



DGTIC UNAM

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

Herramienta tecnológica desarrollada en



Laboratorio de
Aprendizaje Digital

<https://educatic.unam.mx/lad-unam/>

2024



PROYECTO	Laboratorios inmersivos de Química en web
Responsable	Ing. Tayde Martín Cruz Lovera
Área responsable	Departamento de Recursos Digitales para la Educación
Periodo reportado	2024
Fecha de elaboración	Diciembre 2024

Objetivo

El objetivo del proyecto es poner a disposición de los estudiantes de odontología y ciencias de la salud, prácticas virtuales interactivas en un ambiente tridimensional. A través de este entorno interactivo, los estudiantes pueden experimentar el proceso completo de las prácticas en un ambiente seguro y guiado, sin los riesgos asociados al error en un entorno real.

Introducción

La iniciativa nació por el acercamiento de la Dra. Silvia Maldonado Frías de la Facultad de Odontología al Observatorio Ixtli a finales del año 2021, donde solicitó por escrito ser asesorada para la realización del proyecto "Laboratorio virtual de Biología y Ecología oral". La Dra. buscaba una alternativa utilizando realidad virtual inmersiva para llevar a cabo las prácticas de laboratorio, debido a que durante la pandemia los estudiantes recibieron las clases por medio de videos y que se mostraban cansados de este material al no poder replicar los procesos en casa.

Las prácticas definidas para el año 2024 son:

1. Cuantificación de proteínas de la saliva.
2. Cuantificación de carbohidratos y recambio salival.

Para llevar a cabo estas prácticas, se colaboró con la Dra. Maldonado, quien proporcionó la definición de procesos, materiales involucrados, procedimiento y resultados. A partir de esta

información, el personal de modelado 3D de la DGTIC creó todos los modelos necesarios y desarrolló los interactivos 3D en Unity para ambas prácticas.

El desarrollo de los interactivos 3D fue una parte crucial del proyecto, ya que permite a los estudiantes experimentar las prácticas de laboratorio de manera inmersiva y ofrecen una representación cercana de los procesos, materiales y resultados, asegurando una experiencia educativa enriquecedora.

Para poder poner a disposición de los estudiantes las prácticas virtuales realizadas se desarrolló un sitio web que embebe los interactivos. Este sitio permite que los estudiantes accedan a las prácticas de manera sencilla desde cualquier dispositivo compatible, asegurando una experiencia educativa efectiva y accesible.

Actividades principales

Las principales actividades realizadas en el proyecto fueron:

- Desarrollo de los interactivos 3D para las prácticas de laboratorio virtuales de Cuantificación de proteínas de saliva y Cuantificación de carbohidratos y recambio salival.
- Diseño gráfico del sitio web y de la interfaz de usuario de los interactivos 3D.
- Modelado 3D.
- Desarrollo del sitio web y administración del servidor.

Equipo de trabajo

Nombre	Rol
Ing. Tayde Martín Cruz Lovera	Desarrollador 3D
Mtra. Elizabeth Ortíz Caballero	Diseñadora gráfica
LDCG. Cristina Salgado Ceballos	Diseñadora gráfica

Nombre	Rol
Mtro. Víctor Hugo Franco Serrano	Modelador 3D Responsable del modelado 3D
Lic. César Ordoñez Rodríguez	Desarrollador web

Actividades desarrolladas en 2024

Reporte técnico de actividades

Ing. Tayde Martín Cruz Lovera

Contenido

Desarrollo de los interactivos 3D de las prácticas

- Lógica de control de líquidos
- Funcionalidad de los instrumentos de laboratorio virtuales
- Máquina de estados de las prácticas
- Compatibilidad con pantallas táctiles
- Interfaz gráfica de usuario
- Simulación de resultados

A continuación, explico los componentes y funcionalidades desarrollados específicamente para los interactivos 3D de las prácticas de laboratorio. Es importante destacar que esta parte del proyecto es independiente del desarrollo del sitio web donde se embeben los interactivos 3D.

Lógica de control de líquidos

Realicé la programación del controlador de líquidos, un componente esencial que permite la transferencia de sustancias entre recipientes en las prácticas interactivas. Este controlador gestiona las cantidades transferidas y realiza un seguimiento detallado del contenido de cada recipiente. Cabe destacar que las prácticas utilizan mezclas homogéneas en la mayoría de los pasos, con una excepción puntual que fue programada para reflejar un comportamiento diferenciado en el sistema.

