

Propuesta de mejora del nivel de satisfacción de los usuarios en limpieza y orden de las aulas en la PUJ de Cali.

Liliam Sofía Chica García ^{a,c}, Alejandro Orozco Mejía ^{a,c}, Emanuel Ortiz Nieto ^{a,c}, María José Pinilla Uribe ^{a,c}

Juan Camilo Paz ^{b,c}, Luis Fernando Guevara Guevara ^d, Silver Andrés Uribe ^d

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

^dPontificia Universidad Javeriana Cali, Recursos físicos

Resumen en español

El presente documento aborda la problemática que enfrenta la Pontificia Universidad Javeriana de Cali en relación con el nivel de satisfacción de la comunidad respecto a la limpieza y el orden de las aulas. La relevancia de este proyecto radica en que el nivel de satisfacción de los usuarios se encuentra por debajo de los objetivos deseados. Además, se ha identificado que los trabajadores enfrentan dificultades al realizar la limpieza, especialmente en el edificio El Lago. Por lo cual, al realizar el análisis de causas, se ha encontrado que el sistema de gestión operativa requiere ser modificado.

En consecuencia, es de suma importancia reconocer que la mejora en la gestión operativa no solo impactará positivamente en la ejecución de las labores de limpieza, sino que también influirá directamente en la percepción de la comunidad con respecto a la limpieza y el orden en las aulas. Por lo tanto, se ha decidido abordar esta problemática mediante el rediseño del sistema de gestión operativa. Este proceso se llevará a cabo a través de una programación detallada de las tareas de limpieza y aseo, ajustada al horario de clases del edificio El Lago. El objetivo principal es lograr mejorar los tiempos involucrados en estas tareas, así como el uso eficiente de los recursos.

Palabras claves: *limpieza y orden, nivel de servicio, nivel de satisfacción, sistema de gestión de operaciones.*

Summary in English

This document addresses the issues faced by Pontificia Universidad Javeriana de Cali concerning the community's satisfaction level with the cleanliness and orderliness of the classrooms. The importance of this project lies in the fact that user satisfaction levels are below the desired targets. Additionally, it has been identified that workers encounter difficulties when cleaning, particularly in the El Lago building. An analysis of the root causes has revealed that the operational management system needs to be modified.

Therefore, it is crucial to recognize that improving operational management will not only positively impact the execution of cleaning tasks but also directly influence the community's perception regarding cleanliness and order in the classrooms. Consequently, it has been decided to address this issue by redesigning the operational management system. This process will involve detailed scheduling of cleaning tasks, adjusted to the class schedule of the El Lago building. The main objective is to improve the time efficiency of these tasks as well as the effective use of resources.

Keywords: *cleanliness and order, service level, satisfaction level, operations management system.*

Tabla de contenido

I.	PROJECT CHARTER.....	4
II.	DEFINIR	6

A.	Contexto y Justificación.....	6
B.	Grupos de interés.....	9
C.	Requerimientos.....	10
III.	MEDIR.....	11
A.	Plan de recolección de datos.....	11
B.	Medición del Sistema actual	13
IV.	ANALIZAR.....	16
A.	Análisis de causas.....	16
B.	Revisión de literatura	19
D.	Objetivos	23
E.	Plan de trabajo (PDT)	23
V.	MEJORAR.....	23
A.	Desarrollo del diseño de la solución.....	23
B.	Validación del diseño propuesto	29
VI.	CONTROLAR.....	34
A.	Medición de los impactos	34
B.	Estandarización de la solución – POE’S (plan de control).....	36
D.	Recomendaciones	37
VII.	GLOSARIO	38
VIII.	REFERENCIAS	39
IX.	ANEXOS	40

Índice de Tablas

TABLA I	Requerimientos De Los Grupos De Interés	10
TABLA II	Indicadores De Desempeño A Medir.....	12
TABLA III	Resultados De Indicadores De Desempeño.....	16
TABLA IV	Nivel De Prioridad Para Criterios De Evaluación	21
TABLA V	Plan De Trabajo.....	23
TABLA VI	Atributos.....	31
TABLA VII	Parámetros.....	31
TABLA VIII	Resultados Obtenidos Del Proceso Base Y Propuesto.....	34
TABLA IX	Depreciación Dispositivos Móviles.....	36
TABLA X	Tabla De Anexos.....	40

Índice de Figuras

Fig. 1	Nivel de limpieza de aulas según el horario y edificio de la Pontificia Universidad Javeriana Cali	7
Fig. 2	Incidencia de olores y derrames en aulas según el horario y edificio de la Pontificia Universidad Javeriana Cali	7
Fig. 3	Análisis de desafíos por edificio para los operarios de limpieza de la Pontificia Universidad Javeriana Cali	8

Fig. 4 Matriz Onion Stakeholders 10

Fig. 5 Cumplimiento porcentual de las subvariables de limpieza 13

Fig. 6 Cumplimiento porcentual de las subvariables de orden 13

Fig. 7 Mapa de procesos de la Pontificia Universidad Javeriana 14

Fig. 8 Diagrama SIPOC de la empresa para la ejecución del recurso de aseo 15

Fig. 9 Diagrama de Flujo para el proceso de aseo en las aulas de la PUJ 15

Fig. 10 Diagrama de Ishikawa 17

Fig. 11 Subvariables de cumplimiento asociadas con la comunidad Javeriana 17

Fig. 12 Decisión de mejor alternativa 22

Fig. 13 Formato de recolección de datos actual 24

Fig. 14 Diagrama de carriles de la rutina de aseo actual 25

Fig. 15 Representación parámetro de disponibilidad 26

Fig. 16 Representación parámetro de prioridad 27

Fig. 17 Interfaz Digital 27

Fig. 18 Interfaz Formato Físico 28

Fig. 19 Diagrama de carriles de la rutina de aseo propuesta 28

Fig. 20 Cantidad de salones aseados horario 8:50 am – 9:00 am 32

Fig. 21 Cantidad de salones aseados horario 9:50 am – 10:00 am 33

Fig. 22 Cantidad de salones aseados horario 10:50 am – 11:00 am 33

Fig. 23 Cantidad de salones aseados horario 11:50 am – 12:00 m 33

Fig. 24 Cantidad de salones aseados horario 12:50 m – 1:00 pm 33

I.PROJECT CHARTER

Breve resumen del proyecto (Business case)

El presente documento aborda la problemática que enfrenta la Pontificia Universidad Javeriana de Cali en relación con el nivel de satisfacción de la comunidad respecto a la limpieza y el orden de las aulas. La relevancia de este proyecto radica en que el nivel de satisfacción de los usuarios se encuentra por debajo de los objetivos deseados. Además, se ha identificado que los trabajadores enfrentan dificultades al realizar la limpieza, especialmente en el edificio El Lago. Por lo cual, al realizar el análisis de causas, se ha encontrado que el sistema de gestión operativa requiere ser modificado, esto con el propósito de mejorar el nivel de satisfacción de la Comunidad Javeriana.

Problema (Problem statement)

El problema que se aborda en el proyecto consiste en la insatisfacción de la comunidad javeriana en cuanto a la limpieza y orden de las aulas.

Impacto en los actores (Business Need—Stakeholders)

Se espera que el proyecto tenga un impacto positivo en la satisfacción de los usuarios de las aulas, los operarios encargados del servicio de aseo y los líderes y gestores de la comunidad Javeriana de Cali en cuanto a la limpieza y orden.

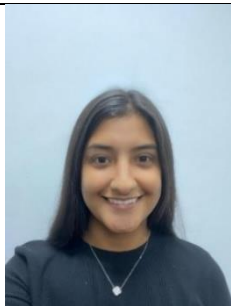
Objetivo general (Goal statement)

Rediseñar el proceso de gestión operativa actual de limpieza y orden de las aulas mediante la implementación de un sistema de programación para las labores de los operarios, con el propósito de mejorar el nivel de satisfacción de la Comunidad Javeriana con respecto al aseo de las aulas.

Objetivos específicos (Project Scope)

1. Identificar las restricciones, variables de decisión de programación y posibles modos de operación del servicio de aseo mediante una caracterización del proceso actual de programación de labores.
2. Diseñar un sistema de programación para la gestión operativa de las labores de los operarios, asegurando eficiencia y coordinación en las tareas asignadas
3. Validar el funcionamiento del sistema propuesto mediante una simulación para determinar su eficiencia.

Equipo de trabajo (Team members)



Plan de trabajo

206



ACTIVIDAD	SEMANA 1 Y 2	SEMANA 3 Y 4	SEMANA 5 Y 6	SEMANA 7 Y 8
	09 FEBRERO	15 FEBRERO	29 FEBRERO	14 MARZO
Diagrama de flujo (proceso de limpieza) y correcciones del documento	100%			
Realizar simulación base del sistema actual		100%		
Validación del modelo definitivo del sistema actual			100%	
Matriz de distancias El Lago				100%

Plan de trabajo

206



ACTIVIDADES	SEMANA 9 Y 10	SEMANA 11 Y 12	SEMANA 13 Y 14	SEMANA 15 Y 16
	28 MARZO	11 ABRIL	25 ABRIL	09 MAYO
Diseño del Sistema de Admin de Tareas (SAT) de limpieza	100%			
Verificar el SAT con la junta		100%		
Validar el SAT mediante simulación y comparación con el estado actual			100%	
Redactar documento	100%			

II.DEFINIR

A. Contexto y Justificación

En primera instancia, es importante mencionar que no hay literatura que aborde la problemática del nivel de satisfacción o que se logre acercarse al proyecto en cuestión. Por lo que a continuación, se proporciona un contexto correspondiente al proyecto, el cual se origina en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, ubicada en el Barrio Pance Calle 18 #118-250, esta universidad fue fundada en el año 1970 con el programa de Contaduría Pública, siendo una institución regentada por la Compañía de Jesús, con más de 400 años de experiencia educativa en Colombia y haciendo parte de la red mundial de más de 200 universidades jesuitas [1].

En el año 2022 la Universidad Javeriana de Cali tuvo a una comunidad estudiantil de 8404 estudiantes, de los cuales 6904 son de pregrado y 1500 de posgrado, ofertando un total de 27 programas de pregrado en sus instalaciones, administrando ocho edificios para la impartición de clases [2]. En lo que respecta a las tareas de limpieza y mantenimiento, la Oficina de Recursos Físicos de la Universidad ha optado por tercerizar este proceso a través de la empresa Summar Procesos S.A.S., la cual cuenta con una plantilla de 94 operarios contratados. De estos, 59 se dedican exclusivamente a labores de limpieza y se distribuyen de acuerdo con una estrategia realizada por la oficina de recursos físicos para garantizar que haya un operario por cada 1800 m² del espacio a mantener. Además, la Universidad dispone de 26 cuartos de aseo, cubriendo aproximadamente el 87% de las áreas de la institución; para asegurar una limpieza efectiva durante el horario de funcionamiento de la universidad, se han establecido dos turnos de trabajo: uno de 6:00 a.m. a 2:00 p.m. y otro de 1:00 p.m. a 9:00 p.m.

Adicional a esto, es importante destacar que hay tres tipos de limpieza: paleo, de sostenimiento y profunda.

- **Limpieza tipo paleo:** Esta limpieza no toma más de 10 minutos y consiste en recoger basura visible y limpiar regueros. Su objetivo es asegurar que el salón esté en condiciones para las clases posteriores.
- **Limpieza de sostenimiento:** Los operarios barren, trapean y organizan los asientos. Esta limpieza se realiza al final del día en los salones que lo requieran.
- **Limpieza profunda:** Se lleva a cabo cada 8 días e implica una limpieza exhaustiva de todo el salón, incluyendo las paredes, pisos, polvo, ventanas.

En este contexto, se busca evaluar el nivel de satisfacción de la Comunidad Javeriana en cuanto al aseo y la limpieza de los diferentes espacios que la conforman, dado que es importante comprender y medir la percepción de los estudiantes y los docentes en relación con las condiciones de limpieza y orden en el entorno de trabajo y aprendizaje. Cabe resaltar que el Coordinador de la Oficina de Recursos Físicos, Luis Fernando Guevara, tiene como objetivo alcanzar un nivel de satisfacción entre 4,5 y 5,0.

Dándole alcance a lo mencionado, se realizó una encuesta (Anexo 1) en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, la cual tuvo como objetivo principal evaluar el nivel de satisfacción de la Comunidad en relación con la limpieza de las aulas. La encuesta en mención se llevó a cabo a 231 integrantes de la PUJ, con un nivel de confianza del 99% y un margen de error del 8,5%, como se muestra en la ecuación (1); este margen de error se calculó teniendo en cuenta una desviación de 0,5 debido a que al no conocer el comportamiento real de la población se asumió una variabilidad alta de esta.

$$\text{Margen de Error} = z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

$$\text{Margen de Error} = 2,58 \times \frac{0,5}{\sqrt{231}} \approx 8,5 \%$$

Esto permite esclarecer el nivel de satisfacción de estudiantes con relación a la limpieza y el orden de los salones de clases, considerando el edificio en el que normalmente asisten a clases y correlacionándolo con tres horarios distintos (mañana, tarde y noche). Los resultados obtenidos se presentan en la Fig. 1

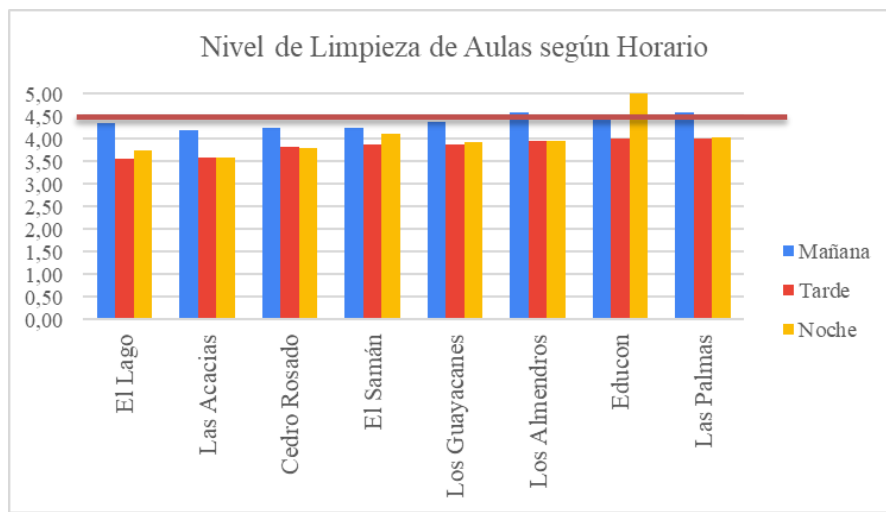


Fig. 1 Nivel de limpieza de aulas según el horario y edificio de la Pontificia Universidad Javeriana Cali

Adicional a la información presentada, también se investigó el nivel de satisfacción de los usuarios con respecto a la presencia de olores o derrames en las aulas, considerando los tres horarios diferentes (mañana, tarde y noche). Los resultados obtenidos se presentan en la Fig. 2

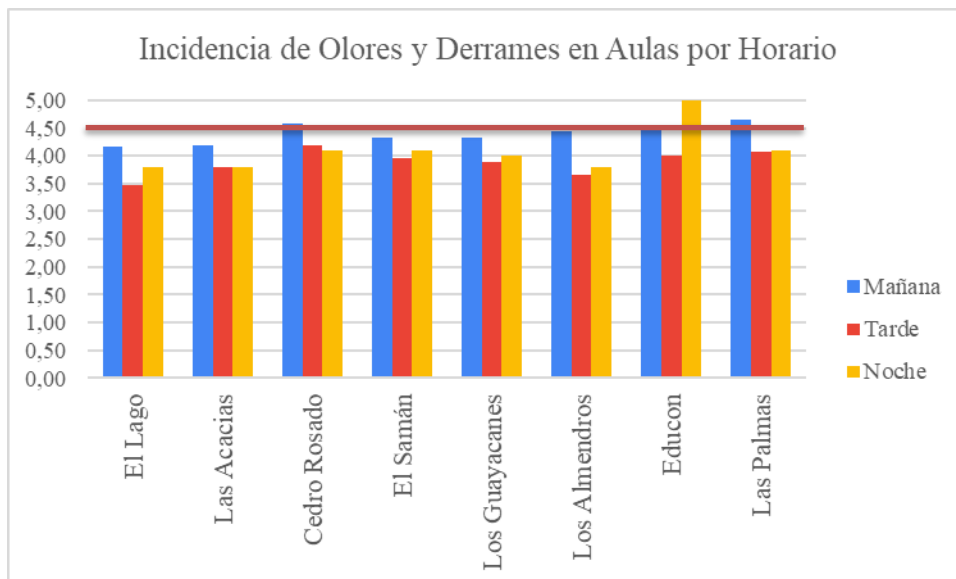


Fig. 2 Incidencia de olores y derrames en aulas según el horario y edificio de la Pontificia Universidad Javeriana Cali

En consecuencia, se logró evidenciar que los edificios que presentan un menor nivel de satisfacción según la limpieza de los salones en el horario de la tarde son El Lago, Las Acacias y Los Guayacanes los cuales tienen una calificación promedio de 3,56, 3,60 y 3,82 respectivamente, cabe resaltar que esta información es evaluada con una escala del 1-5 donde 1 es “Muy Insatisfecho” y 5 es “Muy satisfecho”. Además, en cuanto al nivel de satisfacción de la comunidad con respecto a la presencia de olores o derrames en las aulas durante el horario de la tarde, se observó que El Lago, Las Acacias y Los Almendros obtuvieron una calificación promedio de satisfacción de 3,48, 3,80 y 3,65, respectivamente.

