

Web interface with RPA for review of Exams for the Algorithms and Data Structures course in C++ Code

Aradiel Castañeda Hilario, Doctor¹, Acosta de la Cruz Pedro Raúl, Msc¹, Gerónimo Vásquez Alfonso Herminio, Doctor¹, Mas Azahuanche Guillermo Antonio, Doctor²; Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, haradiel@uni.edu.pe, pacosta@uni.edu.pe, ageronimov@uni.edu.pe, Universidad Nacional del Callao, Perú, gamasa@unac.edu.pe

Abstract– *he report details the development of a Python web solution designed to automate grading and plagiarism detection in C++ Algorithm tests and exams. To achieve these goals, tools such as cplint, subprocesses, and openpyxl are used, which allow checking coding standards and manipulating Excel files.*

The solution has been designed with a web interface accessible through browsers, thus eliminating the need to install additional software. This approach provides teachers with the ability to grade practices and exams automatically, providing practicality and efficiency, regardless of their location and as long as they have access to the internet.

The web interface is intuitive, allowing users to upload solution files, run the qualification and retrieve the results in folders generated by the same program on the user's computer. In addition, the plagiarism detection functionality has been maintained to guarantee the originality of the solutions presented.

In terms of results, the solution has proven to optimally meet the established objectives. Particularly noteworthy is the graphical display of statistics directly in the classroom, providing an additional tool to evaluate and understand student performance.

.Keywords-- RPA, C++, cplint, web interface, web page, web.

Resumen: *El informe detalla el desarrollo de una solución web en Python diseñada para automatizar la calificación y la detección de plagio en pruebas y exámenes de Algoritmia en C++. Para alcanzar estos objetivos, se emplean herramientas como cplint, subprocessos y openpyxl, que permiten verificar los estándares de codificación y manipular archivos Excel.*

La solución se ha diseñado con una interfaz web accesible a través de navegadores, eliminando así la necesidad de instalar software adicional. Este enfoque facilita a los docentes la capacidad de calificar prácticas y exámenes de manera automática, brindando practicidad y eficiencia, independientemente de su ubicación y siempre que cuenten con acceso a internet.

La interfaz web resulta intuitiva, permitiendo a los usuarios cargar archivos de soluciones, ejecutar la calificación y recuperar los resultados en carpetas generadas por el mismo programa en la computadora del usuario. Además, se ha mantenido la funcionalidad de detección de plagio para garantizar la originalidad de las soluciones presentadas.

En términos de resultados, la solución ha demostrado cumplir de manera óptima con los objetivos establecidos. Destaca especialmente la visualización gráfica de estadísticas directamente en el salón, proporcionando una herramienta adicional para evaluar y comprender el rendimiento de los estudiantes.

Palabras clave RPA, C++, cplint, interfaz web, página web, web.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

I. INTRODUCCION

El artículo detalla el desarrollo de un programa en Python diseñado para automatizar la calificación de prácticas y exámenes en el lenguaje de programación C++, incorporando además la funcionalidad de detección de plagio entre las soluciones de los alumnos. Para lograr estos objetivos, se utilizan las librerías `cpplint`, `subprocess`, `os` y `openpyxl`, facilitando la ejecución del proceso en segundo plano mediante una consola, la verificación del cumplimiento de estándares de codificación y la exportación de la información a un formato Excel para su análisis posterior.

El siguiente paso consiste en trasladar este programa a una interfaz web con el objetivo de mejorar su accesibilidad y usabilidad. La implementación de esta interfaz posibilitará el uso del programa a través de un navegador, eliminando la necesidad de instalar software adicional en los dispositivos de los usuarios. De esta manera, los profesores responsables de la evaluación podrán acceder al programa desde cualquier lugar con conexión a internet, agilizando y optimizando la calificación automática de prácticas y exámenes en C++.

La interfaz web se diseñará para ofrecer una experiencia intuitiva a los usuarios, quienes podrán cargar los archivos de soluciones de los alumnos, ejecutar la calificación automática y obtener los resultados en un formato visualmente atractivo y fácil de entender. Asimismo, se preservará la funcionalidad de detección de plagio, garantizando la originalidad de las soluciones presentadas por los estudiantes.

En resumen, el programa desarrollado en Python, que automatiza el proceso de calificación de prácticas y exámenes en C++ y detecta posibles casos de plagio, experimentará una adaptación a una interfaz web. Esta nueva implementación proporcionará una herramienta más accesible y eficiente para los docentes de programación, mejorando el proceso de evaluación y promoviendo la integridad académica en la institución.

II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema que se busca solucionar con este programa en Python es facilitar al docente la tarea de revisión y verificación de autenticidad de los códigos permitiendo calificar de forma automática las prácticas y exámenes de C++, las cuales se van a realizar de manera automática entre las soluciones presentadas por los alumnos. Debido a que, actualmente estas tareas son realizadas manualmente por los docentes, lo cual consume una gran cantidad de tiempo y puede ser propenso a errores sin contar que no tienen una forma exacta de medir qué tanto por ciento del código es copiado o no.