Implementé métodos avanzados para comparar el contenido de los recipientes con listas de referencia predefinidas, así como para realizar comparaciones directas entre el contenido de dos recipientes. Estas comparaciones contemplan el orden en que se agregaron las sustancias, lo que genera cuatro posibles resultados: vacío, incompleto, igual, exceso o incorrecto. Estos métodos permiten al controlador validar que los usuarios cumplen con los procedimientos establecidos en la práctica.

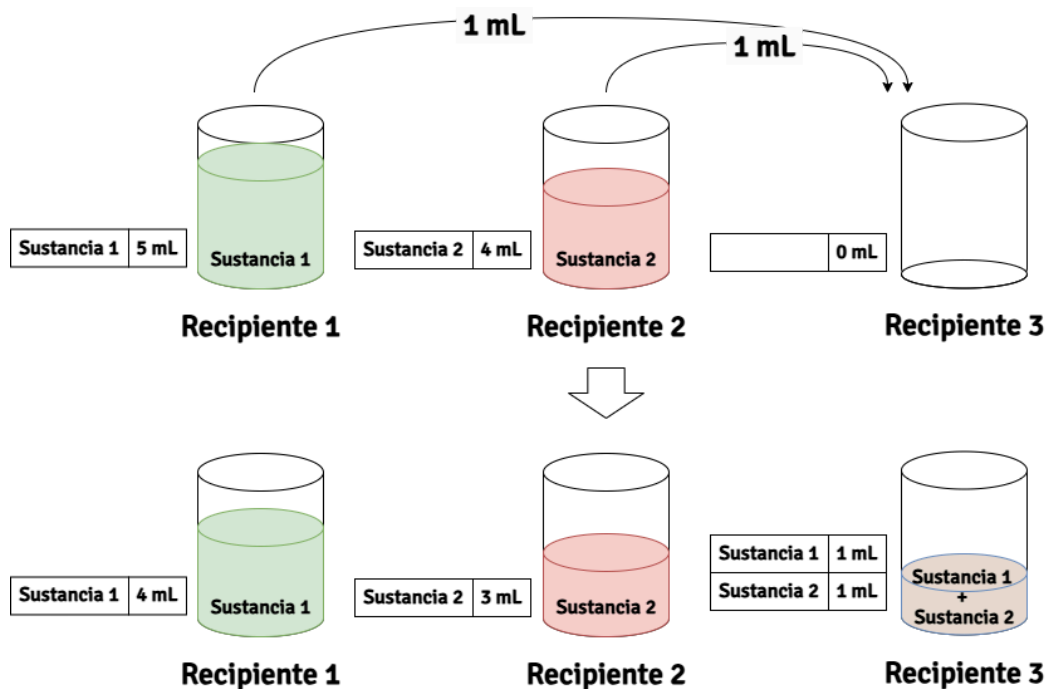


Figura 1. Ejemplo de la representación visual y lógica de una transferencia de sustancias de dos recipientes a otro

Funcionalidad de los instrumentos de laboratorio virtuales

Realicé la programación de la simulación de la función de los instrumentos o equipos usados en las prácticas. Los instrumentos programados fueron:

- Centrífuga clínica.
- Espectrofotómetro.
- Baño de agitación constante.
- Micropipeta.

En el caso del espectrofotómetro solo lo necesario para realizar la práctica, es decir, el proceso de calibración del dispositivo y la lectura de la absorbancia de las muestras.

Máquina de estados de las prácticas

Realicé la programación de la secuencia de pasos de ambas prácticas, estructurándolas en una máquina de estados robusta y flexible. Esta estructura permite una transición ordenada y eficiente entre las etapas, con validaciones automáticas en cada paso para garantizar que los usuarios completen correctamente los procedimientos antes de avanzar. Además, programé indicadores visuales de ayuda para facilitar las interacciones con los diferentes objetos virtuales.

