 7: Integración de las partes | 840,00 € |
| 1 | Precio 8: Testing y corrección de errores I | 3.000,00 € |
| 1 | Precio 9: Obtención de programas | 500,00 € |
| 1 | Precio 10: Ejecución del programa | 500,00 € |
| 1 | Precio 11: Testing y corrección de errores II | 2.000,00 € |
| 1 | Precio 12: Análisis de dataset | 1.500,00 € |
| 1 | Precio 13: Testing y corrección de errores III | 1.200,00 € |
| 1 | Precio 14: Documentación del proyecto | 3.000,00 € |
|  | **Precio total** | 21.960,00 € |
|  | Costes indirectos (10%) | 2.196,00 € |
|  | **Presupuesto total (directos + indirectos)** | **24.156,00 €** |

Tabla 266: Conceptos de los costes indirectos

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Conceptos** | | |
| Electricidad | | |
| Internet | | |
| Comunicaciones | | |
| Dietas | | |
| Transporte | | |
| Limpieza y mantenimiento | | |
|  |  |  |

# Referencias

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Python 3.12.3, «The Python Standard Library, ast - Abstract Syntax Trees,» [En línea]. Available: https://docs.python.org/3/library/ast.html. [Último acceso: Junio 2024]. |
| [2] | E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, and J. Vlissides, «Design Patterns: Abstraction and Reuse of Object-Oriented Design,» de *European Conf. on Object-Oriented Programming*, 1993. |
| [3] | Van Rossum, Guido and Drake Jr, Fred L, «Python tutorial,» de *Centrum voor Wiskunde en Informatica Amsterdam, The Netherlands*, 1995. |

# Anexos

## Dominio de las características

### StatementCategory

Return, Delete, AssignmentStmt, TypeAlias, AugmentedAssignment, AnnotatedAssignment, For, AsyncFor, If, While, With, AsyncWith, Match, Raise, Try, Assert, Global, NonLocal, Pass, Break, Continue, ExceptHandler, Import, ImportFrom.

### StatementRole

Module, IfBody, IfElseBody, FunctionDefBody, AsyncFunctionDefBody, MethodDefBody, AsyncMethodDefBody, ClassDefBody, ForBody, ForElseBody, AsyncForBody, AsyncForElseBody, WithBody, WhileBody, WhileElseBody, ExceptBody, AsyncWithBody, TryBody, TryElseBody, TryFinallyBody, TryHandler, TryHandlerStar, CaseBody.

### ExpressionCategory

Logical, AssignmentExp, Arithmetic, Pow, Shift, BWLogical, MatMult, UnaryArithmetic, UnaryNot, UnaryBWNot, Lambda, Ternary, SetLiteral, ListLiteral, TupleLiteral, DictionaryLiteral, ListComprehension, SetComprehension, DictComprehension, GeneratorComprehension, Await, Yield, YieldFrom, Compare, Call, FString, FormattedValue, IntLiteral, FloatLiteral, ComplexLiteral, NoneLiteral, BoolLiteral, StringLiteral, EllipsisLiteral, Dot, Variable, Slice, Indexing, Star, NoneType.

### ExpressionRole

Module, FuncDecorator, FuncBody, ReturnType, ClassBase, ClassDecorator, MethodBody, ClassBody, Return, Delete, AssignLHS, AssignRHS, TypeAliasLHS, TypeAliasRHS, AugmentedAssignmentLHS, AugmentedAssignmentRHS, VarDefVarName, VarDefType, VarDefInitValue, ForElement, ForEnumerable, ForBody, ForElseBody, AsyncForElement, AsyncForEnumerable, AsyncForBody, AsyncForElseBody, WhileCondition, WhileBody, WhileElseBody, IfCondition, IfBody, IfElseBody, WithElement, WithAs, WithBody, AsyncWithElement, AsyncWithAs, AsyncWithBody, MatchCondition, CaseCondition, CaseGuard, CaseBody, Raise, RaiseFrom, TryBody, ExceptType, ExceptBody, TryElse, FinallyBody, AssertCondition, AssertMessage, Logical, AssignExpLHS, AssignExpRHS, Arithmetic, Pow, Shift, BWLogical, MatMult, LambdaBody, TernaryCondition, TernaryIfBody, TernaryElseBody, SetLiteral, ListLiteral, TupleLiteral, DictionaryLiteralKey, DictionaryLiteralValue, ComprehensionElement, ComprehensionTarget, ComprehensionIter, ComprehensionIf, Await, Yield, YieldFrom, Relational, Is, In, CallFuncName, CallArg, FString, Dot, Slice, Indexing, Star, TypeAnnotation, DefaultParamValue, TypeVar, FormattedFormat, AugmentedAssigmentLHS, Compare, FormattedValue, AugmentedAssigmentRHS, TryElseBody, ComprenhensionElement.

