



Universidad Nacional del Nordeste  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y  
Agrimensura  
Licenciatura en Sistemas de Información

PROYECTO FINAL DE CARRERA  
Usabilidad en Sistema Web de Reservas

Autor: José Miguel Bordón  
Profesor Orientador: Mgter. Pedro L. Alfonzo  
Profesor Coordinador: Dra. Sonia I. Mariño  
Tribunal examinador: Dra. Sonia I. Mariño  
Lic. Romina Alderete  
Lic. Laura I. Gómez Solís

Año de presentación: 2021

## **Resumen**

El PFC denominado Sistema de Gestión de Aulas y Laboratorios (SGA) propone un sistema web de reservas y se centra en la implementación del atributo de usabilidad en una aplicación web. A efectos de validar la usabilidad se propuso una solución destinada a digitalizar en instituciones educativas los procesos relacionados con la tarea de reserva de aulas o laboratorios en determinados horarios en cada ciclo lectivo y llevar registro de las reservas realizadas. El presente documento describe el sistema a nivel funcional, con el previo análisis de requisitos y su especificación del diseño. Se aplicó el modelo incremental, en tres incrementos: implementación en el sistema de las funcionalidades básicas del software; incorporación de la codificación de los módulos siguiendo las especificaciones funcionales; trabajo con las vistas de la aplicación a fin de optimizar el aspecto de usabilidad. Se codificó mediante una arquitectura de modelo vista controlador, utilizando frameworks de PHP, CSS y Javascript. Se validó el sistema con múltiples usuarios en diferentes dispositivos para realizar mediciones de usabilidad, registrando su interacción. y aplicándose las correcciones necesarias. La propuesta brinda a las instituciones educativas una alternativa superadora de las tareas tradicionales de bedelía mediante un recurso tecnológico centrado en el usuario, que facilita el manejo de la información y produce un considerable ahorro de tiempo y esfuerzos. A futuro, se propone una aplicación móvil que funcione de manera conjunta con el sistema web, como un complemento que permita a los usuarios desempeñar sus tareas más eficientemente al ingresar desde su tablet o teléfono inteligente.

# Índice

Capítulo 1: Introducción .....	8
1.1 Breve estado del arte .....	8
1.1.1 Soluciones de software para reservas de aulas .....	8
1.1.2 Usabilidad y sistemas de reserva .....	8
1.2 Objetivos .....	10
Objetivo general .....	10
Objetivos específicos.....	10
1.3 Fundamentación.....	11
Capítulo 2: Metodología .....	12
2.1 Arquitectura de Software .....	12
2.2 Metodología de gestión de proyecto .....	12
2.2.1 Primer incremento .....	13
2.2.2 Segundo incremento.....	14
2.2.3 Tercer incremento.....	15
Capítulo 3: Herramientas y/o lenguajes de programación .....	17
3.1 Herramientas de seguimiento de proyecto.....	17
3.2 Herramientas de desarrollo .....	17
Capítulo 4: Resultados .....	19
4.1 Aspectos de ética profesional vinculados al proyecto .....	19
4.2 Descripción de la solución tecnológica .....	20
4.2.1 Modelo de datos .....	20
Usuarios .....	20
Aulas y sedes .....	21
Recursos .....	21
Reservas y solicitudes de reserva .....	22
Bedelía .....	23
Configuraciones.....	24

Otras tablas de la base de datos .....	24
4.2.2 Perfiles de usuario .....	25
Usuario visitante .....	28
Usuario administrador .....	29
Usuario directivo .....	29
Usuario bedel .....	29
Usuario docente .....	29
4.2.3 Descripción de funcionalidades .....	29
A) Solicitud de usuario docente .....	30
B) Búsqueda de aulas y horarios .....	30
B1) Filtrar aulas y laboratorios .....	30
B2) Horarios de aulas y laboratorios por semana .....	31
B3) Horarios de aulas y laboratorios por día .....	32
C) Solicitud de reserva de aula o laboratorio .....	33
D) Reserva directa .....	33
E) Inicio de sesión .....	34
F) Administrar perfil .....	34
G) Listado de reservas personales .....	34
H) Confirmación de reserva de aula .....	34
I) Registro de docente .....	34
J) Confirmación de usuarios docentes .....	35
K) Autoasignación .....	35
L) Configuración de código para nuevos docentes .....	35
M) Configuración de ciclo .....	36
N) Alta, baja y modificaciones de usuarios directivos .....	36
O) Copia de seguridad .....	36
P) Alta, baja y modificaciones de usuarios bedeles .....	36
Q) Alta, baja y modificaciones de aulas y laboratorios .....	37
R) Alta, baja y modificaciones de sedes .....	37

S) Alta, baja y modificaciones de directivos .....	38
T) Reinicio de ciclo .....	38
U) Finalización de modo de autoasignación.....	38
V) Mensajería .....	39
4.3 Usabilidad en el Sistema de Reservas .....	39
4.3.1 Diseño centrado en usabilidad – Primera parte .....	40
Formularios.....	40
Selección de colores.....	42
Manejo de páginas extensas .....	44
Accesibilidad por teclado .....	45
Usabilidad en dispositivos móviles.....	46
Diseño de menús y barras de navegación .....	48
4.3.2 Verificación de usabilidad .....	50
Análisis de tiempo de carga con GTMetrix.....	51
Prueba de rendimiento, accesibilidad y buenas prácticas con Lighthouse ..	53
Prueba de optimización para móviles con Bing.....	55
4.3.3 Encuesta de usabilidad.....	55
4.3.4 Diseño centrado en usabilidad – Segunda parte.....	57
Ayuda y guía de usuario .....	57
Diálogos de confirmación.....	62
Anexo I: Encuesta de usabilidad .....	68
Referencias.....	71

# Índice de figuras

Fig. 1 – Diagrama del patrón Modelo Vista Controlador	12
Fig. 2 – Modelo incremental	13
Fig. 3 – Tablas de usuario y persona	21
Fig. 4 – Tablas de aula y edificio	21
Fig. 5 – Dependencia entre aulas y recursos	22
Fig. 6 – Tabla de reservas y sus dependencias	23
Fig. 7 – Modelo de bedeles	24
Fig. 8 – Diagrama de casos de uso para docentes, visitantes y bedeles	27
Fig. 9 – Diagrama de casos de uso para directivos y administradores	28
Fig. 10 – Panel de selección	30
Fig. 11 – Cuadrícula de horarios	32
Fig. 12 – Formulario de reserva directa	33
Fig. 13 – Formulario para nuevo bedel	37
Fig. 14 – Sistema de mensajería de SGA	39
Fig. 15 – Formulario de inicio de sesión en pantalla amplia	40
Fig. 16 – Formulario de inicio de sesión en dispositivo móvil	41
Fig. 17 – Formulario de nueva aula	41
Fig. 18 – Presentación de errores en formulario	42
Fig. 19 – WCAG Contrast Checker en pantalla principal	43
Fig. 20 – Ejecución de WCAG Contrast Checker en pantalla de reservas	43
Fig. 21 – Buscador en listado de docentes	44
Fig. 22 – Botón de Back-to-top en listado de docentes	44
Fig. 23 – Navegación por teclado en pantalla de reservas	45
Fig. 24 – Formulario de inicio de sesión (escritorio)	46
Fig. 25 – Formulario de inicio de sesión (móvil)	47
Fig. 26 – Desplazamiento horizontal en tabla de Aulas	48
Fig. 27 – Barra de navegación en SGA	49
Fig. 28 – Panel de navegación lateral (administrador)	49
Fig. 29 – Panel lateral en dispositivos móviles	50
Fig. 30 – Análisis de GTMetrix en la página de reservas	52
Fig. 31 – Análisis de Lighthouse en formulario de Inicio de Sesión	54
Fig. 32 – Prueba Mobile-Friendly de Bing en pantalla principal	55
Fig. 33 – Pantalla principal de Guía de usuario para usuario administrador	58
Fig. 34 – Sección de ayuda de selección de aulas y laboratorios	59
Fig. 35 – Sección de preguntas frecuentes	62
Fig. 36 – Diálogo de confirmación en cambio de ciclo	63
Fig. 37 – Diálogo de confirmación para rechazar solicitudes de reserva	64
Fig. 38 – Ejemplo de mensaje de notificación de solicitud rechazada	65

## Índice de tablas

<i>Tabla 1 - Herramientas de pruebas y validación .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2 – Perfiles de usuario.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3 - Métodos de evaluación de usabilidad .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 4 - Resultados de análisis con GMetrix .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 5 – Resultados de análisis de Lighthouse.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 6 – Encuesta de usabilidad .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 7 – Anexo I: Resultados de preguntas de opción múltiple .....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 8 – Anexo I: Resultados de preguntas dicotómicas de sí/no.....</i>	<i>70</i>

# Capítulo 1: Introducción

## 1.1 Breve estado del arte

### 1.1.1 Soluciones de software para reservas de aulas

La distribución de las aulas y los horarios en instituciones educativas siempre fue una tarea que conlleva al gasto de muchos recursos, en concepto de tiempo y registro manual que complete todos los requerimientos. Es por esto que desde hace años existen múltiples estudios sobre soluciones informáticas para automatizar y optimizar este tipo de procesos, por lo que abordar este problema no es precisamente una novedad.

Se pueden mencionar como antecedentes, trabajos sobre la organización de horarios de clase utilizando diversos enfoques. Entre ellos pueden mencionarse el de modelado gráfico de colores mediante algoritmos de coloración de grafos [1] o el enfoque de programación lineal en enteros (IPL) [2].

Más recientemente, se desarrollaron trabajos centrados en la implementación de un sistema para reservas de espacios y asignación de cargas horarias en una universidad. Por ejemplo, [3], sistema web para la reserva de instalaciones, aún adicionales como zona de piscina o extensión deportiva y [4], sobre una aplicación de escritorio para balanceo de carga horaria entre aulas.

### 1.1.2 Usabilidad y sistemas de reserva

Las aplicaciones web están creciendo rápidamente en número y complejidad, convirtiéndose en un estándar de aplicaciones distribuidas que requieren interacción humana. Una aplicación de calidad no es solamente un sistema libre de errores de código [5]. Los usuarios visitan una gran variedad de sitios web y si encuentran información útil, organizada de manera que facilite el acceso y la navegación en un diseño bien estructurado, es más probable que vuelvan a visitarlos.

A la hora del desarrollo de cualquier sistema de software, facilitar la realización de las tareas a los usuarios puede ser un factor decisivo para el éxito o el fracaso del mismo. Por esta cuestión, el estudio de usabilidad cobra un papel muy importante en el desempeño del software como solución a problemas de los seres humanos.

Frecuentemente se confunde a la usabilidad con estética de interfaz o facilidad de uso. La norma internacional ISO 9241-11 [6] hace referencia a la usabilidad centrándose en mayor medida en lo referente a la interacción entre el usuario y un sistema y ofrece una definición de su contenido y alcance:



“La Usabilidad se refiere al grado en que un producto puede ser usado por usuarios específicos para conseguir metas específicas con efectividad, eficiencia y satisfacción dado un contexto específico de uso”.

Por ende, la usabilidad de un sistema no se mide únicamente por la calidad de su interfaz y su practicidad, lo cual es una confusión bastante frecuente. Es relevante tanto para los usuarios regulares, para poder alcanzar sus objetivos y completar sus tareas en un sistema de software, como también para los usuarios menos frecuentes, para que se desempeñen eficazmente cada vez que utilicen la aplicación. Y también es relevante para los nuevos usuarios, para quienes el nivel de usabilidad determina la dificultad del aprendizaje para desempeñar tareas. Un programa que dispone de un alto nivel de usabilidad minimiza los riesgos al reducir la posibilidad de errores del usuario.

La evaluación es clave para asegurar la calidad de un sistema de software. Y para ser efectiva, una evaluación debe apoyarse en adecuados y validados criterios de usabilidad [7]. Estos criterios se basan en los atributos que componen a la usabilidad: la facilidad de aprendizaje, la eficiencia del usuario utilizando la interfaz, la memorabilidad, la minimización de errores, la satisfacción del usuario y la accesibilidad.

Una de las mayores dificultades relacionadas a la usabilidad en sistemas de software es su medición. Según Norman Nielsen Group, el mayor referente actual sobre usabilidad en aplicaciones en línea, existen métricas para la usabilidad en sistemas web, pero estas son raramente utilizadas debido a la tendencia de las organizaciones de no invertir suficientes recursos en usabilidad [8]. Entonces se llega a la pregunta: ¿cómo se determina el nivel de usabilidad de una aplicación web? Para responderla, puede remitirse a una gran variedad de estudios sobre el tema. Algunos autores proponen separar los mecanismos de medición dentro de tres grupos diferentes [9], llamados métodos de inspección, métodos de indagación o tests de usabilidad.

En relación con los sistemas de reservas web, pueden referenciarse investigaciones sobre usabilidad vinculadas directamente con el modelo de servicio. Según autores referentes, un tratamiento inadecuado de datos temporales acarrea un potencial considerable de desmotivación del usuario, resultando en abortar una reserva planeada, impactando negativamente en la usabilidad del sistema al reducir eficiencia del usuario para concretar tareas [10]. En el trabajo referenciado, esta condición se aplica a un caso de estudio de reservas de vuelos en sistemas de empresas de gran magnitud.

También existen estudios de usabilidad en otros sistemas de reserva en línea [11]. Una aplicación web de reservas es un servicio envolvente, que requiere que el usuario realice una extensa búsqueda de información como parte de un proceso de toma de decisión. Esta oportunidad de acceso de información hace que las reservas online sean uno de los servicios principales promovidas en Internet. El modo en el que se presente

esta gran cantidad de información al usuario y la facilidad que disponga el mismo para recorrerla y compararla es crucial para un correcto desempeño al momento de tomar decisiones.

Un factor muy importante que tiene un impacto directo en la usabilidad de una aplicación en línea es su optimización para dispositivos móviles. El acceso a la web desde este tipo de dispositivos se convirtió en uno de los principales métodos para interactuar con aplicaciones en línea. Un estudio realizado por Certisur [12] denota que en Argentina el 59% de los usuarios se conecta a Internet a través de su teléfono celular, y un 7% utilizando dispositivos medianos como tablets. Para que un sistema web sea usable es esencial que pueda visualizarse y desenvolverse correctamente en este tipo de dispositivos. Debemos adaptar las aplicaciones a las limitaciones y a las ventajas que éstos nos presentan: su pantalla reducida, panel táctil, conectividad, entre otros [13].

Nielsen propone una serie de heurísticas de usabilidad definidas para sitios web, tomadas como referencia ampliamente por la comunidad. Una de las más importantes es la décima [14], sobre ayuda y documentación:

“Aunque es preferible que el sistema pueda ser usado sin documentación, puede ser necesario proveer ayuda y documentación. Cualquier información de este tipo debe ser fácil de buscar, dirigida a las tareas del usuario, con una lista concreta de pasos y no debe ser muy extensa”.

Una aplicación web debe ofrecer un equilibrio entre ayuda proactiva (antes de encontrarse con un problema) y reactiva (documentación y tutoriales accesibles en caso de encontrarse con una dificultad). La ayuda y la documentación son elementos importantes de la experiencia de usuario. Son generalmente necesarios, y deben ser claros y precisos. A la hora del diseño de un sistema web, debe anticiparse el momento que los usuarios necesitarán ayuda y proveer la información relevante para brindar soporte.

## 1.2 Objetivos

### Objetivo general

Profundizar los conocimientos en usabilidad de software y validarlos en el diseño y desarrollo de un sistema web de reservas de recursos de aulas y laboratorios para una institución educativa.

### Objetivos específicos

- 1) Comprender las bases teóricas necesarias para aumentar la usabilidad en una aplicación de Modelo Vista-Controlador.

2) Desarrollar un sistema web adaptable para una amplia cantidad de terminales de diferentes resoluciones y capacidades de procesamiento. Esta aplicación se denominará Sistema de Gestión de Aulas y Laboratorios, y a lo largo de este trabajo se referirá al mismo de esta manera o con el acrónimo SGA.

3) Aplicar en el sistema mencionado mejoras específicas hasta alcanzar una aplicación con un alto grado de usabilidad.

### 1.3 Fundamentación

Desde lo disciplinar este proyecto permitirá profundizar conocimientos en técnicas de usabilidad, desarrollo de aplicaciones web y aplicaciones dirigidas por eventos.

En muchas instituciones educativas la reserva de espacios destinados a clases en los distintos horarios está generalmente a cargo de una o dos personas, que llevan los registros correspondientes utilizando planillas, pizarras, etc. Esto genera problemas en la organización, tanto porque demanda esfuerzos y tiempos de más como por los posibles errores humanos propios de esa modalidad. El presente proyecto busca automatizar esos procesos mediante el desarrollo de una aplicación web, de fácil acceso y manejo, desde el cual los usuarios realicen las reservas en cada ciclo lectivo.

La consideración de la usabilidad del software como una cualidad importante en el desarrollo de aplicaciones, ha crecido notablemente en los últimos años, porque los sistemas de software son utilizados cada vez más por personas no familiarizadas con las aplicaciones informáticas.

Por lo expuesto esta solución se caracteriza por implementar en la versión final las cuestiones de usabilidad detectas a partir de la intervención de los usuarios que contribuyeron en la mejora del desarrollo que se describe.

## Capítulo 2: Metodología

En este capítulo se presenta la metodología de trabajo utilizada y las fases en que se dividió su desarrollo, describiendo los medios utilizados en cada una de ellas.

### 2.1 Arquitectura de Software

Para la codificación, el sistema fue realizado en su totalidad siguiendo el patrón arquitectural Modelo Vista Controlador (MVC). El mismo es muy adecuado para sistemas dirigidos por eventos. Se separan los datos de una aplicación de su parte visual y de su base de datos, facilitando el mantenimiento y la reusabilidad. [15] En Fig. 1 se aprecian los tres elementos de patrón de diseño y cómo interactúan.