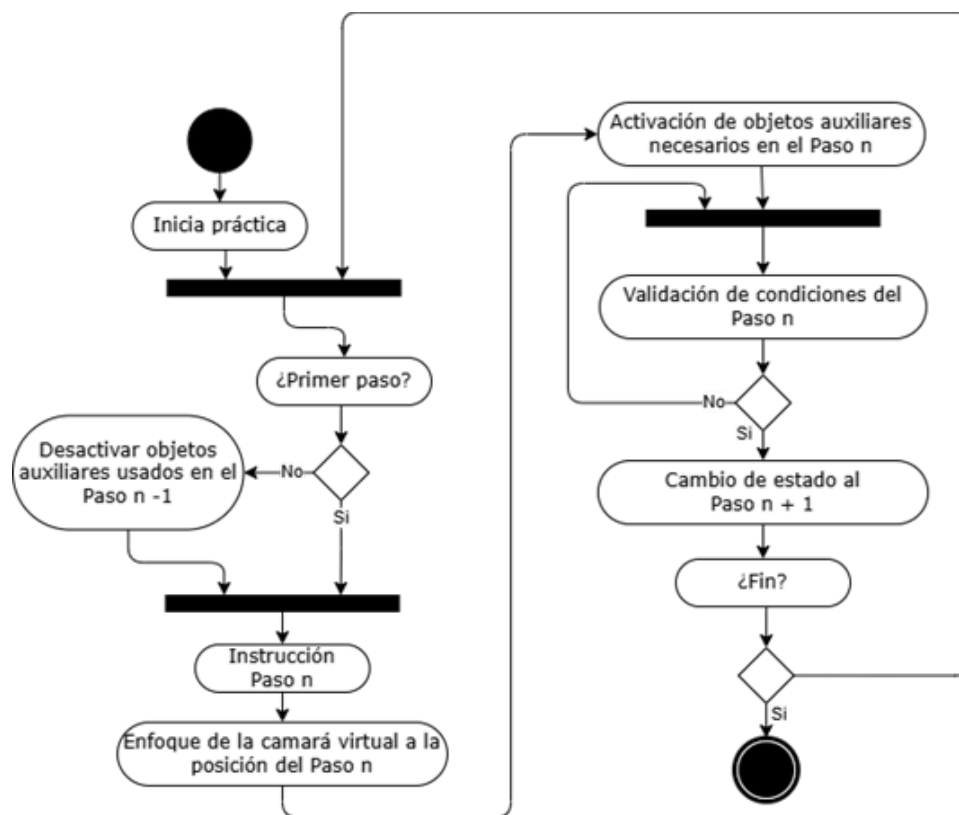


Figura 2. Diagrama de flujo genérico

Cada paso cuenta con condiciones específicas, por lo que implementé una clase abstracta de la que heredan las clases específicas a cada paso e implementan un mismo método de validación de las condiciones necesarias para pasar al siguiente paso.

Compatibilidad con pantallas táctiles

Programé la compatibilidad con pantallas táctiles, asegurando una experiencia fluida y eficiente para los usuarios que utilizan dispositivos con tecnología táctil.

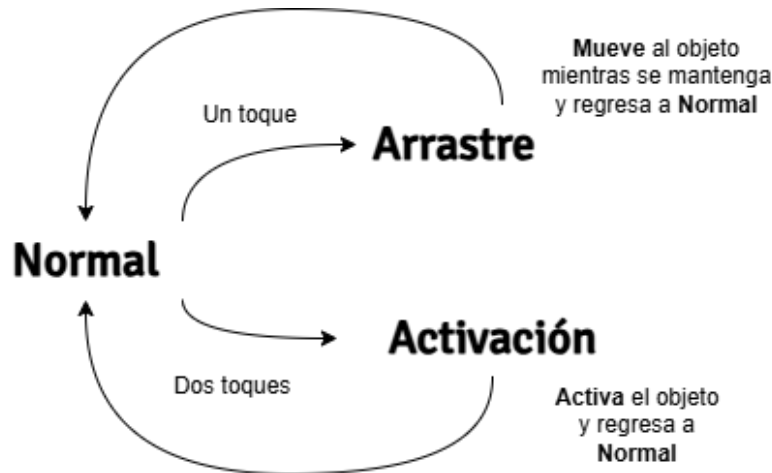


Figura 3. Diagrama de estados de un objeto interactivo en interacciones con pantalla táctil.