El programa deberá permitir al profesor ejecutar el programa de manera que cargue los archivos con las soluciones de los alumnos en C++ en una determinada carpeta, para luego calificar automáticamente las soluciones y generar un reporte en Excel con las notas de cada alumno. Además, deberá comparar las soluciones de cada pregunta entre todos los alumnos para detectar posibles plagios,

utilizando las librerías: `CPPlint`, `Subprocess` y `OS`; para ejecutar el proceso en segundo plano en una consola y poder obtener los resultados de forma eficiente.

La solución propuesta será un programa en Python que funcione como un RPA (Robotic Process Automation), que automatice los procesos de calificación y detección de plagio de forma precisa y eficiente. El programa funcionará solo ejecutando el archivo `.exe` y colocando las respuestas de los alumnos en la carpeta que esté referenciada en el código de programación; así se realizarán las tareas deseadas de forma rápida y eficiente.

Con este programa, se espera reducir significativamente el tiempo y el esfuerzo requerido para calificar las prácticas y exámenes de C++, así como detectar plagios entre las soluciones de los alumnos. Además, se espera que el programa sea una herramienta valiosa para los profesores que deseen mejorar la calidad de la enseñanza y reducir el riesgo de plagio en sus clases de programación.

III. OBJETIVOS

Los objetivos del programa en Python son los siguientes:

A. Objetivo general

Desarrollar e implementar un programa en Python con una interfaz web que permita la calificación automática de prácticas y exámenes realizados en el lenguaje de programación C++ y detecte posibles casos de plagio entre las soluciones de los alumnos, brindando una herramienta accesible y eficiente para los docentes de programación y fomentando la integridad académica en la institución.

B. Objetivos específicos

- Calificar las soluciones de los estudiantes automáticamente, utilizando las pruebas proporcionadas por el profesor.
- Comparar las soluciones de cada pregunta con todas las soluciones de otros alumnos, utilizando la librería `cpplint` y `subprocess` en segundo plano para detectar similitudes en el código fuente.
- Generar un reporte en Excel que incluya las notas de los estudiantes, así como una detección de posibles plagios, indicando qué estudiantes tienen similitudes en su código.
- Permitir que el profesor pueda revisar y verificar de forma más eficiente las detecciones de plagio para confirmar si hay plagio o no.
- Mejorar la accesibilidad y usabilidad del programa al implementar una interfaz web, permitiendo a los profesores acceder y utilizar la herramienta desde cualquier lugar con conexión a internet.

En resumen, el objetivo general es desarrollar una interfaz web que permita simplificar y automatizar el proceso de calificación de prácticas y exámenes en C++, mientras que el objetivo específico es detectar posibles casos de plagio entre los estudiantes y la mejora en la accesibilidad y usabilidad del programa.

IV. POBLACION Y MUESTRA

A. Población

Los elementos de análisis son las respuestas por los alumnos del curso de Algoritmos y Estructuras de Datos en formato “.cpp” a las preguntas de las diversas prácticas calificadas y exámenes.

Dichas respuestas están por lo tanto escritas en C++, y el nombre de archivo sigue el formato Apellido_Nombre_CodExam_#Preg.cpp, si CodExam indica el examen o la práctica calificada en cuestión (PC1, PC2, PC3, EP, EF, ES) y si #Preg indica la pregunta a la que el alumno está respondiendo (P1, P2, P3).

La población está compuesta por estas respuestas, y es por lo tanto potencialmente infinita debido a que podría ser producida, teóricamente, por toda la eternidad.

B. Muestra

La muestra analizada en el presente trabajo está compuesta en realidad por 37 archivos, provenientes de 29 alumnos del ciclo 22-1:

- 18 archivos correspondientes a la pregunta 1 del examen final,
- 16 archivos correspondientes a la pregunta 1 de la Práctica Calificada 4,
- 3 archivos correspondientes a la pregunta 1 del examen sustitutorio.

En efecto, no todos los archivos entregados por los alumnos cumplen con tener la extensión “.cpp”, sino que la mayoría contienen código Python (extensión “.ipynb”), por lo que estos no entran en cuenta en el presente trabajo.

Por esta razón, para verificar que el tiempo de ejecución es correcto aún si todas las respuestas hubiesen cumplido con la condición de estar escritas en C++ y para visualizar un promedio más exacto, se decidió duplicar la información de las pruebas y exámenes.

V. MATERIALES Y METODOS

A. Materiales

Para el desarrollo de este RPA se usará el lenguaje de programación Python debido a que este permite integrar tanto librerías de revisión de código y sintaxis como lo son cpplint y librerías que permitan la salida de la información en formato Excel usando librerías especializadas para esto.