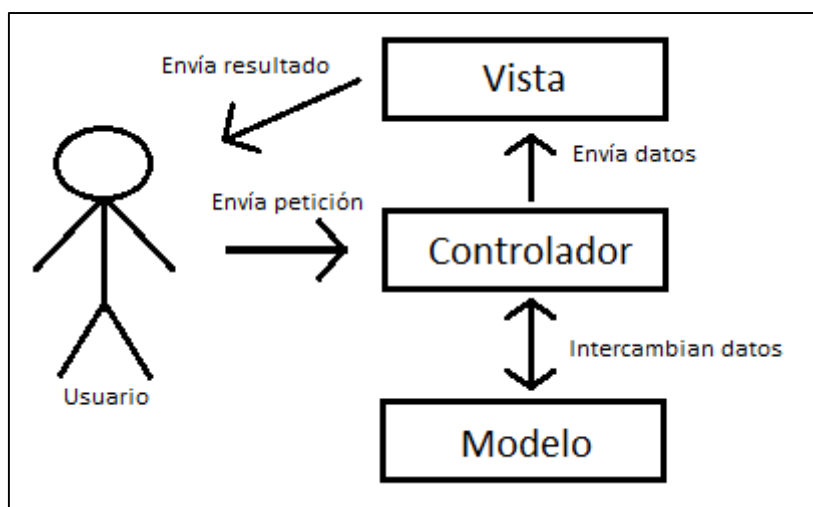


Fig. 1 – Diagrama del patrón Modelo Vista Controlador

Fuente: elaboración propia a partir de [15]

El Modelo Vista Controlador ya tiene varias décadas y fue creado incluso antes de la aparición de la Web. No obstante, en los últimos años ha ganado mucha fuerza y seguidores gracias a la aparición de numerosos frameworks de desarrollo web que utilizan el patrón MVC como modelo para la arquitectura de las aplicaciones web. Los frameworks empleados para el desarrollo se describen en el capítulo 3.

### 2.2 Metodología de gestión de proyecto

El proyecto fue planificado siguiendo una metodología de desarrollo incremental. La misma permite tener versiones parciales funcionales del software para realizar las pruebas pertinentes, y facilita la medición del progreso entre las versiones disponibles para ajustarse al cronograma establecido [16].

En esta estrategia, cada versión parcial funcional de software se denomina incremento. El producto de software va evolucionando en cada una de estas versiones, hasta ajustarse al sistema requerido.

El modelo incremental presenta ciertas limitaciones en el desarrollo de sistemas de tiempo real o de alto índice de riesgo, al requerir un nivel alto de planeación administrativa y técnica. No obstante, se ajusta bastante bien a esta planificación de un sistema con transacciones asíncrono, en el cual las especificaciones del sistema no tuvieron tendencias a cambiar durante la fase de desarrollo.

El modelo de desarrollo incremental cuenta con dos etapas [17]:

1. Etapa de inicialización: se crea una primera versión del Sistema, con el que el usuario pueda interactuar y retroalimentar el proceso. Se corresponde con una muestra de los aspectos claves del problema y provee una solución lo suficientemente simple para ser comprendida e implementada fácilmente. Esta primera versión se corresponde con el primer incremento.
2. Etapa de iteración: implica el rediseño e implementación de sucesivas versiones del sistema. El análisis de una iteración se basa en la retroalimentación del usuario y en el análisis de las funcionalidades disponibles del programa.

Se presenta un gráfico de las etapas del modelo incremental en Fig. 2.

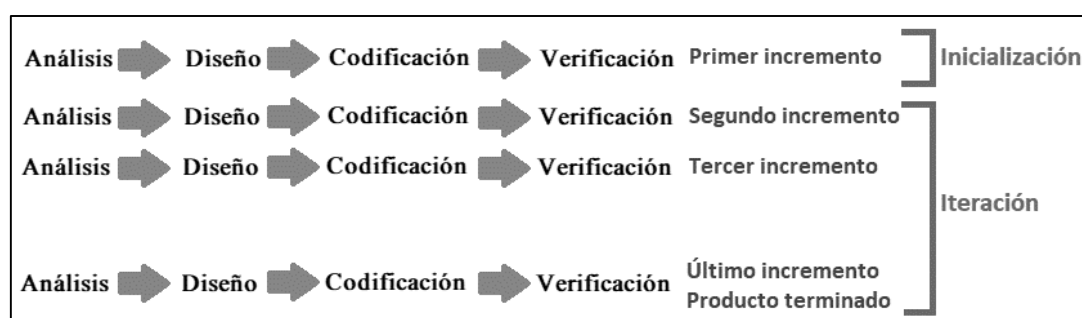


Fig. 2 – Modelo incremental

Fuente: elaboración propia a partir de [17]

En la planificación de proyecto del Sistema de Gestión de Aulas y Laboratorios, se generó un plan de tres incrementos, que se describe a continuación.

### 2.2.1 Primer incremento

En el desarrollo incremental, el primer incremento contiene las funcionalidades básicas de un software, denominado a veces como el “núcleo” del producto. El mismo es actualizado cuando hay una nueva funcionalidad, y ésta se construye sobre el producto núcleo. Este proceso se repite hasta que el software es desarrollado en su totalidad [13].

En su primera versión entregable, en el sistema de Gestión de Aulas se realizaron las siguientes tareas:

1. Codificación de la base de datos.
2. Codificación de los modelos.
3. Codificación de las primeras vistas para permitir la alta y baja de datos

Los modelos conforman la parte del sistema encargada de manipular directamente los datos. Por lo tanto, contendrá aquellos submódulos/clases necesarios para acceder, mostrar o refrescar dicha información [15].

Con la finalización del primer incremento, en el sistema estaban implementadas las siguientes funciones:

1. Inicio de sesión con un único perfil de usuario.
2. Funciones en los modelos para realizar altas, bajas y modificaciones en la base de datos para los siguientes:
  - a. Sedes de la institución.
  - b. Recursos de la institución.
  - c. Aulas de la institución.
  - d. Personal docente y no docente.
  - e. Carreras.

### 2.2.2 Segundo incremento

En su segunda versión entregable, en el sistema de Gestión de Aulas se incorporó la codificación de los módulos siguiendo las especificaciones funcionales. Esto quiere decir que fueron implementados los componentes de software necesarios para que todas las funciones del sistema estén disponibles, lo que requirió casi en su totalidad trabajar sobre controladores. Un controlador es un nexo de conexión entre los modelos y las vistas [15].

Sumándose a las ya existentes, se codificaron los controladores necesarios para incorporar al sistema las siguientes funcionalidades:

1. Inicio de sesión con tres nuevos perfiles de usuario.
2. Sistema transaccional para las reservas y sus confirmaciones.
3. Informes sobre la utilización de los recursos y la actividad de los usuarios.
4. Herramientas para visualizar horarios de clases.
5. Gestión de calendario académico.
6. Operaciones para configurar ciclos lectivos.
7. Definiciones de códigos para la autogestión de nuevos usuarios.
8. Sistema de mensajería interna.

Con la finalización del segundo incremento, las funcionalidades del sistema se encontraban prácticamente implementadas en su totalidad.

### 2.2.3 Tercer incremento

En su tercera y última versión entregable, se trabajó principalmente con las vistas de la aplicación a fin de optimizar el aspecto de usabilidad. Las vistas son aquellos componentes con la tarea de materializar las interfaces del usuario [15], de modo que son las más relacionadas con la usabilidad dentro del patrón Modelo Vista Controlador.

En este último incremento se realizaron las siguientes modificaciones:

1. Reorganización de menús.
2. Eliminación de ventanas y otros elementos emergentes que puedan dificultar la navegación.
3. Reestructuración de formularios: Norman Nielsen Group presenta una serie de pautas para mejorar la usabilidad en todos los formularios [18], que fueron aplicadas en las vistas de la aplicación.
4. Implementación de buscadores y verificación de paginación en listados.
5. Elección de una paleta de colores: se debe prestar atención al aspecto de la usabilidad percibida, lo que incluye a los colores utilizados en el diseño de la interfaz [19]. Se utilizaron herramientas para probar la visibilidad, el contraste y la armonía de los colores. Todos estos aspectos fueron tratados de acuerdo a las convenciones de la Guía de Accesibilidad de Contenido Web de W3C [20], que es la mayor comunidad internacional referente de estándares web.
6. Verificación de accesibilidad por teclado: existen múltiples razones de por qué un usuario no preferiría o no podría utilizar un mouse [21]. Se verificó que cada elemento del sitio web pueda ser accedido utilizando únicamente un teclado.
7. Revisión de etiquetas: utilización de herramientas de prueba para verificar el orden correcto de jerarquía de etiquetas en el hipertexto de todas las vistas. Una correcta estructura en el hipertexto incrementa la usabilidad del sitio al presentar al usuario información más organizada, y los buscadores como Google utilizan las etiquetas para indexar el contenido y estructura de las páginas.
8. Revisión de usabilidad en dispositivos móviles: Si un sitio web no está optimizado para ser “mobile-friendly” (adaptado para dispositivos móviles), puede presentarse la aparición de texto ilegible, navegación obstruida o contenido sobrepasando el tamaño de la pantalla, lo que puede conducir a la frustración del usuario y un gran impacto negativo a la usabilidad del sistema [22]. Se utilizaron herramientas para verificar que la aplicación se visualiza y puede

utilizarse correctamente en dispositivos móviles en función de las resoluciones de pantalla disponibles en el mercado.

9. Revisión de atributos de desempeño vinculados a la usabilidad: para que un sitio web sea usable, no basta solo con verificar la interfaz de usuario. Si el sitio tiene un tiempo de carga muy elevado, el usuario tenderá a abandonar un sistema [23]. Se verificó mediante el uso de diversas herramientas que el sistema cuente con tiempos de carga de contenidos y de scripts aceptables, y un manejo adecuado de memoria caché entre otras características relacionadas al rendimiento del sistema.
10. Realización de una encuesta de usabilidad: para obtener datos específicos sobre la usabilidad de un sistema, una de las maneras más adecuadas es la realización de pruebas de seguimiento de los usuarios en la aplicación [23]. Se realizó una encuesta para realizar una medición de usabilidad en el sistema.
11. Implementación de modificaciones a partir de los resultados obtenidos en la encuesta previamente mencionada.



## Capítulo 3: Herramientas y/o lenguajes de programación

### 3.1 Herramientas de seguimiento de proyecto

Se utilizó Enterprise Architect: Edición Profesional [24] como una única herramienta para el seguimiento del proyecto. Su licencia es de software propietario. La misma permite realizar modelado de sistemas, desde el análisis de requisitos hasta el despliegue de una aplicación. Incluye también un soporte para bases de datos, que se enlaza directamente con un motor para mantener el proyecto actualizado frente a alteraciones en el modelo de datos.

### 3.2 Herramientas de desarrollo

La aplicación fue desarrollada en su totalidad mediante la herramienta Codeigniter [25]. La misma consiste en un framework para desarrollo de aplicaciones de Modelo Vista Controlador en lenguaje PHP, bajo licencia MIT. Contiene una extensa librería de funciones para desarrollo de una aplicación web y para generar su documentación.

La base de datos se implementó en un motor MYSQL [26], bajo licencia GPL. Se eligió ésta por ser una solución rápida y gratuita, con pocos requerimientos de memoria. Para administrar la base de datos se utilizó la herramienta de software libre phpMyAdmin [27], que permite manejar una base de datos MYSQL de forma práctica desde un navegador web.

Los elementos de front-end fueron realizados en su mayor parte mediante la utilización del framework Bootstrap [28]. El mismo se corresponde con una amplia biblioteca de herramientas para diseño de sitios y aplicaciones web, de código abierto.

Para las pruebas de verificación de código y pruebas de diferentes atributos del sistema, se requirió del uso de herramientas adicionales. Las mismas se presentan en Tabla 1.

Tabla 1 - Herramientas de pruebas y validación

Herramienta	Licencia	Descripción
W3C Markup Validation Service [29]	MIT	Herramienta de validación de hipertexto de W3C. Permite detectar errores y malas prácticas en el lenguaje HTML
W3C CSS Validation Service [30]	MIT	Herramienta de validación de código CSS de W3C. Permite detectar errores y malas prácticas en las hojas de estilo en CSS

Herramienta	Licencia	Descripción
Microsoft Bing Mobile Friendly Test [31]	MIT	Servicio de Microsoft para verificar si una página web se visualiza correctamente en dispositivos web
Mozilla Observatory [32]	Open Source	Herramienta en línea para encontrar vulnerabilidades de seguridad en un sitio web
WCAG Contrast Checker [33]	Open source	Herramienta que verifica el contraste de colores en un sitio web, determinando si se encuentran acordes a las especificaciones de W3C
GTmetrix [34]	MIT	Herramienta en línea que analiza el rendimiento de un sitio web en cuanto a su tiempo de carga
Lighthouse [35]	Open source	Herramienta automatizada de Google para realizar mediciones de diversos atributos de calidad de sitios web

## Capítulo 4: Resultados

### 4.1 Aspectos de ética profesional vinculados al proyecto

El sistema desarrollado manipula un número de datos reducido de los usuarios: cada persona debe ingresar únicamente nombres, apellido y correo electrónico para su registro en el sistema. La veracidad de las cuentas se controla mediante un código que manipula un usuario administrador, que determina las claves de acceso con la finalidad de evitar que se registren cuentas falsas.

Según la definición presentada en la Ley 25.326 PROTECCION DE LOS DATOS PERSONALES<sup>1</sup>, se define dato sensible como:

“Datos personales que revelan origen racial y étnico, opiniones políticas, convicciones religiosas, filosóficas o morales, afiliación sindical e información referente a la salud o a la vida sexual.”

Ningún dato que se manipula en el SGA es de carácter sensible ni vinculado a datos de salud, por lo que no será necesario tener en cuenta ningún artículo acerca estos tipos de datos.

El desempeño del sistema se centra en una institución física específica que opera en un mismo país, por lo que no se tomarán en cuenta artículos sobre transferencias de datos internacionales.

Se prestó especial atención a los artículos referidos a los demás conceptos: datos personales, usuarios, responsables de archivos, etc.

Se procede a enumerar algunos de los artículos que condicionan al SGA directamente y el modo en que lo hacen:

#### **ARTICULO 3° — (Archivos de datos – Licitud).**

Los datos de las tablas de usuarios y de personas de SGA (nombres y apellidos, correos electrónicos, números de teléfono) no serán utilizados para otra finalidad además de la referente a la actividad del sistema. Las demás tablas no tienen información privada que pueda ser empleada de forma malintencionada contra los usuarios.

#### **ARTICULO 4° — (Calidad de los datos)**

La recolección de los datos de usuario es realizada a través de formularios que son completados por ellos mismos. Un usuario puede acceder a sus datos de su perfil en cualquier momento si lo desea, y se presenta la opción de eliminar a un usuario si este lo requiere en caso abandone la institución.

---

<sup>1</sup> Ley 25.326 de Protección de Datos personales. Sancionada Octubre 4 de 2000

## **ARTICULO 9° — (Seguridad de los datos)**

La seguridad es una pieza clave en cualquier aplicación web que utilice una Base de datos. La aplicación SGA fue testeada con sistemas de verificación de buenas prácticas de seguridad como se mencionó en el capítulo 3.2, a fin de reducir la vulnerabilidad ante ataques o accesos no permitidos. Esto se denomina Seguridad a nivel de Aplicación Web [36]. La seguridad en otros niveles va a depender del servicio de hosting donde se vaya a desplegar la aplicación, y no es un tema a tratar en este trabajo.

## **ARTICULO 13. — (Derecho de Información) y ARTICULO 14. — (Derecho de acceso)**

Los usuarios registrados del SGA pueden solicitar sus datos personales desde la aplicación en cualquier momento.

## **ARTICULO 16. — (Derecho de rectificación, actualización o supresión)**

El SGA permite a los usuarios registrados solicitar cambios en sus datos de ser necesario.

## 4.2 Descripción de la solución tecnológica

### 4.2.1 Modelo de datos

Como se mencionó anteriormente, la base de datos fue implementada en un motor MYSQL. Se presentarán imágenes sobre relaciones importantes entre ciertas tablas, obtenidas directamente del diseñador de la herramienta phpMyAdmin.

### *Usuarios*

Cada usuario en el sistema se corresponde con una persona específica, como se puede apreciar en Fig. 3. El campo *perfil* determina el rol del usuario en el sistema, siendo los antes mencionados, cada uno con un código particular:

1. Usuario administrador
2. Usuario docente
3. Usuario bedel
4. Usuario directivo

El valor del campo perfil permite filtrar las diferentes funciones otorgadas a cada usuario dentro de todo el sistema. Un usuario visitante no tiene asignado un usuario registrado en la base de datos, por lo que no es necesario definir ese perfil en el modelado de datos.

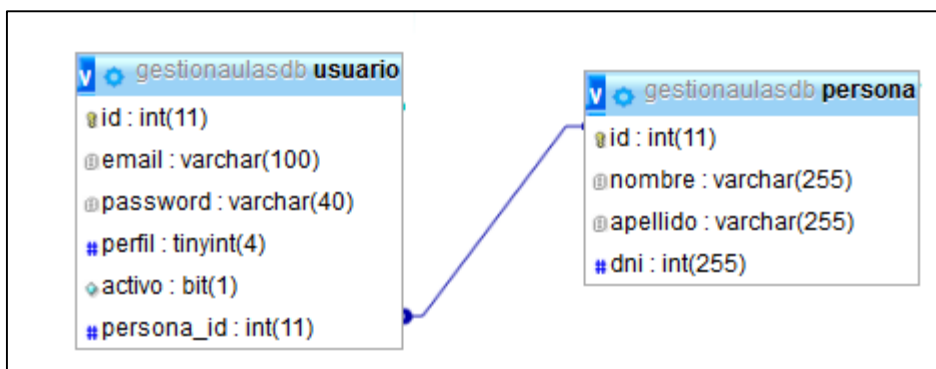


Fig. 3 – Tablas de usuario y persona

Fuente: elaboración propia

### Aulas y sedes

Para distinguir las aulas de los laboratorios, se utiliza el valor del campo *tipo*, lo que permite filtrar entre ambos (ver Fig. 4). Esta tabla también contiene características importantes del aula, como ser:

1. Sede o edificio al cual pertenece. A lo largo de este trabajo se usará de manera indistinta cualquiera de los dos términos.
2. Capacidad: número de alumnos que puede contener
3. Piso: número correspondiente a la planta en la que se encuentra el aula en las instalaciones. El número 0 representa la planta baja.