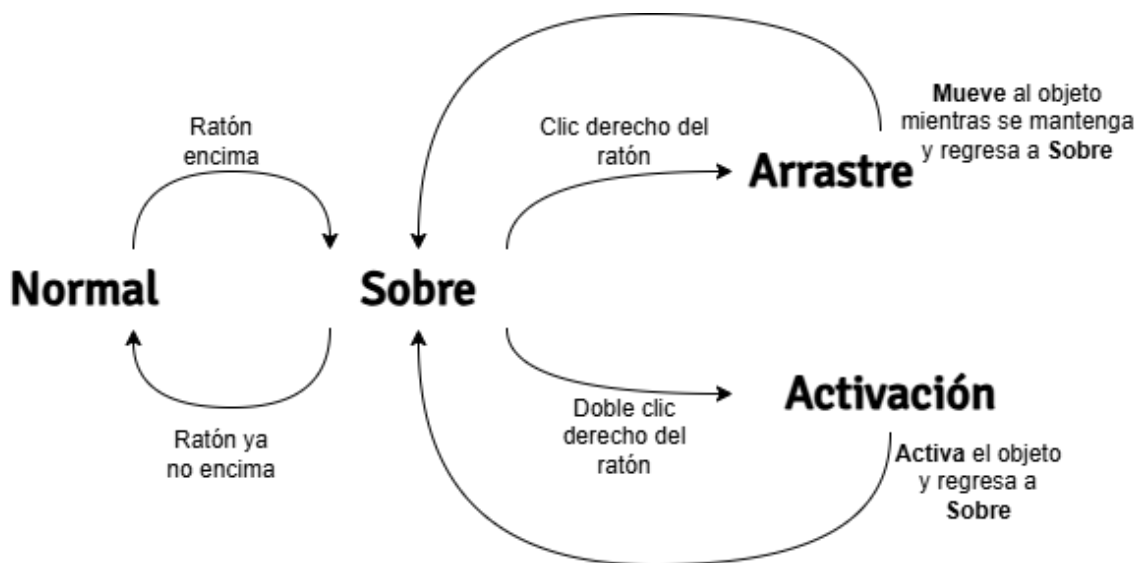


Figura 4. Diagrama de estados de un objeto interactivo en interacciones con el ratón

Interfaz gráfica de usuario

Programé el funcionamiento de la interfaz de usuario e integré los elementos diseñados por mi compañera Cristina. Las ventanas y componentes desarrollados fueron los siguientes:

- Ventana de presentación: Introducción a las prácticas y objetivos principales.
- Ventana de práctica: Ventana con el procedimiento para realizar la práctica.
- Ventana de ayuda: Ventana con las instrucciones generales para interactuar con los objetos virtuales.
- Ventana de resultados esperados: Ventana con información importante para el análisis de los resultados de la práctica.
- Ventana de tareas: Listado de actividades a completar en cada paso del procedimiento de la práctica.
- Ventana de tablas: Presentación de datos de procedimiento y resultados.
- Ventana de mensajes de errores y advertencias: Retroalimentación de advertencias o errores cometidos por el usuario en la realización de la práctica.
- Botones de repetir instrucción en audio, silenciar audio y repetir toda la práctica: Controles accesibles de la práctica para repetir las instrucciones en audio o repetir desde el inicio la realización de la práctica..
- Botones de interacción para las perillas de la centrífuga: Control del temporizador y revoluciones por minuto.
- Botones de interacción para las perillas y la rueda del espectrofotómetro: Control de la calibración.
- Barra deslizante de interacción de la micropipeta: Barra para modificar el volumen a absorber.
- Botones genéricos: Usados en los menús contextuales con las acciones posibles de los objetos virtuales interactivos.
- Etiquetas en forma de globo genéricas: Indicadores contextuales para indicar el contenido de cada recipiente.

Simulación de resultados

Programé la simulación de los resultados finales de la práctica, agregando pequeñas variantes basadas en resultados completamente reales, lo que permite ofrecer resultados que se aproximan a los obtenidos en un entorno de laboratorio, para que los alumnos puedan realizar un análisis de los resultados.



DGTIC UNAM

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

Aunque la simulación no es estricta ni compleja, el objetivo principal es proporcionar valores realistas y coherentes con los experimentos auténticos, facilitando así una experiencia educativa más cercana a la práctica científica genuina.

Para la práctica Cuantificación de proteínas de saliva los resultados de realizar la práctica son:

- Lecturas del espectrofotómetro de las sustancias de 9 tubos.
- El color de la sustancia contenida en esos 9 tubos.

Para el análisis que tienen que hacer los alumnos al terminar la práctica:

- El primer tubo tiene la función de ayudar en la calibración del espectrofotómetro.
- Los siguientes 5 tubos son una curva de referencia.
- Los últimos 3 son los resultados de la práctica basados en la muestra de saliva del donador. En este caso, se agregaron 6 variantes de resultados reales, obtenidos al realizar la práctica de forma real, que se muestran al azar.

Para la práctica Cuantificación de carbohidratos y recambio salival el resultado de realizar la práctica es:

- El color de 11 tubos después de meterlos al baño de agitación.

Para el análisis que tiene que hacer los alumnos al terminar la práctica:

- Los primeros 7 tubos son una curva de referencia.
- Los últimos 4 tubos con los resultados de la práctica basados en las muestras de saliva del donador. En este caso, se agregaron variantes de los colores resultantes entre rangos posibles, que de igual forma se muestran al azar.