## Resultados Detección de Anomalías

En la Sección 5.1 describimos las instancias catalogadas como anómalas más relevantes para nuestro estudio. A continuación, enumeramos, por conjunto de datos estudiado, los valores de cada una de las características que hacen que sean detectados como anómalos. En cada caso, se muestran los valores teniendo en cuenta todos los datos, solo con nivel de experiencia *Beginner* y solo con nivel de experiencia *Expert*.

### Programas

* Contiene subdirectorios con código (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es true. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene paquetes (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es true. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene código en el directorio raíz (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es true. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es true. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es true. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de módulos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 143,7. \*\*\*\*\* 3294 \*\*\*\*\*
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 148,39.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1764,39.
* Número de subdirectorios con código (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0. \*\*\*\*\*\* 238 \*\*\*\*\*\*
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 145.
* Número de paquetes (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0. \*\*\*\*\*\*\*\* 1297 \*\*\*\*\*\*\*\*
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 172,5.
* Media de definiciones por módulo (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 8,57.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 8.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es inferior a 1,41.
* Proporción de definiciones de clases (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,82.
* Proporción de definiciones de funciones (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es inferior a 0,43.
* Proporción de definiciones de enumeraciones (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0**.**
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,017.

### Modulos

* Contiene comentario de módulo (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene punto de entrada (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de clases (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 76.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 72,7.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 73,08.
* Número de funciones (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 185.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 185,2.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 143.
* Media de sentencias en el cuerpo de las funciones (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 17,6.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 19,4.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 41,9.
* Media de sentencias en el cuerpo de los métodos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 37,3.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 5,4.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 59.
* Convención de nombrado (Nominal): En todos los casos esta variable toma 6 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,033%.
  + Todos: El valor predominante que toma esta variable es el de SnakeCase. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante que toma esta variable es el de Lower. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante que toma esta variable es el de SnakeCase. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Proporción de sentencias globales (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,83.
  + *Beginner*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,625.
* Proporción de expresiones globales (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,5.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,8.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,36.
* Proporción de definiciones de clases (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Proporción de definiciones de funciones (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Proporción de definiciones de enumeraciones (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de anotaciones de tipos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,96.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.

### Imports

* Número de imports (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 123,8.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 20.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 30.
* Media de módulos importados (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
* Media de módulos importados con un From (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 6,28.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4,57.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 19,7.
* Media de módulos importados con un As (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de módulos importados con un Import simple (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Proporción de módulos importados con un Import From (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Proporción de imports locales (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.