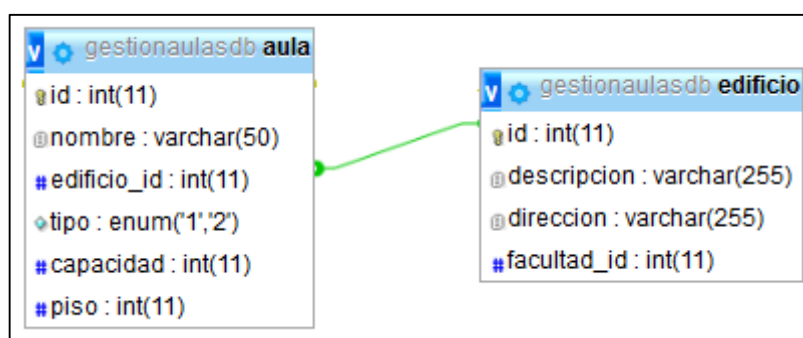


Fig. 4 – Tablas de aula y edificio

Fuente: elaboración propia

### Recursos

Los recursos son los elementos útiles disponibles en las aulas y los laboratorios. Representan la característica más importante a la hora de filtrar las aulas, ya que su disponibilidad o no disponibilidad será determinante para la elección de un aula determinada. El sistema contiene por defecto los siguientes recursos pre-cargados, siendo los más frecuentes en establecimientos educativos:

1. Proyector
2. Equipo de sonido
3. Computadoras
4. Micrófono
5. Televisor
6. Aire acondicionado

Un usuario administrador puede modificar, añadir o quitar estos recursos de ser necesario.

Para determinar qué recursos dispone cada aula, se utiliza una tabla intermedia llamada AulaRecurso, que contiene también la cantidad que el aula dispone de ese recurso en particular. La relación entre estas tablas se aprecia en Fig. 5.

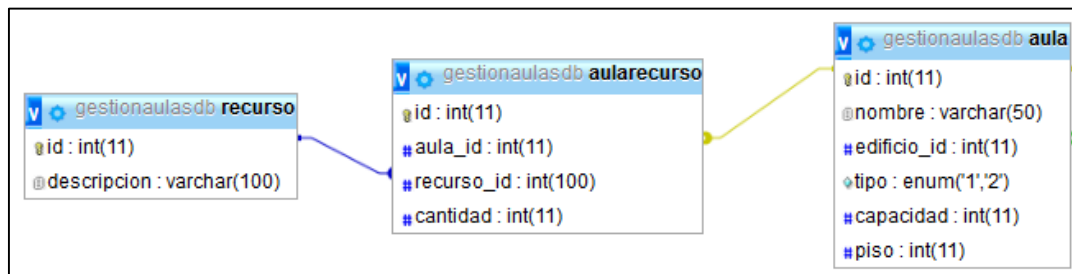


Fig. 5 – Dependencia entre aulas y recursos

Fuente: elaboración propia

### *Reservas y solicitudes de reserva*

Es la tabla más importante del SGA. Contiene todos los datos pertinentes a una reserva de un aula, incluyendo:

1. El aula correspondiente
2. La carrera
3. La asignatura
4. La fecha y hora
5. Docente a cargo de la reserva

El campo *docente* en reserva es una cadena de caracteres, para brindar la opción de que un bedel registre una reserva para un docente que aún no cuenta con un usuario, o en caso de que se realice algún evento especial en la institución. Si la reserva corresponde con un docente registrado, esa relación se encuentra reflejada en la tabla intermedia *reservadocente*, como se puede apreciar en Fig. 6.

Una solicitud de reserva corresponde al pedido de un docente de disponer de un aula en un horario determinado. Esta solicitud debe ser confirmada por un usuario bedel para poder registrarse.

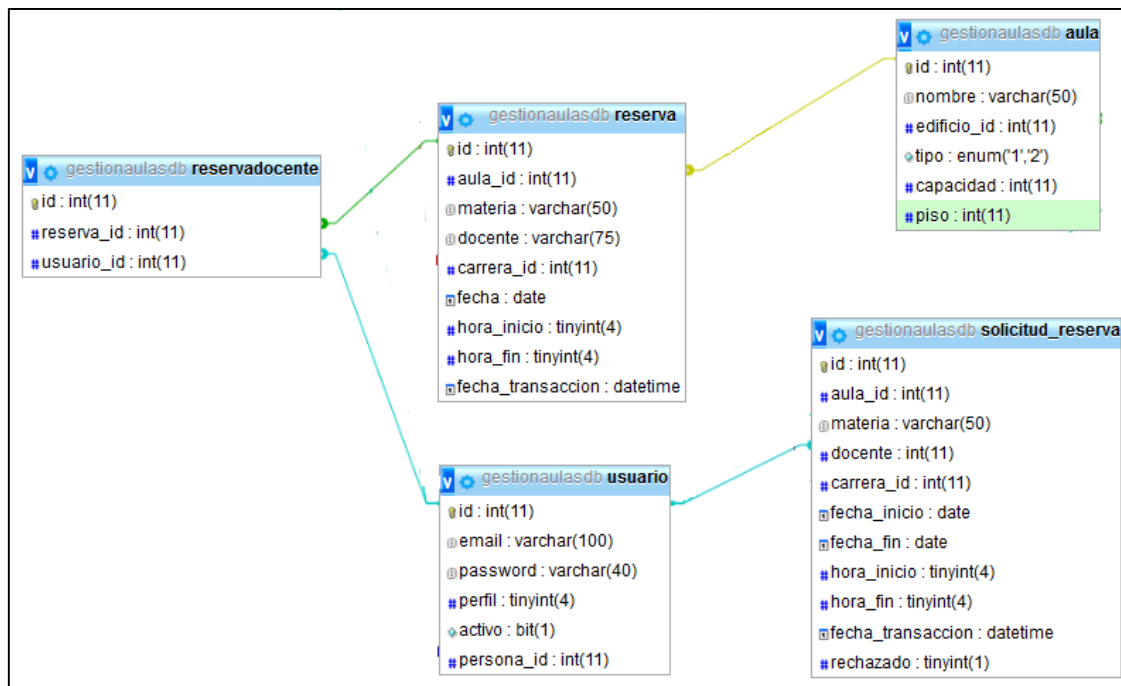


Fig. 6 – Tabla de reservas y sus dependencias

Fuente: elaboración propia

### Bedelía

Los usuarios de tipo bedel se corresponden con una sola sede de la institución educativa, por lo que esa condición se debe reflejar en la base de datos. Esto permite que ciertas tareas se les asignen en función del establecimiento en el cual desarrollan sus tareas.

Para lograr esto, se utiliza la tabla intermedia *FacultadBedel*, que se puede ver en Fig. 7.

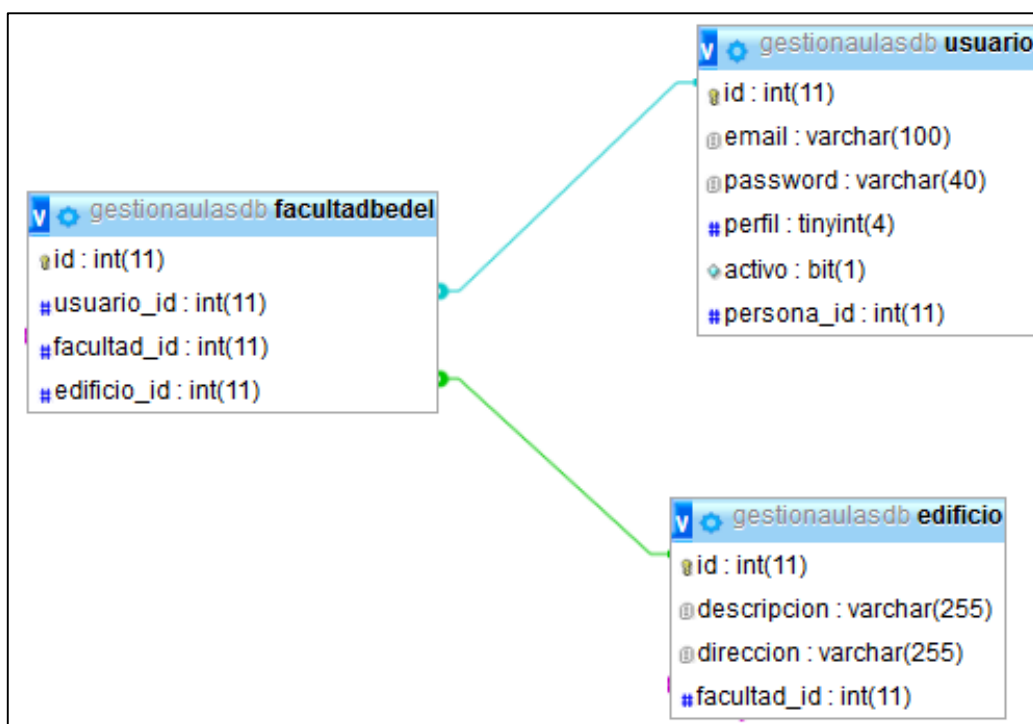


Fig. 7 – Modelo de bedeles

Fuente: elaboración propia

### Configuraciones

Las variables de configuración globales de la aplicación se almacenan en una tabla llamada *configuración*, en un esquema de clave-valor de cadenas de caracteres. Las más importantes son:

- inicio\_ciclo\_lectivo y fin\_ciclo\_lectivo: indican las fechas dónde comienza y finaliza el ciclo lectivo actual en la institución, respectivamente. Las mismas condicionan a las fechas en las cuales se pueden registrar o no reservas.
- hora\_inicio\_clases y hora\_fin\_clases: indican el horario en que se desarrollan las actividades de cada día en la institución. No se pueden realizar reservas de aulas que no estén dentro del rango horario determinado por estas dos variables.
- modo\_autoasignacion: indica si el sistema se encuentra o no en el modo de autoasignación, estado que permite a los docentes volver a solicitar los mismos horarios de que disponían en el ciclo lectivo anterior al inicio de uno nuevo. La finalidad de este estado es el de ahorrar tiempo, al no ser necesario volver a cargar los datos si el docente desea mantenerlos en el nuevo ciclo lectivo.

### Otras tablas de la base de datos

Entre las tablas restantes necesarias para el funcionamiento de la aplicación, las más importantes son las siguientes:



- temporal\_reservadocente: almacena de forma temporal ciertas reservas para realizar ciertas operaciones.

La utilidad de esta tabla se especifica más adelante en el apartado 4.2.3.

- mensaje: entidad básica para el sistema de mensajería interna del sistema. Contiene un mensaje, un emisor, un receptor, fecha y hora de envío y variables de control para determinar si el mensaje fue leído. Los mensajes se eliminan automáticamente luego de un año mediante un disparador.
- solicitud\_usuario: contiene registros correspondientes a docentes solicitando ser aceptados en el sistema por un usuario bedel.

#### 4.2.2 Perfiles de usuario

Como se mencionó anteriormente, se definieron cinco perfiles de usuario cuyas funcionalidades se reflejan en Tabla 2.

Las operaciones mencionadas para las aulas se aplican de igual manera a los laboratorios, por lo que se usará el término “aula” para referirse tanto a aulas como a laboratorios en forma indistinta, a menos que se especifique explícitamente lo contrario.

Tabla 2 – Perfiles de usuario

Perfil	Funciones
Administrador	<p>Inicio de sesión</p> <p>Alta, baja y modificaciones de sedes</p> <p>Alta, baja y modificaciones de recursos</p> <p>Alta, baja y modificaciones de aulas</p> <p>Alta, baja y modificaciones de usuarios directivos</p> <p>Alta, baja y modificaciones de usuarios bedeles</p> <p>Realizar copia de seguridad de datos</p> <p>Enviar y recibir mensajes</p> <p>Editar perfil</p>
	<p>Inicio de sesión</p> <p>Alta, baja y modificaciones de usuarios bedeles</p> <p>Generación de informes de estadísticas de uso</p>

Directivo	Configuración de ciclo lectivo Configurar códigos para nuevos usuarios Configurar auto asignación de reservas Enviar y recibir mensajes Cambiar contraseña y foto de perfil
Bedel	Inicio de sesión Visualizar aulas y horarios de clase Filtrar aulas según características Alta, baja y modificaciones de usuarios docentes Realizar una reserva directa Editar o eliminar reservas existentes Configurar códigos para nuevos usuarios Confirmar solicitudes de nuevos usuarios docentes Confirmar solicitudes de reservas de docentes Enviar y recibir mensajes Cambiar contraseña y foto de perfil
Docente	Inicio de sesión Visualizar aulas y horarios de clase Filtrar aulas según características Solicitar una reserva de aula Enviar y recibir mensajes Cambiar contraseña y foto de perfil
Visitante	Visualizar aulas y horarios de clase Filtrar aulas según características Solicitar un usuario docente utilizando un código

Para especificar más las funcionalidades de cada perfil, se presenta a continuación el diagrama de casos de uso. El mismo cuenta con un total de 22 (veintidós) casos de uso distintos, diferenciados desde la A hasta la V. Todos los diagramas de UML fueron realizados con la herramienta de gestión de proyectos mencionada en 3.1.

En Fig. 8 se visualizan los casos de uso para los usuarios visitantes, docentes y bedeles, mientras que en Fig. 9 se visualizan los casos de uso restantes.