De esta forma, la práctica no solo les da una visión del procedimiento, sino que también les proporciona un resultado basado en la realización de la práctica en la vida real para que puedan analizar esos resultados.

Reporte de actividades

Mtra. Elizabeth Ortiz Caballero

Contenido

- Diseño de la interfaz gráfica de la página principal del sitio web.
- Diseño del logotipo del Laboratorio Inmersivo de Química.

Diseño de la interfaz gráfica de la página principal del sitio web

Realicé el diseño de la interfaz gráfica de la página principal del sitio web. Los elementos de diseño utilizados fueron la tipografía Saira Bold para títulos y SanSerif para cuerpo de texto. (ver figura 5).



Figura 5. Interfaz gráfica de la página principal del sitio

Diseño del logotipo del Laboratorio Inmersivo de Química.

Diseñé el logotipo del Laboratorio Inmersivo de Química (LIQ), conformado por la imagen sintetizada de una molécula con tres elementos insertada en una red 3D, buscando representar un espacio de inmersión. (Ver figura 6).

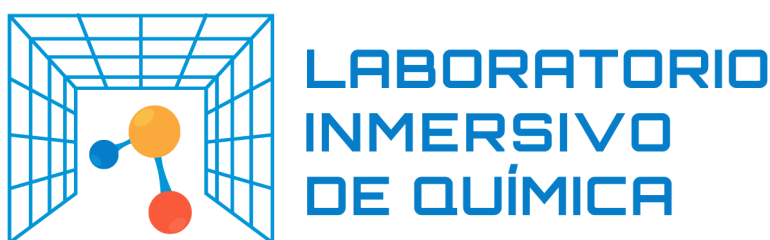


Figura 6. Logotipo del LIQ

Otros elementos de diseño usados en el logotipo del Laboratorio Inmersivo de Química (LIQ) fueron la tipografía (Orbityron Bold) y la paleta de color descrita a continuación:

Tipografía

Orbityron Bold

A B C D E F G H I J K L M
N Ñ O P Q R S T U V W X
Y Z a b c d e f g h i j k l m
n ñ o p q r s t u v w x y z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Paleta de color



Reporte de actividades

LDCG. Cristina Salgado Ceballos

Contenido

- Diseño de la interfaz gráfica de la página principal del sitio web (versión para móvil).
- Estilos CSS3 para la versión de escritorio, tableta y móvil.
- Diseño de elementos gráficos para dos prácticas.

Diseño de la interfaz gráfica de la página principal del sitio web

Realicé el ajuste del diseño de la interfaz gráfica de la página principal del sitio en la versión para móvil, buscando mantener la legibilidad de los textos y de los elementos gráficos.

Diseñé la página de los créditos del sitio web, tomando en cuenta la paleta de colores utilizada en la página principal, así como la forma redondeada de las esquinas de las bases donde se muestran las imágenes de cada práctica. (ver figura 7).

Hice la edición de imágenes 3D proporcionadas por Víctor Hugo Franco Serrano para ilustrar cada una de las 5 prácticas (en esta etapa se muestran sólo dos prácticas).

Versión para móvil



Página de créditos del sitio web



Figura 7. Interfaz gráfica de la página principal del sitio (versión para móvil) y página de créditos del sitio web

Estilos CSS3 para la versión de escritorio, tableta y móvil

Llevé a cabo el ajuste y aplicación de estilos CSS3 en el sitio web para las versiones de escritorio, tableta y móvil. Con ello, se logra que el diseño responsivo tenga una transición agradable y funcional entre los diferentes dispositivos electrónicos (ver figura 8).



Figura 8. Diseño responsivo

Diseño de elementos gráficos para dos prácticas

Elaboré el diseño de elementos gráficos para las dos prácticas como son: la barra de menú superior, ventana de Presentación, botones de cerrar, anterior y siguiente de las opciones: Prácticas y Resultados esperados, ventana de Ayuda, ventana del submenú Tareas, 3 botones de control de audio, barra medidora, barra deslizadora, dos marcadores para perillas de un aparato, globito para textos, botón genérico, tabla de referencia, ventana para mensajes de advertencia y de error (ver figura 9).