Tener en cuenta que la librería de cpplint solo funciona en consola por lo que necesitaremos importar subprocess el cual permitirá que se ejecute esta acción en segundo plano y después los resultados mostrarlos en forma de una lista la cual nos permitirá realizar el análisis de cada uno de estos códigos y después poder colocarle su respectiva calificación.

Adicionalmente, se usará la librería os que permitirá el ingreso de los archivos dándole una ruta de la computadora, por lo que para poder entender mejor las librerías que se usaron como materiales en la creación del RPA que revisa las evaluaciones en C++. Mostramos las librerías en la siguiente tabla.

TABLA I
LIBRERÍAS DEL RPA

Librería	Descripción
subprocess	Permite la ejecución de comandos en segundo plano y los resultados de esta ejecución pueden llegar al archivo de python que se tiene abierto.
openpyxl	Permite la creación de hojas Excel donde se muestre los resultados de la ejecución del código Python

os	Permite el ingreso de rutas desde el ordenador donde encontrará los archivos para que posteriormente puedan usarse en el código.
cpplint	Revisión de código python, centrándose en su sintaxis, buenas prácticas y que se ejecute de manera exitosa.

Para el caso de la interfaz web que permitirá al docente realizar la subida de los archivos de manera más cómoda e intuitiva se usará las librerías Flask, render_template, request. Los cuales se explicaran de manera más adecuada en la siguiente tabla.

TABLA II
LIBRERÍAS DE LA INTERFAZ WEB

Librería	Función
Flask	Creación de la página web así como de sus subdominios que permitirán la carga de los archivos
render_template	Permite la integración de archivos python con html y css.
request	Permite la obtención de las peticiones de los usuarios y poder darle una respuesta por medio de python

B. Diseño y adquisición de datos

Los datos fueron proporcionados por el docente del curso, pero para poder realizar un trabajo adecuado fue necesario realizar un tratamiento previo ya que, a pesar de que la mayoría cumplía con los estándares puestos en el curso para los nombres de los archivos, es decir “apellidoPaterno-primerNombre-tipoEvaluación-#P.cpp”, hubo varios que no respetaban esta regla. Por esta razón se realizó un tratamiento previo. Luego se procedió a realizar el código RPA para que pueda traer la data correspondiente y realizar la revisión para poder tener las notas.

El diseño que siguió el RPA de revisión de evaluación en C++ fue el que se muestra en la figura 1.

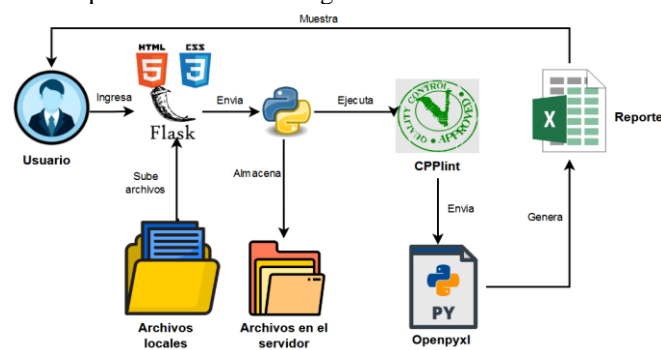


Fig. 1 Diseño del RPA de revisión.

Cabe mencionar también que el usuario que en este caso sería el profesor solo tendría que dar a ejecutar el archivo de Python y este ya se encarga de automatizar todo el proceso de revisión en base a las buenas prácticas implementadas por CPPLint para que después esta se muestre en formato de excel el cual el docente lo puede usar para poder ingresar sus notas al sistema y además permite ver que sanción tomar con los alumnos que cometieron algún acto no permitido como es el de plagiar en un examen.



Fig. 2. Interfaz web.

VI. RESULTADOS

El resultado que se obtiene después de ejecutar todo el código en python es el reporte del acta de notas, los posibles plagios y las observaciones.

La hoja de acta de notas se muestra en la figura 3

Alumno	PC1	PC2	PC3	PC4	EP	EF	ES	Nota Final
ALIAGA LINDO, JAELEJANDRO	NSP	NSP	NSP	NSP	9	9	NSP	6.75
BALLENNA ESPINOZA, MARCELO ALONSO	NSP	11	NSP	11	11	11	NSP	10.08333
CALDERON PEREZ, ANTHONY ALEXIS	NSP	9	NSP	9	17	17	NSP	14.25
CAMAC ALCALA, ALEXIS JOCK	NSP	12	NSP	12	12	12	NSP	11
CHANCA GONZALES, JAIR ALEXIS	NSP	NSP	NSP	NSP	9	9	NSP	6.75
CUESTAS ESPINOZA, MONICA ISABEL	NSP	NSP	NSP	NSP	13	13	NSP	9.75
DAMIAN CUTISACA, JHON KENEDY	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	0
FLORES RIVAS, ALVARO LIZANDRO	NSP	15	NSP	15	13	13	NSP	12.25
FLORES VELARDE, ROBERTO CARLOS	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	0
GAMBOA CHECNES, JOEL FERNANDO	NSP	NSP	NSP	NSP	11	11	12	8.25
GELDRES PINTO, GAVINO GABRIEL	NSP	15	NSP	15	14	14	NSP	13
HERRERA ASTORAYME, JENS ALCIDES	NSP	8	NSP	8	NSP	NSP	NSP	1.333333
HINOJOSA MONTERO, PIERO ANTHONY	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	0
HUAYHUALLA BARBOZA, JOSEPH EDGAR	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	0
LENIN JARAMILLO	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	0
MAMANI BONZANO, LUIS ENRIQUE	NSP	11	NSP	11	9	9	11	8.583333
ORTIZ DE ORUE HUAMANI, JULIO RUBEN	NSP	10	NSP	10	12	12	NSP	10.66667
ORTIZ MATAMOROS, ELIAS JOEL	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	0