Cabe resaltar que se llevó a cabo una segunda encuesta (Anexo 2) dirigida a 35 operarios responsables de la limpieza en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. El propósito de esta encuesta es comprender las áreas dentro de la universidad donde los trabajadores experimentan limitaciones en cuanto a la disponibilidad de tiempo para llevar a cabo sus tareas de limpieza. Por lo que se busca identificar los desafíos primordiales que enfrentan los operarios en el desarrollo de sus labores diarias. A continuación, se presentan los resultados obtenidos sobre las dificultades que enfrentan los operarios según los edificios de la Universidad en la Fig. 3

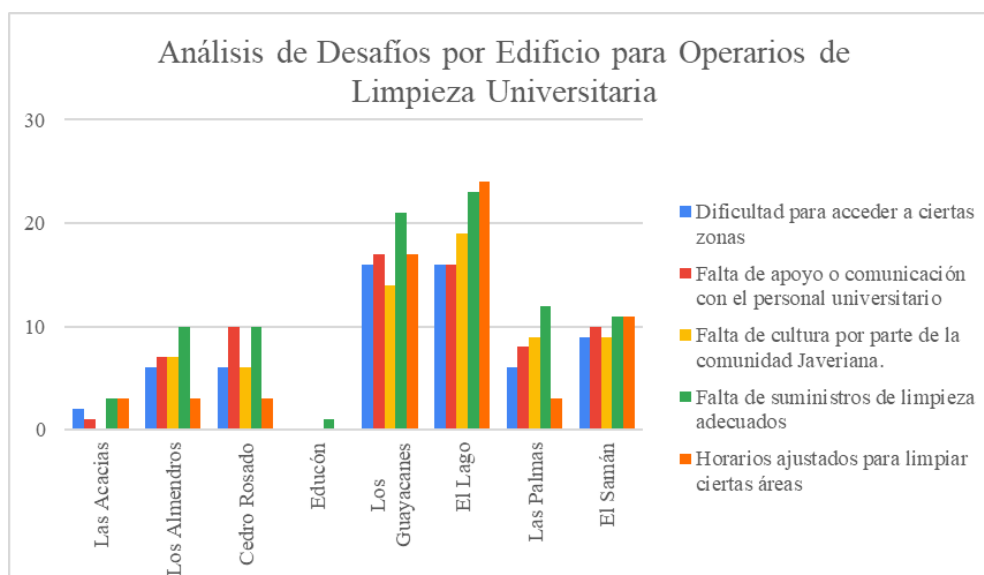


Fig. 3 Análisis de desafíos por edificio para los operarios de limpieza de la Pontificia Universidad Javeriana Cali

Según la información recopilada, se observa que los edificios que presentan mayores desafíos en cuanto a la limpieza son El Lago y Los Guayacanes. En el caso de El Lago, los horarios ajustados para limpiar ciertas áreas y la falta de suministros de limpieza adecuados han generado un total de 24 y 23 quejas, respectivamente según la encuesta realizada. Por otro lado, el edificio Los Guayacanes registra un mayor número de dificultades relacionadas con la falta de suministros de limpieza adecuados, con un total de 21 quejas.

Los resultados de las encuestas realizadas evidencian la importancia de abordar esta situación, debido a que el nivel de satisfacción de los usuarios está por debajo del objetivo deseado. Adicional a esto, se logró identificar que los trabajadores presentan dificultades en el momento de realizar el aseo, especialmente en el edificio El Lago. Por lo tanto, abordar estos problemas de limpieza de manera oportuna no solo contribuye a elevar la satisfacción de los usuarios, sino que también mejora las condiciones de trabajo para los empleados. Por lo cual, esto puede tener un impacto positivo en la reputación y el nivel de satisfacción del aseo por parte de la Comunidad Javeriana de Cali.

De modo que las consecuencias de no llevar a cabo el proyecto en este momento serían significativas debido a que, se mantendría la insatisfacción que actualmente prevalece en la universidad en relación con la limpieza de las aulas. Además, se continuaría con el incumplimiento de los niveles de satisfacción establecidos por la Oficina de Recursos Físicos, lo que podría tener efectos adversos en la credibilidad de la institución educativa y la imagen de la universidad, debido a que la percepción pública de una institución limpia y ordenada es crucial para su reputación.

Adicional a esto, en la explicación del rendimiento educativo, lo más importante son las características de los propios estudiantes, sus capacidades, vocación, experiencias previas, esfuerzo y disposición a aprender, sin embargo, las instituciones deben ofrecer oportunidades y ambientes formativos, en términos de su calidad y pertinencia para propiciar el desempeño de los estudiantes [3] Por lo que posponer este proyecto podría dar lugar a una serie de consecuencias negativas para el rendimiento de los estudiantes.

Asimismo, cabe resaltar que los beneficios de mejorar el nivel de satisfacción en cuanto a la limpieza y el orden de las aulas en la PUJ son significativos y de gran alcance. En primer lugar, como equipo vamos a trabajar en la mejora de las condiciones de limpieza y orden de los salones del edificio El Lago. Adicional a esto, el proyecto apunta a generar un impacto positivo en la comunidad Javeriana, mejorando en gran medida la satisfacción en lo que respecta a la limpieza de las aulas. Este aumento en la satisfacción no solo resultará en un entorno saludable y agradable para los estudiantes, sino que también tiene el potencial de mejorar las condiciones de trabajo para los operarios de limpieza. Por lo tanto, el proyecto también logrará enriquecer las

condiciones laborales de estos operarios, lo que a su vez tiene un impacto directo en su calidad de vida laboral debido a que, al proporcionarles un ambiente de trabajo más propicio, es posible incrementar la eficacia en sus labores.

Para finalizar, la problemática radica en el Nivel de Satisfacción de la limpieza que tiene la Comunidad de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali en el año 2023, debido a que la Oficina de Recursos Físicos tiene como objetivo un nivel de satisfacción entre 4,5 y 5,0. Por medio de las encuestas realizadas se logró evidenciar que en el edificio El Lago en horarios de la mañana, tarde y noche, presenta una puntuación promedio de 3,7 respecto a la limpieza de las aulas.

B. Grupos de interés

En relación con las personas que se verían impactadas por el proyecto, destaca en primer lugar la Comunidad Javeriana de Cali, un conjunto diverso que engloba a estudiantes de pregrado y posgrado, profesores de planta, profesores cátedra y colaboradores. Estos individuos desempeñan un papel crucial en la universidad, siendo usuarios habituales de sus instalaciones, especialmente las aulas de clase, que representan su entorno principal de desarrollo académico y laboral.

En particular, los estudiantes de pregrado y posgrado son los beneficiarios primordiales de un entorno limpio y saludable en las aulas. La insatisfacción actual afecta de manera negativa su experiencia académica, pudiendo incluso repercutir en su desempeño. Si el proyecto alcanza el éxito esperado, estos estudiantes experimentarán una notable mejora en la calidad de los espacios donde estudian y trabajan, lo que indudablemente redundará en un ambiente propicio para su crecimiento y desarrollo académico.

Por otra parte, los profesores verán facilitada la realización de sus clases en un entorno limpio y ordenado, lo cual ejerce un impacto positivo en la calidad de la educación que imparten. La limpieza de las aulas se erige como un pilar fundamental para la creación de un ambiente propicio para la enseñanza.

Por último, los colaboradores también ocupan un lugar importante en la comunidad universitaria y su labor se desarrolla en las instalaciones de la institución. Por ende, su bienestar y productividad se ven influenciados por la calidad del aseo. Un entorno más limpio y ordenado puede fomentar un mayor grado de comodidad y eficiencia en su desempeño laboral, lo que se traduce en beneficios tanto para ellos como para el funcionamiento general de la universidad.

En segundo lugar, cabe destacar a los operarios de aseo de la empresa Summar, debido a que desempeñan un papel crucial al ser los responsables directos de la limpieza de las instalaciones de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali; por ende, están intrínsecamente vinculados al proyecto. Si este resulta exitoso, es posible que su labor se vuelva más eficiente y gratificante, lo que potencialmente podría aumentar su bienestar y satisfacción en el ámbito laboral. No obstante, también es importante reconocer que podrían experimentar una presión por cumplir con estándares de limpieza elevados.

En tercer lugar, se encuentran el Gerente y el Coordinador de Recursos Físicos de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, quienes tienen la responsabilidad de administrar los recursos y tomar decisiones cruciales en lo que respecta al mantenimiento y el aseo de las instalaciones. Estos individuos se encuentran directamente involucrados en la ejecución del proyecto y poseen un notable interés en asegurar su éxito. En caso de que el proyecto logre mejorar la satisfacción en cuanto a la limpieza, ello podría redundar en un impacto positivo en su labor de gestión y liderazgo.

En la posición final, se encuentra el Grupo 206, asignado a los autores del presente estudio. Cabe resaltar que, este grupo de interés se orienta a la adecuada satisfacción de los requisitos de todos los grupos de interés mencionados anteriormente. Además, al ser responsables de la propuesta y la implementación de posibles soluciones, su involucramiento directo es crucial para garantizar la viabilidad y el éxito del proyecto en su totalidad.

Teniendo en cuenta esto, se han clasificado los grupos de interés en una matriz denominada Onion Stakeholders. En esta matriz, cada capa representa el nivel de interés e influencia de los Stakeholders, ubicando a los más influyentes e interesados en el centro y a los menos influyentes e interesados en las capas externas. El propósito de esta clasificación es establecer un orden de prioridad que va desde el núcleo hacia las capas externas, lo cual se ilustra en la Fig. 4. Por lo que esta visualización por escalas facilita la comprensión de los grupos de interés.



Fig. 4 Matriz Onion Stakeholders

C. *Requerimientos*

Teniendo en cuenta los grupos de interés, es importante establecer restricciones, especificaciones y normativas exigidas para cada uno de ellos, como se muestra en la TABLA I. Es importante considerar que los requisitos específicos de cada grupo de interés se obtuvieron gracias a la información recopilada de los datos obtenidos de la encuesta (Anexo 1 y 2), estos datos se reflejan en la Fig. 1, Fig. 2 y Fig. 3.

TABLE I
REQUERIMIENTOS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS

GRUPOS DE INTERÉS	VoC (REQUISITOS GRUPOS DE INTERÉS)	RESTRICCIONES DE DISEÑO	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	LEYES, NORMAS Y ESTÁNDARES	
				Legislación y Requisitos Aplicables	Importancia o Efecto
Comunidad Javeriana de Cali. (Estudiante pregrado, estudiante postgrado, profesor planta, profesor cátedra y colaboradores)	El Mejoramiento de las condiciones de limpieza y orden en las aulas del edificio El Lago.	Las aulas del edificio El Lago tienen horarios de uso intensivo, lo que refleja una restricción para los operarios en la actividad laboral del servicio de limpieza.	Mejorar la limpieza y orden de las aulas del edificio El Lago, lo que implica la desaparición de malos olores, la ausencia de derrames visibles, suciedad, polvo y signos de plagas, eliminación de residuos en las sillas y mesas de los estudiantes y profesores, además también implica en la ubicación lógica de sillas y mesas para obtener un nivel de satisfacción de 4,5 o 5 de una escala del 1 al 5.	Protocolo de bioseguridad y salud de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, sección 6.8 y artículo 6: Los desinfectantes que se empleen en el proceso de aseo y desinfección estén aprobados por la EPA (Environmental Protection Agency). Resolución 777 de 2021 Anexo técnico numeral 3.1.6.6 [4].	La aplicación de la Resolución 777 de 2021 y su requisito de utilizar desinfectantes aprobados por la EPA es esencial para garantizar un nivel de satisfacción de aseo alto en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Contribuye a la seguridad, la salud y la confianza de la comunidad javeriana, al tiempo que cumple con las regulaciones y promueve un ambiente más limpio (no hay malos olores, derrames evidentes o residuos sobre las mesas de estudio o del profesor) y saludable en todo el campus (Aulas, baños, oficinas administrativas, pasillos y áreas comunes, biblioteca y cafetería).

Operarios de aseo de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.	Los operarios de aseo de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali esperan tener tiempo disponible entre clases que les permitan realizar sus labores de limpieza sin interrumpir las actividades académicas en las aulas del edificio El Lago.	Los operarios de aseo de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali al tener horarios ajustados para limpiar las aulas de clases del edificio El Lago, refleja una restricción al acceso a las aulas para realizar sus actividades de limpieza de manera que no interfieran con las actividades académicas de los usuarios de la universidad.	Asignar tareas de limpieza fuera de las horas de clases, los horarios deben de ser flexibles y estar diseñados de manera que no interfieran con las actividades académicas de los usuarios en el edificio El Lago.	En el contrato de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali con la empresa Summar procesos S.A.S, en el apartado de obligaciones de la contratista, punto 4: Supervisar de manera cotidiana que todo el personal desarrolle sus actividades cumpliendo con: las rutinas de trabajo correspondientes y la utilización de los elementos de protección personal, y los insumos según la rutina de uso.	La importancia de esta cláusula en el contrato consiste en que la supervisión de las rutinas de trabajo garantiza la calidad y eficiencia en la prestación del servicio de limpieza, si se planea los horarios de manera efectiva para no interferir con las actividades académicas, los operarios realizarán sus tareas de limpieza de manera eficiente y segura. Esto, a su vez, contribuye de manera significativa al nivel de satisfacción de aseo en la institución.
Gerente y coordinador de recursos físicos de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.	Cumplir y mantener los niveles de satisfacción de aseo en las aulas del edificio El Lago de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali por parte de la comunidad javeriana.	El servicio de aseo tipo paleo no se está realizando de manera efectiva en todas las aulas del edificio El Lago debido a el tiempo reducido entre clases.	Programar de manera efectiva el servicio de limpieza y orden tipo paleo para cada operario de aseo, con la intención de cumplir y mantener un nivel de satisfacción entre 4,5 y 5 de una escala del 1 al 5 de la comunidad javeriana en las aulas del edificio El Lago de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali.	No aplica	No aplica
Equipo de Proyecto de Grado	Satisfacer los requisitos de los grupos de interés, teniendo en cuenta las restricciones de cada uno de estos.	No hay datos históricos.	Cumplir con los requerimientos de los grupos de interés.	Pautas de escritura técnica y plantillas IEEE.	Establece un formato para la redacción del documento.

III.MEDIR

A. Plan de recolección de datos

En primer lugar, para la recolección de datos, se utilizó la información recopilada en las encuestas con el propósito de definir las variables que describirían de manera precisa a los distintos grupos de interés del proyecto. Por lo tanto, se medirán cuatro variables, que buscan evaluar en el edificio El Lago los siguientes aspectos: limpieza y orden de los salones, tiempo disponible entre clases, programación de clases y nivel de satisfacción de los usuarios de la comunidad Javeriana. Para esto se realizó la planificación de la recolección de datos y los instrumentos utilizados para medir las variables mencionadas (Anexo 3).

Cabe resaltar que las fuentes utilizadas para la recolección fueron principalmente primarias, debido a que se llevaron a cabo observaciones, mediciones y entrevistas con el propósito de evaluar el estado de los salones y obtener la perspectiva de los usuarios del edificio El Lago en la Pontificia Universidad Javeriana. Es importante mencionar que se llevó a cabo una búsqueda de fuentes de información secundarias relacionadas con la problemática en cuestión. Sin embargo, no se encontró literatura que aborde específicamente el nivel de satisfacción ni que se relacione directamente con el proyecto en cuestión.

Por último, en la TABLA II se presentarán los indicadores de desempeño que se utilizaron para cuantificar los resultados del proyecto.

TABLA II
INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador
Limpeza y Orden de los salones.	Evaluar y cuantificar la calidad del aseo en las aulas del edificio El Lago.	La medición se llevó a cabo mediante inspecciones de las aulas del Edificio El Lago, realizadas por los cuatro autores del proyecto durante una semana, de lunes a viernes, en la mañana, tarde y noche. Durante la inspección se evaluó el cumplimiento de la definición operativa establecida por el equipo de limpieza y orden (Anexo 3). Es importante mencionar que el total de salones que cumplen hace referencia a los salones que tuvieron una calificación entre 4,5 y 5,0 en las subvariables medidas.	<p>% de veces que se cumple con el nivel de limpieza y orden =</p> $\frac{\text{Total salones que cumplen}}{\text{Total salones}} \times 100 \quad (2)$
Tiempo disponible entre clases.	Evaluar si los operarios de limpieza disponen del tiempo necesario entre clases para llevar a cabo la limpieza de las aulas.	La medición se llevó a cabo tomando como punto de partida la programación de las clases en el edificio El Lago. En concordancia con esto, los cuatro autores del proyecto se encargaron de visitar los salones para comprobar si existe un lapso de al menos 10 minutos entre una clase y la siguiente. Este proceso se desarrolló a lo largo de una semana, de lunes a viernes, tanto en el período de la mañana como en el de la tarde. Es importante mencionar que el total de mediciones que cumplen hace referencia a los salones que tuvieron tiempo disponible entre clases.	<p>% de veces que hay tiempo entre clases =</p> $\frac{\text{Total mediciones que cumplen}}{\text{Total mediciones}} \times 100 \quad (3)$
Programación de Clases.	Determinar si salones del edificio El Lago cumplen con la programación de clases establecida.	La medición se efectuó considerando la planificación de las clases en el edificio El Lago. En función de esta planificación, los cuatro autores del proyecto se encargaron de revisar las aulas para constatar si se cumplía con el horario establecido. Este proceso se extendió a lo largo de una semana, de lunes a viernes, en los turnos de mañana y tarde. Es importante mencionar que el total de mediciones que cumplen hace referencia a las clases que cumplieron con la programación de clases.	<p>% de veces que se cumple la programación de clases =</p> $\frac{\text{Total mediciones que cumplen}}{\text{Total mediciones}} \times 100 \quad (4)$
Nivel de Satisfacción de Aseo	Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios que regularmente imparten o asisten a clases en el edificio El Lago, en cuanto a la limpieza y el orden de los salones.	La medición de esta variable se realizó a través de entrevistas en las que se solicitó a los usuarios del edificio que calificaran las aulas en términos de limpieza y orden. Es importante mencionar que el total de entrevistados satisfechos hace referencia a las personas que calificaron el nivel de satisfacción entre 4,5 y 5,0.	<p>% de veces que cumple con el nivel de satisfacción de los usuarios =</p> $\frac{\text{Total entrevistados satisfechos}}{\text{Total entrevistados}} \times 100 \quad (5)$

B. Medición del Sistema actual

Con base en las variables detalladas en la TABLA II, procederemos a sintetizar los datos recolectados para cada una de ellas con el propósito de evaluar el estado actual del sistema.

Para comenzar, se realizaron un total de 108 evaluaciones en los salones del edificio El Lago con el propósito de medir la variable de limpieza y orden. De estos, se obtuvo un porcentaje de cumplimiento general del 11,11% y se logró observar que el porcentaje de cumplimiento varía según el horario en el que se realizó la medición. En este sentido, se obtuvo un 8% de cumplimiento por la mañana, un 16% por la tarde y un 11% por la noche, este porcentaje corresponde a las aulas que satisfacen la variable de limpieza y orden con una calificación entre 4,5 y 5,0 (Anexo 4 y 5).

Adicionalmente, al hacer un promedio de las variables planteadas, se evidencia que la variable limpieza tiene un cumplimiento de 9,26%, mientras que la de orden obtiene un cumplimiento del 21,30%. En consecuencia, es de suma importancia considerar las subvariables utilizadas para medir la limpieza y el orden de los salones, como se muestra en la Fig. 5 y Fig. 6, con el fin de determinar en qué aspecto de las variables mencionadas existe una mayor incidencia.

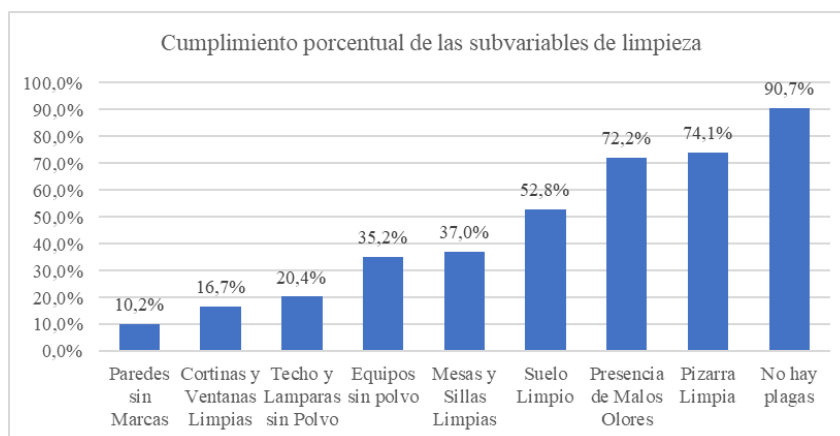


Fig. 5 Cumplimiento porcentual de las subvariables de limpieza

Como se puede apreciar en la Fig. 5, de las nueve subvariables evaluadas para el nivel de limpieza, ninguna de las subvariables se encuentra dentro del rango de cumplimiento, que se sitúa en el 100%. Además, en la Fig. 6 se observa que ninguna de las tres subvariables evaluadas para medir el orden de las aulas cumple con la meta establecida. Es importante destacar que el orden de las sillas y mesas, así como la circulación en las aulas, son aspectos que deben ser considerados para garantizar un buen funcionamiento de los salones.