### Definiciones de clases

* Si es una definición de enumerado (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene anotación de tipo genérica (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene comentario de clase (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es true. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene una meta clase (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de caracteres del nombre (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 45.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 29.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 49.
* Número de decoradores (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Número de métodos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 17.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 21.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 17.
* Número de clases base (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
* Media de sentencias en el cuerpo de los métodos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 13.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 10,7.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 14.
* Número de sentencias en el cuerpo de la clase (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 22.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 26.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 18.
* Número de keywords (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Altura (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
* Proporción de asignaciones en el cuerpo de la clase (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,72.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,57.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,625.
* Proporción de expresiones en el cuerpo de la clase (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,625.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,83.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,66.
* Proporción de anotaciones de tipo (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,8.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,83.
* Proporción de métodos privados (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de métodos mágicos (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Proporción de métodos asíncronos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de métodos de clase (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de métodos estáticos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de métodos abstractos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de métodos de propiedad (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Convención de nombrado (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 7 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,028%. El valor predominante que toma esta variable es el de CamelUp. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 5 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,04%. El valor predominante que toma esta variable es el de CamelUp. No se detectaron valores anómalos para esta característica. Esta variable nunca toma los posibles valores CamelLow y Discard.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 7 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,028%. El valor predominante que toma esta variable es el de CamelUp. No se detectaron valores anómalos para esta característica.

### Definiciones de funciones

* Si es una función privada (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es una función mágica (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. El valor true es anómalo.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es una función asíncrona (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene anotación de tipo de retorno (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene comentario de función (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es true. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de caracteres del nombre (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 50.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 41.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 62.
* Número de sentencias en el cuerpo de la función (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 18.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 14.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 18. \*\*\*\* > 100 \*\*\*\*
* Número de decoradores (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
* Altura (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
* Proporción de sentencias en el cuerpo de la función que son expresiones (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,83.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,89.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,83.
* Proporción de anotaciones de tipos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,83.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Convención de nombrado (Nominal): En todos los casos esta variable toma 7 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,028%.
  + Todos: El valor predominante que toma esta variable es el de SnakeCase. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante que toma esta variable es el de SnakeCase. Los valores Discard y Upper son anómalos.
  + *Expert*: El valor predominante que toma esta variable es el de SnakeCase. No se detectaron valores anómalos para esta característica.

### Definiciones de métodos

* Si es un método de clase (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es un método estático (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es un método constructor (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es un método abstracto (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es un método de propiedad (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es un método wrapper (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es un método cacheado (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es un método privado (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es un método mágico (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es un método asíncrono (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. El valor true es anómalo.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene anotación de tipo de retorno (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene un comentario de función (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de caracteres del nombre (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 40.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 32.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 44.
* Número de sentencias en el cuerpo (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 76.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 35,1.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 51,7.
* Número de decoradores (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Altura (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 2.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 2.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 2.
* Proporción de sentencias en el cuerpo que son expresiones (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,83.
  + *Expert*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Proporción de anotaciones de tipos (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Convención de nombrado (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 7 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,028%. El valor predominante que toma esta variable es el de SnakeCase. El valor Discard es anómalo.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 6 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,033%. El valor predominante que toma esta variable es el de SnakeCase. No se detectaron valores anómalos para esta característica. Esta variable nunca toma el posible valor Discard.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 7 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,028%. El valor predominante que toma esta variable es el de SnakeCase. El valor Discard es anómalo.