Fig. 3 Captura de pantalla del acta de notas.

En esta se puede ver que las calificaciones están en base vigesimal y que solo dependen de si el alumno envió el archivo en formato .cpp, puesto que en el caso en que envíe la solución en código Python se considerará como NSP (“No Se Presentó”), lo que equivale a una nota igual a 0.

Una vez terminada la calificación de la PC4, del EF y del ES (únicas evaluaciones que tenían archivos en formato C++), se procede a generar la nota final en función a la siguiente ecuación:

$$\text{Nota Final} = ((\text{EF} * 2 + \text{EP} + (\text{PC1} + \text{PC2} + \text{PC3} + \text{PC4} - \text{MIN}(\text{PCs})))) / 4$$

En caso de que el alumno haya dado el examen sustitutorio, este reemplazará a la nota del Examen Final, por lo que para los 3 alumnos que dieron el examen sustitutorio, la nota final se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Nota Final} = ((\text{ES} * 2 + \text{EP} + (\text{PC1} + \text{PC2} + \text{PC3} + \text{PC4} - \text{MIN}(\text{PCs})))) / 4$$

La segunda hoja (figura 4) muestra los posibles plagios encontrados entre distintos exámenes. Es necesaria la revisión

por parte del docente de los exámenes correspondientes para confirmar la sospecha de plagio.

CUESTAS ESPINOZA, MONICA ISABEL		Plagio 2
DAMIAN CUTISACA, JHON KENEDY		
FLORES RIVAS, ALVARO LIZANDRO		Plagio 1
FLORES VELARDE, ROBERTO CARLOS		
GAMBOA CHECNES, JOEL FERNANDO		
GELDRES PINTO, GAVINO GABRIEL		Plagio 2
HERRERA ASTORAYME, JENS ALCIDES		
HINOJOSA MONTERO, PIERO ANTHONY		
HUAYHUALLA BARBOZA, JOSEPH EDGAR		
LENIN JARAMILLO		
MAMANI BONZANO, LUIS ENRIQUE		
ORTIZ DE ORUE HUAMANI, JULIO RUBEN	Plagio 1	
ORTIZ MATAMOROS, ELIAS JOEL		
PALOMINO RAMOS, YONY LEONARDO		
PAREDES ACASIEDE, JOHAO ALFREDO	Plagio 1	
PAREDES CURI, VICTOR JUNIOR		
QUISPE ROJAS, ALFREDO MARTIN		
RAMIREZ VILLAVEVERDE, OSCAR LEONARDO		
RAMOS ROMAN, CRISTIAN ARMANDO		Plagio 1
ROJAS LUQUE, MARIA DE LOS ANGELES		
SULLUCHUCO ROSALES, EDGAR ELIAS		
TAIPE SICHA, RONNY ANDY		Plagio 3
VENTURO AGUIRRE, SAYURI FIORELLA		Plagio 3
VILELA AGUIRRE, JUNIOR JOSE		

Fig. 4 Captura de pantalla de la hoja de plagios.

Se puede notar que el examen final consta con más casos de plagio. La figura 5 muestra la comparación entre dos exámenes sospechosos de plagio.

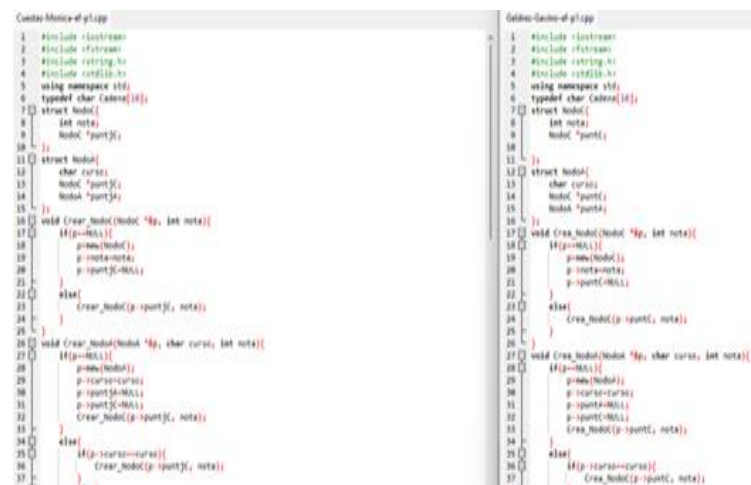


Fig. 5 Comparación entre posibles plagios

Como se aprecia en la imagen, en este caso ambos archivos son exactamente iguales, lo que es común en esta clase de pruebas.