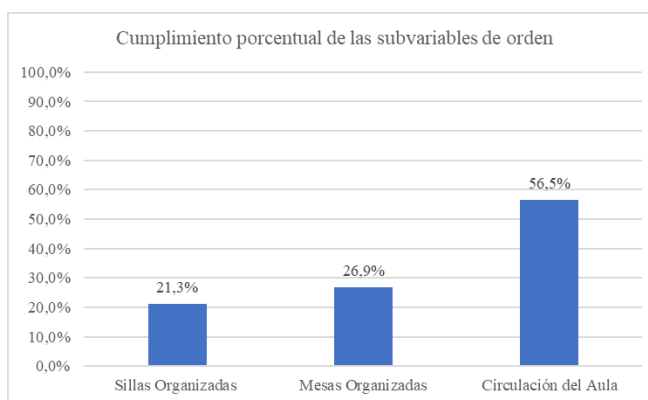


Fig. 6 Cumplimiento porcentual de las subvariables de orden

Posteriormente, se llevó a cabo la medición de los intervalos de tiempo entre clases en las aulas del edificio El Lago. El objetivo era determinar la disponibilidad que tenían los operarios para llevar a cabo las tareas de limpieza en las aulas. Se tomó una muestra de 51 mediciones, lo que permitió evidenciar que en un 18% de los casos, los aseadores no contaban con el tiempo suficiente entre

clases para llevar a cabo las tareas pertinentes. Además, como complemento de esta información, se observó que en un 90% de las ocasiones en las que había tiempo entre clases, no llegaron operarios para realizar el aseo correspondiente de las aulas.

Además, se validó si la programación de clases estipulada por la universidad se cumplía. Con este fin, se sacó una muestra de 147 mediciones, y se encontró que el 39% de las veces la programación no se cumplía. En un 10% de los casos no se cumplió porque había clases cuando según el programa no las debía haber, y en el otro 90% no había clases cuando, según el programa, debería haberlas.

Por último, se buscó evaluar el nivel de satisfacción de los usuarios que impartían o dictaban clases en el edificio El Lago a través de una entrevista. El propósito era conocer su perspectiva con respecto a la limpieza y el orden de las aulas. Para esto, se tomó una muestra de 168 usuarios, donde el 22,62% de ellos cumplía con el rango de especificación, esta entre 4,5 y 5,0 en la escala de satisfacción.

Por otro lado, con el fin de realizar una indagación completa y tener un acercamiento más profundo de los procesos, fue de suma importancia conocer las actividades generales que se llevan a cabo en la compañía e ilustrarlas por medio de herramientas gráficas y figuras, con el propósito de analizar sus procesos y así cumplir con los requerimientos de los grupos de interés del proyecto planteados en la anterior fase. A continuación, en la Fig. 7, se muestra el mapa de procesos de la empresa.

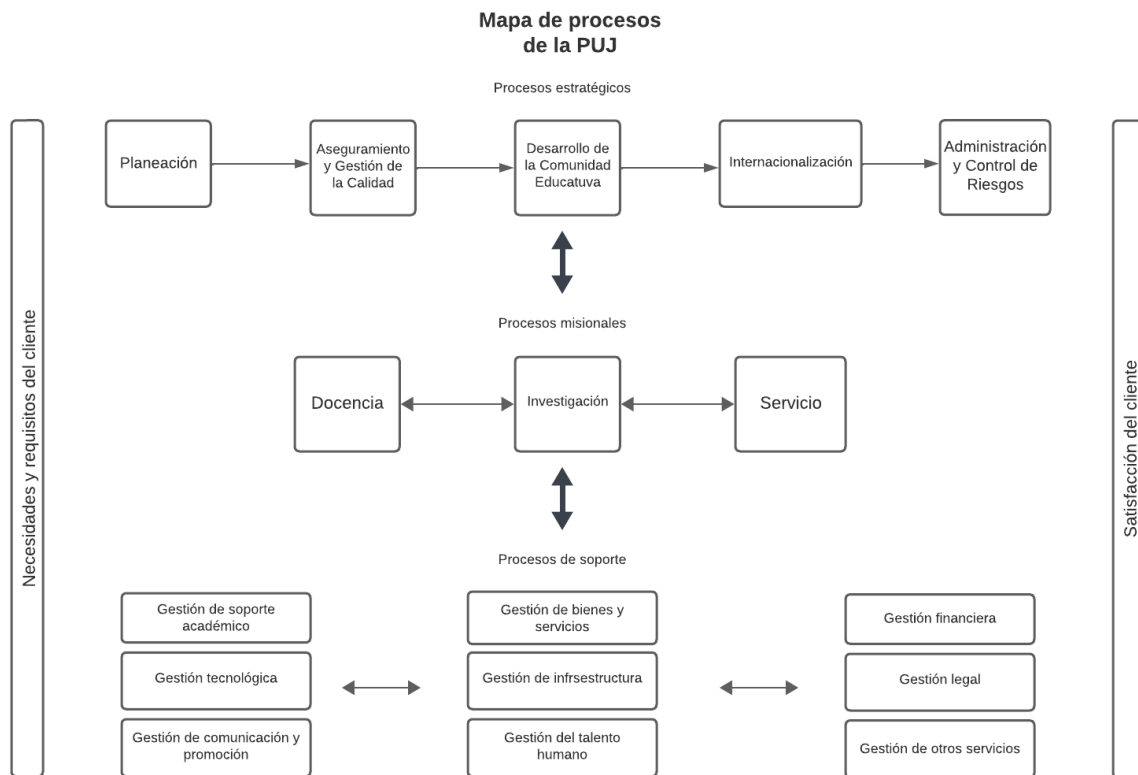


Fig. 7 Mapa de procesos de la Pontificia Universidad Javeriana

En línea con lo anteriormente mencionado y con el fin de evaluar el estado actual del sistema y mejorar la comprensión del proceso, se elaboró un diagrama SIPOC, como se muestra en la Fig. 8, para representar la ejecución de los servicios de limpieza en la universidad, logrando así proporcionar una visión general del sistema.

Diagrama SIPOC de la empresa para la ejecución del recurso de aseo

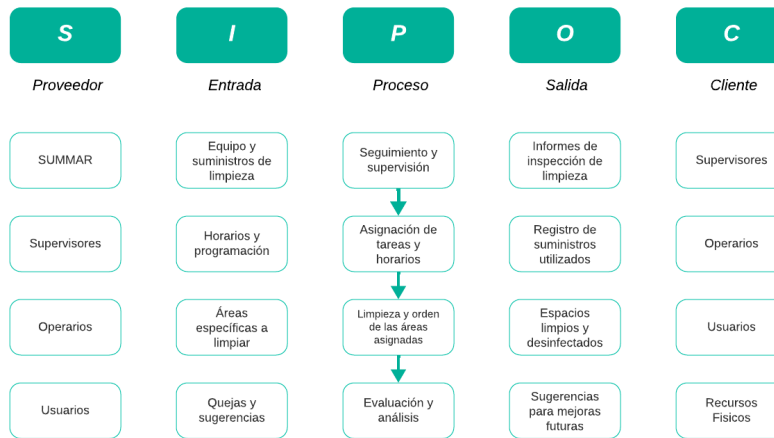


Fig. 8 Diagrama SIPOC de la empresa para la ejecución del recurso de aseo

Adicional a esto se realizó un diagrama de flujo con la finalidad de conocer el proceso de limpieza y el orden de las aulas, como se evidencia en la Fig. 9.

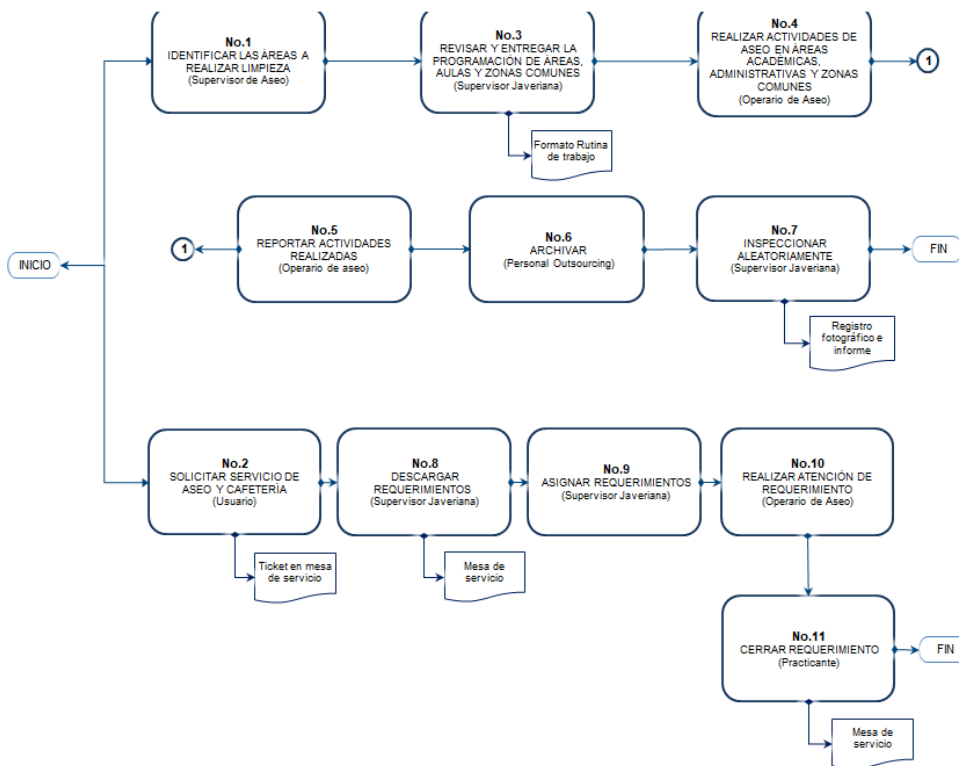


Fig. 9 Diagrama de Flujo para el proceso de aseo en las aulas de la PUJ

A partir de la Fig. 9 se destaca que las etapas N° 3 *revisar y entregar la programación de áreas, aulas y zonas comunes* y N°4 *realizar actividades de aseo en áreas académicas, administrativas y zonas comunes* son las que pueden presentar las

oportunidades de mejora debido a que es donde evidenciamos que puede radicar la problemática. Ahora bien, con respecto a los puntos de control del diagrama, se remite a la etapa N° 7 *inspeccionar aleatoriamente* y N°10 *realizar atención de requerimientos*.

Finalmente, en la TABLA III se presentan los valores de los indicadores de desempeño (KPI's). Es importante destacar que la meta se estableció en función de la interacción con los grupos de interés, tomando como referencia los requerimientos planteados por estos como se puede apreciar en la TABLA I.

TABLA III
RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Variable	Indicador	Actualidad	Meta
Limpieza y Orden de los salones.	% de veces que se cumple con el nivel de limpieza y orden = $\frac{\text{Total salones que cumplen}}{\text{Total salones}} \times 100 \quad (6)$	11,11%.	100%. (calificación entre 4,5 y 5,0).
Tiempo disponible entre clases.	% de veces que hay tiempo entre clases = $\frac{\text{Total mediciones que cumplen}}{\text{Total mediciones}} \times 100 \quad (7)$	82%.	100%. (aulas con una disponibilidad de al menos 10 min).
Programación de clases.	% de veces que se cumple la programación de clases = $\frac{\text{Total mediciones que cumplen}}{\text{Total mediciones}} \times 100 \quad (8)$	61%.	100%. (cumplimiento de clases con la respectiva programación).
Nivel de Satisfacción de Aseo	% de veces que cumple con el nivel de satisfacción de los usuarios = $\frac{\text{Total entrevistados satisfechos}}{\text{Total entrevistados}} \times 100 \quad (9)$	22,62%.	95%. (calificación de satisfacción de aseo entre 4,5 y 5,0)

IV. ANALIZAR

A. Análisis de causas

Para empezar, en esta fase del proceso, realizamos un análisis con el propósito de comprender las causas que afectan la diferencia entre el sistema actual y el sistema deseado en la comunidad Javeriana, en lo que respecta al nivel de satisfacción con la limpieza y el orden de las aulas. Para llevar a cabo esta evaluación, se organizó un grupo focal (Anexo 6) en el que participaron diversos miembros de nuestro grupo de interés, incluyendo tanto a estudiantes como a profesores de la comunidad Javeriana de Cali. Además, se contó con la participación del personal de operarios de aseo y supervisora, así como del gerente y el coordinador de Recursos Físicos.

Durante la sesión del grupo focal, se llevó a cabo una dinámica en la que se presentó a los participantes del grupo de interés la información recopilada a lo largo del proyecto mediante las encuestas y mediciones realizadas. A partir de estos datos, se formularon preguntas con el propósito de identificar, a través de sus respuestas, las causas que consideraban pertinentes para la problemática en cuestión. Esta estrategia les brindó la oportunidad de expresar sus opiniones, lo que propició un debate que facilitó

una comprensión más profunda de sus perspectivas. El objetivo final era identificar las causas más relevantes del nivel de insatisfacción de la comunidad Javeriana con respecto a la limpieza y el orden de las aulas en el edificio El Lago.

Con la información recopilada en el grupo focal, y teniendo en cuenta también la información proporcionada por las encuestas y mediciones realizadas en las etapas anteriores, en la Fig. 10, se encuentra un diagrama de Ishikawa con el objetivo de identificar y resumir las causas principales de la problemática.

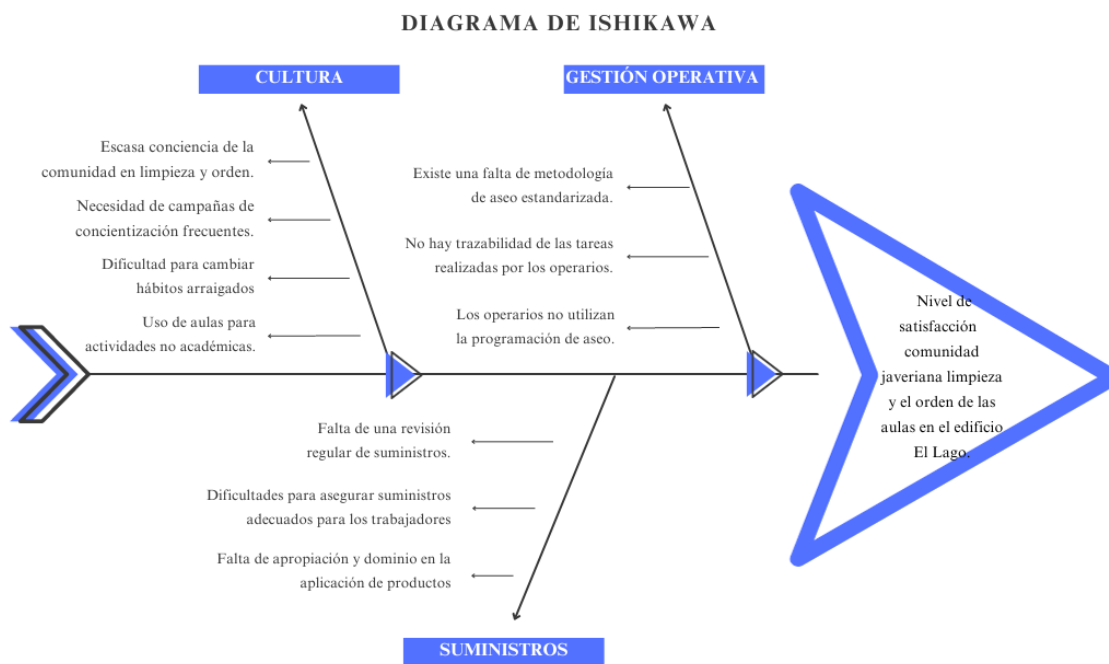


Fig. 10 Diagrama de Ishikawa

Tomando esto como referencia, se lograron identificar dos causas principales: la falta de cultura y concienciación por parte de la comunidad Javeriana y la gestión operativa. Estas causas se abordarán con mayor profundidad a continuación.

En primer lugar, se ha observado que la falta de conciencia por parte de la comunidad Javeriana es una de las razones por las cuales no se logra mantener un nivel adecuado de limpieza y orden en las aulas. Esto se evidencia en la encuesta realizada a los operarios debido a que este es el tercer desafío que tiene mayor incidencia en el edificio El Lago, Fig. 3. Asimismo, esto se logró corroborar mediante las mediciones realizadas en los salones, considerando las subvariables analizadas para la limpieza y el orden Fig. 5 y Fig. 6. Debido a que el cumplimiento de estas subvariables se relaciona directamente con el nivel de cultura y conciencia por parte de la comunidad, entre estas subvariables se incluyen: mesas y sillas limpias, suelo limpio, sillas y mesas organizadas, como se puede evidenciar en la Fig. 11.

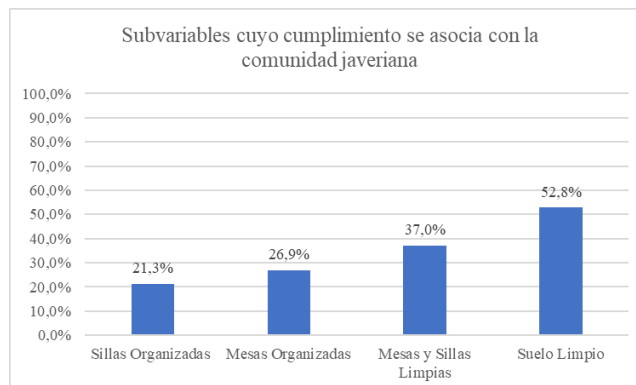


Fig. 11 Subvariables de cumplimiento asociadas con la comunidad Javeriana

En segundo lugar, se logró identificar, mediante las mediciones tomadas, el análisis del grupo focal y una reunión con la Administradora del contrato de la empresa Summar Procesos S.A.S, que la gestión operativa para llevar a cabo las labores de aseo en las aulas constituye una causa recurrente que impide alcanzar el nivel esperado de satisfacción en limpieza y orden. Es importante destacar que los operarios reciben la programación diaria de clases, y según las mediciones realizadas, esta programación se cumple en un 61% de las ocasiones. Sería beneficioso que los operarios hiciesen uso de esta programación para organizar eficientemente sus labores. Sin embargo, de acuerdo con la información proporcionada por la administradora del contrato de la empresa Summar Procesos S.A.S, los operarios no suelen hacer uso de esta programación, lo que resulta en la falta de una guía clara sobre los horarios y momentos para llevar a cabo sus labores.