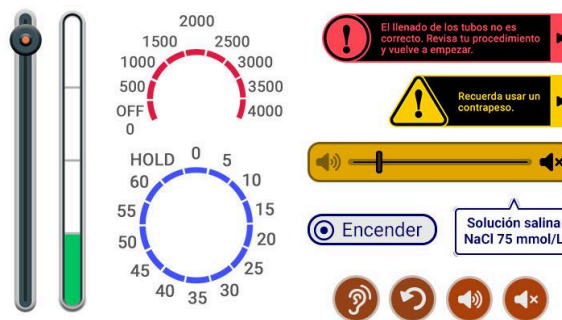


Figura 9. Algunos de los elementos gráficos diseñados

Reporte técnico de actividades

Mtro. Víctor Hugo Franco Serrano

Contenido

- Responsable del modelado 3D
- Modelado tridimensional optimizado
- Configuración de modelos para motor de juegos.

Responsable del modelado 3D

Realicé la definición del proceso de producción de los modelos tridimensionales considerando los aspectos necesarios para su optimización, densidad de polígonos, formatos de modelos y texturas, proporción de resolución adaptadas a plataforma, cálculo de iluminación y shading final. Este proceso es de mi autoría, basado en procesos y estándares de producción, y es el que siguen los demás modeladores 3D.

Realicé la revisión de los modelos generados realizando correcciones o mejoras. Una vez revisados, los proporcioné al programador.

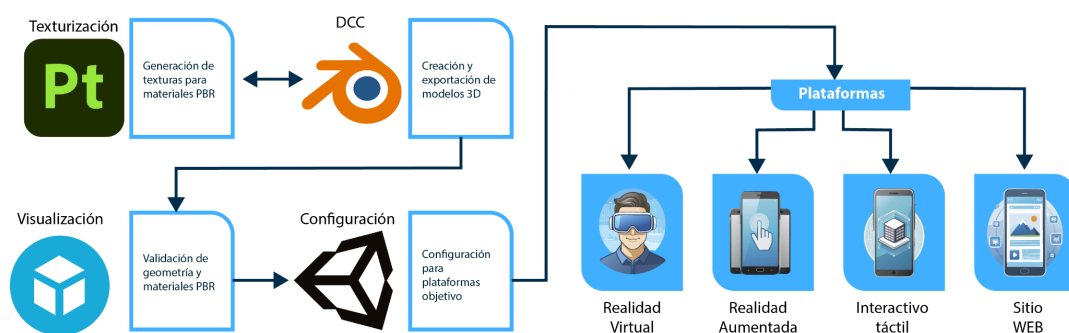


Figura 10. Proceso de configuración y preparación

Modelado tridimensional optimizado

El contenido para el laboratorio debía corresponder al equipo de un laboratorio real, por lo que se trabajó en conjunto con el usuario en la definición de las

características de los modelos a crear. Las referencias fueron variadas para cada equipo, siempre priorizando la información ofrecida por el fabricante para la verificación de la escala, proporción y detalles de las superficies. Como primer paso del proceso definido tomé la referencia de un video proporcionado por el usuario y de ahí realicé una búsqueda de información para el modelo.

A partir de ahí realicé las primeras aproximaciones a los modelos, que eran revisados por la especialista. Se llevaron a cabo varias sesiones de revisión hasta obtener el modelo tridimensional final. Este fue optimizado para tiempo real, usable en plataformas de realidad virtual y páginas web, preparados para su uso en el motor de juegos Unity 3D con la plantilla Universal Render Pipeline y con materiales realistas PBR. Este proceso se repitió para los 7 modelos realizados con aprobación de la especialista.



Escenario de laboratorio

Disponible en:

<https://sketchfab.com/3d-models/lab-2-5d-54cbab88b5f845ae9ef2d634e381171c>

Figura 11. Ejemplo de escenario realizado



Espectrofotómetro

Disponible en:

<https://sketchfab.com/3d-models/espectrofotometro-7662f52ce34b4179811429f070da2b79>

Figura 12. Ejemplo de modelo realizado



Centrífuga clínica

Disponible en:

<https://sketchfab.com/3d-models/centrifuga-efe15cf6be9c49d5be9f2d3526fca820>

Figura 13. Ejemplo de modelo realizado

Como parte del desarrollo del proyecto se necesitaron avatares tridimensionales, que son de complejidad mayor en su creación. Se requirió una figura humanoide, el avatar de una estudiante y el de un hombre adulto, que fueron empleados en la etapa de identificación de dispositivos de seguridad y las prácticas.

Todos estos avatares fueron configurados para realizar el posicionamiento de las articulaciones a través de una estructura ósea virtual ligada a las superficies con el proceso de *skining* y controlada a través de un *rigging*, lo que permite colocarla en la posición deseada. Para ello se realizaron procesos contemporáneos automatizados.