### Sentencias

* Siendo una sentencia de la categoría correspondiente, si tiene una cláusula else (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Altura (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 10.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 10.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 10.
* Profundidad (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 13.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 13.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 13.
* Número de sentencias en el cuerpo de la sentencia, de haberlo. (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 49.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 26,5.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 72,4.
* Categoría sintáctica (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 22 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0090%. El valor predominante que toma esta variable es el de AssingmentStmt. Los valores Match y Nonlocal son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores ExceptHandler y TypeAlias.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 18 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,01%. El valor predominante que toma esta variable es el de AssingmentStmt. No se detectaron valores anómalos para esta característica. Esta variable nunca toma los posibles valores AsyncWith, AsyncFor, Match, TypeAlias, ExceptHandler y Nonlocal.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 22 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0090%. El valor predominante que toma esta variable es el de AssingmentStmt. El valor Match es anómalo. Esta variable nunca toma los posibles valores ExceptHandler y TypeAlias.
* Categoría sintáctica del padre (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 12 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,016%. El valor predominante que toma esta variable es el de FunctionDef. No se detectaron valores anómalos para esta característica. Esta variable nunca toma los posibles valores Raise, Return, Import, ImportFrom, Global, Nonlocal, AnnotatedAssignment, Pass, AssignmentStmt, Break, Delete, Continue, Assert, AugmentedAssignment, AsyncFor y TypeAlias.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 10 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,02%. El valor predominante que toma esta variable es el de FunctionDef. No se detectaron valores anómalos para esta característica. Esta variable nunca toma los posibles valores Raise, Return, Import, ImportFrom, Global, Nonlocal, AnnotatedAssignment, Pass, AssignmentStmt, Break, Delete, Continue, Assert, AugmentedAssignment, TypeAlias, AsyncWith, AsyncFor y Match.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 12 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,016%. El valor predominante que toma esta variable es el de FunctionDef. No se detectaron valores anómalos para esta característica. Esta variable nunca toma los posibles valores Raise, Return, Import, ImportFrom, Global, Nonlocal, AnnotatedAssignment, Pass, AssignmentStmt, Break, Delete, Continue, Assert, AugmentedAssignment, AsyncFor y TypeAlias.
* Rol de la sentencia (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 20 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,01%. El valor predominante que toma esta variable es el de MethodDefBody. El valor WhileElseBody es anómalo. Esta variable nunca toma los posibles valores TryHandler, AsyncForElseBody y TryHandlerStar.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 17 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,011%. El valor predominante que toma esta variable es el de IfBody. El valor AsyncMethodDefBody es anómalo. Esta variable nunca toma los posibles valores TryHandler, AsyncForElseBody, TryHandlerStar, AsyncForBody, CaseBody y AsyncWithBody.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 20 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,01%. El valor predominante que toma esta variable es el de MethodDefBody. Los valores WhileElseBody y ForElseBody es anómalo. Esta variable nunca toma los posibles valores TryHandler, AsyncForElseBody y TryHandlerStar.
* Categoría sintáctica del primer hijo (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 34 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0058%. El valor predominante que toma esta variable es el de Variable. Los valores Shift, SetLiteral, SetComprehension, Pow, UnaryBWNot, MatMult y AssignmentExp son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores FormattedValue, Star, YieldFrom, EllipsisLiteral, Yield, Parameter y Slice.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 30 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0066%. El valor predominante que toma esta variable es el de Variable. Los valores ComplexLiteral, Shift, Pow, Await y SetComprehension son anómalos.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 34 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0058%. El valor predominante que toma esta variable es el de Variable. Los valores MatMult, UnaryBWNot, Shift, Pow, GeneratorComprehension, AssignmentExp, SetLiteral y SetComprehnsion son anómalos. Esta variable nunca toma los valores FormattedValue, Star, YieldFrom, EllipsisLiteral, Yield, Parameter y Slice.
* Categoría sintáctica del segundo hijo (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 36 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0055%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores EllipsisLiteral, YieldFrom, Yield y UnaryBWNot son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores AssignmentExp, FormattedValue, Star, Parameter y Slice.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 33 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,006%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores Yield, Await y UnaryBWNot son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores YieldFrom, AssignmentExp, MatMult, Star, Parameter, EllipsisLiteral, FormattedValue y Slice.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 36 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0055%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valors EllipsisLiteral, Yield, YieldFrom y UnaryBWNot son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores AssignmentExp, FormattedValue, Star, Parameter y Slice.
* Categoría sintáctica del tercer hijo (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 30 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0066%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores Pow, ComplexLiteral, UnaryNot, SetComprehension, BWLogical, FString, GeneratorComprehension, Compare, SetLiteral, UnaryArithmentic, Logical, Lambda, DictComprehension, Await, ListComprehension, Arithmetic y Ternary son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores AssignmentExp, Shift, FormattedValue, Star, MatMult, YieldFrom, Yield, EllipsisLiteral, UnaryBWNot, Parameter y Slice.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 23 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0087%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores SetLiteral, FloatLiteral, UnaryArithmetic, Logical, BWLogical, BoolLiteral, ListComprehension, DictComprehension, GeneratorComprehension, Ternary, Lambda y Arithmetic son anómalos. Esta variable nunca toma los valores UnaryBWNot, YieldFrom, Shift, AssignmentExp, MatMult, Star, Parameter, Pow, Yield, SetComprehension, ComplexLiteral, FString, UnaryNot, EllipsisLiteral, Compare, FormatterValue, Await y Slice.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 28 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0071%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores ComplexLiteral, Pow, UnaryNot, Lambda, SetComprehension, FString, SetLiteral, UnaryArithmetic, Compare, Logical, DictComprehension, Arithmetic, TupleLiteral, ListComprehension y Ternary son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores YieldFrom, EllipsisLiteral, Star, Yield, FormattedValue, UnaryBWNot, Slice, AssignmentExp, Parameter, MatMult, GeneratorComprehension, BWLogical y Shift.