En consecuencia, este hecho ayuda a comprender por qué, a pesar de que en un 82% de las veces existe tiempo disponible entre las clases, en el 90% de las ocasiones los operarios no realizan la limpieza correspondiente. Lo cual permite entender, por qué la ejecución de las labores de limpieza no se lleva a cabo de manera consistente, incluso cuando hay tiempo disponible entre las clases.

Asimismo, es importante mencionar que la programación que se les brinda a los operarios también busca que sea diligenciada por parte de estos con la finalidad de llevar una trazabilidad de las labores y los tiempos que les toma realizar estas. Esta trazabilidad no solo permite documentar las labores realizadas, sino que también facilita el análisis detallado de los procesos y contribuye a la mejora. Este incumplimiento afecta la capacidad de evaluar de manera integral la eficiencia operativa y dificulta la implementación de mejoras basadas en datos concretos.

Además, se evidencia que no se ha establecido un procedimiento correcto para el mantenimiento de la limpieza en las aulas. Esto se atribuye a que los operarios no siguen las indicaciones proporcionadas desde el principio. Esta falta de seguimiento a las pautas establecidas también impacta negativamente en la utilización de los suministros proporcionados, debido a que no se emplean de manera apropiada su función designada.

Para profundizar en la información recopilada, se ha optado por emplear la técnica de análisis de los "5 Porqués". El objetivo es identificar de manera específica la causa raíz vinculada a la gestión operativa en cuestión, como se evidencia a continuación:

1. *¿Por qué la limpieza de las aulas no alcanza el nivel esperado?*

Porque los operarios no siguen las indicaciones proporcionadas desde el principio.

2. *¿Por qué los operarios no siguen las indicaciones desde el principio?*

Porque no hacen uso efectivo de la programación diaria de clases proporcionada.

3. *¿Por qué no hacen uso efectivo de la programación diaria de clases?*

Porque los operarios no la utilizan para organizar eficientemente sus labores.

4. *¿Por qué los operarios no utilizan la programación para organizar eficientemente sus labores?*

Porque no se ha establecido una gestión operativa clara y eficaz que contribuya al uso de la programación diaria en la organización de las tareas de limpieza.

5. *¿Por qué no se ha establecido una gestión operativa clara y eficaz que contribuya a el uso efectivo de la programación diaria?*

Porque no se ha reconocido la importancia de implementar un sistema de trazabilidad que permita evaluar y mejorar continuamente la eficiencia operativa en el mantenimiento de la limpieza en las aulas.

Finalmente, la evaluación de las causas principales muestra que la gestión operativa empleada en las labores de limpieza desempeña un papel crucial en la percepción de la Comunidad Javeriana respecto a la limpieza y el orden de las aulas en el edificio El Lago. La falta de un procedimiento clara y eficiente para los operarios de aseo se traduce directamente en una ejecución inconsistente de las tareas de limpieza, como se evidencia en las mediciones y la dinámica del grupo focal. En este sentido, es de suma importancia reconocer que la mejora en la gestión operativa no solo impactará positivamente en la ejecución de las labores de limpieza, sino que también influirá directamente en la percepción de la comunidad respecto a la limpieza y el orden en las

aulas. Al establecer una gestión operativa clara y eficaz respaldada por un sistema de trazabilidad, se crea la base para una evaluación sistemática y continua de la eficiencia operativa.

B. Revisión de literatura

Se llevó a cabo una revisión de literatura, que tiene como objetivo obtener información a través de una investigación académica, identificando algunos métodos propuestos por diferentes autores, para identificar y conocer como lograron realizar sus respectivos diseños y alternativas ante la búsqueda de soluciones al problema planteado. Esta revisión se realizó mediante la búsqueda de publicaciones académicas y estudios de casos reales. Con el fin de recolectar información necesaria de las alternativas, pasos, herramientas, programas o aplicaciones que puedan ser útiles y aplicables a nuestro proyecto.

En México, Raúl Ojeda Villagómez en su investigación *“Toma De Decisiones En La Asignación De Personal A Horarios De Trabajo Empleando Programación Lineal: El Caso De Una Empresa de Atención Telefónica En México”*, postuló mediante algoritmos genéticos, la obtención de un modelo que proporciona una solución más eficiente que los métodos tradicionales a problemas de asignación de horarios de trabajo para operadoras telefónicas con el fin de incorporar las combinaciones de horarios de trabajo de las centrales y de los turnos que tienen las operadoras, así como sus descansos y el tiempo no disponible para atender un cliente. Para darle solución a esta problemática primero fue necesario estimar la demanda de atención telefónica; para solventar las limitaciones se apoyó de la metaheurística a través de algoritmos genéticos. Con esta investigación se logró dar una solución óptima de 99,94% eficiente, al problema de asignación de horarios de trabajo. Sin embargo, es importante mencionar que la efectividad de esta solución es únicamente para una instancia del problema y al cambiar los parámetros la efectividad de esta puede verse afectada. Finalmente, la aportación fundamental de la investigación recae sobre los problemas de asignación de horarios de trabajo (ETP) para hallar una solución óptima. [8]

En Perú, Carolina Ullilen-Marcilla y Romel Ullilen-Marcilla en su estudio de ergonomía *“Análisis De Movimientos Repetitivos De Las Extremidades Superiores: Caso De Una Industria De Alimentos”* el cual tiene como objetivo proponer medidas que ayuden a distribuir mejor la carga entre los operarios de producción y reducir el riesgo de lesiones musculoesqueléticas, identificando y evaluando las tareas repetitivas con el involucramiento de operarios para posteriormente modificar tiempos de recuperación y fomentar buenas prácticas en la actividad laboral. Para ello fue utilizado el método analítico OCRA (Occupational Repetitive Action) para la evaluación de tareas con movimientos repetitivos en las extremidades superiores, donde consideraron las acciones técnicas por minuto, el factor fuerza, postura, períodos de recuperación, etc. Adicionalmente encontraron problemas de salud en los operarios que pueden resultar como consecuencia del sobre esfuerzo, falta de descanso y/o la falta de capacitación. El estudio de tiempos y movimientos para determinar la cantidad óptima de operarios permite una mejor comprensión de la actividad, sin limitarse a valorar el riesgo. Sin embargo, la rotación del personal no garantiza la disminución de los efectos de los trastornos musculoesqueléticos (TME). [9]

En el año 2020, Raúl Ignacio Catillo, Javier Tordoya Gálvez, Marisol Queupumil Luza y Vivian Segovia Barros en su artículo *“Propuesta De Asignación De Personal Mediante Simulación Para Una Empresa De Servicios Mineros”* proponen un modelo de simulación con el fin de reducir los tiempos de espera para el desarrollo de los servicios prestados por medio de la asignación de personal. El orden metodológico se basó en la definición del sistema, formulación conceptual del modelo, diseño preliminar de experimentos, preparación de los datos de entrada, construcción del modelo, validación y diseño de experimentos. Con este estudio encontraron que la herramienta es válida para la planeación aun asumiendo los largos tiempos de traslado, varios tipos de horarios laborales y tiempos de servicio. La reducción de los tiempos de traslado no asegura una disminución en los tiempos de respuesta por ende la solución óptima a pesar de presentar una distancia recorrida mayor obtuvo mejores tiempos de respuesta. [10]

En el año 2020, Luis C. Tovar, Martin E. Echavez y Raúl J. Martelo en su investigación *“Diseño E Implementación De Un Sistema De Biometría Facial Para El Control De Acceso En Instituciones De Educación Superior”*, tuvo como propósito mejorar los controles de acceso y seguridad en las instituciones tanto privadas como públicas por medio de sistemas biométricos. Para el desarrollo de este sistema biométrico, se evaluó la necesidad de una técnica híbrida entre reconocimiento facial y de voz debido a que la detección de rostros no es tan efectiva en cuanto a usuarios con gafas, barba o accesorios como sombreros o gorras. Teniendo en cuenta esta restricción y la arquitectura planteada; obtención de datos, levantamiento de requisitos, desarrollo del proyecto, elaboración de software, visión general del sistema, registro de usuarios, entrenamiento, identificación de personas, pruebas de distancia, personas y accesorios, utilizaron tecnologías como Inteligencia Artificial (IA), Machine Learning y almacenamiento en la nube, entre otros, por medio de Python como lenguaje de programación. Para finalizar, las pruebas

realizadas de reconocimiento facial demostraron tener una alta efectividad al identificar personas en una distancia máxima de 5 metros. [11]

En el año 2022, en Ciudad de México, Axel Jaref Martínez Ayala, Salvador Ramírez Zavala y Moisés García Villanueva en su trabajo “*Control de Asistencia Sistematizado con Tarjetas RFID*”, proponen el uso de tecnologías RFID (Radio-Frequency Identification) con el fin de agilizar y optimizar el control de asistencia de estudiantes. Este proyecto fue realizado mediante una metodología de prototipos donde se utilizó un lector RFID conectado a un microcontrolador para la identificación de alumnos y se realizaron pruebas de este prototipo para validar la efectividad, incluyendo la lectura exitosa del RFID y el correcto funcionamiento del sistema en diversas situaciones. Los resultados obtenidos demostraron que el sistema desarrollado mejora la eficiencia del proceso de registro de asistencia, lo que se ve reflejado en un mayor tiempo para realizar sus actividades académicas y permitiendo a los profesores tener un control de asistencia de manera óptima y eficiente. [12]

La literatura antes mencionada corresponde a los documentos más significativos que podrían aportar al proyecto, esto debido a que muestran distintas prácticas, metodologías y herramientas propuestas de otros autores, esta literatura nos ha permitido afinar y ajustar el enfoque para asegurar que la alternativa propuesta sea relevante y original en el contexto educativo. Un ejemplo de esto puede verse representado en el uso de algoritmos genéticos para la asignación eficiente de horarios de trabajo como es mencionado en la investigación de Raúl Ojeda Villagómez en México, que puede ser adaptado para realizar una programación detallada de tareas de limpieza en función de horarios de clases y actividades académicas programadas, con el fin de optimizar la asignación de tareas de limpieza en aulas específicas.

Los métodos más dicientes de los documentos anteriores son la programación lineal (PL) y la simulación, que se relacionan en el contexto de toma de decisiones y la gestión de operaciones en diferentes entornos. La PL optimiza la asignación de recursos limitados para lograr un objetivo específico, mientras que la simulación permite ver el comportamiento de un sistema a lo largo del tiempo y evaluar las diferentes variables que afectan el resultado. Entonces su relación radica en la gestión de operaciones donde la asignación de recursos y rendimiento del sistema son consideraciones importantes. La combinación de estas técnicas puede ayudar a tomar decisiones más informadas y a mejorar la eficiencia en diversas aplicaciones industriales y operativas.

Cabe resaltar que se presenta un resumen de todos los recursos literarios consultados (Anexo 7), los cuales se desenvuelven en ambientes parecidos y temas ya profundizados, que también sirvieron como guía para determinar el método más apropiado y la dirección que el proyecto debe seguir en las etapas restantes.

C. Exploración de ideas y selección de alternativa

Con el propósito de abordar el problema del nivel de satisfacción de la comunidad Javeriana con respecto a la limpieza y orden en las aulas del edificio El Lago, se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas con los cuatro integrantes del equipo. Durante este proceso, se consideró toda la información recopilada a lo largo del proyecto, incluyendo datos de encuestas, mediciones, el grupo focal realizado y la revisión de la literatura.

A partir de esta extensa recopilación de información, se generaron ideas para posibles soluciones. Posteriormente, se procedió a filtrar estas ideas en función de su viabilidad, especialmente considerando su relevancia para la carrera de Ingeniería Industrial. Como resultado de este proceso, se identificaron y seleccionaron cinco alternativas que serán abordadas y explicadas en detalle a continuación.

La primera alternativa, implica el diseño de un sistema de servicio destinado a gestionar el acceso a las aulas del edificio El Lago, con el objetivo de mejorar la trazabilidad de las labores de limpieza y orden llevadas a cabo por los operarios. Para realizar esta iniciativa de manera efectiva, se requiere un plan de implementación integral que considere diversas variables, siendo crucial para la elección del tipo de tecnología más apropiado para el sistema. Este proceso implica una evaluación comparativa de diferentes tecnologías disponibles, donde se analizan en detalle las ventajas y desventajas de cada uno, tomando en cuenta aspectos como la eficiencia operativa, la accesibilidad, la escalabilidad y la seguridad de los datos. Además, se considera esencial realizar un análisis de riesgos para comprender cómo se podrían ver afectados los flujos de información y la seguridad de los datos, esto con la finalidad de que cumpla con los estándares necesarios de seguridad evitando posibles vulnerabilidades.

La segunda alternativa, propone el diseño de un software innovador que automatice el bloqueo de salones del edificio El Lago cuando no estén asignados para actividades académicas. Este enfoque tiene como objetivo principal controlar y restringir el acceso

a los espacios académicos durante los horarios no programados, tanto para clases como para reservas por parte de los alumnos. La implementación de este sistema no solo limitará las actividades no académicas no deseadas en los salones, sino que también permitirá un registro detallado de los usuarios y los horarios de ocupación, brindando así una mayor transparencia en la gestión de los espacios académicos.

La tercera alternativa, busca diseñar un sistema de gestión operativa por medio de una programación detallada de las tareas de limpieza y aseo según el horario de clases del edificio El Lago. La idea es que se le indique al operario en tiempo real y de forma específica las aulas que requieren limpieza en función de los horarios de clases y actividades académicas programadas. El diseño de este sistema de gestión operativa garantizará que los operarios de limpieza estén plenamente informados y orientados en sus tareas diarias, lo que les permitirá mejorar su tiempo y esfuerzo de manera eficiente.

La cuarta alternativa, propone el desarrollo de un estudio de movimientos detallado que permita diseñar un plan de limpieza y orden específico para los operarios. Este plan se enfocaría en optimizar y reducir los movimientos requeridos para llevar a cabo tareas como la limpieza y orden tipo paleo en los salones. El objetivo es desarrollar un plan de acción detallado que permita a los operarios realizar el aseo de manera más eficiente y en menos tiempo, lo que resultaría en una mayor productividad y eficacia en sus labores diarias.

La quinta y última alternativa para abordar este problema, propone el diseño de un plan de acción detallado para la asignación de operarios en el edificio El Lago en función de la actividad diaria. Este plan se basará en un estudio de la demanda de limpieza y orden durante diferentes días de la semana, jornadas y horarios específicos. La asignación de recursos se ajustará de manera dinámica para garantizar que haya una cantidad adecuada de operarios presentes en momentos de alta actividad y que los recursos no estén subutilizados durante períodos de menor actividad. El objetivo es optimizar el uso de los recursos disponibles y mejorar la eficacia de hacer tareas de limpieza y orden.

Teniendo en cuenta lo anterior, se llevó a cabo la evaluación de las alternativas mediante un conjunto de criterios con el propósito de seleccionar la opción más destacada. Para realizar esta elección de manera objetiva, se empleó la herramienta Analytic Hierarchy Process (AHP), la cual se basa en una matriz para determinar el nivel de prioridad de cada criterio de evaluación, ilustrada en la TABLA IV (Anexo 8). A continuación, se detalla la explicación de cada criterio de evaluación empleado en este proceso. Esta metodología busca proporcionar un marco estructurado y cuantificable para la toma de decisiones, asegurando una elección informada y respaldada por criterios específicos.

*TABLA IV
NIVEL DE PRIORIDAD PARA CRITERIOS DE EVALUACIÓN*

Criterios de Evaluación	Prioridades
Eficiencia Operativa	63,33%
Escalabilidad	26,05%
Transparencia de la Información del Proceso	10,62%
Totales	100,00%

El primer criterio de evaluación consiste en la eficiencia operativa, se centra en analizar la capacidad de cada opción para mejorar la eficiencia en la metodología de los operarios respecto a la limpieza y orden de las aulas. Este análisis considerará la optimización de los tiempos involucrados en estas tareas, así como el uso eficiente de los recursos, particularmente los operarios encargados de llevar a cabo estas labores. La alternativa que sea seleccionada deberá demostrar de manera sobresaliente en comparación a todas las alternativas un impacto positivo en la eficiencia operativa, alineándose de manera coherente con los principios fundamentales de mejora continua característicos de la Ingeniería Industrial. Este criterio pone especial énfasis en la necesidad de maximizar la eficiencia en las operaciones de limpieza y orden, reconociendo que los recursos humanos desempeñan un papel clave para este proceso.

Adicionalmente, se establece como segundo criterio de evaluación la escalabilidad, que implica analizar la capacidad de cada alternativa para ajustarse y expandirse de manera gradual, contemplando posibles crecimientos futuros en el entorno académico. La alternativa elegida deberá demostrar ser escalable, es decir, capaz de adaptarse a las cambiantes y crecientes necesidades del entorno, lo cual refleja la perspectiva sistemática inherente a la Ingeniería Industrial. Este criterio subraya la importancia de seleccionar una solución que no solo aborde las necesidades actuales, sino que también sea capaz de evolucionar de manera armoniosa con los cambios y expansiones previstos en el contexto académico, garantizando así una solución duradera y adaptable.

Finalmente, se considera la transparencia de la información del proceso como un criterio crucial de evaluación. Este aspecto implica analizar la capacidad de cada alternativa para ofrecer claridad en el proceso de limpieza y orden llevado a cabo por los operarios de aseo. Esto abarca la generación de informes detallados sobre el uso de recursos, específicamente en términos de operarios, y las actividades programadas. La alternativa seleccionada deberá destacar por encima de las demás en proporcionar información transparente y detallada para los responsables, como gerente, coordinador y supervisores de recursos físicos. Este enfoque se alinea con los principios fundamentales de mejora de procesos y toma de decisiones eficientes característicos de la Ingeniería Industrial. La transparencia en la información del proceso busca no solo mejorar la ejecución de las tareas de limpieza y orden, sino también mejorar la capacidad de toma de decisiones informadas por parte del equipo de gestión.

Considerando lo anteriormente mencionado, se procede a la selección de la mejor alternativa utilizando la herramienta denominada Análisis Jerárquico Total (AHP). Este método implica determinar el porcentaje de prioridad de cada alternativa respecto a cada criterio establecido. Para ello, se asignan ponderaciones a cada criterio, calculando el porcentaje de prioridad de cada alternativa en función de estas ponderaciones. Al final del proceso, se realiza una multiplicación de los porcentajes de prioridad de cada alternativa por cada criterio, sumando estos productos para obtener el porcentaje total de cada alternativa. La alternativa más viable se elige como aquella que posee el mayor valor en el gran total de estos porcentajes ponderados. Este enfoque proporciona una evaluación sistemática y cuantitativa que guía la toma de decisiones, asegurando que la elección final se base en una ponderación precisa y equitativa de cada criterio relevante mostrado en la Fig. 12 (Anexo 9).