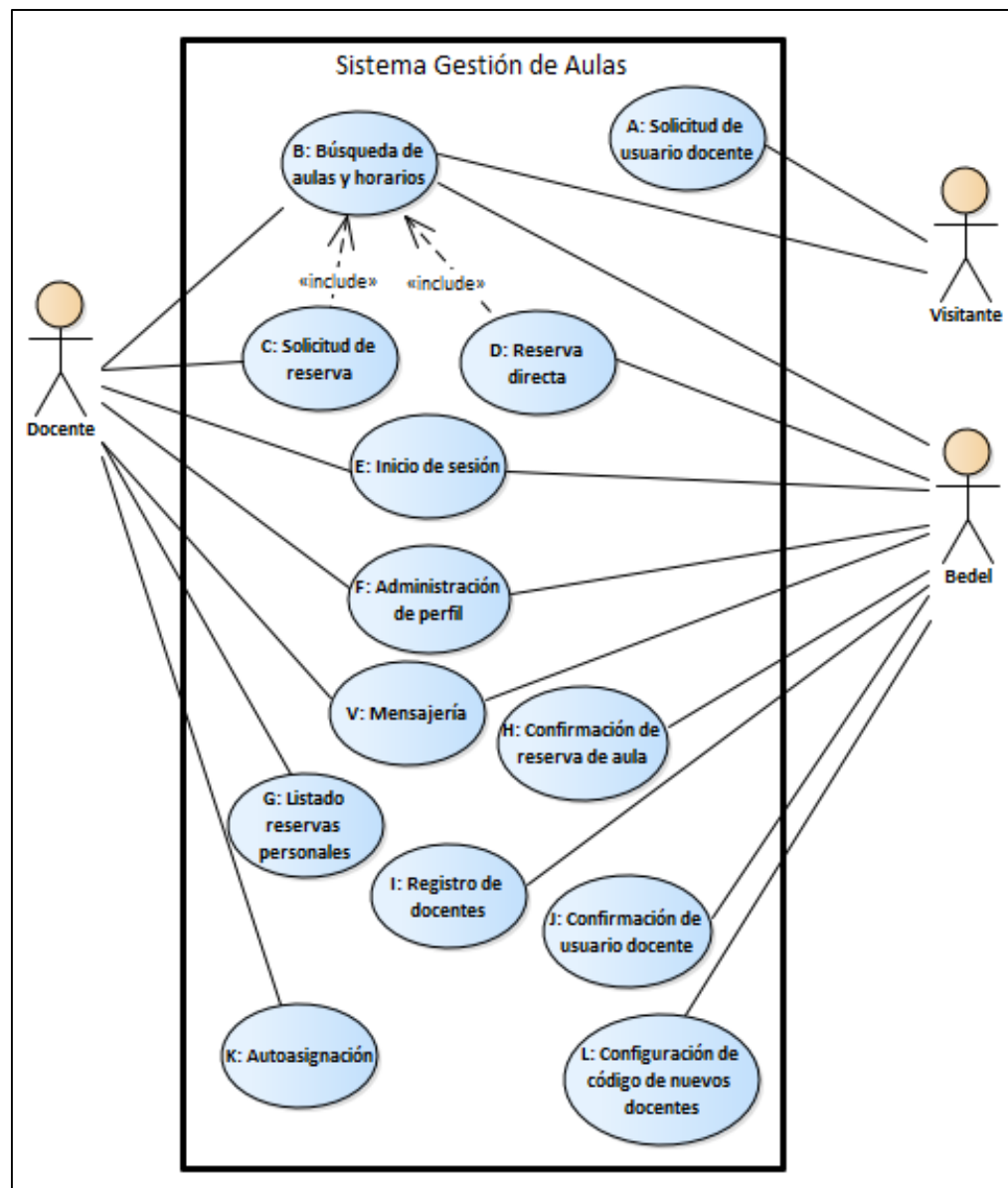


Fig. 8 – Diagrama de casos de uso para docentes, visitantes y bedeles

Fuente: elaboración propia

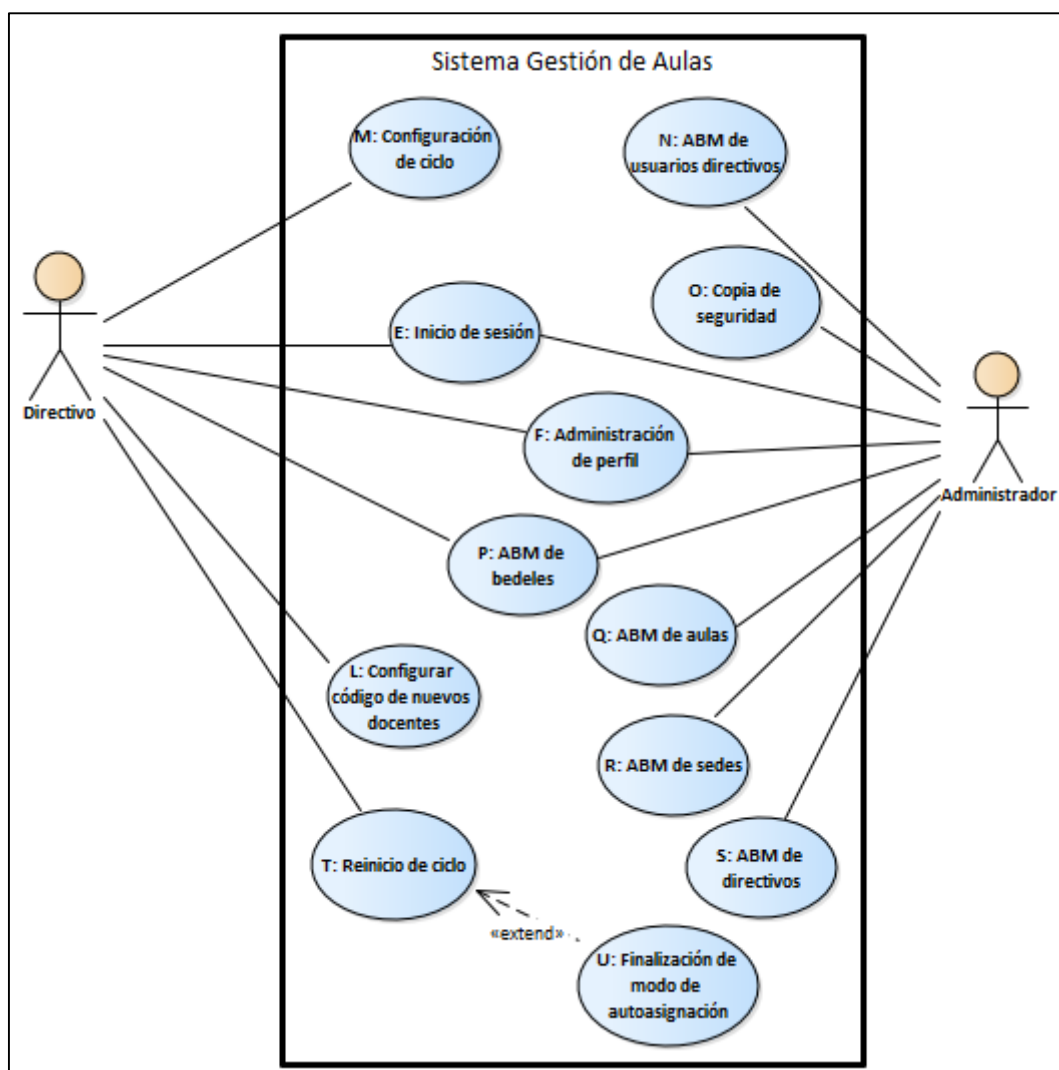


Fig. 9 – Diagrama de casos de uso para directivos y administradores

Fuente: elaboración propia

A continuación, se realiza una descripción general de cada perfil, en relación a sus funciones en el sistema y las reglas de negocio de la organización en que se utiliza.

Todas las operaciones mencionadas serán tratadas con detenimiento en el apartado 4.2.3.

### *Usuario visitante*

Corresponde a cualquier usuario que accede al sistema sin registrarse. Mediante el diagrama podemos visualizar que un visitante puede acceder a un número muy reducido de funciones en la aplicación: sólo puede ver horarios de clase, lo que puede ser útil para alumnos u otros usuarios que puedan tener interés; con este perfil también ingresará por primera vez un docente para solicitar su registro en el sistema.

### *Usuario administrador*

Es el encargado de registrar y administrar los datos correspondientes al establecimiento educativo, siendo éstos las sedes con sus aulas y los laboratorios y sus recursos. También tiene la responsabilidad de realizar una copia de seguridad de los datos en caso de ser requerida.

Es el primer usuario del sistema en ser instanciado, y existe por defecto en la aplicación.

### *Usuario directivo*

Corresponde a un cargo de toma de decisiones en la institución educativa, como ser un director o un rector.

El mismo puede configurar cuándo comienzan y terminan los ciclos lectivos, registrar bedeles, solicitar informes estadísticos y administrar asignación automática de aulas y laboratorios para nuevos ciclos.

### *Usuario bedel*

Corresponde con un usuario administrativo en lo referente a horarios de un establecimiento.

El mismo está asignado a una sede particular de la institución y desempeña las tareas de aceptar usuarios docentes y sus reservas. También puede realizar reservas directamente de aulas y laboratorios, o darlos de baja temporalmente por alguna circunstancia (ej. un aula en remodelación).

El usuario bedel tiene libertad de modificar todas las reservas existentes.

### *Usuario docente*

Corresponde con un miembro del personal educativo de la institución.

Puede solicitar un aula y una hora en la que desee impartir una clase, solicitar informes sobre sus reservas y realizar consultas a los usuarios administrativos.

## **4.2.3 Descripción de funcionalidades**

Se describen en este apartado las diferentes funciones correspondientes a los casos de uso del SGA. Cada caso de uso se enumera con su letra respectiva de acuerdo a las Fig. 8 y Fig. 9.

### A) Solicitud de usuario docente

*Actores: usuarios visitantes*

*Precondiciones: ninguna*

Permite a los usuarios visitantes solicitar su usuario registrado como docente en el sistema. Para ello, debe ingresar un código válido que previamente le fue otorgado por un administrador o bedel.

Esto se implementó para evitar la posibilidad de que se utilice esta función indeseablemente y se generen usuarios de forma malintencionada; de no ser así, un atacante podría fácilmente desbordar a los bedeles con solicitudes falsas.

### B) Búsqueda de aulas y horarios

Es una de las funciones más importantes de SGA.

Se separa este caso de uso en tres:

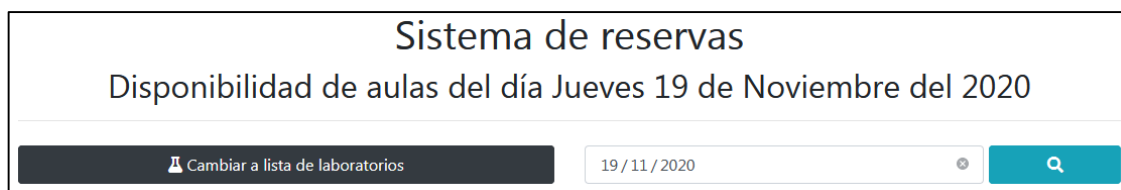
#### B1) Filtrar aulas y laboratorios

*Actores: usuarios visitantes, docentes y bedeles.*

*Precondiciones: ninguna.*

Corresponde con la posibilidad de buscar aulas y laboratorios en función de sus características. Esto permite a los usuarios encontrar las aulas que mejor se ajustan a sus necesidades.

En primer lugar, se debe elegir si se busca un aula o un laboratorio. Esto se consigue mediante el uso de un botón de *cambio de contexto* (Ver Fig. 10). Este botón inicia en el controlador un método para mostrar en pantalla solamente aulas o laboratorios, respectivamente.



The screenshot shows a web interface for a reservation system. At the top, it says 'Sistema de reservas'. Below that, it specifies 'Disponibilidad de aulas del día Jueves 19 de Noviembre del 2020'. There is a dark button with a calendar icon and the text 'Cambiar a lista de laboratorios'. To the right of this is a date input field showing '19 / 11 / 2020' with a dropdown arrow. Further right is a teal button with a magnifying glass icon for searching.

Fig. 10 – Panel de selección

Fuente: elaboración propia

Luego, para realizar el filtrado, se presenta un formulario en la interfaz que brinda una serie de campos a completar y un botón de confirmación. Si algún campo se deja incompleto, esa característica de filtrado será ignorada en la consulta. Los campos a completar para el filtrado son los siguientes:

1. Sede de la institución donde buscar
2. Capacidad del aula: número mínimo de asientos para los alumnos.
3. Recursos: el usuario selecciona mediante casillas de verificación los recursos que son indispensables para su búsqueda de aulas.

Una vez finalizado el relleno de los campos, el usuario puede utilizar el botón de confirmación del formulario. Al presionarlo, el sistema procederá a presentar al usuario un informe sobre el resultado de la búsqueda. El mismo puede tener dos resultados diferentes.

1. Curso normal: se informa una lista de aulas que cumplen con las condiciones requeridas, informando sus características y permitiendo interactuar con las mismas. Si el usuario ingresa en una de las aulas, se accede a la función de Horario de aula, que se explica más adelante.
2. Curso alternativo: si ningún aula en la base de datos se ajusta a las características requeridas, se informa de la situación y se invita al usuario a reducir sus criterios de búsqueda mediante un mensaje.

## *B2) Horarios de aulas y laboratorios por semana*

*Actores: usuarios visitantes, docentes y bedeles.*

*Precondiciones: el usuario seleccionó un aula específica*

Permite al usuario visualizar los horarios de clase de un aula determinada, a lo largo de una semana. En esta interfaz se muestran por pantalla todos los horarios del aula en función de las horas de inicio y de fin de turno de la institución.

Cada horario se representa como una celda en una cuadrícula (ver Fig. 11). Las celdas pueden estar en tres estados diferentes, cada una con su color respectivo. Los usuarios visitantes no pueden interactuar con éstas, solamente ver su estado. Los estados pueden ser:

- Aula libre (color verde): el aula se encuentra disponible en ese horario específico. Interactuar con una celda en este estado conducirá a dos procedimientos diferentes en función del perfil:
  1. Usuario docente: será redirigido a un formulario para solicitar una reserva para esa aula en ese horario (caso de uso C).
  2. Usuario bedel: será redirigido a un formulario para realizar una reserva directa para esa aula en ese horario (caso de uso D).
- Aula pendiente (color amarillo): el aula se encuentra actualmente solicitada por un usuario docente, pero ningún bedel ha confirmado su petición. Sólo los usuarios bedeles pueden interactuar con aulas en este estado, lo que los conduce al listado de solicitudes pendientes.

Si el usuario es un visitante, no podrá ver las aulas pendientes, las que serán exhibidas en su interfaz como aulas libres.

- Aula reservada (color negro): el aula ya se encuentra reservada. Al interactuar con un aula en este estado, se muestran los siguientes datos de la clase en cuestión:

1. El docente a cargo de la clase.
2. La carrera.
3. La materia de la clase.
4. Formulario de edición de reserva (solamente para usuarios bedeles).

Día	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
Lunes 16/11	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Martes 17/11	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Miércoles 18/11	L	L	L	L	L	L	L	L	R	L	L	L	L	L	L	L
Jueves 19/11	L	L	L	L	L	R	L	L	L	L	S	L	L	L	L	L
Viernes 20/11	L	L	L	L	R	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Sábado 21/11	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L

Fig. 11 – Cuadrícula de horarios

Fuente: elaboración propia

El usuario dispone de un formulario en el que puede seleccionar la semana que desee para visualizar los horarios del aula, siempre y cuando pertenezcan al ciclo lectivo en curso; el selector de calendario no le permitirá elegir fechas que no pertenezcan al mismo.

### B3) Horarios de aulas y laboratorios por día

*Actores: usuarios visitantes, docentes y bedeles.*

*Precondiciones: ninguna*

Permite ver los horarios de un grupo de aulas o de laboratorios en un día determinado.

Se dispone de un formulario con dos opciones de búsqueda:

1. Fecha específica a buscar
2. Botón de cambio de contexto entre aulas y laboratorios

Los horarios se despliegan en forma de cuadrícula, similar a los horarios de aulas específicas. Interactuar con cualquiera de estos horarios produce los mismos resultados que en la funcionalidad de *horarios de aulas y laboratorios por semana*.



### C) Solicitud de reserva de aula o laboratorio

*Actores: usuarios docentes*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como docente*

Permite al usuario docente solicitar un aula que figure en condición de *Libre* en un horario determinado.

La solicitud quedará registrada en el sistema para luego ser atendida por un usuario bedel de la sede correspondiente.

### D) Reserva directa

*Actores: usuarios bedeles*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como bedel*

Permite al usuario bedel realizar una reserva en un aula y horario en condición de libre directamente, colocando él mismo los datos en un formulario.

Al realizar una reserva directa, esta reserva no queda asociada a ningún docente, sino que éste es registrado mediante un campo de texto. Esta función es útil para reservas eventuales y de carácter esporádico.

El formulario correspondiente se presenta en Fig.12.

El formulario, titulado "Sistema de reservas" y "Realizar una reserva para S2 - Aula Magna", contiene los siguientes campos:

- Fecha de inicio:** Campo de texto con el valor "20 / 11 / 2020" y un icono de calendario.
- Fecha de fin:** Campo de texto con el valor "20 / 11 / 2020" y un icono de calendario.
- Hora de inicio:** Campo de texto con el valor "15" y un icono de flechas para seleccionar hora.
- Hora de finalización:** Campo de texto con el valor "16" y un icono de flechas para seleccionar hora.
- Docente a cargo:** Campo de texto con el placeholder "Nombre y apellido".
- Materia:** Campo de texto con el placeholder "Nombre de la materia".
- Carrera:** Campo de selección con el placeholder "Seleccione carrera" y una flecha hacia abajo.

En la parte inferior del formulario hay un botón azul con el texto "Registrar reserva" y un icono de documento.

Fig. 12 – Formulario de reserva directa

Fuente: elaboración propia

### *E) Inicio de sesión*

*Actores: usuarios administradores, bedeles, docentes y directivos*

*Precondiciones: ninguna*

Permite al usuario identificarse en el sistema mediante su nombre de usuario y su contraseña en un formulario, para acceder a las funciones disponibles según su perfil.

Los posibles resultados de ejecución luego de su confirmación, son:

1. Curso normal: el usuario ingresa al sistema, y un mensaje de bienvenida es desplegado por pantalla junto con su menú principal.
2. Curso alternativo: algún dato ingresado es erróneo, y el usuario continúa sin tener permitido realizar tareas que no sean de visitante.

### *F) Administrar perfil*

*Actores: cualquier usuario registrado de sistema*

*Precondiciones: el usuario inició sesión*

Permite al usuario cambiar su contraseña y su foto de perfil

### *G) Listado de reservas personales*

*Actores: usuarios docentes*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como docente*

Permite al usuario docente visualizar sus reservas para todo el ciclo lectivo.

### *H) Confirmación de reserva de aula*

*Actores: usuarios bedeles*

*Precondiciones:*

1. *El usuario inició sesión como bedel*
2. *Existe una solicitud de reserva previamente realizada*

Permite al usuario bedel confirmar o rechazar una solicitud de reserva de un aula generada por un docente.

En ambos casos, el docente recibe una notificación de lo sucedido en su correo electrónico. Luego de una confirmación, la reserva quedará finalmente registrada en la base de datos.

### *I) Registro de docente*

*Actores: usuarios bedeles*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como bedel*

Permite al usuario bedel cargar un docente directamente en la base de datos.

Es útil si se necesita reservar una clase para un docente que por algún motivo o inconveniente no pudo crearse su usuario por su cuenta. El bedel le otorga una contraseña provisoria, que luego puede ser modificada por el docente en el menú de edición de perfil.

### *J) Confirmación de usuarios docentes*

*Actores: usuarios bedeles*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como bedel*

Permite al usuario bedel confirmar la solicitud de un nuevo docente.

Cuando un bedel inicia sesión, tendrá la notificación correspondiente para aceptar o rechazar a un usuario que está solicitando su cuenta de usuario docente. Al responder a ésta (o al acceder a la función correspondiente en el menú), el bedel podrá visualizar una lista de todas las solicitudes de usuario pendientes.

Se presentan dos opciones para el bedel:

1. Aceptar la solicitud: el usuario de docente es instanciado en la base de datos, y se envía una confirmación al usuario por correo electrónico, informándole que su cuenta ya está disponible para ser utilizada.
2. Rechazar la solicitud: la solicitud se marca como rechazada y el docente recibe un correo electrónico informando de lo sucedido, para que pueda contactarse nuevamente en caso de que lo requiera.

### *K) Autoasignación*

*Actores: usuarios docentes*

*Precondiciones:*

1. *El usuario inició sesión como docente*
2. *El sistema se encuentra en modo de autoasignación*
3. *El usuario docente dispone de reservas del ciclo lectivo anterior*

Permite a los usuarios docentes confirmar si desean conservar sus horarios del ciclo anterior.

Se le presenta un listado de las reservas de que disponía y solamente debe confirmar cuáles desea mantener en el nuevo ciclo lectivo.

### *L) Configuración de código para nuevos docentes*

*Actores: usuarios directivos y bedeles*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como directivo o bedel*

Permite modificar el código de verificación para los nuevos usuarios docentes.

### *M) Configuración de ciclo*

*Actores: usuarios directivos*

*Precondiciones:*

- 1. El usuario inició sesión como directivo*
- 2. Hay un ciclo lectivo en curso*

Permite al usuario modificar las fechas de inicio y de fin del ciclo lectivo.

### *N) Alta, baja y modificaciones de usuarios directivos*

*Actores: usuario administrador*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como administrador*

Permite a los usuarios administradores cargar nuevos usuarios directivos en la base de datos, así como modificar y eliminar los existentes.

Para cargar un nuevo usuario debe incluir sus datos básicos (nombre, apellido, email, etc.) y asignar al mismo una contraseña provisoria, que luego el usuario podrá cambiar en la configuración de su perfil.

### *O) Copia de seguridad*

*Actores: usuarios administradores*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como administrador*

Permite al usuario realizar una copia de seguridad de la base de datos.

El procedimiento generará un archivo SQL generador de las tablas, por lo que es una transacción que puede durar un tiempo prolongado.

### *P) Alta, baja y modificaciones de usuarios bedeles*

*Actores: usuario directivo*

*Precondiciones: el usuario inició sesión directivo*

Permite cargar nuevos usuarios bedeles en la base de datos, así como modificar y eliminar los existentes. Se otorga al nuevo usuario una contraseña de acceso provisoria, para el inicio de sesión, que luego puede ser modificada por el bedel en el menú de edición de perfil.

Para cargar un nuevo usuario de este tipo, además de sus datos básicos, deberá seleccionarse en qué sede desempeña sus funciones el nuevo usuario bedel (ver Fig. 13).