### Cases

* Número de cláusulas case en el Match. (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 10.
* Número guards. (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número medio de sentencias en el cuerpo de los case. (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de cases del tipo MatchValue. (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de cases del tipo MatchSingleton. (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de cases del tipo MatchSequence. (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de cases del tipo MatchMapping. (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de cases del tipo MatchStar. (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de cases del tipo MatchOr. (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de cases del tipo MatchClass. (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Número de cases del tipo MatchAs. (Numérica):
  + Todos: No se detectaron valores anómalos para esta característica.

### Handlers

* Contiene un handler star, es decir, es un TryStar (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene un handler que capture todas las excepciones (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene una cláusula finally (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de handlers. (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1 o es inferior a 1.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1 o es inferior a 1.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1 o es inferior a 1.
* Número medio de sentencias en el cuerpo de los handlers. (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1 o es inferior a 1.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1 o es inferior a 1.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 5.

### Expresiones

* Altura (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 12.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 12.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 12.
* Profundidad (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
* Altura (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 12.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 12.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 12.
* Profundidad (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 4.
* Categoría sintáctica (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 39 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0051%. El valor predominante que toma esta variable es el de Variable. Los valores AssignmentExp, SetComprehension, MatMult, YieldFrom y UnaryBWNot son anómalos. Esta variable nunca toma el posible valor NoneType.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 38 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0052%. El valor predominante que toma esta variable es el de Variable. Los valores AssignmentExp, SetComprehension y Await son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores MatMult y NoneType.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 39 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0051%. El valor predominante que toma esta variable es el de Variable. Los valores AssingmentExp, UnaryBWNot, MatMult y YieldFrom son anómalos. Esta variable nunca toma el posible valor NoneType.
* Categoría sintáctica del padre (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 51 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0039%. El valor predominante que toma esta variable es el de Call. Los valores AsyncWith, AssignmentExp, Match, UnaryBWNot y MatMult son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores Import, Break, Nonlocal, StringLiteral, IntLiteral, FloatLiteral, Global, Variable, NoneLiteral, EllipsisLiteral, Continue, NoneType, TypeAlias, ComplexLiteral, BoolLiteral, ImportFrom y Pass.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 47 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0042%. El valor predominante que toma esta variable es el de Call. Los valores AssignmentExp y Await son anómalos. Este valor nunca toma los posibles valores NoneLiteral, Import, Global, FloatLiteral, NoneType, EllipsisLiteral, TypeAlias, Match, Pass, Continue, Nonlocal, ComplexLiteral, ImportFrom, MatMult, Variable, Break, StringLiteral, BoolLiteral, IntLiteral, AsyncFor y AsyncWith.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 51 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0039%. El valor predominante que toma esta variable es el de Call. Los valores AssignmentExp, UnaryBWNot, Match y YieldFrom son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores ComplexLiteral, Global, ImportFrom, Continue, StringLiteral, NoneLiteral, Nonlocal, FloatLiteral, EllipsisLiteral, Import, NoneType, Break, IntLiteral, Pass, TypeAlias, BoolLiteral y Variable.
* Categoría sintáctica del primer hijo (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 39 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0051%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores AssignmentExp, SetComprehension, DictComprehension, NoneType, Shift, Lambda, GeneratorComprehension, MatMult, Await, UnaryBWNot, Star y EllipsisLiteral son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores YieldFrom, Yield y Parameter.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 34 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0059%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores AssignmentExp, SetComprehension, NoneType, Star, GeneratorComprehension, ListComprehension, UnaryBWNot, Shift, FString y DictionaryLiteral son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores Parameter, DictComprehension, Await, Yield, YieldFrom, Slice, Lambda y MatMult.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 38 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0052%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores UnaryBWNot, SetComprehension, DictComprehension, GeneratorComprehension, Lambda, Await, Star, MatMult, EllipsisLiteral y Shift son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores YieldFrom, Parameter, YIeld y AssignmentExp.