Alternativas	Gran total	Mejor alternativa
Alternativa 1	28,60%	Alternativa 3
Alternativa 2	21,10%	
Alternativa 3	31,35%	
Alternativa 4	7,54%	
Alternativa 5	11,42%	
Total	100,00%	

Fig. 12 Decisión de mejor alternativa

Después de realizar esta evaluación, se determina que la alternativa seleccionada entre las cinco opciones es la Alternativa 3, que implica el diseño de un sistema de gestión operativa por medio de una programación detallada de las tareas de limpieza y aseo según el horario de clases del edificio El Lago. Esta elección se sustenta en su sólida aplicación de criterios clave de evaluación. Desde el punto de vista de la eficiencia operativa, la Alternativa 3 al proporcionar a los operarios información clara sobre las aulas específicas que requieren limpieza según los horarios de clases, se busca mejorar los tiempos y recursos involucrados en estas tareas. Este enfoque se alinea eficazmente con los principios de mejora continua propios de la Ingeniería Industrial, reconociendo la importancia de maximizar la eficiencia en las operaciones de limpieza y orden, especialmente en términos de recursos humanos.

La alternativa también aborda el criterio de escalabilidad al diseñar un sistema de gestión operativa adaptable. Este enfoque refleja la capacidad de la solución para ajustarse y expandirse gradualmente, considerando posibles crecimientos futuros en el entorno académico. La perspectiva sistemática de la Ingeniería Industrial se manifiesta al asegurar que la solución pueda evolucionar de manera fluida con los cambios y expansiones, garantizando su durabilidad y adaptabilidad.

En cuanto al criterio de transparencia de la información del proceso, la tercera alternativa destaca al proponer un sistema que genera informes detallados sobre el uso de recursos, específicamente en términos de operarios y las actividades programadas. Este enfoque se alinea con los principios de mejora de procesos y toma de decisiones eficientes característicos de la Ingeniería Industrial. Al proporcionar información transparente y detallada para los responsables, como gerentes, coordinadores y supervisores de Recursos Físicos, la alternativa busca mejorar la ejecución de las tareas de limpieza y orden, mejorando la capacidad de toma de decisiones informadas por parte del equipo de gestión.

En conclusión, la Alternativa 3 que consiste en el diseño de un sistema de gestión operativa por medio de una programación detallada de las tareas de limpieza y aseo según el horario de clases del edificio El Lago, se posiciona como la elección más integral para mejorar la eficiencia y trazabilidad en las operaciones de limpieza y aseo en el entorno académico.

D. Objetivos

Objetivo General

Rediseñar el proceso de gestión operativa actual de limpieza y orden de las aulas mediante la implementación de un sistema de programación para las labores de los operarios, con el propósito de mejorar el nivel de satisfacción de la comunidad Javeriana con respecto al aseo de las aulas.

Objetivos Específicos

1. Identificar las restricciones, variables de decisión de programación y posibles modos de operación del servicio de aseo mediante una caracterización del proceso actual de programación de labores.
2. Diseñar un sistema de programación para la gestión operativa de las labores de los operarios, asegurando eficiencia y coordinación en las tareas asignadas
3. Validar el funcionamiento del sistema propuesto mediante una simulación para determinar su eficiencia.

E. Plan de trabajo (PDT)

Teniendo en cuenta el objetivo general y los objetivos específicos, se elaboró el plan de trabajo (PDT) con el objetivo de identificar las actividades que se llevarán a cabo para rediseñar el proceso de gestión operativa actual de limpieza y orden de las aulas. Además, se presentan las herramientas de la ingeniería a utilizar junto con los entregables correspondientes y las fechas posibles para su realización, las cuales se observan en la TABLA V.

TABLA V
PLAN DE TRABAJO

Objetivo	Área IISE	Actividad	Herramientas de Ingeniería Industrial	Entregable (alcance)	Fecha entrega
Específico 1	Análisis de procesos	Realizar simulación base del sistema actual de limpieza y hacer mediciones del proceso actual.	Diagrama de flujo y análisis de procesos (Arena)	Diagrama de flujo del proceso actual de proceso de limpieza, identificación de restricciones, variables de decisión y posibles modos de operación.	29/02/2024
Específico 2	Diseño de sistemas	Validar el modelo definitivo de sistema actual de limpieza y diseñar el Sistema de Administración de Tareas (SAT)	Simulador Arena y lenguaje de programación (VBA/AMPL/EXCEL)	Sistema de Administración de tareas y verificación de datos.	11/04/2024
Específico 3	Simulación	Realizar una simulación del SAT y comparar con el estado actual	Simulación de procesos	Informe de simulación del sistema de programación diseñado, resultados de la simulación.	15/05/2024

V. MEJORAR

A. Desarrollo del diseño de la solución

Actualmente, la empresa Summar Procesos S.A.S., responsable del mantenimiento y limpieza de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, cuenta con una plantilla de 94 operarios contratados para el aseo de toda la universidad. Dentro de esta plantilla, se incluye una persona encargada de la administración del contrato Summar, una asistente de la administradora del contrato y tres coordinadores. Es importante destacar que se han asignado cuatro operarios para la limpieza y el orden de las aulas del edificio

El Lago. Para este fin, se han establecido dos turnos de trabajo: uno que va desde las 6:00 am hasta las 2:00 pm y otro turno que va desde la 1:00 pm hasta las 9:00 pm.

Cabe resaltar que, en el sistema actual, la asistente mencionada anteriormente, es la responsable de llevar a cabo las rutinas de limpieza, las cuales consisten en una lista de verificación para coordinar las tareas de limpieza en las aulas. Este proceso implica la creación de un documento que incluye la programación de las clases del día junto con sus horarios. La información necesaria para elaborar este documento se extrae de la plataforma de Registro Académico, esta tarea se realiza diariamente a las 4:00 pm para planificar las actividades del día siguiente y requiere dos horas diarias de dedicación por parte de la asistente.

Adicional a esto, como se muestra en la Fig. 13, en este formato se detallan las clases y los horarios de ocupación del salón. Sin embargo, el documento entregado a los operarios no cuenta con un orden específico y no prioriza la limpieza de los salones según su necesidad, por lo cual no proporciona una guía clara para que los operarios de limpieza puedan identificar a qué salones deben dirigirse para realizar las labores de aseo en el momento adecuado. Del mismo modo, cabe resaltar que aquellos salones que quedaron pendientes del día anterior deben ser limpiados en la mañana del día siguiente.

LISTAS DE CHEQUEO RUTINAS DE LIMPIEZA Y DESINFECCION EN AULAS DE CLASE												
		SUCURSAL: CALI				CENTRO DE COSTO:						
EDIFICIO	ID SALON	FECHA	HORA PROGRAMACION		CLASE EJECUTADA		ACTIVIDAD DE LIMPIEZA REALIZADA					OBSERVACIONES
			HORA INICIO	HORA FINAL	SI	NO	SOSTENIMIE NTO	L PROFUNDA	HORA INICIO	HORA FINAL	RESPONSABLE / EJECUTO	
Edificio del Lago	FCGL-SJ1	02/21/2024	11:00	13:00								
Edificio del Lago	LG-0.2	02/21/2024	08:00	12:00								
Edificio del Lago	LG-2.14	02/21/2024	07:00	18:00								
Edificio del Lago	LG-2.4	02/21/2024	07:00	10:00								
Edificio del Lago	LG-2.0	02/21/2024	07:00	10:00								
Edificio del Lago	LG-1.0	02/21/2024	07:00	09:00								
Edificio del Lago	LG-2.1	02/21/2024	07:00	09:00								
Edificio del Lago	LG-2.13	02/21/2024	07:00	09:00								
Edificio del Lago	LG-2.12	02/21/2024	07:00	10:00								
Edificio del Lago	LG-2.10	02/21/2024	07:00	09:00								
Edificio del Lago	LG-2.9	02/21/2024	07:00	10:00								
Edificio del Lago	LG-2.8	02/21/2024	07:00	09:00								
Edificio del Lago	LG-2.7	02/21/2024	07:00	10:00								
Edificio del Lago	LG-2.6	02/21/2024	07:00	09:00								
Edificio del Lago	LG-2.3	02/21/2024	07:00	10:00								
Edificio del Lago	LG-1.1	02/21/2024	07:00	09:00								

Fig. 13 Formato de recolección de datos actual

Teniendo en cuenta la importancia del proceso relacionado con la creación de la rutina de limpieza y su posterior utilización por parte de los operarios, se presenta en la Fig. 14 un diagrama de carriles que detalla dicho proceso. Este diagrama abarca desde la descarga inicial del documento para la rutina de limpieza hasta que se archiva una vez que los operarios completan las tareas asignadas a lo largo del día.

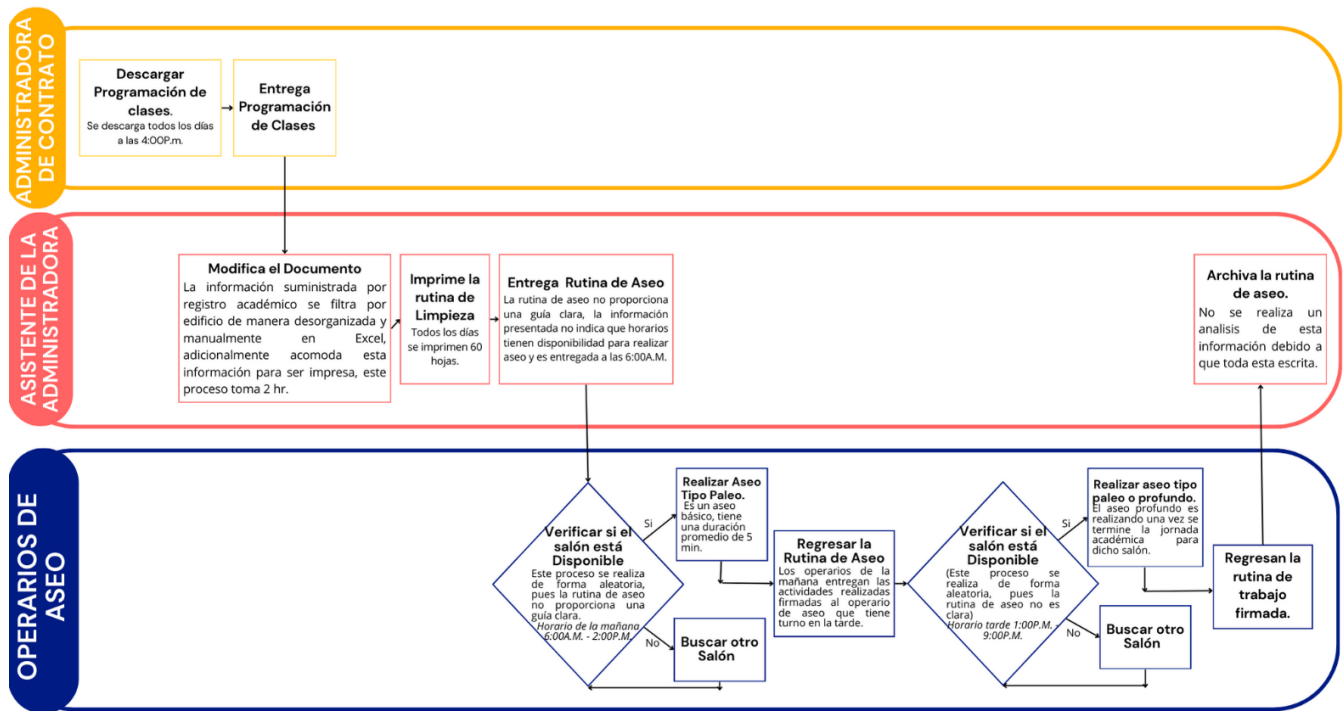


Fig. 14 Diagrama de carriles de la rutina de aseo actual

Es importante mencionar que, dado que la rutina de aseo carece de un orden específico, los operarios toman la decisión de realizar la limpieza según la disponibilidad del salón más cercano a ellos. Por lo cual, esta búsqueda prolongada puede llevar al operario a limpiar un salón que no es prioritario. Además, la oficina de recursos físicos está utilizando 60 hojas de papel diariamente para la impresión de las rutinas de limpieza de todos los edificios de la universidad.

En consecuencia, se busca mejorar el proceso de creación de la rutina de limpieza mediante un Sistema de Administración de Tareas. Para lograr esto, se han realizado los siguientes cambios en el sistema actual:

1. Se realiza una programación utilizando la herramienta de macros de Microsoft Visual Basic, con la finalidad de establecer un orden específico para la rutina de aseo. Esta programación garantiza una organización eficiente de las actividades de limpieza.
2. Se establecen los parámetros de disponibilidad y prioridad con el objetivo de asegurar una rutina mejorada en comparación con la sección actual. Esto permite establecer un orden eficiente en las tareas de limpieza, facilitando una distribución efectiva de las responsabilidades.
3. Se diseña una interfaz que permite la interacción directa del operario con la nueva ruta de limpieza. Esta interfaz facilita la comunicación y el control de las actividades de limpieza, mejorando así la coordinación y la eficiencia del proceso en general.

A continuación, se explicará detalladamente cada uno de los cambios mencionados anteriormente.

En cuanto a la programación, se ha desarrollado un código en la herramienta de macros de Microsoft Visual Basic (Anexo 10), que toma el documento proporcionado por Registro Académico con la finalidad de suministrar al operario la información necesaria para que pueda identificar a qué salones debe dirigirse y así realizar las labores de limpieza en el momento adecuado.

En primer lugar, este código realiza una depuración de los datos suministrados en el documento de registro académico, esto con el fin de incluir únicamente la información necesaria para los operarios, como lo son: salones, horarios de inicio y finalización de cada clase. En segundo lugar, se agrega una columna llamada "Hora Aseo", esta columna indica desde que hora el operario puede realizar la limpieza del salón. Además, facilita la identificación de los salones disponibles para la limpieza según el rango horario, lo que permite delimitar las opciones para los operarios en función de una hora en concreto. Esta información se complementa con lo que se indica en una nueva columna llamada "Observaciones", que puede tener tres posibilidades:

- Si el salón tiene clases consecutivas, el operario solo dispone de 10 minutos para realizar la limpieza entre clases.

- Si no hay clases consecutivas, se indica el rango de tiempo disponible para la limpieza del salón, y el operario cuenta con más de 10 min disponibles para realizar el aseo.
- Si es la última clase del día en ese salón, se marca como "última clase", lo que indica al operario cerrar el salón después de la limpieza correspondiente.

Cabe resaltar que dentro de la macro también se tiene en cuenta la prioridad de los salones, la cual se relaciona con lo mencionado anteriormente. Los salones se clasifican en tres niveles de prioridad: prioridad 1, que engloba a los salones más importantes, aquellos que tienen clases consecutivas, por lo cual cuentan con 10 minutos para realizar el aseo, en prioridad 2 se encuentran los salones que cuentan con más de 10 minutos para realizar el aseo tipo paleo. Por último, los salones con prioridad 3, considerados los menos importantes, son aquellos que no vuelven a tener clases durante todo el día.

Posteriormente, el documento se organiza comenzando con el grupo horario más temprano en la mañana hasta la última franja horaria del día. Este enfoque garantiza una secuencia lógica y ordenada para la asignación de tareas de limpieza. Además, cada grupo horario se ordena de acuerdo con la prioridad. Por lo tanto, el Excel permite proporcionar a los operarios una guía clara sobre a qué salón dirigirse en el horario adecuado, buscando recorrer distancias más cortas y, por ende, mejorando el uso eficiente del recurso del tiempo.

Ahora bien, de acuerdo con todo el proceso lógico realizado, se logra crear una mejora en la rutina de limpieza, por medio del uso de los parámetros de disponibilidad y prioridad, con la finalidad de seleccionar el mejor salón para realizar el aseo.

El parámetro "Disponibilidad" se construye a partir de la información suministrada por Registro Académico de la programación de los salones. Esta información permite identificar los salones que están disponibles para la limpieza de acuerdo con cada franja horaria del día. Los salones no disponibles son aquellos que están actualmente en uso por actividades académicas, lo que impide realizar tareas de limpieza, un ejemplo de esto se ilustra en la Fig. 15.



Fig. 15 Representación parámetro de disponibilidad

En el sistema actual, los operarios de aseo no conocen la disponibilidad futura de los salones. Por ello, el operario elige realizar la limpieza en el salón 3, que es el más cercano. Sin embargo, este salón no tenía clases en el tiempo 2, por lo cual hubiera sido el momento adecuado para realizar la limpieza. Por otro lado, los salones 1 y 2 sí tenían clases en el tiempo 2 y, al no ser limpiados en tiempo 1, no se encuentran limpios para las actividades académicas. Además, el operario se queda sin posibilidades para operar en tiempo 2 debido a que no tiene opciones para realizar el aseo.

En el sistema propuesto, el operario contaría con información sobre la disponibilidad de los salones. De esta manera, en el tiempo 1 puede escoger entre el salón 1 y el salón 2. En este caso, el operario elige el salón 2, dejándolo limpio para las actividades académicas posteriores. En el tiempo 2, aún tiene la posibilidad de realizar la limpieza en el salón 3, mejorando así su tiempo de operación al limpiar el salón 3 en el momento adecuado.

El parámetro "Prioridad", como se explicó anteriormente, asigna a los salones disponibles un valor de 1, 2 o 3, según su prioridad. El valor 1 se refiere a los salones más prioritarios, mientras que el valor 3 corresponde a los menos prioritarios. Un ejemplo de esto se ilustra en la Fig. 16.

Parámetro "Prioridad"

✔ → Disponible para realizar aseo
 ✘ → Ocupado en actividades académicas



Fig. 16 Representación parámetro de prioridad

En el sistema actual, no se tiene en cuenta la prioridad al elegir los salones para realizar el aseo. En cambio, en el sistema propuesto, se asigna el salón para la limpieza de acuerdo con la prioridad que tenga, lo que permite realizar el aseo en el momento pertinente. Como se evidencia en la imagen, el salón 2 tiene una mayor prioridad debido a que en los tiempos futuros estará ocupado, mientras que el salón 1 estará disponible.

La adopción de estos parámetros es fundamental para la gestión eficiente del proceso de limpieza y aseo de los salones, debido a que permite la transición hacia un sistema que mejore su rendimiento. Al implementar esta metodología, los operarios dejan de actuar de manera arbitraria y comienzan a seguir pautas específicas basadas en datos objetivos. Esto puede conllevar una mejora en la productividad, al minimizar los tiempos de transporte y búsqueda, además de lograr una gestión más eficaz del tiempo, lo que se traduce en una mejora tangible en la calidad del servicio. En consecuencia, este cambio hacia un proceso de toma de decisiones sistemático puede tener un impacto positivo en la satisfacción de los usuarios de la PUJ.

Por otra parte, se ha desarrollado una interfaz diseñada para que el personal operativo pueda acceder de manera sencilla a la información de la rutina de limpieza. Esta interfaz ha sido concebida para su utilización tanto de manera digital como en formato impreso. Cabe resaltar que ambas modalidades proporcionan una guía específica para el operario, indicándole a qué salón debe dirigirse y en qué horario. Además, gracias a la columna de observaciones, el operario puede conocer el tiempo que se dispone para cada tarea.