El formulario tiene un título "Registrar un nuevo bedel" en la parte superior. Debajo del título, hay seis campos de entrada: "Nombre" con el placeholder "Ingrese nombre", "Apellido" con "Ingrese apellido", "DNI" con "Ingrese DNI" y un ícono de lupa a la derecha, "Correo electrónico" con "Ingrese email", "Sede" con un menú desplegable que muestra "Seleccionar sede asignada al bedel", y "Contraseña" con "Ingrese contraseña". En la parte inferior del formulario, hay un botón azul con el texto "Registrar nuevo bedel" y un ícono de usuario a la derecha.

Fig. 13 – Formulario para nuevo bedel

Fuente: elaboración propia

#### *Q) Alta, baja y modificaciones de aulas y laboratorios*

*Actores: usuario administrador*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como administrador*

Permite a los usuarios administradores cargar nuevas aulas en la base de datos, así como modificar y eliminar las existentes.

Para cargar un aula, debe completar un formulario con los siguientes campos:

1. Nombre del aula o laboratorio
2. Indicar si es un aula o laboratorio
3. Sede
4. Capacidad
5. Piso
6. Recursos que dispone el aula y cantidad de los mismos

#### *R) Alta, baja y modificaciones de sedes*

*Actores: usuario administrador*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como administrador*

Permite a los usuarios administradores cargar nuevas sedes en la base de datos, así como modificar o eliminar las existentes. Los campos a ingresar por el usuario se corresponden solamente con los datos básicos de la sede: nombre, descripción y dirección.

### *S) Alta, baja y modificaciones de directivos*

*Actores: usuarios administradores*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como administrador*

Permite a los usuarios administradores cargar nuevos usuarios directivos en la base de datos, así como modificar o eliminar los existentes.

### *T) Reinicio de ciclo*

*Actores: usuarios directivos*

*Precondiciones: el usuario inició sesión como directivo*

Permite al usuario directivo registrar el inicio de un nuevo ciclo lectivo. Para hacerlo debe interactuar con un formulario en el cuál se le solicitarán los siguientes datos:

1. Fecha de inicio del ciclo
2. Fecha de finalización del ciclo
3. Activar/Desactivar autoasignación

Una vez confirmado el formulario, las siguientes operaciones serán realizadas de forma automática:

1. Se realiza una copia de seguridad automática de las reservas del ciclo actual por si se necesita por disponer de datos históricos.
2. Se guarda en la tabla auxiliar *temporal\_reservadocente* las reservas del ciclo, a fin de poder permitir la autoasignación de los docentes.
3. Se vacía la tabla de reservas, para poder ser utilizada nuevamente desde cero y no sobrecargar la base de datos.
4. Se cambia el sistema al modo de autoasignación. Esto significa cambiar el valor de bandera autoasignación en la tabla de configuraciones.

### *U) Finalización de modo de autoasignación*

*Actores: usuarios directivos*

*Precondiciones:*

1. *El usuario inició sesión como directivo*
2. *El sistema se encuentra en modo de autoasignación*

Permite a los usuarios directivos dar por terminado el período de autoasignación. Una vez confirmada esta opción:

1. El sistema de reservas vuelve a estar habilitado normalmente.
2. Los docentes ya no contarán con la posibilidad de asignarse de forma automática los horarios del ciclo anterior; si quisieran hacerlo deberán realizar una nueva solicitud de reserva.

## V) Mensajería

*Actores: usuarios bedeles y docentes*

*Precondiciones: el usuario inició sesión*

Permite a los usuarios enviar y recibir mensajes (ver Fig. 14). Cada usuario docente y bedel tiene acceso a una bandeja de entrada, una bandeja de salida y un formulario para redactar y responder mensajes.



Remitente	Asunto	Recibido
Andrés Martinez	RE: Aula 7	2020-11-17 05:24:07
Andrés Martinez	Consultas	2020-11-17 05:05:12

Fig. 14 – Sistema de mensajería de SGA

Fuente: elaboración propia

## 4.3 Usabilidad en el Sistema de Reservas

Siguiendo con la metodología antes detallada, al finalizar el segundo incremento el Sistema ya proveía todas las funciones y módulos para poder entrar en operación. Luego, entrando al tercer incremento, se procedió a diseñar, probar y rediseñar las interfaces de usuario en búsqueda de maximizar la usabilidad del sistema.

Específicamente, la usabilidad según la norma ISO 25010 [37] se compone de 5 características:

1. Capacidad para reconocer su adecuación: capacidad del producto que permite al usuario entender si el software es adecuado o no para sus necesidades
2. Capacidad de aprendizaje: capacidad del producto de permitir al usuario aprender su uso
3. Capacidad para ser usado: capacidad del producto que permite operarlo y controlarlo con facilidad
4. Protección contra errores de usuario: capacidad del sistema para proteger a los usuarios de cometer errores
5. Estética de la interfaz de usuario: capacidad de la interfaz de usuario de agradar y satisfacer la interacción con el usuario
6. Accesibilidad: Capacidad del producto que permite que sea utilizado por usuarios con variadas características y capacidades.

### 4.3.1 Diseño centrado en usabilidad – Primera parte

#### Formularios

Un diseño cuidadoso de los formularios en una aplicación web tiene un gran impacto en la velocidad con la cual los usuarios pueden completarlos.

Los formularios dentro de la aplicación se rediseñaron siguiendo los criterios de diseño dados en [19], que se presentan a continuación:

- Etiquetas y campos visualmente relacionados: todos los campos deben estar asociados a su etiqueta, siendo claro a cuál campo pertenece. Las etiquetas deben estar preferentemente por encima de los campos, a menos que los formularios sean lo suficientemente extensos horizontalmente.

Para lograr esto, se configuró la disposición de los elementos en función del tamaño de la pantalla mediante las utilidades de grilla del framework Bootstrap.

En Fig. 15 y Fig. 16 se puede visualizar el mismo formulario, pero renderizados desde una resolución de pantalla de escritorio y de dispositivo móvil, respectivamente.

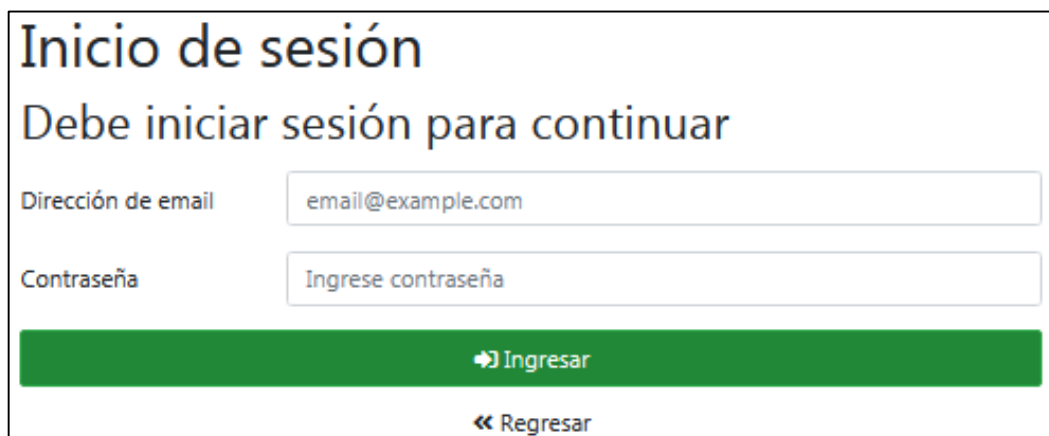
El formulario de inicio de sesión se muestra en un contenedor rectangular con un borde negro. En la parte superior, el título "Inicio de sesión" está en un tamaño de fuente grande y en negrita. Debajo de él, el subtítulo "Debe iniciar sesión para continuar" también está en un tamaño de fuente grande. Hay dos campos de entrada: el primero está etiquetado "Dirección de email" y contiene el texto "email@example.com"; el segundo está etiquetado "Contraseña" y contiene el texto "Ingrese contraseña". Debajo de los campos, hay un botón verde con el texto "➡ Ingresar" y un enlace "« Regresar" con un icono de flecha hacia atrás.

Fig. 15 – Formulario de inicio de sesión en pantalla amplia

Fuente: elaboración propia



## Inicio de sesión

Debe iniciar sesión para continuar

Dirección de email

Contraseña

Ingresar

Regresar

Fig. 16 – Formulario de inicio de sesión en dispositivo móvil

Fuente: elaboración propia

- Coincidir campos con el tipo y tamaño de la entrada de datos: se deben evitar menús desplegables de solo un par de opciones que puedan ser reemplazadas por botones de opciones.

En la Fig. 17 se puede apreciar que el usuario debe seleccionar si desea elegir insertar un aula o un laboratorio mediante botones de selección. En cambio, la elección de la sede donde se encuentra dicha aula se realiza mediante un menú desplegable, debido a que el número de sedes puede variar en la institución.

## Registrar nueva aula

Nombre

Tipo ☒ Aula ☐ Laboratorio

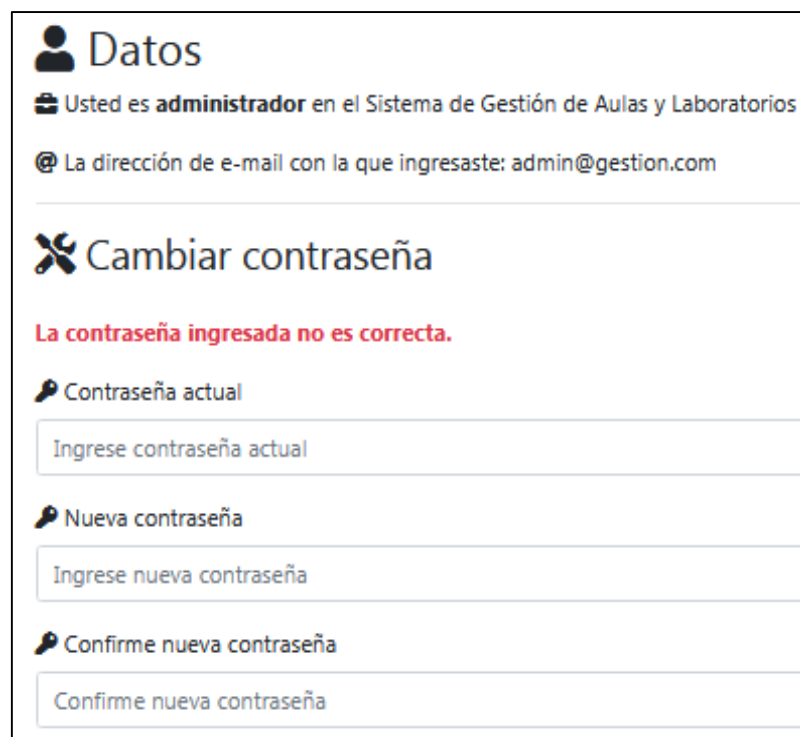
Capacidad (número máximo de alumnos)

Sede

Fig. 17 – Formulario de nueva aula

Fuente: elaboración propia

- Proporcionar mensajes de error altamente visibles y específicos: con esta finalidad las señales de error de los formularios deben señalarse en color rojo, con una fuente clara y que sea más notoria que el resto del texto.  
Se verificó esta condición en todos los formularios y se presenta como ejemplo, en Fig. 18, el formulario de cambio de contraseña en el perfil de usuario.



The screenshot shows a web interface for a user profile. At the top, there is a section titled 'Datos' (Data) with a user icon. Below it, it says 'Usted es **administrador** en el Sistema de Gestión de Aulas y Laboratorios' and 'La dirección de e-mail con la que ingresaste: admin@gestion.com'. Below this is a section titled 'Cambiar contraseña' (Change password) with a wrench icon. A red error message is displayed: 'La contraseña ingresada no es correcta.' (The entered password is incorrect). Below the error message are three input fields, each with a key icon and a label: 'Contraseña actual' (Current password), 'Nueva contraseña' (New password), and 'Confirme nueva contraseña' (Confirm new password). Each field has a placeholder text: 'Ingrese contraseña actual', 'Ingrese nueva contraseña', and 'Confirme nueva contraseña' respectively.

Fig. 18 – Presentación de errores en formulario

Fuente: elaboración propia

- Presentar los campos en un diseño de columna única: la existencia de varias columnas en un formulario puede interrumpir la navegabilidad dentro del mismo. Los campos pueden distribuirse en una misma línea únicamente si están lógicamente relacionados, en caso contrario deben visualizarse en una única columna de una fila separada.

En Fig. 12 se puede visualizar que todos los campos ocupan columnas únicas a excepción de las fechas y horas de inicio y fin de las reservas, porque éstas están lógicamente relacionadas entre sí.

### *Selección de colores*

En la sección 1.4.6 de [18] se describen pautas a la hora del correcto uso del color en una aplicación web. Si el contenido en la interfaz no dispone del suficiente contraste en relación con el fondo elegido, puede repercutir seriamente en la usabilidad en el

sistema, generando confusiones al usuario. Para este caso se busca que todas las interfaces de usuario cumplan con la condición AA en cuanto a contrastes según W3C [38].

Para verificar esto, se procedió a la utilización de la extensión para navegadores web WCAG Contrast Checker antes mencionado. El mismo proporciona un panel lateral que analiza un sitio web en ejecución en el navegador, y compara la relación de contraste de todos los elementos visuales de la página utilizando las fórmulas proporcionadas por W3C.

En Fig. 19 y Fig. 20 se puede ver el análisis de la herramienta en las pantallas de bienvenida del sitio y la principal de reservas, respectivamente.



Fig. 19 – WCAG Contrast Checker en pantalla principal

Fuente: elaboración propia

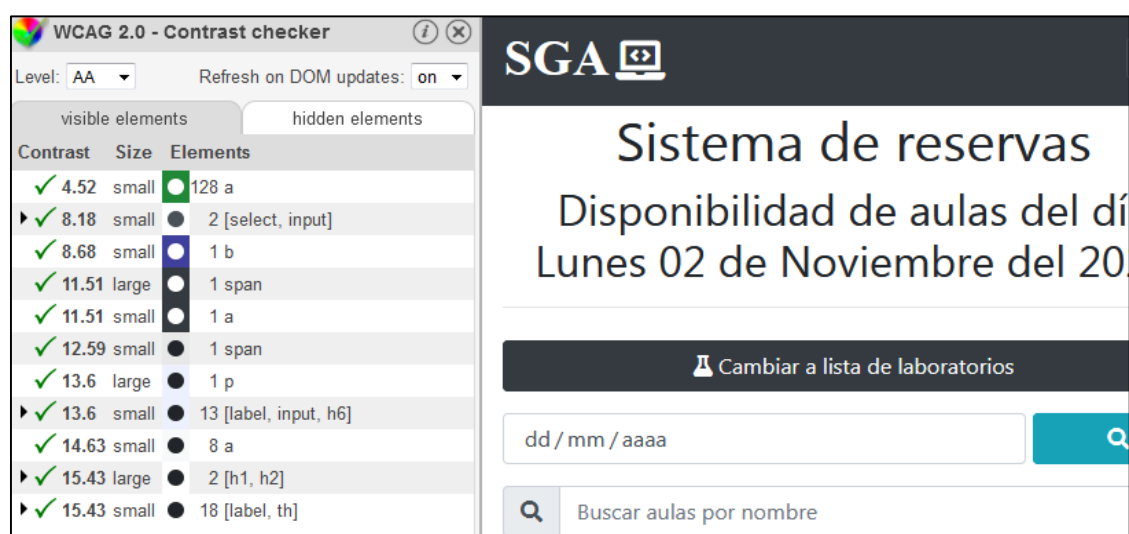


Fig. 20 – Ejecución de WCAG Contrast Checker en pantalla de reservas

Fuente: elaboración propia

### Manejo de páginas extensas

La lógica de la aplicación no conduce a pantallas muy extensas en la mayoría de las vistas. Sin embargo, algunos listados pueden crecer en gran tamaño.

En todas las vistas donde puede presentarse una visualización de gran cantidad de datos en una tabla o una lista, se procedió a implementar:

1. Un buscador, organizado en un único campo de entrada de texto. En el mismo el usuario puede escribir caracteres correspondientes a cualquiera de las columnas de datos, y la tabla se filtrará de acuerdo a la cadena ingresada en tiempo real.
2. Un botón de “back-to-top” (volver al comienzo), para evitar que el usuario pase un tiempo excesivo realizando scroll por las páginas. Según la guía de diseño de estos botones de Norman Nielsen Group [39], éstos deben aparecer fijados en la parte inferior derecha, notorios, pero sin bloquear el contenido de la página. Se muestra la implementación de estos dos elementos en el listado de usuarios docentes que puede manipular un bedel, en Fig. 21 y Fig. 22, respectivamente.

Docentes			
Listado de los docentes registrados en el sistema.			
<input type="text" value="Carlos"/>			
Nombre ▲ ▼	Apellido ▲ ▼	DNI ▲ ▼	email ▲ ▼
Carlos	Fuentes	44444444	ramfuentes@hotmail.com

Fig. 21 – Buscador en listado de docentes

Fuente: elaboración propia

2020	docente@gestion.com	
2121	usuario@gestion.com	

Fig. 22 – Botón de Back-to-top en listado de docentes

Fuente: elaboración propia

### Accesibilidad por teclado

Muchos usuarios no utilizan mouse u otro periférico para manejar el puntero a la hora de interactuar con sistemas de software. Las interfaces de usuario en una aplicación web deben diseñarse para poder ser utilizadas con el uso único de un teclado [21].

Se verificó el desplazamiento del cursor mediante las teclas de desplazamiento por teclado tradicionales, mediante tabulación.

Debe verificarse que la sucesión de elementos dónde se está el enfoque sea el correcto. HTML5 proporciona un atributo “autofocus” que determina el enfoque inicial al cargar una página.

En todas las vistas de la aplicación, se determinó que el elemento con este atributo sea el más práctico posible para desempeñar tareas.

En Fig. 23 se muestra el orden de enfoque en la vista de reservas, donde el elemento por defecto donde se ubica el cursor al inicio es el buscador de aulas por nombre. Desde esta posición, el usuario puede ya buscar lo que necesita, y con una sola tabulación proceder a interactuar con los resultados de su búsqueda. En caso contrario, puede interactuar con el formulario de fecha con solo dos tabulaciones, o cerrar sesión o ver su perfil con cuatro tabulaciones.