Disponible en:

<https://sketchfab.com/3d-models/avatar-1100d3c3539e41b1bfd243372b1e63d8>

Figura 14. Avatar genérico



Disponible en:

<https://sketchfab.com/3d-models/alumna-b3713842e692463385c7b36af05e9156>

Figura 15. Avatar de alumna

Configuración de modelos para motor de juegos.

Una vez que realicé el modelado de los objetos y escenarios en *Blender* se exportaron en el formato de transferencia FBX incluyendo la colección de texturas para darle realismo, las cuales realicé en el programa Substance Painter para así obtener materiales PBR.

Reporte técnico de actividades

Lic. César Ordoñez Rodríguez

Contenido

- Desarrollo del sitio web.
- Administración del servidor.
- Versionado del sitio web con GIT.

Desarrollo del sitio web.

Participé en la etapa del desarrollo web. Para la difusión del material se requirió que se desplegaran las prácticas exportadas desde la plataforma Unity. Se me asignó la tarea de montar el servidor de pruebas en Linux, para solucionar los requerimientos técnicos del manejo del despliegue del visor de Unity web en donde se requirió hacer varias pruebas de compresores en el manejo de las gráficas en esta resolución web, sugerí adoptar el compresor denominado Brotli.

Una de las características que solucioné para que funcionará el visor con el compresor Brotli, fue la implementación de la configuración en el servidor Apache por medio del protocolo de seguridad https.

Posteriormente generé la arquitectura en HTML5 que consta de una portada principal y un menú interactivo a manera de un acordeón desplegable, el cual lo programé con JavaScript. La navegación del mismo lleva a las diferentes prácticas que están embebidas por medio de un iframe hacia los archivos locales en web Unity. Realicé la integración general de los estilos en CSS3 (ver figura 16).

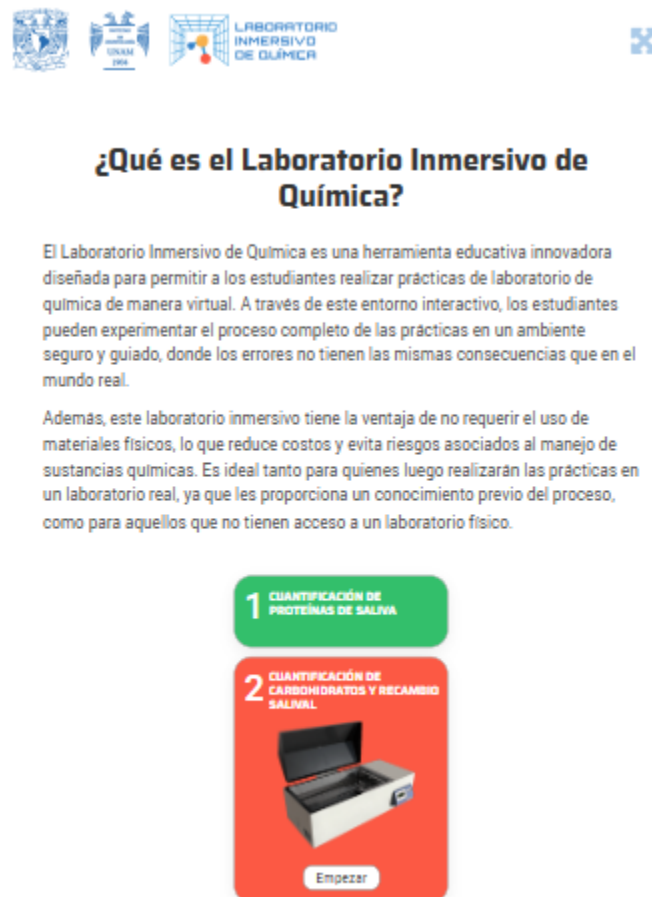


Figura 16. Portada principal responsiva programada en JavaScript.

Solucioné en programación la manera en cuanto se detecta un dispositivo móvil, se ajusta la interfaz a pantalla completa rotando el visor automáticamente (ver figura 17).