Es importante destacar que, en el caso de la modalidad digital, la interfaz incluye listados de validación de datos, lo que permite una interacción fluida con el operario para obtener la información pertinente sobre la limpieza del salón. Además, la interfaz digital permite observar los cambios en los estados de los salones, como se muestra en la columna "Estado". Esta columna presenta dos opciones: "Realizada" y "Pendiente", y cambia de color según el estado del salón. Esto se hace con el propósito de ofrecer a los operarios un elemento visual que les permita seguir el progreso de la rutina de limpieza a lo largo del día y, de esta manera, tomar decisiones respecto a los salones que requieren atención. En la Fig. 17 se presenta un ejemplo de esta interfaz.

LISTA DE CHEQUEO RUTINA DE LIMPIEZA Y DESINFECCION EN AULAS DE CLASE										
FECHA: 10 DE MAYO DEL 2024				EDIFICIO EL LAGO						
ID SALON	HORA PROGRAMACIÓN			CLASE EJECUTADA	ACTIVIDAD DE LIMPIEZA				OBSERVACIONES	ESTADO
	HORA INICIO	HORA FINAL	HORA ASEO		TIPO LIMPIEZA	HORA INICIO	HORA FINAL	RESPONSABLE		
LG-1.0	07:00	09:00	8:50						10 min - Clases Consecutivas	Realizada
LG-1.1	07:00	09:00	8:50	Si	Sostenimiento				10 min - Clases Consecutivas	Realizada
LG-1.2	07:00	09:00	8:50	No	L. Profunda				10 min - Clases Consecutivas	Pendiente
LG-1.3	07:00	09:00	8:50						10 min - Clases Consecutivas	Pendiente
LG-1.4	07:00	09:00	8:50						10 min - Clases Consecutivas	Realizada
LG-1.5	07:00	09:00	8:50						10 min - Clases Consecutivas	Realizada
LG-1.6	07:00	09:00	9:00						Tiempo Disponible Desde 09:00 Hasta 10:00	Pendiente
LG-1.7	07:00	09:00	9:00						Tiempo Disponible Desde 09:00 Hasta 10:00	
LG-2.6	07:00	09:00	9:00						Tiempo Disponible Desde 09:00 Hasta 10:00	
LG-4.7	07:00	09:00	9:00						Tiempo Disponible Desde 09:00 Hasta 10:00	
LG-1.8	07:00	10:00	9:50						10 min - Clases Consecutivas	
LG-2.12	07:00	10:00	9:50						10 min - Clases Consecutivas	
LG-2.4	07:00	10:00	9:50						10 min - Clases Consecutivas	
LG-2.0	07:00	10:00	10:00						Tiempo Disponible Desde 10:00 Hasta 11:00	
LG-2.3	07:00	10:00	10:00						Tiempo Disponible Desde 10:00 Hasta 14:00	
LG-4.0	07:00	10:00	10:00						Tiempo Disponible Desde 10:00 Hasta 11:00	
LG-4.2	07:00	10:00	10:00						Tiempo Disponible Desde 10:00 Hasta 11:00	

Fig. 17 Interfaz Digital

Por otro lado, si se opta por utilizar la modalidad en formato físico, se dispone de una macro específicamente diseñada para organizar la información de manera eficiente. Esta macro simplifica la tarea de generar la rutina de limpieza de forma inmediata, lo cual es especialmente útil cuando se requiere una versión impresa de la misma. La interfaz física está diseñada con las casillas y la información necesarias para que el usuario las complete a lo largo del día. En la Fig. 18 se presenta un ejemplo de esta interfaz.

LISTA DE CHEQUEO RUTINA DE LIMPIEZA Y DESINFECCION EN AULAS DE CLASE												
FECHA: 10 DE MAYO DEL 2024						EDIFICIO EL LAGO						
ID SALON	HORA PROGRAMACIÓN			CLASE EJECUTADA		ACTIVIDAD DE LIMPIEZA						OBSERVACIONES
	HORA INICIO	HORA FINAL	HORA ASEO	SI	NO	SOSTENIMIENTO	L. PROFUNDA	HORA INICIO	HORA FINAL	RESPONSABLE	OBSERVACION	
LG-1.0	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-1.1	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-1.2	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-1.3	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-1.4	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-1.5	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-2.1	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-2.10	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-2.13	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-2.2	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-2.8	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-3.2	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-3.3	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-3.4	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-4.3	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas
LG-4.4	07:00	09:00	8:50									10 min - Clases Consecutivas

Fig. 18 Interfaz Formato Físico

Para finalizar, es importante mostrar los cambios que se realizan al sistema actual los cuales se pueden identificar en la Fig. 19, donde las áreas señaladas con una estrella fueron las que experimentaron modificaciones. Esta visualización ayuda a comprender de manera clara y precisa los ajustes realizados que se van a explicar posteriormente.

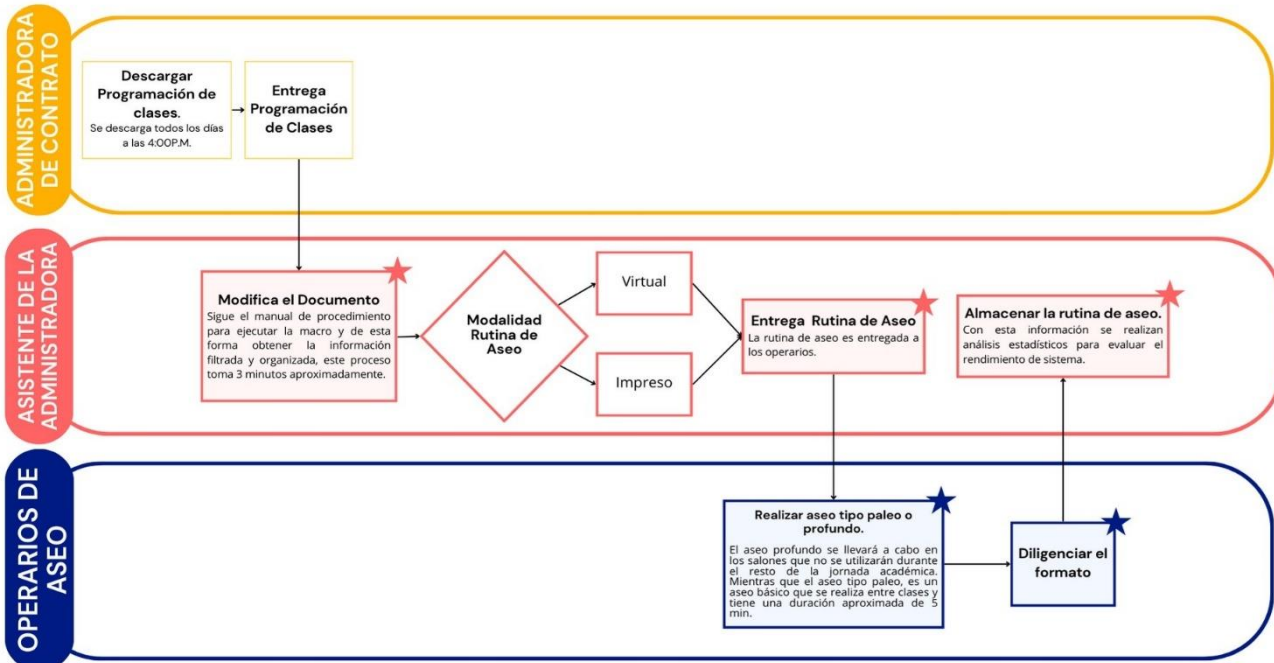


Fig. 19 Diagrama de carriles de la rutina de aseo propuesta

De acuerdo con esto, se realiza un cambio cuando la asistente modifica el documento, debido a que mediante Microsoft Visual Basic se logró automatizar este proceso. Además, el operario ya no necesita verificar la disponibilidad de los salones porque el diseño de la solución garantiza un orden establecido que le indica a qué salón dirigirse y en qué hora.

En conclusión, el diseño cumple satisfactoriamente los requerimientos establecidos en el proyecto, según nuestros grupos de interés: la comunidad Javeriana de Cali, los operarios de aseo, el gerente y el coordinador de Recursos Físicos de la PUJ.

En cuanto a los requisitos, el diseño mejora significativamente las condiciones de limpieza y orden en las aulas al proporcionar a los operarios una rutina de limpieza como guía específica para realizar las labores de aseo tipo paleo en los horarios correspondientes. Además, permite que los operarios realicen sus tareas de limpieza sin interrumpir las actividades académicas, lo que puede contribuir al aumento en la satisfacción de la comunidad al realizar las labores de limpieza de manera más eficiente.

El equipo de trabajo optó por no utilizar una programación determinística de tareas debido a la naturaleza inherentemente aleatoria del proceso de aseo tipo "Paleo". Una de las principales razones es la variabilidad en el horario de finalización de las clases impartidas por los profesores. En particular, hay una incertidumbre significativa respecto a si los profesores decidirán terminar sus clases diez minutos antes del horario previsto. Esta decisión depende de varios factores subjetivos y criterios individuales de cada profesor, los cuales no son predecibles ni estandarizables.

La programación determinística se basa en la certeza de los tiempos y eventos, pero en este caso, no se puede predecir con exactitud si los profesores finalizarán sus clases anticipadamente o no. Esta imprevisibilidad introduce un componente aleatorio en el cronograma de las tareas de limpieza, que no puede ser adecuadamente manejado por un enfoque determinístico. Los criterios y la toma de decisiones de los profesores son variables desconocidas y no cuantificables con precisión, lo que hace que cualquier intento de programación determinística sea ineficaz y potencialmente inexacto.

En relación con las restricciones, el diseño brinda información sobre los salones disponibles en cada rango horario e identifica las aulas que tienen clases consecutivas. Esto permite a los operarios conocer los salones prioritarios donde pueden realizar el aseo, aprovechando esta disponibilidad para llevar a cabo la limpieza a la mayor cantidad de salones posibles.

Finalmente, en lo que respecta a las especificaciones, el diseño permite que los operarios realicen tareas de limpieza entre los horarios de clases, debido que hay salones que cuentan con rangos de tiempo más amplios para llevar a cabo el aseo tipo paleo. Esto contribuye a programar de manera efectiva el servicio de limpieza, manteniendo el aseo y el orden de las aulas de manera adecuada.

B. Validación del diseño propuesto

Para validar el diseño del proyecto, se implementó una simulación utilizando el software Arena. El propósito de esta simulación fue replicar tanto el proceso de limpieza actualmente en uso, como el proceso de limpieza propuesto por los autores para el aseo tipo "Paleo". Este tipo de aseo se eligió debido a los hallazgos de los autores sobre el sistema de operación actual del edificio El Lago. En sus mediciones, observaron una gran oportunidad en la variable "Tiempo Disponible Entre Clases", donde el 82% de las veces el profesor terminaba clases 10 minutos antes, es decir, había tiempo suficiente para realizar aseo tipo "Paleo". Sin embargo, el 90% de las veces el operario no lograba realizar la operación de aseo.

Teniendo en cuenta lo anterior, esto permitió comparar la cantidad de salones limpiados durante los diferentes intervalos de horarios del turno de la mañana, que es donde se presenta más demanda de este tipo de aseo (8:50 am - 9:00 am, 9:50 am - 10:00 am, 10:50 am - 11:00 am, 11:50 am - 12:00 m y 12:50 m - 1:00 pm). Asimismo, permitió comparar la cantidad de salones visitados por los operarios, verificando la disponibilidad de los salones, debido a que estos podrían estar en uso por actividades académicas.

Es importante destacar que la simulación se diseñó con un enfoque escalable, pensado para su implementación a nivel de toda la Universidad Javeriana de Cali. Esto significa que el modelo de simulación desarrollado no se limita exclusivamente al edificio El Lago, sino que puede adaptarse para la operación de limpieza tipo "Paleo" en cualquier otro edificio del campus universitario. La adaptabilidad del modelo se logra mediante la inclusión de la matriz de distancias entre los salones de cada edificio y la programación de salones proporcionada por el Registro Académico. Al integrar estos datos específicos, el sistema puede replicarse y ajustarse con precisión a las características particulares de cada edificio, lo cual maximiza su utilidad y eficiencia. Esta flexibilidad no solo demuestra la solidez del proyecto, sino que también añade un significativo valor, al permitir una implementación precisa en diversos contextos dentro de la universidad.

A continuación, se detallará el diseño del modelo de simulación base y el propuesto, enfatizando los criterios y parámetros utilizados para su implementación y los resultados obtenidos:

Los dos modelos de simulación, tanto el actual como el propuesto, comparten la misma estructura inicial. Ambos comienzan con la creación de entidades que representan a los operarios de aseo. En este caso, se crean tres entidades, correspondientes a tres operarios. Seguidamente, se utiliza un bloque "Assign" para asignar un valor al atributo "Salón actual", que indica el salón en el que cada operario se encuentra inicialmente.

Después, se introduce un bloque "Branch" que actúa como un condicional. Este bloque verifica si el tiempo del modelo conocido como "TNOW", se encuentra dentro de las diferentes franjas horarias entre clases especificadas anteriormente (8:50 am - 9:00 am, 9:50 am - 10:00 am, 10:50 am - 11:00 am, 11:50 am - 12:00 m, y 12:50 m - 1:00 pm). Si "TNOW" se encuentra dentro de estas franjas horarias, el operario continúa hacia el bloque "FIND J". Este bloque tiene la función de encontrar un salón disponible para limpieza basado en la regla de decisión que el operario debe seguir.

Por otro lado, si "TNOW" no se encuentra dentro de las franjas horarias entre clases, el operario entra en un estado de espera mediante el bloque "WAIT". Este bloque asegura que el operario se libere y continúe con su tarea solo cuando "TNOW" esté nuevamente dentro de las franjas horarias especificadas. Este comportamiento simula que, fuera de los intervalos de horarios entre clases, los operarios se dedican a otras actividades de limpieza.

Es crucial señalar que la única diferencia entre el modelo de simulación base y el modelo propuesto radica en el bloque "FIND J". Este bloque es fundamental, debido a que, en él se implementa una regla de decisión que simula cómo el operario selecciona los salones para verificar su disponibilidad para la limpieza. La forma en que se aplica esta regla de decisión distingue los dos modelos.

En el modelo base, la regla de decisión se formula de la siguiente manera:

$$\text{Min} (\text{Distancia}(A(1),J)) \quad (10)$$

El parámetro "Distancia" es una matriz de 43x43 que contiene las distancias entre todos los salones del edificio El Lago. Esta matriz permite que el operario de limpieza seleccione los salones más cercanos a su ubicación actual, representada por el atributo "A (1)", en donde este indica el salón en el que se encuentra actualmente el operario, mientras que "J" representa cada uno de los salones dentro del edificio.

Por otro lado, se presenta la regla de decisión del modelo Propuesto:

$$\text{Min} (\text{Distancia}(A(1),J) * \text{Prioridad}(J, A(3))) \quad (11)$$

La inclusión del parámetro "Prioridad" en comparación con el modelo base marca una diferencia significativa en la regla de decisión. Este parámetro desempeña un papel crucial al asignar valores a cada salón, que pueden ser uno, dos o tres. Estos valores determinan la prioridad de limpieza de cada salón en relación con los demás. En la ecuación (11), los salones con menor prioridad tienen valores más altos asignados, mientras que los de mayor prioridad tienen valores más bajos. Esta priorización asegura una distribución eficiente de los recursos y maximiza la eficiencia del proceso de limpieza.

La adopción de esta nueva regla de decisión es esencial para una gestión eficiente del proceso de limpieza y orden de los salones. Al implementar esta metodología, los operarios dejan de tomar decisiones de manera arbitraria y pasan a seguir pautas específicas basadas en datos objetivos. Esto conlleva una mejora notable en la productividad al reducir los tiempos de desplazamiento y búsqueda, además de lograr una gestión más efectiva del tiempo. Estos cambios se traducen en una mejora tangible del servicio ofrecido. En última instancia, este cambio hacia un proceso de toma de decisiones más riguroso puede tener un impacto positivo en la satisfacción de los usuarios de la Pontificia Universidad Javeriana.

Continuando con la explicación de la regla de decisión, en ambos modelos, la regla de decisión se complementa con dos parámetros adicionales: "Verificado(J)" y "Enrutado(J)". Estos parámetros toman valores de uno o un número muy grande, lo que influye en el proceso de selección de salones y en la eficiencia general de la limpieza.

En el caso de "Verificado(J)", este parámetro refleja si un salón ha sido verificado previamente por un operario para determinar su disponibilidad para el aseo tipo "Paleo". Cuando un salón aún no ha sido verificado, el parámetro toma el valor de uno, indicando que está pendiente de revisión. Por otro lado, si el salón ya ha sido verificado, el parámetro toma un valor muy grande, lo que señala que el salón ya fue evaluado y no necesita ser revisado nuevamente. Este parámetro simula el proceso en el que un operario se desplaza para verificar si el salón está disponible para la limpieza.

Por otro lado, el parámetro "Enrutado(J)" tiene el propósito de evitar la asignación simultánea de múltiples operarios a un mismo salón. Si ningún operario está en camino hacia el salón J, el parámetro toma el valor de uno, indicando que el salón está libre para ser asignado a un operario. En contraste, si un operario ya está en camino hacia ese salón, el parámetro toma un valor muy grande, lo que impide que otro operario sea asignado al mismo salón al mismo tiempo. Este mecanismo asegura una distribución equitativa de los recursos y evita duplicaciones de esfuerzos, mejorando así la eficiencia y la efectividad del proceso de limpieza.

Posteriormente, se introduce el parámetro "PosiblePaleo (M, A(3))", que desempeña un papel importante en el proceso de toma de decisiones de los operarios. Este parámetro está definido por dos subíndices: "M", que hace referencia al salón al que se desplaza el operario y "A (3)", un atributo que toma valores del 1 al 6, cada uno de los valores representando una franja horaria entre clases. Este parámetro es una matriz que refleja la programación diaria de clases obtenida del registro académico.

Cuando el parámetro toma el valor de uno, indica que el salón está disponible para realizar aseo tipo "Paleo" durante esa franja horaria. En este caso, el operario procede a realizar la operación de limpieza tipo "Paleo" en ese salón. Por otro lado, si el parámetro toma un valor muy grande, indica que el salón no está disponible para realizar aseo tipo "Paleo" durante esa franja horaria.

Sin embargo, incluso cuando el parámetro toma un valor muy grande, se introduce un componente aleatorio basado en la observación de que el 82% de las veces los profesores terminan clases diez minutos antes. Por lo tanto, en el 82% de los casos, los operarios realizan la operación de limpieza tipo "Paleo" en el salón, mientras que en el 18% restante, se redirigen para buscar otro salón disponible, generando desplazamientos innecesarios y pérdidas de tiempo.