Fig. 23 – Navegación por teclado en pantalla de reservas

Fuente: elaboración propia

## Usabilidad en dispositivos móviles

Los dispositivos móviles se convirtieron en uno de los medios de acceso más frecuentes a Internet, de modo que verificar el grado de usabilidad de un sistema web en este tipo de dispositivos es crucial.

En un estudio de 2018 realizado por Google [40], un 75% de los usuarios reportaron haber tenido problemas al acceder a sitios web desde su teléfono móvil alguna vez.

Un sistema que está diseñado para funcionar de igual manera en todos los dispositivos se denomina Mobile-Friendly. En [22] se enuncian los principales inconvenientes que alejan a un sistema de ser Mobile-Friendly, entre los cuales se encuentran:

**1) Tamaño de fuente:** las fuentes optimizadas para un dispositivo de escritorio frecuentemente pueden verse muy reducidas en un dispositivo móvil, obligando al usuario a acercar el zoom del navegador para poder leer el texto, y luego alejarlo para continuar navegando, teniendo un impacto negativo en la usabilidad.

En el diseño de las vistas en SGA, las fuentes están diseñadas para no alterar su tamaño frente a cambios en la resolución de pantalla. El cambio se produce en la disposición para que puedan ser visualizadas en dispositivos más reducidos en tamaño de pantalla. Esto se puede observar comparando el tamaño de fuente del texto en el formulario de inicio de sesión entre Fig. 24 y Fig. 25.

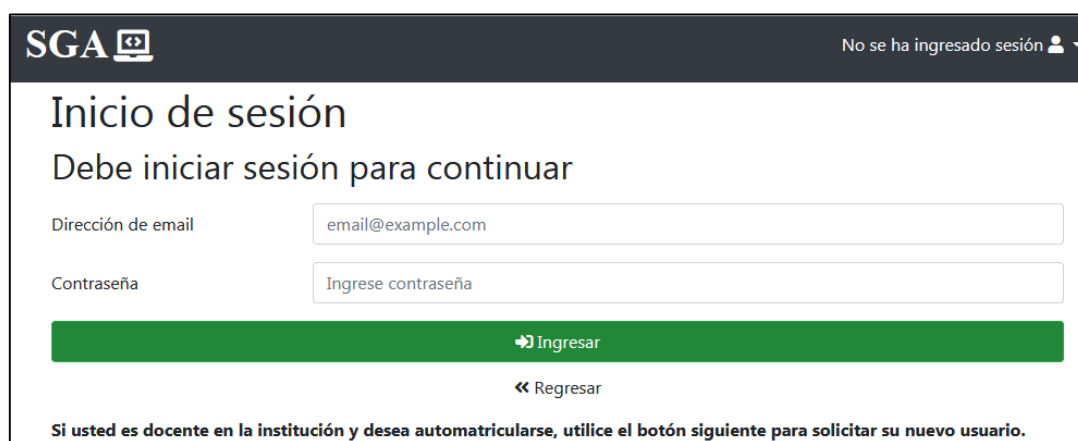


Fig. 24 – Formulario de inicio de sesión (escritorio)

Fuente: elaboración propia

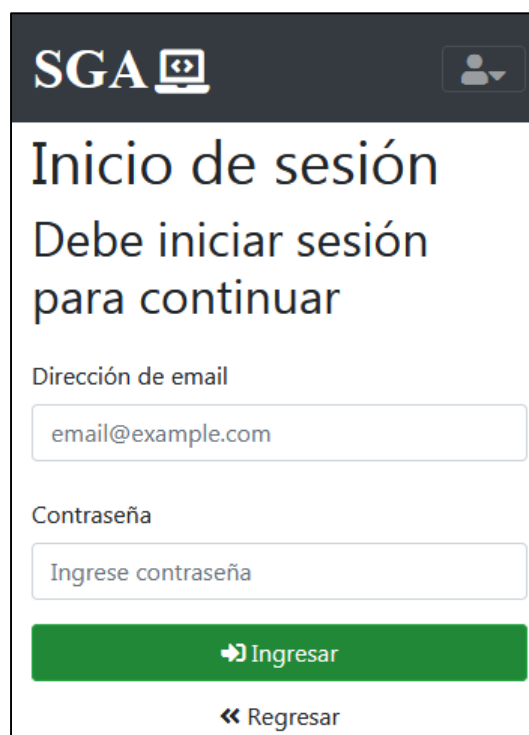
The image shows a mobile login interface for a system called SGA. At the top, there is a dark header with the SGA logo and a user profile icon. Below the header, the main content area has a white background. It starts with the title 'Inicio de sesión' in a large, bold font, followed by the instruction 'Debe iniciar sesión para continuar' in a slightly smaller font. There are two input fields: one for 'Dirección de email' containing 'email@example.com' and another for 'Contraseña' with the placeholder text 'Ingrese contraseña'. Below these fields is a prominent green button with a right-pointing arrow and the text 'Ingresar'. At the bottom, there is a link with a left-pointing arrow and the text 'Regresar'.

Fig. 25 – Formulario de inicio de sesión (móvil)

Fuente: elaboración propia

Las figuras correspondientes a capturas de tamaño móvil usan como referencia una resolución de 360x740 px, que se corresponde con el tamaño de viewport que usan una gran cantidad de dispositivos móviles en el mercado con la pantalla en modo vertical.

**2) Tamaño del contenido:** cuando una página web se extiende por encima de la longitud de pantalla de un dispositivo, los usuarios requerirán de realizar desplazamiento horizontal para visualizar el contenido. Se debe asegurar la correcta visualización de los elementos de mayor tamaño y su comportamiento durante el desplazamiento.

En SGA, los únicos elementos cuya longitud no se pueden visualizar por completo son las tablas de aulas en la vista de reserva. Para permitir que se puedan visualizar en dispositivos móviles, se implementaron dos atributos:

1. Tablas responsivas: tablas que permiten realizar desplazamiento horizontal con facilidad, adaptándose al tamaño del dispositivo, incluidas en la librería del framework Bootstrap.
2. Columnas de encabezado fijas: al desplazarse entre los horarios de clase de un aula específica, el usuario puede confundirse al desplazarse horizontalmente si no puede ver en qué aula está revisando la disponibilidad. Esto fue resuelto aplicando columnas fijas, que siguen en la pantalla junto con el desplazamiento horizontal.

Esta implementación se puede apreciar junto con las tablas responsivas en Fig. 26. Las columnas con la descripción de la fila acompañan al desplazamiento para que el usuario no pierda el hilo de su tarea.



Fig. 26 – Desplazamiento horizontal en tabla de Aulas

Fuente: elaboración propia

### *Diseño de menús y barras de navegación*

En los sitios web, los usuarios confían en los menús para encontrar el contenido y las funciones de aplicación. Éstos son tan importantes que se encuentran en cualquier sitio web o software.

NNGroup presenta una serie de 15 sugerencias y buenas prácticas a la hora del diseño de menús y barras de navegación [41]. Los menús deben evitar ser confusos, difíciles de manipular o difíciles de encontrar. Deben tener un alto nivel de visibilidad, un texto con suficiente contraste, notoriamente interactivos, con etiquetas claras y tamaño adecuado para poder interactuar en diferentes resoluciones de pantalla.

En el sistema SGA fueron diseñados dos paneles de navegación, los cuales difieren en su contenido en función del usuario en sesión.

#### **1) Barra de navegación superior**

En la parte superior de todas las interfaces se encuentra la barra de navegación principal de la aplicación (Fig. 27). La misma está fija al margen superior, siempre visible al usuario durante en desplazamiento y navegación. Incorpora un botón para desplegar el menú para optimizar el espacio de la pantalla.





Fig. 27 – Barra de navegación en SGA

Fuente: elaboración propia

Desde este menú, todos los usuarios acceden al sistema de mensajería, a su perfil para realizar modificaciones y pueden cerrar su sesión para abandonar el sistema. Algunas opciones adicionales pueden estar disponibles según su perfil.

## 2) Panel de navegación lateral

Disponible para los usuarios bedeles, directivos y administradores. Permite navegar entre las tareas específicas de cada uno de estos perfiles. Se presenta como ejemplo el panel lateral del usuario administrador (Fig. 28).

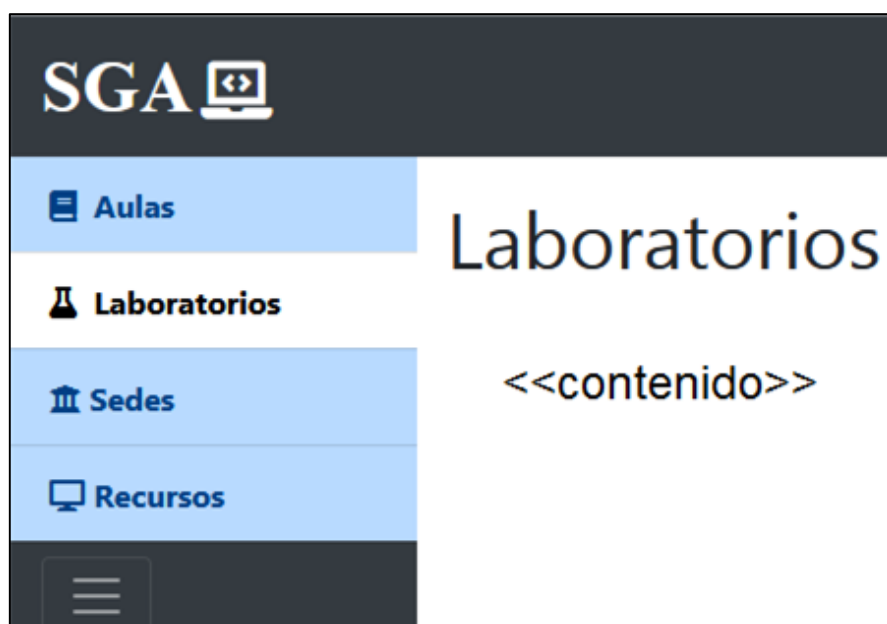


Fig. 28 – Panel de navegación lateral (administrador)

Fuente: elaboración propia

Las barras de navegación preferiblemente deben comunicar al usuario su ubicación actual. Esto se ve implementado en Fig. 29, dónde el elemento de menú correspondiente a la dirección actual dónde se encuentra el usuario bedel es diferente al resto. Esta característica se refiere a un ítem de navegación activo, y según [41] es uno de los principales errores en diseño de barras de navegación.

El diseño del panel de navegación lateral es también responsivo, para ser visualizado correctamente en dispositivos móviles. Si el tamaño del dispositivo es medio o menor, el panel de navegación lateral se visualizará al inicio, incorporando un botón para ser plegado y desplegado, optimizando el espacio en pantalla (Fig. 29).

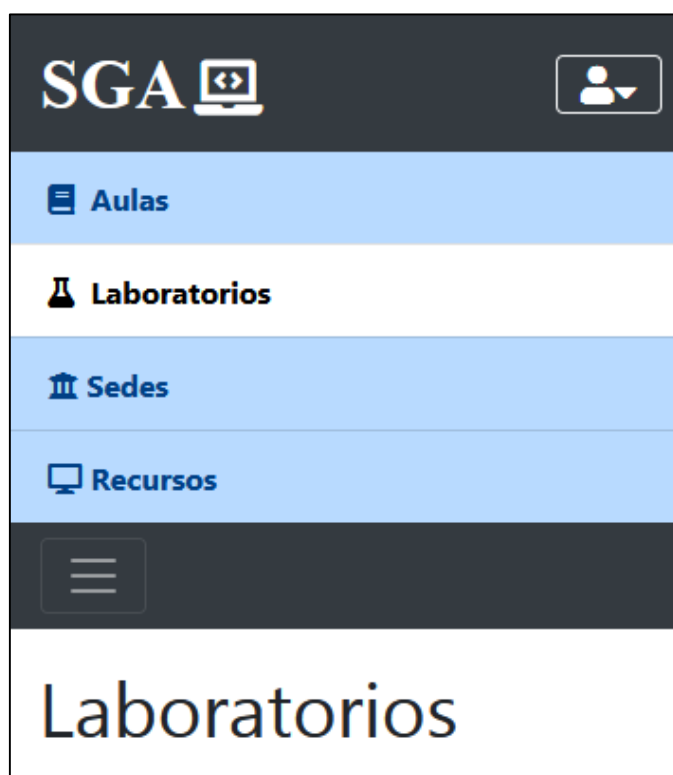


Fig. 29 – Panel lateral en dispositivos móviles

Fuente: elaboración propia

#### 4.3.2 Verificación de usabilidad

Una vez finalizado el diseño de la interfaz, se procedió a realizar un análisis acerca del grado de usabilidad conseguida, en busca de problemas y errores que puedan conducir a procesos de refactorización.

Para verificar y maximizar la usabilidad en el Sistema de Gestión de Aulas y Laboratorios, se emplearon pruebas de medición mediante métodos heurísticos y empíricos [24]:

**Métodos heurísticos:** aplica herramientas de software de uso específico para evaluar un sistema. Éstos no requieren intervención del usuario de ningún tipo. Se evaluarán características del sistema que repercuten directamente en la definición de usabilidad en [37].

**Métodos empíricos:** se organiza una recogida de datos para evaluar indicadores y métricas por parte de los usuarios de la aplicación.

Se presenta las pruebas de usabilidad que fueron realizadas a continuación, en Tabla 3.

Tabla 3 - Métodos de evaluación de usabilidad

Métodos de evaluación heurísticos	<p>Análisis de tiempo de carga con GTMetrix</p> <p>Prueba de rendimiento, accesibilidad y buenas prácticas con Lighthouse</p> <p>Prueba de optimización para móviles con Bing Mobile Friendly Test</p>
Métodos de evaluación empíricos	Encuesta de usabilidad orientada al usuario

### *Análisis de tiempo de carga con GTMetrix*

La herramienta GTMetrix presenta un análisis detallado sobre el proceso de carga de un sitio web; este atributo de rendimiento tiene un gran impacto en la usabilidad percibida. Un estudio realizado por Google en 2018 [40] reveló una relación inversamente proporcional entre el tiempo de carga de la página y la probabilidad de que el usuario permanezca en el sitio.

Se realizó el análisis con la herramienta en las diferentes vistas de la aplicación. Las más importantes a verificar el tiempo de carga son las que pueden conducir a un envío de datos de significativo volumen, como ser los listados de usuario, aulas o reservas.

Se presenta, a modo de ejemplo, la correspondiente a reservas en Fig. 30:

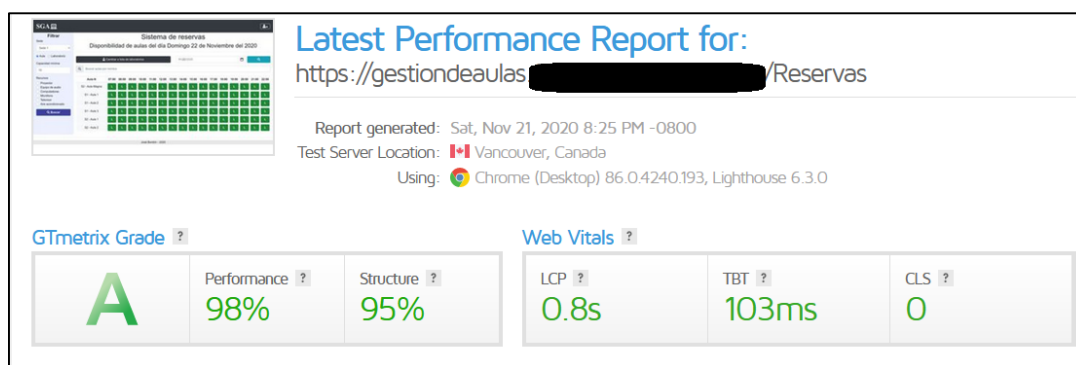


Fig. 30 – Análisis de GTMetrix en la página de reservas

Fuente: elaboración propia

Los resultados más importantes que proporciona la herramienta GTMetrix son los siguientes:

1. Performance: valoración promedio del desempeño. Se basa en mediciones del tiempo de carga de las imágenes, velocidad de indexación, tiempo de redireccionamiento, tiempo de conexión al servidor, entre otros.  
Valor mínimo buscado: 90%.
2. Estructura: valoración promedio de construcción de sitios según las auditorías de Google para optimización de Front-end.  
Valor mínimo buscado: 90%.
3. LCP: tiempo de carga del objeto de mayor tamaño en la página.  
Valor deseado: menor a 1,2 segundos.
4. TBT: tiempo de bloqueo por scripts.  
Valor deseado: menor a 150 ms.
5. CLS: representa la medida de cambio inesperado de elementos de la página web durante la carga, que provoca una mala experiencia en el usuario.  
Valor máximo deseado: 0.1.

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos en las vistas más críticas del sistema en cuanto al tiempo de carga. En cada vista se especifica la letra de identificación al caso de uso correspondiente, según la enumeración de casos de uso presentados en el capítulo anterior.

Tabla 4 - Resultados de análisis con GMetrix

Vista	Performance	Estructura	LCP	TBT	CLS
Reservas – Ver aulas (B2)	98%	95%	0.8s	103ms	0
Reservas – Horario de aula (B3)	99%	93%	0.7s	46ms	0
Ver datos y reservas de docente (G)	99%	96%	0.8s	0ms	0
Listado de docentes (I)	99%	96%	0.8s	0ms	0

### *Prueba de rendimiento, accesibilidad y buenas prácticas con Lighthouse*

Lighthouse es una herramienta automatizada de Google de código abierto diseñada para mejorar la calidad de aplicaciones web.

Se realizó pruebas utilizando su versión de plugin instalable para el navegador Google Chrome.

Los resultados que proporciona Lighthouse son los siguientes:

1. Performance: revisa el uso de imágenes optimizadas, minimización y unificación de ficheros CSS y JSS, definición de memoria caché.
2. Accesibilidad: verifica atributos si la aplicación se ajusta a los requisitos de personas con discapacidad, los metadatos disponibles para los lectores, las etiquetas, entre otros atributos vinculados con la accesibilidad del sitio web.
3. Buenas prácticas: verifica múltiples elementos que pueden impactar en la fluidez de la aplicación, como la versión del protocolo de transporte, detección de vulnerabilidades en librerías de JavaScript, entre otros.
4. SEO (Search Engine Optimizacion): verifica que el sitio tenga suficientes metadatos para recibir tratamiento adecuado en los motores de búsqueda. Incluye análisis de rastreo e indexación, compatibilidad con dispositivos móviles, entre otros.