* Categoría sintáctica del segundo hijo (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 37 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0054%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores AssignmentExp, Await, SetComprehension, Shift, DictComprehension, UnaryBWNot y SetLiteral son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores Parameter, YieldFrom, MatMult, NoneType y Yield.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 36 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0055%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores AssignmentExp, Shift, DictComprehension, SetLiteral, SetComprehension, UnaryBWNot y EllipsisLiteral son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores Parameter, Await, Yield, YieldFrom, NoneType y MatMult.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 37 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0054%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores AssignmentExp, SetComprehension, UnaryBWNot, Await, Shift y DictComprehension son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores MatMult, YieldFrom, NoneTyp, Parameter y Yield.
* Categoría sintáctica del tercer hijo (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 38 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0052%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores SetComprehension, UnaryBWNot, AssignmentExp, Shift, EllipsisLiteral, Await, DictComprehension, GeneratorComprehension, Pow, SetLiteral, ListComprehension, BWLogical y NoneType son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores YieldFrom, Yield, Parameter y MatMult.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 32 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,00625%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores AssignmentExp, DictComprehension, Pow, NoneType, Setliteral, ListComprehension, GeneratorComprehension, ComplexLiteral, FString, Ternary, Lambda y FloatLiteral son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores Parameter, Await, Shift, Yield, UnaryBWNot, YieldFrom, EllipsisLiteral, Slice, SetComprehension y MatMult.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 38 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0052%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores AssignmentExp, SetComprehension, UnaryBWNot, Shift, GeneratorComprehension, EllipsisLiteral, Await, DictComprehension, BWLogical, Pow, SetLiteral y ListComprehension son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores YieldFrom, Parameter, Yield y MatMult.
* Categoría sintáctica del cuarto hijo (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 35 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0057%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores Await, SetComprehension, EllipsisLiteral, Shift, GeneratorComprehension, DictComprehension, BWLogical, Pow, SetLiteral, ListComprehension, ComplexLiteral, Slice, Star, Ternary, Lambda, FString y UnaryNot son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores Parameter, YieldFrom, MatMult, UnaryBWNot, NoneType, AssignmentExp y Yield.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 29 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0069%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores DictComprehension, ListComprehension, SetLiteral, GeneratorComprehension, ComplexLiteral, BWLogical, FString, Ternary, FloatLiteral, Lambda, Star, UnaryNot y DictionaryLiteral son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores Parameter, Await, Shift, Yield, UnaryBWNot, YieldFrom, EllipsisLiteral, Slice, Pow, AssignmentExp, NoneType, SetComprehension y MatMult.
  + *Expert*: En este caso la variable toma 34 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0059%. El valor predominante que toma esta variable es el de None. Los valores SetComprehension, Await, EllipsisLiteral, Shift, DictComprehension, BWLogical, Star, SetLiteral, Pow, ComplexLiteral, ListComprehension, Slice, UnaryNot, Ternary, Lambda, FString y Logical son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores MatMult, GeneratorComprehension, YieldFrom, NoneType, Parameter, UnaryBWNot, Yield y AssignmentExp.
* Rol de la expresión en su padre (Nominal):
  + Todos: En este caso la variable toma 79 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0025%. El valor predominante que toma esta variable es el de CallArg. Los valores CaseBody, WhileElseBody, MatchCondition, AsyncWithBody, AssignExpLHS, AssignExpRHS, ForElseBody, AsyncWithAs, CaseCondition, AsyncForBody, AsyncWithElement, AsyncForEnumerable y AsyncForElement son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores TryElse, ComprehensionElement, AsyncForElseBody, MatMult, DefaultParamValue, TypeVar, In, Shift, AugmentedAssignmentLHS, TypeAliasLHS, CaseGuard, Pow, Is, AugmentedAssignmentRHS, TypeAliasRHS y BWLogical.
  + *Beginner*: En este caso la variable toma 70 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0028%. El valor predominante que toma esta variable es el de TupleLiteral. Los valores WhileElseBody, ClassDecorator, AssignExpRHS, AssignExpLHS, ForElseBody y FormattedFormat son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores AsyncWithElement, AugmentedAssignmentLHS, Shift, DefaultParamValue, MatchCondition, AsyncForBody, BWLogical, TryElse, In, Pow, TypeVar, AsyncWithAs, CaseBody, MatMult, CaseCondition, ComprehensionElement, AugmentedAssignmentRHS, TypeAnnotation, AsyncForEnumerable, CaseGuard, AsyncForElseBody, TypeAliasRHS, TypeAliasLHS, AyncWithBody, Is y AsyncForElement.
  + Expert: En este caso la variable toma 79 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,0025%. El valor predominante que toma esta variable es el de CallArg. Los valores WhileElseBody, CaseBody, ForElseBody, MatchCondition, AsyncWithBody, AssignExpRHS, AssignExpLHS, TryElseBody y AsyncWithAs son anómalos. Esta variable nunca toma los posibles valores TypeVar, MatMult, BWLogical, CaseGuard, AugmentedAssignmentLHS, TryElse, TypeAnnotation, TypeAliasRHS, AsyncForElseBody, Is, TypeAliasLHS, Pow, DefaultParamValue, AugmentedAssignmentRHS, ComprehensionElement, In y Shift.