Los modelos de simulación se presentan en el (Anexo 11) y (Anexo 12), mientras que los atributos y parámetros empleados en dicho modelo se detallan en la TABLA VI y TABLA VII que se muestran a continuación:

*TABLA VI
ATRIBUTOS*

Atributos	Se usa en el modelo:	
	Base	Propuesto
A (1) "Salón Actual"	X	X
A (3) "Horario"	X	X

*TABLA VII
PARÁMETROS*

Parámetros	Tipo	Se usa en el modelo:	
		Base	Propuesto
Enrutado (J)	Determinístico	X	X
Verificado (J)	Determinístico	X	X
Distancia (A (1), J)	Determinístico	X	X
Prioridad (J, A (3))	Determinístico		X
PosiblePaleo (M, A (3))	Estocástico (Distribución Uniforme)	X	X

Cuando se ejecutan tanto el modelo de simulación del proceso base como el propuesto, ambos modelos proporcionan información sobre la cantidad de salones que se limpiaron durante cada franja horaria disponible entre clases. Además, también muestran la cantidad total de salones visitados por los operarios, independientemente de si se llevó a cabo la limpieza o no en esos salones. Es importante destacar que esta métrica de "salones visitados" abarca todos los salones a los que los operarios se desplazaron, ya sea para realizar tareas de limpieza o simplemente para verificar su disponibilidad.

En consecuencia, tras examinar el funcionamiento de los programas de simulación, se procede con la recopilación de datos necesaria para su posterior análisis. En esta etapa de análisis, se implementa la técnica conocida como "Common Random Numbers", la cual busca mejorar la precisión de las comparaciones entre sistemas simulados al disminuir la varianza de la estimación de la diferencia entre ellos. Por lo tanto, se generan 30 réplicas para cada conjunto de programaciones de clases del Registro Académico, abarcando así un total de 30 programaciones del Registro Académico de clases a lo largo de varios días. Este proceso culmina en un conjunto de 900 réplicas por proceso, resultando en un total de 1800 réplicas para el análisis comparativo entre el proceso de limpieza tipo "Paleo" en su modalidad base y propuesto.

Para iniciar el análisis de los datos, se procede con la evaluación de la estadística descriptiva de cantidad de salones sometidos a limpieza en cada franja horaria. Esta fase tiene como objetivo determinar si los datos presentan una distribución normal, lo cual permitiría la posterior aplicación de intervalos de confianza y pruebas de hipótesis para la comparación de medias y varianzas entre las dos muestras.

Al calcular la curtosis y el coeficiente de asimetría de los datos por cada franja horaria, se obtiene información valiosa sobre la forma y simetría de la distribución de los datos en comparación con una distribución normal. La curtosis describe la "altura" o "aplanamiento" de la distribución, indicando si los datos se encuentran muy lejos de la media. El coeficiente de asimetría, por otro lado, mide el grado de asimetría de la distribución de los datos, señalando si los datos se desvían más hacia la izquierda o hacia la derecha de la media.

Al analizar estos dos parámetros, se observó que la cantidad de salones aseados del tipo "Paleo" sigue una distribución normal. Esto se debe a que tanto la curtosis como el coeficiente de asimetría se encontraban dentro del rango de -2 a +2, lo que es indicativo de una distribución que no presenta una desviación significativa respecto a la normalidad.

Con esta conclusión, se procedió a comparar la varianza y la media de la cantidad de salones aseados entre el proceso base y el propuesto. Para ello, se realizó un análisis detallado durante la franja horaria de 8:50 am a 9:00 am. Mediante pruebas de hipótesis, se evaluaron las diferencias entre ambos procesos con un nivel de confianza del 95%. Los resultados mostraron que la varianza en la cantidad de salones aseados tipo "Paleo" difiere significativamente entre el proceso base y el propuesto. Este hallazgo sugiere que hay una mejora notable en la variabilidad del número de salones aseados en el proceso propuesto, lo que implica una mayor consistencia y fiabilidad en la cantidad de salones limpiados.

Además, las pruebas de hipótesis también indicaron que, con un nivel de confianza del 95%, el promedio de salones limpiados tipo "Paleo" en el proceso base es estadísticamente inferior al promedio de salones limpiados en el proceso propuesto. Esto demuestra una mejora efectiva en el rendimiento del proceso propuesto, debido a que se limpiaron más salones en promedio durante el horario de 8:50 am a 9:00 am en comparación con el proceso base, como se ilustra en la Fig. 20.

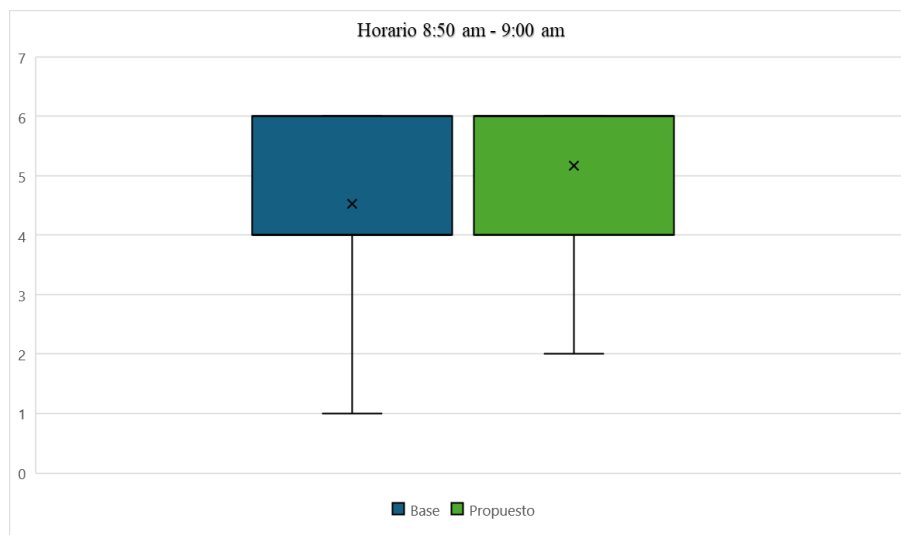


Fig. 20 Cantidad de salones aseados horario 8:50 am – 9:00 am

Seguidamente, se procede con la comparación durante los horarios de 9:50 am – 10:00 am, 10:50 am – 11:00 am, 11:50 am – 12:00 m, 12:50 m – 1:00 pm. De manera similar, los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa en la varianza de la cantidad de salones sometidos a limpieza entre el proceso base y el propuesto, con un nivel de confianza del 95%. Esto sugiere una mejora en la variabilidad de la cantidad de salones limpiados mediante el proceso propuesto. Asimismo, se establece, con el mismo nivel de confianza, que el promedio de salones limpiados en el proceso base es estadísticamente inferior al promedio en el proceso propuesto para cada horario. Esto evidencia una mejora efectiva en el promedio de salones limpiados tipo "Paleo" durante los horarios mencionados, como se ilustran en las Fig. 21, Fig. 22, Fig. 23 y Fig. 24.

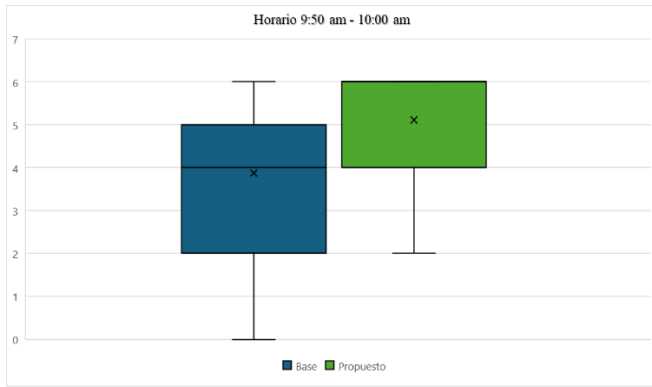


Fig. 21 Cantidad de salones aseados horario 9:50 am – 10:00 am

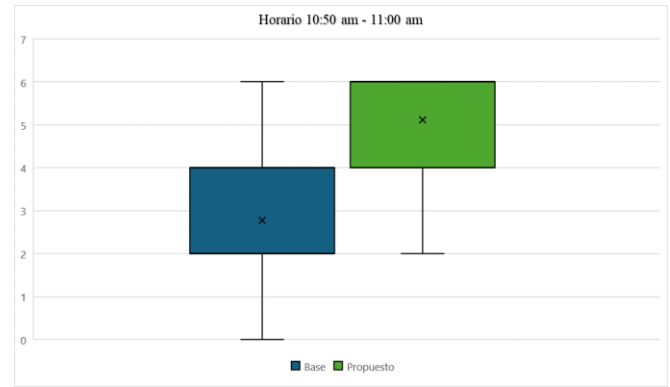


Fig. 22 Cantidad de salones aseados horario 10:50 am – 11:00 am

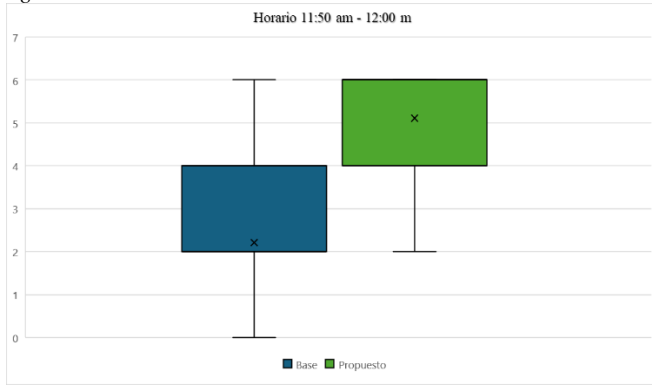


Fig. 23 Cantidad de salones aseados horario 11:50 am – 12:00 m

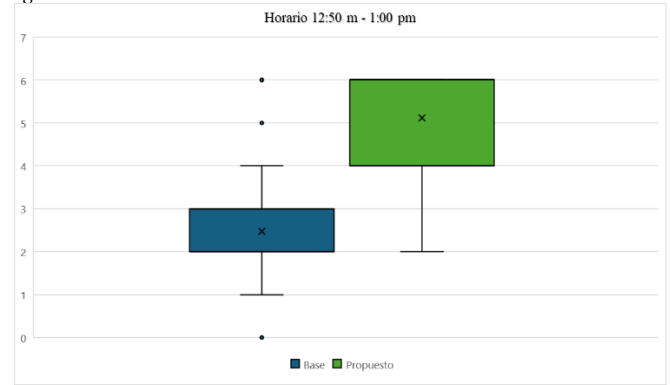


Fig. 24 Cantidad de salones aseados horario 12:50 m – 1:00 pm

Por otro lado, se realiza una comparación entre el proceso base y el propuesto, centrándose en la proporción de salones limpiados tipo “Paleo”. En este análisis, considera que los casos totales representan la cantidad de salones visitados, mientras que los casos favorables indican la cantidad de salones en los que se llevó a cabo la limpieza. Como se ilustra en la ecuación (12).

$$\text{Proporción de salones limpios} = \frac{\text{Casos favorables}}{\text{Casos totales}} \times 100 \quad (12)$$

Los resultados revelan que el proceso base logró una proporción del 81,4%, mientras que el propuesto alcanzó una proporción del 97,5%. La prueba de hipótesis confirma, con un nivel de confianza del 95%, que la proporción de salones limpiados en el proceso base es estadísticamente inferior a la del propuesto.

Tras un análisis de los datos utilizando diversas herramientas estadísticas, como estadísticas descriptivas, intervalos de confianza y pruebas de hipótesis (Anexo 13), se puede concluir de manera contundente que la propuesta de diseño representa una mejora significativa en el proceso de limpieza. Aunque ciertos indicadores, como el “Nivel de Satisfacción de Limpieza” y “Limpieza y Orden en los salones”, no pudieron medirse directamente, se estima que al abordar la demanda de limpieza tipo "Paleo", el nivel de satisfacción podría aumentar en un rango significativo, oscilando entre 4,5 y 5,0. Esto cobra especial relevancia debido a que el principal desafío que enfrentaban los operarios radicaba en que no contaban con una guía específica para realizar las labores de limpieza, lo que afectaba tanto a los trabajadores como a los usuarios. A pesar de que no se realizaron pruebas reales, los resultados obtenidos respaldan la eficacia de la propuesta de mejora, como se muestra en la TABLA VIII.

Es importante mencionar, que la omisión de pruebas reales se debe a que la validación se realizó mediante simulación. Es responsabilidad de la Oficina de Recursos Físicos decidir si desean realizar una prueba piloto con el diseño propuesto para evaluar estos indicadores en un entorno real. Es crucial recordar que el tercer objetivo específico del proyecto establece claramente que la validación se realiza a través de simulación, y la realización de pruebas reales no está dentro del alcance del estudio ni de la responsabilidad del equipo del proyecto.

TABLA VIII
RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROCESO BASE Y PROPUESTO

Estadísticas cantidad de salones aseados	Proceso base	Proceso propuesto	Mejóro	Empeoró	Sigue igual
% Cantidad de salones aseados	81,385%	97,464%	X		
Intervalo proporción de defectuosos	79,8613% < P < 81,0403%	97,2554% < P < 97,6604%	X		
Promedio 8:50 - 9:50	4,53	5,17	X		
Promedio 9:50 - 10:00	3,87	5,11	X		
Promedio 10:50 - 11:00	2,78	5,12	X		
Promedio 11:50 - 12:00	2,22	5,11	X		
Promedio 12:50 - 1:00	2,47	5,11	X		
Intervalo promedio 8:50 - 9:00	4,43 < μ < 4,62	5,09 < μ < 5,24	X		
Intervalo promedio 9:50 - 10:00	3,77 < μ < 3,97	5,03 < μ < 5,19	X		
Intervalo promedio 10:50 - 11:00	2,69 < μ < 2,87	5,04 < μ < 5,19	X		
Intervalo promedio 11:50 - 12:00	2,13 < μ < 2,31	5,03 < μ < 5,18	X		
Intervalo promedio 12:50 - 1:00	2,39 < μ < 2,56	5,04 < μ < 5,19	X		
Desviación estándar 8:50 - 9:50	1,45	1,14	X		
Desviación estándar 9:50 - 10:00	1,52	1,17	X		
Desviación estándar 10:50 - 11:00	1,40	1,16	X		
Desviación estándar 11:50 - 12:00	1,37	1,17	X		
Desviación estándar 12:50 - 1:00	1,31	1,16	X		
Intervalo varianza 8:50 - 9:00	1,93 < σ^2 < 2,32	1,18 < σ^2 < 1,42	X		
Intervalo varianza 9:50 - 10:00	2,10 < σ^2 < 2,52	1,24 < σ^2 < 1,49	X		
Intervalo varianza 10:50 - 11:00	1,80 < σ^2 < 2,17	1,24 < σ^2 < 1,49	X		
Intervalo varianza 11:50 - 12:00	1,72 < σ^2 < 2,07	1,24 < σ^2 < 1,49	X		
Intervalo varianza 12:50 - 1:00	1,57 < σ^2 < 1,89	1,24 < σ^2 < 1,49	X		

VI.CONTROLAR

A. *Medición de los impactos*

Para empezar, es importante recalcar que el diseño de la solución propuesta se puede concebir tanto de manera digital como en formato impreso. La primera alternativa implica la impresión de la rutina de aseo propuesta, la cual se debe diligenciar de manera manual por los operarios de aseo. Por otro lado, la segunda alternativa requiere del uso de dispositivos móviles, específicamente teléfonos celulares, los cuales serían asignados a los operarios para acceder a la rutina de aseo de forma digital. Ambas alternativas permiten la ejecución eficiente de las tareas requeridas, sin embargo, el impacto resultante varía dependiendo de la alternativa seleccionada.

La decisión respecto a cuál alternativa implementar queda bajo el criterio de la oficina de Recursos Físicos, considerando los distintos aspectos técnicos, logísticos y económicos involucrados en cada opción. Es esencial evaluar detalladamente cada posibilidad para asegurar la elección más adecuada en función de los objetivos y recursos disponibles. A continuación, se va a desarrollar el análisis del impacto ambiental, financiero y social.

1) *Análisis de Impacto Ambiental*

En primera instancia, si se decide imprimir la programación de limpieza, tal como se ha venido haciendo hasta ahora, la cantidad de hojas impresas sería proporcional a la cantidad actualmente utilizada. Si hablamos de manera general, en la universidad se

imprimen 60 hojas diarias para toda la programación. Sin embargo, como este proyecto está dirigido al edificio El Lago, para dicho lugar se estima la necesidad de impresión de 10 hojas diarias. Teniendo en cuenta que a la semana las operaciones de limpieza son realizadas 6 días y que son aproximadamente 19 semanas de clase, esto representaría un total de 1140 hojas semestrales en promedio, extrapolando a un año completo el consumo asciende a 2280 hojas.

Esto representa un impacto ambiental significativo dado que la producción de papel requiere la tala de árboles, lo que contribuye a la deforestación y la pérdida de hábitats naturales. Cada hoja de papel proviene de la pulpa de madera, y a medida que aumenta la demanda de papel, aumenta la presión sobre los bosques y los ecosistemas. Adicionalmente, la producción de papel implica un alto consumo de recursos naturales como lo son el agua y la energía, que son utilizados desde el proceso de obtención de la pulpa hasta la fabricación del papel mismo, este proceso puede influir negativamente en el agotamiento de los recursos hídricos locales y en la emisión de gases de efecto invernadero.

Al optar por dejar de utilizar la programación en papel, se estaría promoviendo el cumplimiento de diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Por un lado, se contribuiría al ODS 12, que aborda la producción y el consumo responsables al fomentar el reciclaje de papel, vidrio, plástico y aluminio. Además, se estaría apoyando al ODS 13, centrado en la acción contra el cambio climático (GEI) y sus impactos urgentes. Asimismo, se estaría respaldando el ODS 15, que se enfoca en la preservación de los ecosistemas terrestres, como los bosques. Por otra parte, la reducción del uso de papel dentro de la organización también contribuye a alcanzar el estatus de Empresa Socialmente Responsable (ESR), generando un impacto positivo en la percepción pública de la empresa. Esta medida no solo aumenta la lealtad y la satisfacción de los usuarios, sino que también mejora el ambiente laboral en la organización.

Ahora bien, en cuanto a la implementación de celulares, es importante resaltar que para el edificio El Lago sería necesario utilizar tres dispositivos, dado que es la cantidad más alta de operarios que trabajan simultáneamente durante el día. Los celulares propuestos serían de gama media/baja, y es crucial tener en cuenta que esta implementación conllevaría implicaciones ambientales significativas. En primer lugar, respondería al ODS 9 Industria, Innovación e Infraestructura, que apuesta por los avances tecnológicos esenciales para encontrar soluciones permanentes a desafíos económicos y oferta de nuevos empleos.

Sin embargo, se debe mencionar que la fabricación de dispositivos móviles requiere la extracción de recursos naturales, como minerales, metales raros y plásticos, lo cual contribuye a la deforestación, contaminación del agua y degradación del suelo. Además, la producción de estos dispositivos electrónicos genera emisiones de gases de efecto invernadero, tanto en la fabricación de los componentes como en su distribución, teniendo en cuenta que los celulares de gama media/baja tienen un período de vida útil entre dos a tres años. Finalmente, el uso de celulares requiere energía para su funcionamiento, y dependiendo de la fuente de energía, puede variar el grado de contaminación ambiental.

Si se opta por no elegir la alternativa tecnológica, se estaría promoviendo la reducción del uso de dispositivos electrónicos. Esta reducción implica una menor extracción de los recursos naturales mencionados anteriormente, que implica un menor consumo de energía, lo que a su vez reduciría las emisiones de gases de efecto invernadero.