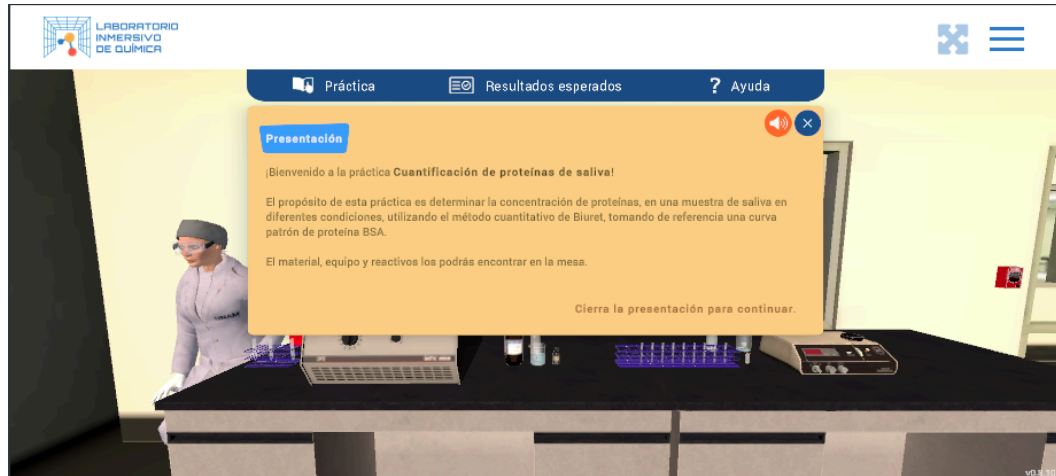


Figura 17. Automatización con programación rotación y pantalla completa en dispositivos móviles

En el Footer o pleca inferior implementé el botón y la pantalla de créditos.(ver figura 18).

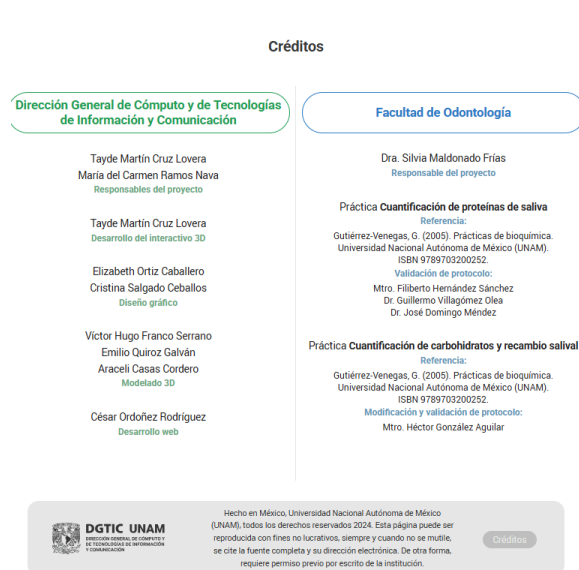


Figura 18. Créditos y botón de acceso.

Administración del servidor.

Finalmente monté el servidor para su publicación con Apache en Linux, con las configuraciones pertinentes de compresores y protocolos en donde construí la estructura de archivos para la consulta de las prácticas.

Versionado del sitio web con GIT.

Para el desarrollo y avance en la producción integré el control de versiones conocido como GIT, llevando la administración del mismo. Git también es una herramienta para poder clonar el proyecto y trabajar en conjunto con el equipo de desarrollo, una vez terminada la estructura y los estilos generales del sitio web, la diseñadora en este caso Cristina Salgado Ceballos logró implementar los ajustes en estilos e imágenes.

Resultados

- Las prácticas Cuantificación de proteínas de saliva y Cuantificación de carbohidratos y recambio salival para web están terminadas y disponibles en la dirección provisional:


<https://132.247.177.186:8083/>

Una vez completada la evaluación pedagógica y realizadas las mejoras correspondientes, el sitio web será liberado oficialmente, poniendo a disposición de todos los estudiantes las prácticas desarrolladas.

- Modelos 3D asociados a prácticas de Laboratorios de Química reutilizables en otras aplicaciones:
 1. Ambiente de laboratorio
 2. Alumna con equipo de protección de laboratorio
 3. Maniquí
 4. Equipo de protección de laboratorio
 5. Mesa de laboratorio
 6. Banco de laboratorio
 7. Micropipeta

8. Caja con puntas de micropipeta de diferentes tamaños
9. Tubos clínicos con tapa
10. Centrífuga clínica
11. Tubos de ensaye
12. Tapones para tubos de ensaye
13. Vaso de precipitado
14. Gradilla
15. Frascos con tapa de distintos tamaños para sustancias
16. Bote de residuos rojo
17. Pipeta
18. Espectrofotómetro
19. Celda de espectrofotómetro
20. Cuchara
21. Baño de agitación constante

Aprobaciones

	Fecha	Firma
Dra. Marina Kriscautzky Laxague <i>Directora de Innovación en Tecnologías para la Educación</i>	10/12/2024	
Mat. María del Carmen Ramos Nava <i>Jefa del Departamento de Recursos Digitales para la Educación</i>	10/12/2024	