Por último, la figura 6 muestra la hoja de observaciones: errores de sintaxis, malas prácticas al momento de redactar el código o que no se ejecute de manera correcta.

Alumno	# errores PC4	Observacion
ALIAGA LINDO, JAELEJANDRO	0	No hay código
BALLENNA ESPINOZA, MARCELO ALONSO	110	["Missing', 'spaces', 'around', '<<', '[whitespace/operators]', '[3]"]
CALDERON PEREZ, ANTHONY ALEXIS	62	["Missing', 'spaces', 'around', '=', '[whitespace/operators]', '[4]"]
CAMAC ALCALA, ALEXIS JOCK	194	["Missing', 'spaces', 'around', '<<', '[whitespace/operators]', '[3]"]
CHANCA GONZALES, JAIR ALEXIS	0	No hay código
CUESTAS ESPINOZA, MONICA ISABEL	0	No hay código
DAMIAN CUTISACA, JHON KENEDY	0	No hay código
FLORES RIVAS, ALVARO LIZANDRO	6	["'s', 'his', 'a', 'non-const', 'reference?', 'f', 'so', 'make', 'const', 'or', 'use', 'a', 'pointer', 'Node', '8p', '[runtime/references]', '[2]"]
FLORES VELARDE, ROBERTO CARLOS	0	No hay código
GAMBOA CHECNES, JOEL FERNANDO	0	No hay código
GELDRES PINTO, GAVINO GABRIEL	39	["Line', 'ends', 'in', 'whitespace', 'Consider', 'deleting', 'these', 'extra', 'spaces', '[whitespace/end_of_line]', '[4]"]

Fig. 6 Hoja de observaciones

Por cada evaluación se entrega el número de errores que el programa encontró y la observación específica. Adicionalmente, se muestra el valor, de 0 a 5, de la importancia de la mala práctica.

Por otra parte, Power BI permite realizar el análisis de los datos, generando un dashboard por cada pantalla, como se muestra en la figura 7.

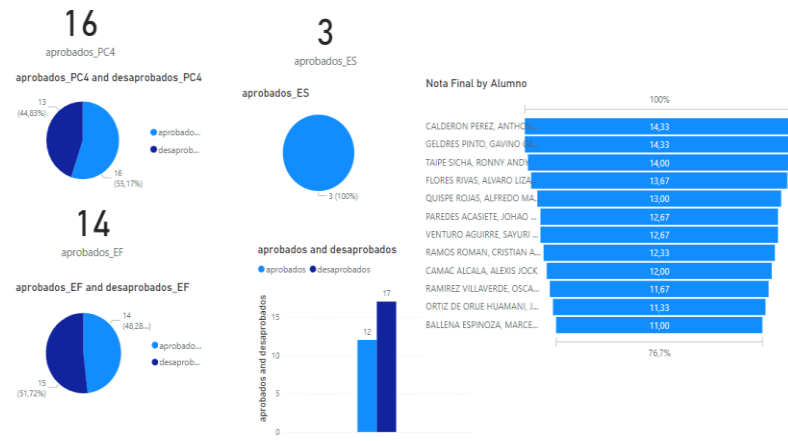


Fig. 7 Dashboard generado con Power BI

La primera pantalla muestra de forma gráfica la cantidad de aprobados y desaprobados por cada una de las evaluaciones realizadas. Asimismo, al final se muestra la cantidad de aprobados según la nota final, puesto que este valor es el que más importa para los usuarios.

Los casos de plagio, tanto a nivel individual como en porcentaje, se ilustran en la figura 8.

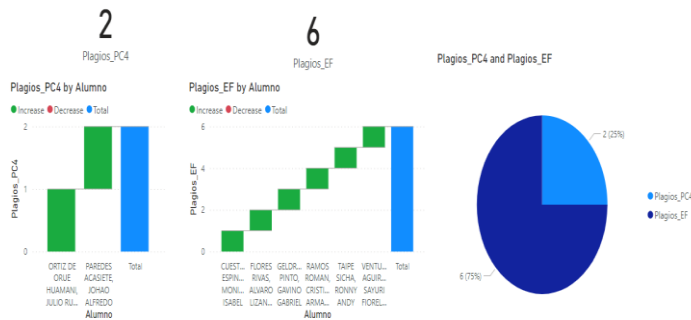


Fig. 8 Pantalla de plagios en Power BI

Por último la figura 9 muestra la pantalla correspondiente a las observaciones.