### Comprehensions

* Si es asíncrono (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. El valor true es anómalo.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. El valor true es anómalo.
* Número de sentencias condicionales (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Número de generadores (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 1.
* Categoría sintáctica (Nominal): En todos los casos esta variable toma 4 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,05%.
  + Todos: El valor predominante que toma esta variable es el de ListComprehension. No se han detectado valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante que toma esta variable es el de GeneratorComprehension. No se han detectado valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante que toma esta variable es el de ListComprehension. No se han detectado valores anómalos para esta característica.

### Invocaciones a funciones

* Número de argumentos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 5.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 5.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 5.
* Proporción de argumentos pasados por nombre (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de argumentos double star (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.

### Cadenas formateadas

* Número de elementos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 10.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 10.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 10.
* Proporción de constantes (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,91 o cuando es inferior a 0,25.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,91 o cuando es inferior a 0,25.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,91 o cuando es inferior a 0,25.
* Proporción de expresiones (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,75 o cuando es inferior a 0,08.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,75 o cuando es inferior a 0,08.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0,75 o cuando es inferior a 0,08.

### Variables

* Si es privada (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Si es mágica (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de caracteres (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 28.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 20.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 28.
* Convención de nombrado (Nominal): En todos los casos esta variable toma 7 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,028%.
  + Todos: El valor predominante es Lower. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es Lower. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es Lower. No se detectaron valores anómalos para esta característica.

### Vectores

* Si es homogénea (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es true. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de elementos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 81 o cuando es inferior a 1,9.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 77 o cuando es inferior a 1,9.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 2 o cuando es inferior a 2. \*\*
* Categoría sintáctica (Nominal): En todos los casos esta variable toma 4 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,05%.
  + Todos: El valor predominante que toma esta variable es el de TupleLiteral. No se han detectado valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante que toma esta variable es el de TupleLiteral. No se han detectado valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante que toma esta variable es el de TupleLiteral. No se han detectado valores anómalos para esta característica.