2) *Análisis de Impacto Financiero*

Como se mencionó anteriormente, para la impresión de la programación de clases se usan 1.140 hojas semestrales en promedio. Al contrastar este consumo con el ciclo de vida típico de un dispositivo móvil de tres años, se proyecta un uso de 6.840 hojas en ese período. Las hojas utilizadas provienen de una resma estándar de 500 hojas, con un costo de \$20.000 por resma. Para satisfacer la demanda de tres años se requieren 14 resmas, lo que equivale a un desembolso de \$280.000 aproximadamente.

Además, se estima un costo de impresión de \$150 pesos por hoja, considerando la impresión a doble cara, dado que la impresora es propiedad de la organización. Al calcular este gasto para el período de tres años, resulta en un total de \$1'026.000 pesos. Sumando todos los costos asociados con este procedimiento, el diseño total se estima en \$1'306.000 pesos.

A continuación, se presenta el análisis financiero para la posible implementación de dispositivos celulares en el edificio El Lago, donde se requieren tres unidades. El modelo seleccionado, Motorola E13 de 64GB, tiene un precio en el mercado de \$299.000 pesos cada uno. Por lo tanto, la inversión inicial para adquirir estos dispositivos asciende a \$897.000 pesos.

Es importante destacar que la vida útil promedio de estos dispositivos móviles es de tres años. Se estima un valor de salvamento de \$269.100 pesos al final del tercer año y un ahorro en papelería de \$1.306.000 pesos durante el mismo periodo. Basándonos en esta información, se proyecta que la inversión inicial se recuperaría en aproximadamente 2,029 años. Finalmente, es importante destacar que, más allá del rendimiento financiero que se puede obtener, esta inversión tendría un impacto significativo en la

contribución al control de recursos de limpieza y aseo, así como en la mejora del servicio de limpieza y aseo. Con base en esta información, se procede al cálculo de la depreciación anual, depreciación acumulada y el valor en libros para cada año, como se detalla en la siguiente TABLA IX.

*TABLA IX
DEPRECIACIÓN DISPOSITIVOS MÓVILES*

Año	Inversión inicial	Depreciación anual	Depreciación acumulada	Valor en libros
0	\$ 897.000	-	-	-
1	-	\$ 299.000	\$ 299.000	\$ 598.000
2	-	\$ 299.000	\$ 598.000	\$ 299.000
3	-	\$ 299.000	\$ 897.000	\$ 0

Para el caso de la depreciación anual de los dispositivos, se calcula dividiendo la inversión inicial por la vida útil de los mismos, como se ilustra en la ecuación (13):

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Valor del producto}}{\text{Vida útil}} \quad (23)$$

Seguidamente, se calcula la depreciación acumulada sumando la depreciación anual de los años anteriores. Al final del tercer año, la depreciación acumulada será igual a la inversión inicial dado que los dispositivos móviles se habrán depreciado por completo. Finalmente, para el valor en libros se calcula restando la inversión inicial por la depreciación acumulada del periodo en cuestión. Ahora bien, para el funcionamiento del celular es necesario mantener el equipo con batería, se debe considerar el costo del consumo de energía que se estima en 0,015kWh para la carga completa de un teléfono móvil.

3) *Análisis de Impacto Social*

Para evaluar el impacto social del proyecto, se realizó una reunión el 24 de mayo de 2024 con los encargados de la oficina de Recursos Físicos: Luis Fernando Guevara (coordinador de Recursos Físicos), Silver Andrés Uribe (gerente de Recursos Físicos) y María Camila Zúñiga (supervisora de aseo). Durante esta reunión, se socializó la solución propuesta y se mostraron los resultados obtenidos. Los expertos consideraron que el proyecto tiene un impacto positivo significativo no solo en la parte operativa, sino también como una herramienta fundamental para futuros estudios. Esta herramienta permitirá la evaluación de alternativas como la asignación de operarios en diferentes edificios, mejorando la eficiencia de desplazamiento y mejorando la distribución de tareas.

Los expertos resaltaron que el proyecto ha mejorado la eficiencia operativa del sistema de limpieza actual, identificando oportunidades de mejora entre clases. Este aumento en la eficiencia no solo facilita el trabajo de los operarios de limpieza, sino que también contribuye a un ambiente de trabajo más organizado y productivo. Con operarios mejor distribuidos y desplazamientos mejorados, se reduce el tiempo y el esfuerzo necesario para mantener los espacios limpios, lo que beneficia directamente a los trabajadores.

Desde la perspectiva de los usuarios, estas mejoras en el sistema operativo de limpieza incrementen la calidad del servicio de aseo. Un servicio de limpieza más eficiente y organizado puede elevar el nivel de satisfacción de los usuarios con respecto a la limpieza y el orden de los salones. Aunque no se puede medir de forma tangible, se espera que un entorno más limpio y ordenado mejore la percepción y satisfacción general de la comunidad Javeriana.

Finalmente, el proyecto no solo tiene implicaciones directas en la calidad del servicio de limpieza, sino también en la calidad de vida de los operarios. Al proporcionar un entorno más limpio y ordenado, se mejora el bienestar de toda la comunidad universitaria. Este enfoque integral promueve un entorno académico y laboral más saludable y satisfactorio, reflejando el compromiso del proyecto con la mejora continua y el impacto positivo en la sociedad.

B. Estandarización de la solución – POE'S (plan de control)

Considerando los requisitos específicos del proyecto, se pretende que la solución propuesta atienda la insatisfacción respecto al nivel de limpieza y orden en las aulas del edificio El Lago. Para lograrlo, se elaboraron manuales de usuario con el propósito

de prevenir la recurrencia del problema. Estos manuales no solo facilitarán la estandarización de las operaciones, sino que también contribuirán a mantener la consistencia en la calidad del servicio de limpieza y orden en las aulas. A partir de estos, se detalla minuciosamente cómo utilizar la herramienta, teniendo en cuenta tanto la modalidad virtual como la física.

Por consiguiente, se realizó un manual para la asistente de la administradora del contrato Summar, garantizando así su correcto manejo del diseño de la solución (Anexo 14). Además, se ha provisto dos manuales para el operario de limpieza, con el objetivo de que pueda comprender y ejecutar las rutinas de limpieza con el diseño propuesto (Anexo 15) y (Anexo 16). Cabe resaltar que los manuales están de acuerdo con las modalidades mencionadas.

C. Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones en relación con el cumplimiento de los objetivos establecidos en el plan de trabajo para abordar el rediseño del proceso de gestión operativa, con el fin aumentar el nivel de satisfacción de la comunidad Javeriana de Cali respecto a la limpieza y el orden de las aulas del edificio El Lago.

En primera instancia, la evaluación del proceso actual de las labores de limpieza en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali revela una serie de limitaciones. La falta de un sistema organizado para asignar tareas y priorizar la limpieza de los salones, según su necesidad, traen consigo una distribución ineficiente del trabajo y una pérdida de tiempo considerable para los operarios. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar mejoras en el proceso de programación de labores de limpieza para aumentar la eficiencia operativa y reducir los tiempos asociados.

En segunda instancia, la creación de un Sistema de Administración de Tareas logra mejorar significativamente el proceso de limpieza y orden de las aulas del edificio El Lago. Los cambios introducidos, como la programación mediante macros de Microsoft Visual Basic, la creación de una regla de decisión para la selección tareas y el diseño de una interfaz interactiva, permiten mejorar la eficiencia y coordinación en las labores asignadas. Por ende, estos ajustes transforman el enfoque de una gestión aleatoria a una determinística, lo que aumenta la precisión y eficacia en la toma de decisiones. Como resultado, esta mejora se traduce en una mayor productividad, reducción de tiempos de traslados y búsqueda, lo que permite en una mayor calidad del servicio.

En tercera instancia, la validación del proyecto se llevó a cabo mediante una simulación detallada utilizando el software Arena. Esta simulación comparó el proceso de limpieza base con el propuesto para el aseo tipo "Paleo", destacando mejoras significativas en la eficiencia y la consistencia del proceso propuesto. Aunque algunos indicadores no pudieron medirse directamente, se espera un aumento considerable en el nivel de satisfacción al abordar la demanda de limpieza tipo "Paleo". Estos resultados respaldan la efectividad de la propuesta de mejora, destacando la importancia de contar con una guía específica para las labores de limpieza tanto para los operarios como para la asistente de la administradora del contrato Summar.

Por último, el análisis detallado de los impactos del proyecto revela su influencia en diversos aspectos. Desde el punto de vista ambiental, se observa cómo la implementación de soluciones digitales o impresas afecta la huella ecológica, destacando la necesidad de considerar prácticas más sostenibles. En términos financieros, se evidencian los costos asociados con cada alternativa, lo que incita a una gestión financiera eficaz pensada a largo plazo. Además, el impacto social se destaca a través del aumento del bienestar y la eficiencia laboral del personal de limpieza, así como de la mejora en la experiencia académica de los estudiantes. Por lo cual, esto evidencia la importancia de una evaluación integral y equilibrada de los impactos del proyecto, con el fin de tomar decisiones informadas que promuevan el desarrollo sostenible y el bienestar de la comunidad universitaria.

D. Recomendaciones

A continuación, se presentan las recomendaciones dirigidas a mejorar la satisfacción de la comunidad en relación con la limpieza y el orden de las aulas

- Realizar evaluaciones periódicas del nivel de satisfacción de los usuarios con respecto al servicio de limpieza y orden en las aulas, con el fin de poder identificar oportunidades de mejora y mantener un enfoque continuo en la excelencia del servicio. Por lo tanto, se recomienda usar el formato de recolección de datos (Anexo 3), para recopilar opiniones y sugerencias por parte de los usuarios sobre la calidad del servicio, lo que permitirá identificar áreas específicas que

requieran atención y realizar ajustes según sea necesario. Esto promoverá una mejora continua y garantizará la satisfacción de la comunidad Javeriana de Cali con el servicio proporcionado.

- Establecer un sistema de capacitación continua para los operarios y realizar auditorías periódicas para garantizar la eficiencia y calidad del servicio de limpieza. La capacitación debe centrarse en el nuevo sistema de programación, mientras que las auditorías servirán para verificar el cumplimiento de los estándares establecidos. Estas acciones ayudarán a mantener altos niveles de limpieza y orden, así como a identificar áreas de mejora a lo largo del tiempo.
- Utilizar los indicadores de desempeño descritos en la TABLA II para evaluar la efectividad del nuevo sistema de gestión operativa, lo que permitirá realizar un seguimiento continuo de los resultados y tomar decisiones fundamentadas en datos concretos. Entre los posibles indicadores se pueden incluir la eficiencia en la asignación de tareas, la cantidad de salones aseados y la satisfacción de los usuarios. Además, es importante establecer metas y comparaciones realistas para cada indicador, lo que facilitará la evaluación del progreso y la identificación de áreas de mejora.

VII. GLOSARIO

Lean: Lean es una filosofía y un enfoque que hace hincapié en la eliminación de residuos o de no valor añadido trabajo a través de un enfoque en la mejora continua para agilizar las operaciones. [5]

Calidad: Adecuación de un producto o servicio a las características especificadas. [6]

Stakeholders: Es una palabra del inglés que, en el ámbito empresarial, significa 'interesado' o 'parte interesada', y que se refiere a todas aquellas personas u organizaciones afectadas por las actividades y las decisiones de una empresa. [7]

Macro: Es un conjunto de acciones grabadas, como todos los comandos usados para realizar una tarea. Luego de habilitar macros en Excel y ejecutarlos, lo programado se efectúa automáticamente, lo que elimina la necesidad de hacer todos los pasos en cada oportunidad. [13]

Visual Basic: Es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft. El uso de Visual Basic agiliza y simplifica la creación de aplicaciones. [14]

SharePoint: Es una plataforma de colaboración y gestión de documentos que ayuda a una empresa a gestionar archivos, documentos, informes y otros contenidos vitales para sus procesos empresariales. [15]

AutoCAD: Es un software de diseño asistido por ordenador que permite dibujar y editar diseños digitales en 2D y 3D de forma más rápida y sencilla. Los archivos también se pueden guardar y almacenar fácilmente en la nube, por lo que se puede acceder a ellos desde cualquier lugar y en cualquier momento. [16]

Interfaz: Conexión física y funcional que se establece entre dos aparatos, dispositivos o sistemas que funcionan independientemente uno del otro. En este sentido, la comunicación entre un ser humano y una computadora se realiza por medio de una interfaz. [17]

Matriz: Es un ordenamiento rectangular de escalares dispuestos en m filas y n columnas. Para designar a cada uno de los m.n elementos de la matriz se utiliza un doble subíndice que indica el número de fila y número de columna. [18]

Depreciación: Disminución del valor de los activos que reposa en los libros de contabilidad; son activos depreciables los susceptibles de sufrir alguna disminución de valor por el uso o la acción de las fuerzas naturales, como por ejemplo las edificaciones, los equipos de oficina, las máquinas, entre otros. [19]

VIII. REFERENCIAS

- [1] Pontificia Universidad Javeriana de Cali, "Pontificia Universidad Javeriana de Cali", 2023. [En línea]. Available: <https://www.javerianacali.edu.co/institucional>. [Último acceso: 09 Septiembre 2023].
- [2] Pontificia Universidad Javeriana de Cali, "Javeriana Cali en cifras 2022", 2022. [En línea]. Available: Javeriana Cali en Cifras | Pontificia Universidad Javeriana, Cali
- [3] E. G. Chong, "Factores que inciden en el rendimiento académico de los estudiantes de la Universidad Politécnica del Valle de Toluca", Revista Latinoamérica de Estudios Educativos, vol. XLVII, no. 1, pp. 91-108, 2017.
- [4] Pontificia Universidad Javeriana de Cali, "Protocolo de bioseguridad y salud retorno de actividades en el campus universitario" 2022. [En línea]. Available: https://www.javerianacali.edu.co/sites/default/files/2022-02/Protocolo%20de%20Bioseguridad%20y%20Salud_08-02-2022.pdf
- [5] "¿Qué es Lean? Conozca la definición y lea nuestros artículos". HEFLO ES. Accedido el 12 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.heflo.com/es/definiciones/lean/>
- [6] RAE, "calidad | Diccionario de la lengua española". «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Accedido el 12 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://dle.rae.es/calidad>
- [7] "Significado de Stakeholder". En: Significados.com. Disponible en: <https://www.significados.com/stakeholder/> 11 de septiembre de 2023
- [8] R. Ojeda Villagomez, "TOMA DE DECISIONES EN LA ASIGNACIÓN DE PERSONAL HORARIOS DE TRABAJO EMPLEANDO PROGRAMACIÓN LINEAL: EL CASO DE UNA EMPRESA DE ATENCIÓN TELEFÓNICA EN MÉXICO", Investig. Adm., 2015, art. n.º 115.
- [9] C. Ullilen-Marcilla y R. Ullilen-Marcilla, "Análisis de movimientos repetitivos de las extremidades superiores: caso de una industria de alimentos", Laboreal, vol. 18, n.º 1, 2022.
- [10] R. Ignacio Castillo-Villagra, J. Tordoya-Galvez, M. Queupumil-Luza y V. Segovia-Barros, "Propuesta de asignación de personal mediante simulación para una empresa de servicios mineros", vol. XLI, n.º 3, 2020.
- [11] L. C. Tovar, M. E. Echavez y R. J. Martelo, "Diseño e implementación de un sistema de biometría facial para el control de acceso en instituciones de educación superior", ESPACIOS, vol. 41, 2020.
- [12] A. J. Martínez Ayala, S. Ramírez Zavala y M. García Villanueva, "Control de Asistencia Sistematizado con Tarjetas RFID", vol. 14, n.º 7, 2022.
- [13] "¿Qué es y para qué sirven las macros en Excel?". En: Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en: <https://capacitacion.uc.cl/articulos/323-que-es-y-para-que-sirven-las-macos-en-excel>
- [14] "Documentación de Visual Basic". En: Microsoft.com. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/es-es/dotnet/visual-basic/>
- [15] "Microsoft SharePoint". En: techtarget.com. Disponible en: <https://www.techtarget.com/searchcontentmanagement/definition/Microsoft-SharePoint-2016>
- [16] "¿Quién usa AutoCAD y por qué es importante? En: chartercollege.edu. Disponible en: <https://chartercollege.edu/news-hub/who-uses-autocad-and-why-it-important/>
- [17] De Enciclopedia Significados, E. (2015, 1 septiembre). Significado de Interfaz (Qué es, Concepto y Definición). Enciclopedia Significados. <https://www.significados.com/interfaz/>
- [18] Gómez, I. P. y. F. (2017, 24 julio). Matrices: operaciones, propiedades, inversas [Con ejercicios resueltos]. Álgebra y Geometría Analítica. <https://aga.frba.utn.edu.ar/matrices/>
- [19] Elena, D., & Elena, D. (2016, 26 febrero). Depreciación: definición y métodos avalados por el Estándar Internacional - Actualícese. Actualícese |. <https://actualicese.com/depreciacion-definicion-y-metodos-avalados-por-el-estandar-internacional/>

IX. ANEXOS

TABLA X
TABLA DE ANEXOS

No. Anexo	Nombre	Desarrollo (propio o terceros)	Tipo de Archivo (PDF, HTLM, Excel, Word...)
1	2023206 - Anexo 1. Formato de encuesta de satisfacción.	Propio – Equipo del proyecto	PDF
2	2023206 - Anexo 2. Estadísticas de la encuesta de satisfacción.	Propio – Equipo del proyecto	Excel
3	2023206 – Anexo 3. Plan de Recolección de Datos.	Propio – Equipo del proyecto	Excel
4	2023206 – Anexo 4. Recolección de datos.	Propio – Equipo del proyecto	Excel
5	2023206 – Anexo 5. Formato de recolección de datos.	Propio – Equipo del proyecto	PDF
6	2023206 – Anexo 6. Informe de la reunión Grupo Focal.	Propio – Equipo del proyecto	PDF
7	2023206 – Anexo 7. Tabla resumen revisión de literatura.	Propio – Equipo del proyecto	PDF
8	2023206 – Anexo 8. Matriz AHP.	Propio – Equipo del proyecto	Excel
9	2023206 – Anexo 9. Decisión de mejor alternativa.	Propio – Equipo del proyecto	Excel
10	2023206 – Anexo 10. Programación Automatizada.	Propio – Equipo del proyecto	Excel
11	2023206 – Anexo 11. Simulación del proceso base.	Propio – Equipo del proyecto	Arena
12	2023206 – Anexo 12. Simulación del proceso propuesto.	Propio – Equipo del proyecto	Arena
13	2023206 – Anexo 13. Análisis de datos.	Propio – Equipo del proyecto	Excel
14	2023206 – Anexo 14. Manual para la asistente de la administradora del contrato.	Propio – Equipo del proyecto	PDF
15	2023206 – Anexo 15. Manual digital para el operario.	Propio – Equipo del proyecto	PDF
16	2023206 – Anexo 16. Manual impreso para el operario.	Propio – Equipo del proyecto	PDF