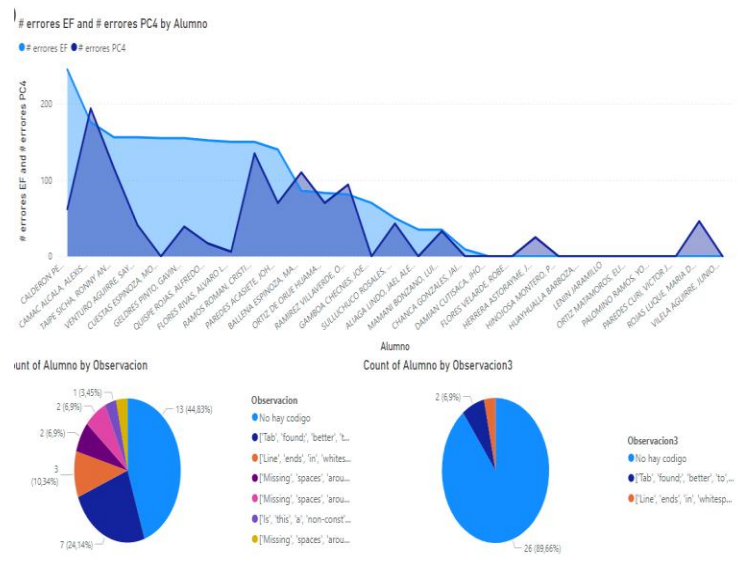


Fig. 9 Pantalla de observaciones en Power BI.

En ella se puede observar las observaciones más comunes en la muestra, así como la progresión de cada estudiante con respecto a dicho parámetro entre la PC4 y el Examen Final.

CONCLUSIONES

El presente RPA es capaz de realizar una revisión de toda la sintaxis de un código en Python gracias a la cantidad de comandos internos que posee la librería CPPlint, lo cual permite calificar de una forma más objetiva y detallada al alumno.

La detección de plagio se realiza mediante la similitud entre recomendaciones, es decir que si 2 códigos tienen un número similar de recomendaciones, el programa lo detectará como posible plagio. Esto evita al docente la tarea repetitiva de revisar uno por uno los exámenes.

Si bien los tipos de recomendaciones son muchos, se puede seleccionar las principales al momento de calificar. Además se necesita tener en cuenta que el puntaje que proporciona el RPA va de 0 a 100 por lo que se debe crear una función que ayude a convertirlo en nota decimal para que esta pueda ser registrada por el docente.

Los reportes en Power BI permiten ver de forma más dinámica el contenido que se muestra en el Excel, sin embargo, debido a que no hay un proceso automático que permita generar el reporte directamente del RPA a Power BI, es necesario exportar los datos en Excel como intermediario entre estas dos soluciones.