### Parámetros de declaración de funciones

* Contiene al menos un var param (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Contiene al menos un keyword param (Binaria): Se considera anómalo cuando uno de los dos valores que puede tomar la variable no aparece al menos un 0,10%.
  + Todos: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es false. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Número de parámetros (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 11 o inferior a 1.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 9 o inferior a 1.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es inferior a 1.
* Proporción de argumentos posicionales (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de anotaciones de tipos (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de var params (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de argumentos por keyword (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Proporción de argumentos con valor por defecto (Numérica):
  + Todos: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Beginner*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
  + *Expert*: Se detecta como anómalo cuando es superior a 0.
* Rol de los parámetros (Nominal): En todos los casos esta variable toma 2 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,1%.
  + Todos: El valor predominante es FunctionParams. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es FunctionParams. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es FunctionParams. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
* Convención de nombrado más usada (Nominal): En todos los casos esta variable toma 7 valores, se considera como valor anómalo todos aquellos que tienen una frecuencia inferior a 0,028%.
  + Todos: El valor predominante es Lower. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Beginner*: El valor predominante es Lower. No se detectaron valores anómalos para esta característica.
  + *Expert*: El valor predominante es Lower. No se detectaron valores anómalos para esta característica.

## Repositorios GitHub

En este anexo se van a listar y describir resumidamente los repositorios de *GitHub* utilizados como fuentes de código de expertos.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Nombre | Contribuidores | Forks | Stars | Usos |
| ray-project/ray | 974 | 5.300 | 31.607 | 15.000 |
| [certbot/certbot](https://github.com/certbot/certbot) | 478 | 3.400 | 30.992 | 1.900 |
| [run-llama/llama\_index](https://github.com/run-llama/llama_index) | 994 | 4.500 | 32.387 | 8.600 |
| [sqlmapproject/sqlmap](https://github.com/sqlmapproject/sqlmap) | 125 | 5.600 | 30.910 | X\* |
| [geekcomputers/Python](https://github.com/ComputationalReflection/PythonSourceCodeAnalysis) | 691 | 12.000 | 30.340 | X\* |
| [huggingface/pytorch-image-models](https://github.com/huggingface/pytorch-image-models) | 120 | 4.600 | 30.281 | 28.900 |
| [babysor/MockingBird](https://github.com/babysor/MockingBird) | 37 | 5.100 | 34.174 | X\* |
| [testerSunshine/12306](https://github.com/testerSunshine/12306) | 23 | 9.800 | 33.723 | X\* |
| [lm-sys/FastChat](https://github.com/lm-sys/FastChat) | 249 | 4.300 | 35.098 | 740 |
| [shadowsocks/shadowsocks](https://github.com/shadowsocks/shadowsocks) | X\* | 18.700 | 33.522 | X\* |
| [XX-net/XX-Net](https://github.com/XX-net/XX-Net) | 73 | 7.700 | 32.736 | X\* |
| [microsoft/DeepSpeed](https://github.com/microsoft/DeepSpeed) | 341 | 3.900 | 33.252 | 7.100 |
| [fxsjy/jieba](https://github.com/fxsjy/jieba) | 40 | 6.700 | 32.602 | 28.000 |
| [comfyanonymous/ComfyUI](https://github.com/comfyanonymous/ComfyUI) | 111 | 3.900 | 36.823 | X\* |
| [hankcs/HanLP](https://github.com/hankcs/HanLP) | 36 | 9.700 | 32.710 | 184 |
| [httpie/cli](https://github.com/httpie/cli) | 155 | 3.700 | 32.400 | X\* |
| [karpathy/nanoGPT](https://github.com/karpathy/nanoGPT) | 36 | 5.000 | 32.735 | X\* |
| [streamlit/streamlit](https://github.com/streamlit/streamlit) | 227 | 2.800 | 32.589 | 395.000 |

\* Esta información no consta en la descripción del repositorio a la fecha de realización del trabajo.