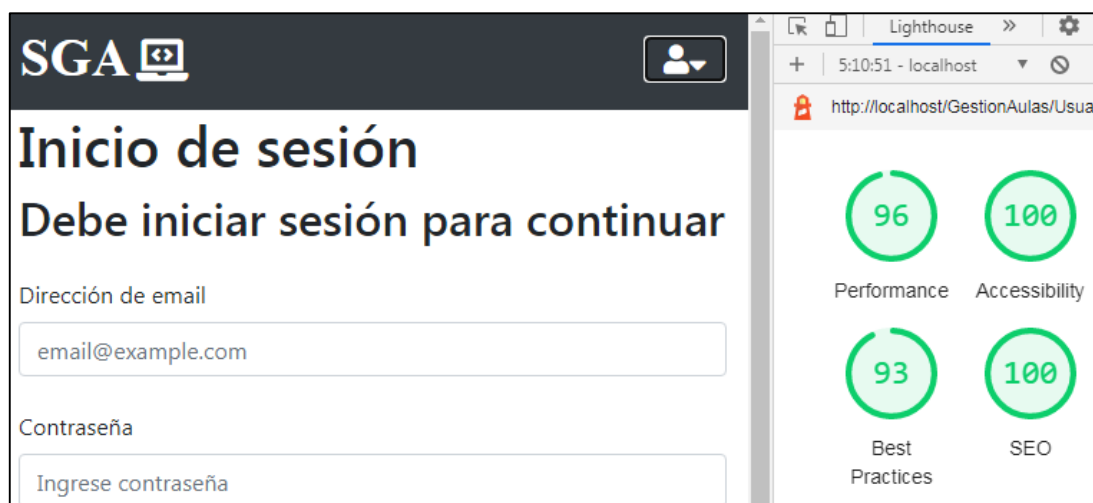


Fig. 31 – Análisis de Lighthouse en formulario de Inicio de Sesión

Fuente: elaboración propia

Se presentan a continuación, en Tabla 5, los resultados obtenidos en múltiples interfaces del Sistema de Gestión de Aulas y Laboratorios. Se realizaron correcciones pertinentes en la aplicación hasta obtener un mínimo de 90 puntos en cada medición.

Tabla 5 – Resultados de análisis de Lighthouse

Vista	Performance	Accesibilidad	Buenas prácticas	SEO
Principal	98	98	93	100
Inicio de sesión (E)	96	100	93	100
Reservas - Ver aulas (B1)	91	97	93	100
Reservas - Horario de aula (B2)	98	97	93	100
Administrar aulas (Q)	94	91	93	100
Listado de docentes (I)	99	91	93	100
Mensajería: Bandeja de entrada (V)	98	100	93	100

### Prueba de optimización para móviles con Bing

La herramienta de pruebas de aptitud para móviles de Bing permite verificar si las páginas del sistema se despliegan correctamente en dispositivos móviles.

Al ejecutar sobre una página, la herramienta verifica:

1. Configuración correcta de la ventana
2. Tamaño del contenido de acuerdo a la pantalla
3. Legibilidad del texto
4. Adaptabilidad al uso de pantalla táctil

Todas las vistas de la aplicación fueron verificadas mediante esta herramienta.



Fig. 32 – Prueba Mobile-Friendly de Bing en pantalla principal

Fuente: elaboración propia

#### 4.3.3 Encuesta de usabilidad

Como se mencionó anteriormente en la sección 4.3, la característica de usabilidad según la norma ISO 25010 [37], está constituida por seis subcaracterísticas: capacidad para reconocer su adecuación, capacidad de aprendizaje, operabilidad, protección contra errores de usuario, estética de la interfaz de usuario y accesibilidad. En base a esta definición, se elaboró un instrumento de recogida de datos, a modo de encuesta, para evaluar de forma directa el sistema SGA frente al uso de usuarios directos. La encuesta fue realizada por cinco docentes calificados en diversas áreas de Informática de la Universidad Nacional del Nordeste.

Cada una de las preguntas planteadas en la encuesta se corresponde directamente con una de las subcaracterísticas de la usabilidad antes mencionadas. A continuación, se presenta una tabla con todas las preguntas, y la subcaracterística de usabilidad correspondiente.

Tabla 6 – Encuesta de usabilidad

Subcaracterística de usabilidad	Preguntas
Capacidad para reconocer su adecuación	1) ¿Las funciones del SGA son claras y simples, libres de ambigüedad?
	2) ¿Cómo considera el acceso a las funciones en el SGA?
	3) ¿Considera necesario la implementación de una sección de ayuda?
Capacidad de aprendizaje	4) ¿Se presentaron dificultades completando alguna tarea en el SGA? Especifique cuáles.
	5) ¿Cómo considera que se encuentran localizadas las funciones en el SGA?
Operabilidad	6) ¿Se encontró con algún tipo de error durante su interacción con el SGA?
	7) ¿Considera que el sistema es apropiado desplegando alertas y mensajes?
Protección contra errores del usuario	8) ¿Tiene conocimiento sobre qué tipo de datos debe ingresar en los campos de los formularios?
Estética de la interfaz	9) ¿Es visualmente agradable interactuar con el SGA?
Accesibilidad	10) ¿Las tareas en el SGA le llevan demasiado tiempo para ser realizadas?
	11) ¿Con qué frecuencia confunde los botones al realizar una actividad?
	12) ¿Se presentaron dificultades para leer el texto en las páginas?

La descripción del tipo de preguntas incluidas en la encuesta, las respuestas obtenidas y el procedimiento seguido para la valoración de las mismas se presentan en forma detallada en el Anexo I.

Se procede a continuación a mencionar las conclusiones más importantes a partir del análisis de las respuestas obtenidas:



1. Todos los usuarios manifestaron que las funciones de sistema estaban claras y libres de ambigüedad.
2. El acceso a las funciones presentó respuestas positivas.
3. El 80% de los usuarios manifestaron que consideraban conveniente la implementación de una sección de ayuda.
4. Un par de usuarios experimentaron inconvenientes en ciertas áreas del sistema dónde no se encontraban botones para regresar entre los menús. No obstante, no se encontraron errores de procesamiento de información.
5. El 60% de los usuarios manifestaron disconformidad sobre las alertas y mensajes del sitio. Se remarcó la falta de mensajes de confirmación ante operaciones importantes como eliminaciones de datos o algunas configuraciones.
6. El 80% manifestó estar de acuerdo con el diseño de la interfaz.

Luego del análisis de los resultados se procedió a continuar con el diseño del sistema, teniendo en cuenta esta información obtenida. Se corrigieron los errores informados por los usuarios en la encuesta, y se procedió a realizar mejoras en las interfaces necesarias, junto con la implementación de la sección de ayuda.

#### 4.3.4 Diseño centrado en usabilidad – Segunda parte

La segunda parte del diseño del sistema se centró en aplicar las mejoras correspondientes para enmendar los inconvenientes encontrados luego del análisis de los datos recogidos en la encuesta de usabilidad presentada en la sección anterior.

##### *Ayuda y guía de usuario*

Las interfaces de ayuda en sistemas web se pueden presentar de dos formas diferentes [14]:

1. Ayuda proactiva: tiene el objetivo de familiarizar a un usuario con la interfaz. Es presentada antes de la aparición de problemas, en un intento de prevenirlos.
2. Ayuda reactiva: se provee al usuario para presentar soluciones ante problemas con los que ya se ha encontrado. Tiene como objetivo responder preguntas, solucionar problemas del usuario o proveer información extra para los usuarios que desean adquirir mayor conocimiento sobre las funciones de la aplicación.

Se incorporó en el sistema interfaces de ayuda tanto proactiva como reactiva. La ayuda proactiva se encuentra presente en todos los formularios, cuando se presenta información detallada sobre los tipos de datos a ingresar y la descripción de los procesos que realiza la confirmación de cada formulario. Y en cuanto a la ayuda reactiva, se

procedió a proveer en cada sección del sistema un enlace a la página de ayuda correspondiente en una guía de usuario.

La guía de usuario se diseñó de forma adaptable para cada usuario registrado. La interfaz elegida tiene una estética lo suficientemente cercana al resto de la aplicación, pero con un juego de colores para dejar claro al usuario que se encuentra en una sección especial del sistema. Se presenta en Fig. 33 un fragmento de la pantalla principal de ayuda del usuario administrador.

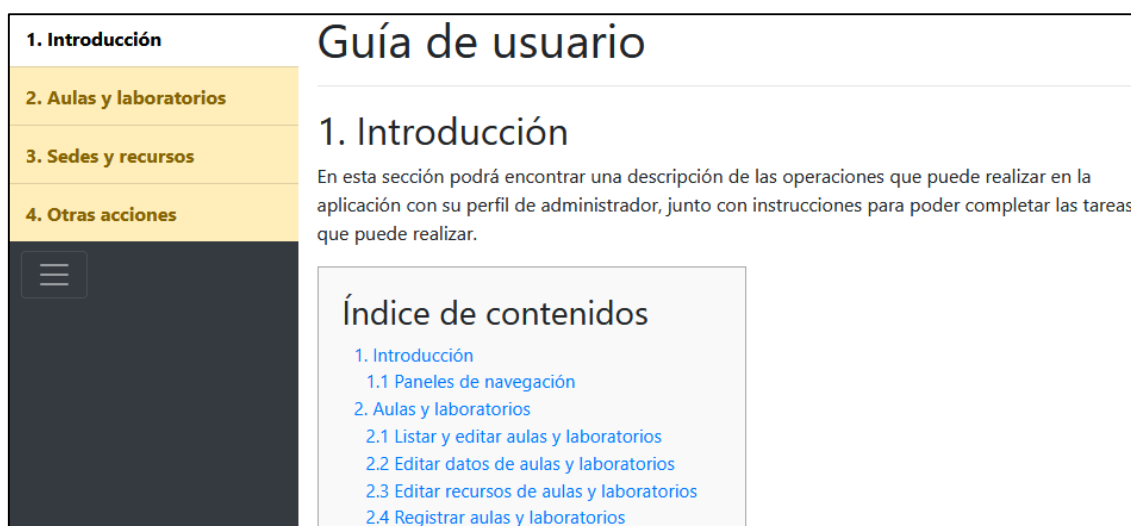


Fig. 33 – Pantalla principal de Guía de usuario para usuario administrador

Fuente: elaboración propia


Siguiendo las sugerencias dadas en [14], se deben agrupar los temas de ayuda dentro de categorías relevantes. Cada sección de la guía de usuario presenta un índice de contenidos en la parte superior, de forma que el usuario pueda moverse con facilidad entre las diferentes secciones según requiera.

Muchas de las secciones de ayudas son comunes entre varios usuarios. Para no desbordar al usuario de información no requerida, cada perfil puede acceder en su guía de usuario únicamente a la ayuda correspondiente de las tareas que su perfil permite realizar.



En cada sección de ayuda, se encuentra una descripción con instrucciones detalladas para realizar cada una de las tareas de los usuarios registrados. El texto se presenta acompañado con imágenes de los controladores y botones, como se ejemplifica en Fig. 34.

## 2.1 Selección de aulas y laboratorios

El sistema proporciona una interfaz sencilla para recorrer las aulas y laboratorios del establecimiento, y verificar su disponibilidad en un día determinado.

Para ingresar a la pantalla principal del Sistema de Reservas debe ingresar por la opción  Aulas y laboratorios en el panel de navegación desplegable superior.

Desde esta sección podrá elegir las aulas y laboratorios de su sede, y ver la disponibilidad a lo largo de los días del ciclo lectivo.

Utilice el selector de fecha    Buscar para cambiar el día elegido. Solo podrá elegir fechas que la dirección designó como pertenecientes al ciclo lectivo actual.


Por defecto podrá ver la lista de aulas de la sede. Utilice el botón  Cambiar a lista de laboratorios para mostrar los laboratorios de la sede.

Fig. 34 – Sección de ayuda de selección de aulas y laboratorios

Fuente: elaboración propia

Las secciones de ayuda se diseñaron siguiendo el siguiente esquema:

### A) Usuario administrador

1. Introducción
  - 1.1 Paneles de navegación
2. Aulas y laboratorios
  - 2.1 Listar y editar aulas y laboratorios
  - 2.2 Editar datos de aulas y laboratorios
  - 2.3 Editar recursos de aulas y laboratorios
  - 2.4 Registrar aulas y laboratorios
3. Sedes y recursos
  - 3.1 Administración de sedes
  - 3.2 Administración de recursos
4. Otras acciones
  - 4.1 Configuración de perfil

### B) Usuario directivo

1. Introducción
  - 1.1 Paneles de navegación
2. Administración de bedelía
  - 2.1 Listado y búsqueda de bedeles
  - 2.2 Registro de bedeles
3. Ciclo lectivo
  - 3.1 Inicio y fin de ciclo lectivo
  - 3.2 Días no laborales

- 3.3 Reinicio de ciclo lectivo
- 3.3 Finalizar autoasignación
- 3.3 Horas de clase
- 4. Otras acciones
  - 4.1 Configuración de perfil
  - 4.2 Informes y estadísticas

#### **C) Usuario bedel**

- 1. Introducción
  - 1.1 Paneles de navegación
- 2. Sistema de reservas
  - 2.1 Selección de aulas y laboratorios
  - 2.2 Filtrado de aulas y laboratorios
  - 2.3 Administración de solicitudes
  - 2.5 Edición y cancelación de reservas
- 3. Administración de docentes
  - 3.1 Administración de solicitudes
  - 3.2 Listado y edición
  - 3.3 Crear un nuevo usuario
- 4. Otras acciones
  - 4.1 Cambiar código para nuevos docentes
  - 4.2 Configuración de perfil
  - 4.3 Sistema de mensajería

#### **D) Usuario docente**

- 1. Introducción
  - 1.1 Paneles de navegación
- 2. Sistema de reservas
  - 2.1 Selección de aulas y laboratorios
  - 2.2 Filtrado de aulas y laboratorios
  - 2.3 Solicitud de reserva
  - 2.4 Ver reservas
  - 2.5 Realizar autoasignación
- 3. Otras acciones
  - 3.1 Configuración de perfil
  - 3.2 Sistema de mensajería

Con respecto a las guías de usuario es importante realizar las siguientes consideraciones:

1. En la sección de introducción de cada perfil se presentan las funciones elementales a las que puede acceder el usuario registrado y ayuda para comprender los paneles de navegación.
2. La ayuda sobre Configuración de perfil es común a todos los usuarios, siguiendo con el caso de uso F (ver apartado 4.2.2: Perfiles de usuario, Fig. 8 y Fig. 9).
3. La ayuda sobre el sistema de mensajería interna es la misma para usuarios bedeles y docentes. Los demás no disponen de esa función y no se la presenta en su guía de usuario.
4. Las operaciones de selección y filtrado de aulas y laboratorios están presentes tanto en perfil docente como bedel, pero difieren en las tareas que esos usuarios pueden realizar a posteriori.

Debido al limitado número de operaciones que pueden realizar en la aplicación, no se realizó una guía de usuario específica para los usuarios visitantes.

En su lugar, se preparó una sección de Preguntas altamente frecuentes (FAQ) que contiene toda la información respecto a la naturaleza de la aplicación, su objetivo y la descripción y ayuda para las operaciones que pueden realizar sin registrarse. Esta sección estará accesible en la barra de navegación desde el primer momento que un usuario ingresa al sistema (Fig. 35).

# Preguntas frecuentes

## Índice de preguntas

1. ¿En qué consiste el Sistema de Gestión de Aulas?
2. ¿Necesito registrarme para poder utilizarlo?
3. ¿Puedo ver todos los horarios de toda la institución?
4. ¿Cómo puedo navegar entre las aulas y laboratorios?
5. ¿Qué significan los íconos y colores en la grilla de aulas?

## 1. ¿En qué consiste el Sistema de Gestión de Aulas?

El Sistema de Gestión de Aulas y Laboratorios es un sistema web para reservas de recursos de aulas y laboratorios para una institución educativa. Permite realizar de forma digital y en línea varias de las tareas institucionales relacionadas con horarios de clase y distribución de carga horaria.

Fig. 35 – Sección de preguntas frecuentes

Fuente: elaboración propia

### *Diálogos de confirmación*

Según los expertos en usabilidad Norman Nielsen Group [42]:

“Al hablar de un “error de usuario”, el verdadero culpable es el diseñador por haber dejado tan fácil a los usuarios meterse en problemas”.

Hay muchos mecanismos para intentar evitar o reducir los errores del usuario. Uno de los más utilizados son los diálogos de confirmación: preguntan al usuario si están seguros de continuar con una acción en el sistema.

Algunas características de usabilidad en diálogos de confirmación [42] que se han tenido en cuenta, son:

1. Deben implementarse cuando el usuario realiza acciones que pueden tener severas consecuencias, como por ejemplo la destrucción del trabajo del usuario, o cuando conlleva operaciones que no se pueden revertir.
2. No deben implementarse sobre acciones rutinarias.
3. Deben ser específicos sobre las consecuencias de la acción a confirmar, con texto directo y comprensible.

4. Las opciones del diálogo deben resumir las acciones al ser elegidas. Por ejemplo: para una eliminación, en lugar de utilizar opciones de “SI/NO”, se debería colocar un mensaje como “Conservar archivo / Eliminar archivo” si fuera el caso.
5. Evitar dejar la opción de confirmar como la acción por defecto. Es deseable que la primera opción sea la que no genere cambios drásticos en el sistema, a fin de cumplir su función de evitar los errores del usuario.

Siguiendo estos lineamientos, se procedió a implementar diálogos de confirmación en múltiples operaciones del sistema. Se codificaron utilizando la librería para mensajes modales incluidas dentro del framework Bootstrap.

Se presenta a modo de ejemplo el diálogo de confirmación para realizar un reinicio de ciclo en Fig. 36.