RECONOCIMIENTO

Agradecer a la Universidad Nacional de ingeniería por el apoyo en el Proyecto de investigación así También a todos los investigadores que participaron en este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] S. Aguirre y A. Rodriguez, “Automation of a Business Process Using Robotic Process Automation (RPA): A Case Study”, Pontificia Universidad Javeriana, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66963-2_7
- [2] F. Santos, R. Pereira y J. Braga, “Toward robotic process automation implementation: an end-to-end perspective”, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), 2018. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2018-0380>
- [3] R. Syed, S. Suriadi, M. Adams, W. Bandara, S. Leemans, C. Ouyang, A. ter Hofstede, I. van de Weerd, M. Wynn, H. Reijers, “Robotic Process Automation: Contemporary themes and challenges”, Queensland University of Technology, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103162>
- [4] T. Tounkara, “Automatisation Robotisée des Processus (RPA) : quels défis pour la transformation numérique des entreprises ?”, Université Paris-Saclay, 2020. 10.3917/atic.001.0095
- [5] M. Zacklad, S. Alemanno y M. Ihadjadene, “Transition numérique, une approche info-communicationnelle ?”, Conservatoire National des Arts et Métiers, 2020. <https://doi.org/10.3917/atic.001.0001>
- [6] M. Mashtakov, S. Shirokova y M. Bolsunovskaya, “Application Of RPA Technology In Management And Decision-Making Processes”, Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, 2023. <https://doi.org/10.57809/2023.2.1.4.3>
- [7] W. Sharif, “Quelle sera l'évolution du métier de comptable face à l'accroissement des technologies ?”, Haute école de gestion de Genève, 2018. R008881437
- [8] C. Kaya, M. Turkyilmaz y B. Birol, “Impact of RPA Technologies on Accounting Systems”, Yeditepe University, 2019. <https://doi.org/10.25095/mufad.536083>
- [9] S. Jacob, S. Souissi y J. Trudel, “Intelligence Artificielle Et Transformation Des Métiers De La Comptabilité Et De L'audit Financier”, Université Laval, 2020.
- [10] V. Hutzli y N. Brender, “Comment l'intelligence artificielle va-t-elle impacter le métier de comptable ?”, Haute école de gestion de Genève, 2021.
- [11] K. Moffitt, A. Rozario y M. Vasarhelyi, “Robotic Process Automation for Auditing”, American Accounting Association, 2018. <https://doi.org/10.2308/jeta-10589>
- [12] F. Huang y M. Vasarhelyi, “Applying robotic process automation (RPA) in auditing: A framework”, Marist College, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2019.100433>
- [13] T. Nunes, J. Leite e I. Pedrosa, “Intelligent Process Automation An Overview over the Future of Auditing”, Coimbra Business School, ISCAC, Polytechnic of Coimbra, 2020. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140969>
- [14] S. Bouchefra, W. Birouk y A. Sebaa, “Le déploiement des outils technologiques d'aide à l'exercice d'audit - cas de l'UPW JIJEL”, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 2021. <https://www.ummo.dz/dspace/handle/ummo/20625>
- [15] N. Daidj, C. Bordeaux y J. Neyrial, “Audit, innovation et nouvelles technologies : vers l'audit augmenté avec la RPA”, Institut Mines-Télécom Business School, 2023. <https://hal.science/hal-04034162>
- [16] A. Acher, “Les Enjeux De L'usage De La Big Data Analytics Sur L'efficacité Et L'efficience De L'Audit Interne”, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 2021. <https://www.ummo.dz/dspace/handle/ummo/19156>
- [17] M. Romão, J. Costa y C. Costa, “Robotic Process Automation: A case study in the Banking Industry”, Universidade de Lisboa, 2019. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760733>
- [18] IEEE, “IEEE guide for taxonomy for intelligent process automation products”, IEEE-SA Board of Governors, 2019. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2019.8764094>
- [19] T. Chakraborti, V. Isahagian, R. Khalaf, Y. Khazaeni, V. Muthusamy, Y. Rizk y M. Unuvar, “From Robotic Process Automation to Intelligent Process Automation”, IBM Research AI, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58779-6_15
- [20] A. Asatiani y E. Penttinen, “Turning robotic process automation into commercial success – Case OpusCapita”, Aalto University School of Business, 2016. <https://doi.org/10.1057/jittc.2016.5>
- [21] R. Yarlagadda, “The RPA and AI Automation”, DevOps Engineer & Department of Information Technology, 2018. ISSN:2320-2882
- [22] S. Madakam, R. Holmukhe y D. Kumar, “The Future Digital Work Force: Robotic Process Automation (RPA)”, FORE School of Management, 2019. <https://dx.doi.org/10.4301/s1807-1775201916001>
- [23] A. Maalla, “Development Prospect and Application Feasibility Analysis of Robotic Process Automation”, School of Information Technology and Engineering, Guangzhou College of Commerce, Guangzhou, 2019. <https://doi.org/10.1109/IAEAC47372.2019.8997983>
- [24] H. Lizano y P. Palos, “Transformación Digital en Instituciones de Educación Superior con Gestión de Procesos de Negocio”, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2020. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140851>
- [25] C. Grange y S. Spone, “Dossier : Révolution Numérique, Professions En Péril? - Les Travailleurs Du Savoir Face Au Bouleversement Technologique”, HEC Montréal, 2021. <https://doi.org/10.3917/riges.461.0042>
- [26] W. Cukier, K. Mccallum, P. Egbunonu y K. Bates, “De la nécessité naît l'innovation : Compétences pour l'innovation dans un monde postpandémique”, Centre des Compétences Futures, 2021. ISBN : 978-1-77452-061-1
- [27] N. El-Gharib y D. Amyot, “A Review of Data-driven

- Robotic Process Automation Exploiting Process Mining”, School of Electrical Engineering and Computer Science, University of Ottawa, 2022.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.00751>
- [28]M. Lagasse de Locht, “Les effets de la quatrième révolution industrielle sur la compétitivité de la chaîne d’approvisionnement”, Université catholique de Louvain, 2022. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:36202>
- [29]M. Ahdadou, A. Ajly y M. Tahrouch, “Machine learning au service de la gouvernance d’entreprise : une nouvelle approche pour la sélection des administrateurs – revue de littérature”, Université Abdelmalek Essaadi, 2022.
- [30]M. Bérubé, F. Fortin y O. Péloquin, “La reconnaissance d’entités nommées: une démarche prometteuse pour la détection automatisée de liens dans les dossiers d’enquête policière”, Association Internationale des Criminologues de Langue Française, 2023.
<https://doi.org/10.26034/la.cfs.2023.3349>
- [31]A. Bourgoïn, “L’adoption De L’automatisation Robotisée De Processus : Une Approche Par L’analyse De Processus D’affaires”, Université du Québec à Montréal, 2019.
<https://archipel.uqam.ca/12629/>
- [32]C. Osman, “Robotic Process Automation: Lessons Learned from Case Studies”, Business Informatics Research Centre, 2019. <https://doi.org/10.26034/la.cfs.2023.3349>
- [33]J. Laval, “Contribution à l’agilité des systèmes d’information”, Université Lyon 2 Lumière, 2020. tel-02928813
- [34]P. Desai, “Robotic process automation RPA Pre-requisite and pivotal points”, Data Scientist and Consultant Aerocrx Gurugram, 2020.
<https://doi.org/10.1109/ICSTCEE49637.2020.9276861>
- [35]R. Issac, R. Muni y K. Desai, “Delineated Analysis of Robotic Process Automation Tools”, Computer Engineering, Shri Bhagubhai, 2018.
<https://doi.org/10.1109/ICAEECC.2018.8479511>
- [36]W. Ansari, P. Diya, S. Patil y S. Patil, “A Review on Robotic Process Automation- The future of Business Organizations”, Department of Computer Engineering K J Somaiya Institute of Engineering & I.T, Mumbai, 2019.
<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3372171>
- [37]J. Ribeiro, R. Lima, T. Eckhardt y S. Paiva, “Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 – A Literature review”, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.104>
- [38]S. Gupta, S. Rani y A. Dixit, “Recent Trends in Automation-A study of RPA Development Tools”, Quantum University, 2019.
<https://doi.org/10.1109/RDCAPE47089.2019.8979084>
- [39]A. Bahmed, F. Merzouga y F. Nibouche, “Digitalisation et automatisation des processus métiers à l’aide de la RPA : cas : société d’électronique et de multimédia”, École Nationale Polytechnique, 2019.
<http://repository.enp.edu.dz/jspui/handle/123456789/9827>
- [40]S. Mokraoui, S. Merakchi y W. Benhassine, “Analyse et optimisation des processus d’une entreprise e-commerce en adoptant la démarche BPM : application : Easy-Relay”, École Nationale Polytechnique, 2020.
<http://repository.enp.edu.dz/jspui/handle/123456789/9818>
- [41]M. Bouchikhi, A. Harchouche e I. Zouaghi, “Digitalisation et automatisation du processus de gestion des incidents par l’implémentation d’une solution RPA et l’intelligence artificielle : Cas : Ericsson Algérie.”, École Nationale Polytechnique, 2020.
<http://repository.enp.edu.dz/jspui/handle/123456789/9871>
- [42]Y. Ketkar y S. Gawade, “Effectiveness of Robotic Process Automation for data mining using UiPath”, Department of Information Technology Pillai College of Engineering New Panvel, 2021.
<https://doi.org/10.1109/ICAIS50930.2021.9396024>
- [43]A. Sharma y K. Guleria, “A Framework for Hotel Inventory Control System for Online Travel Agency using Robotic Process Automation”, Chitkara University Institute of Engineering and Technology, 2021.
<https://doi.org/10.1109/ICACITE51222.2021.9404613>
- [44]I. Postolea y C. Bodea, “Building RPA solutions for customer-oriented processes automation”, The Bucharest University of Economic Studies, 2022.
https://doi.org/10.48009/2_iis_2022_108
- [45]V. Leno, A. Polyvyanyy, M. La Rosa, M. Dumas & F. Maggi. (2019). “Action Logger: Enabling Process Mining for Robotic Process Automation”, 17th International Conference on Business Process Management (BPM 2019).
<https://hdl.handle.net/10863/19700>
- [46]D. Wang. (2019). “Requirement Specifications for RPA software - UiPath”. Vaasa University of Applied Sciences.
<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201905078042>
- [47]V. Gajra; K. Lakdawala; R. Bhanushali & S. Patil. (2020). “Automating student management system using chatbot and RPA technology”, University of Mumbai.
<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3565321>
- [48]L. Hüller, K. Jenß, S. Speh, D. Woelki, M. Völker & M. Weske. (2021). “Ark Automate — an Open-Source Platform for Robotic Process Automation”, University of Potsdam.
- [49]P. Fernique, “AutoWIG : automatisation de l’encapsulation de bibliothèques C++ en Python et en R”, Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique, 2016. hal-01316276
- [50]S. Prat, “Intégration de techniques de vérification par simulation dans un processus de conception automatisée de contrôle commande”, Université de Bretagne Sud, 2017. tel-01691344
- [51]S. Yatskiv e I. Voytyuk, “Improved Method of Software Automation Testing Based on the Robotic Process

Automation Technology”, Department of Computer Science, Ternopil National Economic University, Ternopil, 2019. <https://doi.org/10.1109/ACITT.2019.8780038>

[52]W. William y L. William, “Improving Corporate Secretary Productivity using Robotic Process Automation”, Acumen Cognitive Technology, 2019. <https://doi.org/10.1109/TAAI48200.2019.8959872>

[53]P. Martins, F. Sá, F. Morgado, C. Cunha, “Using machine learning for cognitive Robotic Process Automation (RPA)”, Polytechnic Institute of Viseu, 2020. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140440>

[54]M. A. Álvarez, “Automation and Evaluation of Mutation Testing for the New C++ Standards”, Department of Computer Science and Engineering, Universidad de Cadiz, 2021. <https://doi.org/10.1109/ICSE-Companion52605.2021.00063>