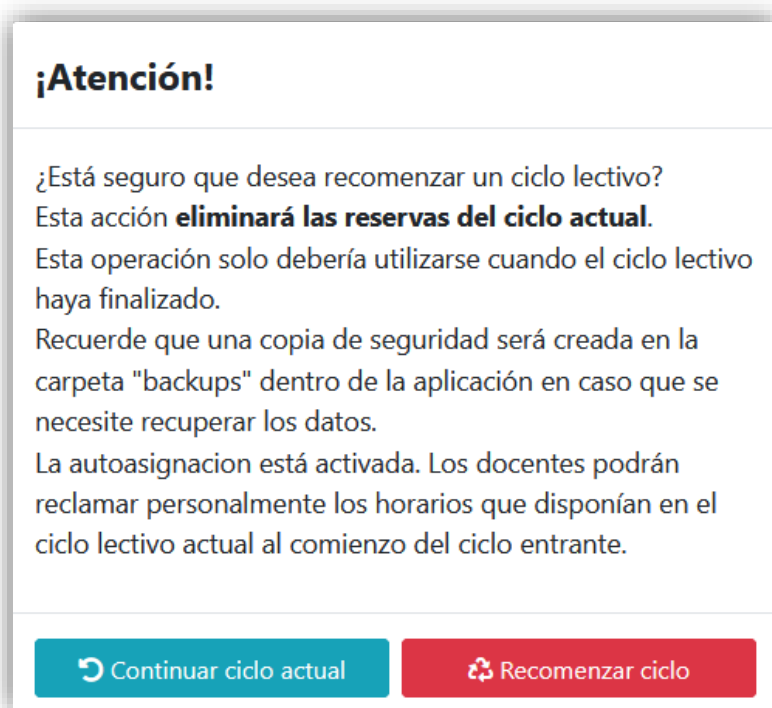


Fig. 36 – Diálogo de confirmación en cambio de ciclo

Fuente: elaboración propia

Se mencionan a continuación las operaciones más importantes para las cuales fueron implementados los mensajes de confirmación, junto con su usuario correspondiente:

- Eliminación de un recurso de la base de datos (usuario administrador)
- Rechazar solicitud de reserva de aula o laboratorio (usuario bedel)
- Rechazar una reserva por autoasignación (usuario docente)

- Reiniciar un ciclo lectivo (usuario directivo)
- Finalizar período de autoasignación (usuario directivo).

Cabe destacar que el rechazo de una reserva por un bedel no es un acto rutinario. Si una solicitud por parte de un docente pudo registrarse implica que el aula o laboratorio está disponible en ese horario, de forma que el curso natural sería aceptarlas en la mayoría de los casos. Por estas razones, el diálogo de confirmación incluirá un campo opcional para incluir el motivo del rechazo de la solicitud, lo que se muestra en Fig.37.

**Rechazar solicitud** [X]

¿Está seguro que desea rechazar esta solicitud de reserva del docente John Smith?

Si así lo desea, puede agregar un motivo para rechazar la solicitud. El mismo será incluido en una notificación para el docente mediante el sistema de mensajería.

Motivo de rechazo

Ejemplo de motivo de rechazo por parte de un usuario bedel.

[Circular Arrow] Mantener la solicitud    [X] Rechazar la solicitud

Fig. 37 – Diálogo de confirmación para rechazar solicitudes de reserva

Fuente: elaboración propia

Al utilizarse este campo, se enviará de forma automática una notificación al usuario docente mediante el sistema de mensajería, incluyendo el motivo ingresado por el usuario bedel; dicho mensaje se muestra en Fig. 38.



## Mensaje de Bedelia Sede 2: Marina Fuentes

Recibido el día 2021-02-09 a las 07:06

### **Asunto: Reserva rechazada**

Estimado docente:

La solicitud de reserva para Aula Magna en el horario de 15 a 18hs entre las fechas xx/xx/xx y xx/xx/xx para la carrera de Carrera C ha sido rechazada.

Motivo: *Ejemplo de motivo de rechazo por parte de un usuario bedel.*

Responda este mensaje si desea solicitar más información.

Fig. 38 – Ejemplo de mensaje de notificación de solicitud rechazada

Fuente: elaboración propia

## *Capítulo 5: Conclusiones y futuros trabajos*

Los objetivos del presente trabajo fueron alcanzados con éxito, como se muestra en el presente documento.

El Sistema de Gestión de Aulas y laboratorios se encuentra completo en cuanto a todos sus requisitos de funcionalidad y desempeño. El mismo está preparado para ser adaptado e implementado en cualquier institución educativa que precise de una aplicación informática para automatizar procesos relacionados con la disposición de sus aulas, laboratorios y recursos.

Se han realizado las suficientes pruebas de rendimiento para asegurar que el programa es confiable y se pueda desempeñar correctamente tanto en navegadores de dispositivos de escritorio o móviles. Se consiguió también que el Sistema de Gestión de Aulas y Laboratorios pueda declararse conforme de ajustarse al nivel AA de directrices de accesibilidad de W3C.

Los usuarios del sistema han respondido bien a los prototipos para prueba que fueron presentados durante de la fase de desarrollo en las pruebas de usabilidad. La aplicación para el usuario es clara en sus funcionalidades, fácil de aprender a utilizar y dispone de una interfaz gráfica amigable.

No obstante, se deben continuar realizando periódicamente pruebas en busca de nuevas mejoras relacionadas con usabilidad, ya que los navegadores web se actualizan, cambian con el tiempo, junto con las necesidades de los usuarios y sus tendencias de navegación y constantemente aparecen nuevos dispositivos en los cuales la interacción del usuario con el mismo sistema puede llegar a ser muy diferente.

En futuros trabajos se podría desarrollar una aplicación para móviles que brinde servicio de forma colaborativa con el sistema web implementado. Contar con una aplicación 100% diseñada para móviles podría presentar algunas ventajas para facilitar la realización de tareas en el sistema para los usuarios que ingresan desde su teléfono o tablet.

La experiencia en el desarrollo de este trabajo ha sido satisfactoria, pues permitió adquirir y poner en acción nuevos conocimientos relacionados con el diseño de páginas web y con la relevancia de la usabilidad en la actualidad.

La aplicación de los criterios de usabilidad en la creación de sistemas es una importante contribución al propósito de que los recursos informáticos sean herramientas amigables, familiares y útiles para los usuarios.

Además, la evaluación de la usabilidad del software a lo largo de todo el desarrollo del proceso ha sido fundamental para la obtención de buenos resultados. Los problemas

de usabilidad detectados permitieron la introducción de mejoras en la aplicación, lo que muestra que las pruebas de usabilidad pueden ser usadas como prueba de detección de debilidades de un sitio web y para su mejora.

Por todo ello, la experiencia adquirida durante el desarrollo de este proyecto ha sido, sin dudas, una valiosa experiencia en la formación profesional del autor.

## Anexo I: Encuesta de usabilidad

A continuación, se presentan los resultados detallados de la encuesta de usabilidad mencionada en el apartado 4.3.3, organizados en dos tablas.

La encuesta incluía 12 (doce) preguntas, de las cuales 10 (diez) eran de opción múltiple y 2 (dos) debían responderse con SI o NO.

Se muestran en primer lugar en Tabla 7 los resultados de la evaluación de las preguntas de opciones múltiples, dónde se otorgó valores entre 1 y 5 a las respuestas como medida de métrica para cada atributo de usabilidad. Se esperaba obtener un valor mínimo de 3.5 puntos de media en cada una.

Tabla 7 – Anexo I: Resultados de preguntas de opción múltiple

Preguntas y opciones de respuesta	Valores de respuesta	Media
1) ¿Las funciones del SGA son claras y simples, libres de ambigüedad? <ul style="list-style-type: none"><li>• Completamente de acuerdo (5)</li><li>• De acuerdo (4)</li><li>• Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)</li><li>• En desacuerdo (2)</li><li>• Completamente en desacuerdo (1)</li></ul>	5,5,5,4,4	4.6
2) ¿Cómo considera el acceso a las funciones en el SGA? <ul style="list-style-type: none"><li>• Muy fácil (5)</li><li>• Fácil (4)</li><li>• Ni fácil ni difícil (3)</li><li>• Difícil (2)</li><li>• Muy difícil (1)</li></ul>	5,5,4,4,3	4.2
5) ¿Cómo considera que se encuentran localizadas las funciones en el SGA? <ul style="list-style-type: none"><li>• Muy bien (5)</li><li>• Bien (4)</li><li>• Ni bien ni mal (3)</li><li>• Mal (2)</li><li>• Muy mal (1)</li></ul>	4,4,4,4,2	3.6

<p>6) ¿Se encontró con algún tipo de error durante su interacción con el SGA?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nunca (5)</li> <li>• Casi nunca (4)</li> <li>• Ocasionalmente (3)</li> <li>• Casi siempre (2)</li> <li>• Siempre (1)</li> </ul>	5,5,5,5,3	4.6
<p>7) ¿Considera que el sistema es apropiado desplegando alertas y mensajes?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siempre (5)</li> <li>• Casi siempre (4)</li> <li>• Ocasionalmente (3)</li> <li>• Casi nunca (2)</li> <li>• Nunca (1)</li> </ul>	5,4,3,3,2	3.4
<p>8) ¿Tiene conocimiento sobre qué tipo de datos debe ingresar en los campos de los formularios?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siempre (5)</li> <li>• Casi siempre (4)</li> <li>• Ocasionalmente (3)</li> <li>• Casi nunca (2)</li> <li>• Nunca (1)</li> </ul>	5,4,4,3,3	3.8
<p>9) ¿Es visualmente agradable interactuar con el SGA?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completamente de acuerdo (5)</li> <li>• De acuerdo (4)</li> <li>• Ni en acuerdo ni en desacuerdo (3)</li> <li>• En desacuerdo (2)</li> <li>• Completamente en desacuerdo (1)</li> </ul>	4,4,4,4,3	3.8
<p>10) ¿Las tareas en el SGA le llevan demasiado tiempo para ser realizadas?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nunca (5)</li> <li>• Casi nunca (4)</li> <li>• Ocasionalmente (3)</li> <li>• Casi siempre (2)</li> <li>• Siempre (1)</li> </ul>	5,4,4,3,2	3.6

11) ¿Con qué frecuencia confunde los botones al realizar una actividad? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nunca (5)</li> <li>• Casi nunca (4)</li> <li>• Ocasionalmente (3)</li> <li>• Casi siempre (2)</li> <li>• Siempre (1)</li> </ul>	5,5,5,4,2	4.2
12) ¿Se presentaron dificultades para leer el texto en las páginas? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nunca (5)</li> <li>• Casi nunca (4)</li> <li>• Ocasionalmente (3)</li> <li>• Casi siempre (2)</li> <li>• Siempre (1)</li> </ul>	5,5,5,5,4	4.8

Las dos preguntas restantes consistieron en preguntas dicotómicas de respuestas sí/no. Sus respuestas se exhiben en Tabla 8.

Tabla 8 – Anexo I: Resultados de preguntas dicotómicas de sí/no

Pregunta	Respuestas
3) ¿Considera necesaria la implementación de una sección de ayuda?	80% SI 20% NO
4) ¿Tuvo dificultades completando alguna tarea en el SGA? Si responde sí, especifique cuáles.	60% NO 20% se encontró con inconvenientes en una función inaccesible a través de un menú 20% se encontró con inconvenientes relacionados con un panel de navegación

## Referencias

- [1] A. Dandashi, M. Al-Mouhamed, "Graph coloring for class scheduling," in ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications, 2010, vol. 1, pp. 1–4.
- [2] A. Wasfy, F. Aloul, "Solving the university class scheduling problem using advanced ilp techniques," in IEEE GCC Conference, 2007.
- [3] D. Alkhaldi et.al. "Developing and Implementing Web-based Online University Facilities Reservation System", in International Journal of Applied Engineering Research, 2018, vol. 13, pp. 6700-6708.
- [4] M. Rahman, S. Noor, F. Siddiqui "Automated Large-scale Class Scheduling in MiniZinc", in International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0, 2020.
- [5] M. Matera, F. Rizzo "Web usability: Principles and evaluation methods" in *Web engineering*, Ed. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006, pp. 143-180.
- [6] Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts, Norma ISO 9241-11:2018
- [7] D. Lowe "Emerging knowledge in Web Development," in *Managing Software Engineering Knowledge*, Ed. Springer, Berlin, 2003 pp 157–175
- [8] J. Nielsen "Usability metrics," NN/g Norman Nielsen Group, 2001 [Online] Available: <https://www.nngroup.com/articles/usability-metrics/> [Accessed: Jul 14, 2020].
- [9] L. Perurena, M. Berguez "Usabilidad de los sitios Web, los métodos y las técnicas para la evaluación", *Revista cubana de Información de Ciencias de la Salud* vol. 24, pp. 176-194, 2013.
- [10] G. Knolmayer, L. Helfenstein, V. Sin "The Treatment of Temporal Data in Web-Based Reservation Systems: An Inspection-Based Evaluation" in 13th International Conference on Human-Computer Interaction, Sep 2011, pp. 323-339.
- [11] T. Shasha, M. Weideman "Measurement of the usability of web-based hotel reservation systems," Ph.D. dissertation, Cape Peninsula University of Technology, 2016.
- [12] "Internet, la visión de los usuarios" CertiSur, 2019. [En línea] Disponible: <https://www.certisur.com/internet-la-vision-de-los-usuarios-2019/>

- [13] R. Budiu "Mobile User Experience: Limitations and Strengths" *Norman Nielsen Group*, 2015 [Online] Available: <https://www.nngroup.com/articles/mobile-ux/> [Accessed: 19-sep-2020]
- [14] A. Joyce "Help and Documentation: The 10th Usability Heuristic, NNGroup, 2020 [Online] Available: <https://www.nngroup.com/articles/help-and-documentation/>
- [15] T. Reenskaug "The original MVC reports" University of Oslo, 2007.
- [16] I. Sommerville "Ingeniería del Software", 7ª ed. Pearson Education, 2005.
- [17] E. Gowtham, Y. Manoj "Evolutionary Models in Software Engineering" *International Journal of New Technology and Research*, Vol. 3, no. 5, pp. 30-33, 2017.
- [18] K. Whitenton "Website Forms Usability: Top 10 Recommendations," NN/g Norman Nielsen Group, 2016 [Online] Available: <https://www.nngroup.com/articles/web-form-design/> [Accessed: Jul 16, 2020].
- [19] L. Brady, C. Phillips "Aesthetics and Usability: A Look at Color and Balance," *Usability News*, SURL, Wichita State University, Feb. 2003.
- [20] *W3C Web Content Accessibility Guidelines*, WCAG Std. 2.0. [Online] Available: <https://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/> [Accessed: Jul-16-2020].
- [21] "Usability & Web Accessibility," Yale University [Online] Available: <https://usability.yale.edu/web-accessibility/articles/focus-keyboard-operability> [Accessed: Jul 19, 2020].
- [22] S. Mahajan, N. Abolhassani, P. McMinn, W. Halfond "Automated repair of mobile friendly problems in web pages," in *Proceedings of the 40th International Conference on Software Engineering*, ICSE, 2018.
- [23] J. Rubin, D. Chisnell, *Handbook of Usability Testing*. Indianapolis, USA: Wiley, 2008
- [24] "Enterprise Architect V15.1," Sparx Systems. [Online] Available: <http://www.sparxsystems.com.ar/products/ea/index.php> [Accessed: Jul-28-2020].
- [25] "Codeigniter 4 UG" Codeigniter. [Online] Available: [https://www.codeigniter.com/user\\_guide/index.html](https://www.codeigniter.com/user_guide/index.html) [Accessed: 3-aug-2020].
- [26] "MySQL Database Service", Oracle. [Online] Available: <https://www.mysql.com/> [Accessed: 3-aug-2020].
- [27] "Bringing MySQL to the Web," phpMyAdmin. [Online] Available: <https://www.phpmyadmin.net/> [Accessed: 3-aug-2020].



- [28] “Bootstrap Framework” Bootstrap Team [Online] Available: <https://getbootstrap.com/> [Accessed: 3-aug-2020].
- [29] W3C Markup Validation Service. [En línea]. Disponible en: <https://validator.w3.org/>. [Accessed: 4-aug-2020]
- [30] W3C CSS Validation Service. [En línea]. Disponible en: <https://jigsaw.w3.org/css-validator/>. [Accessed: 4-aug-2020]
- [31] Bing Mobile-Friendly Test [En línea]. Disponible en: <https://www.bing.com/webmaster/tools/mobile-friendliness>. [Accedido: 13-aug-2020]
- [32] “Mozilla Observatory”, Mozilla. [Online] Available: <https://observatory.mozilla.org/> [Accessed: 15-sep-2020]
- [33] “Contrast Checker,” Accart Communications. [Online] Available: <https://contrastchecker.com/> [Accessed: 15-sep-2020]
- [34] “GTmetrix website speed test,” GTmetrix. [Online] Available: <https://gtmetrix.com/> [Accessed: 15-sep-2020]
- [35] “Google Lighthouse” Google Developer Tools [Online] Available: <https://developers.google.com/web/tools/lighthouse?hl=es> [Accessed: 15-sep-2020]
- [36] D. Scott, D, R. “Sharp Abstracting application-level web security” in *Proceedings of the 11th international conference on World Wide Web*, May 2002, pp. 396-407.
- [37] *ISO/IEC 25010 System and Software Quality Requirements and Evaluation*, ISO Standard 2014
- [38] W3C, Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) Conformance Level AA [Online] Available: <https://www.w3.org/WAI/WCAG2AA-Conformance>
- [39] H. Loranger “Back-to-Top Button Design Guidelines”, NNGroup, 2017 [Online] Available: <https://www.nngroup.com/articles/back-to-top/>
- [40] K. Wheaton “Google Consumer Studies” 2018 [Online] Available: <https://www.thinkwithgoogle.com/marketing-strategies/search/consumer-habits/>
- [41] K. Whitenton “Menu Design: Checklist of 15 UX Guideliness to Help Users” 2015 [Online] Available: <https://www.nngroup.com/articles/menu-design/>
- [42] J. Nielsen “Confirmation Dialogs Can Prevent User Errors - If Not Overused” 2018 [Online] Available: <https://www.nngroup.com/articles/confirmation-dialog/>