



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA**



Consultorio médico para la prevención de la diabetes tipo I y II

Asignatura:	Laboratorio de Computación Gráfica e Interacción Humano-Computadora
Grupo:	05
Profesor:	Dr. Sergio Teodoro Vite
Autor(es):	Castelan Ramos Carlos. Larios Avila Armando. Pineda González Rodrigo. Robledo Aguirre Eduardo. Toledo Sánchez Roberto.
Números de cuenta:	317042711 317076660 317224397 317088526 317122891
Fecha de entrega:	2 de junio de 2023

HOJA DE EVIDENCIAS

Consultorio médico para la prevención de la diabetes tipo I y II

LISTA DE NÚMEROS DE CUENTA

- 317042711
- 317076660
- 317224397
- 317088526
- 317122891

RESUMEN

Este proyecto propone el desarrollo de un entorno de consultorio médico interactivo en 3D enfocado en la diabetes, utilizando Blender y la especificación OpenGL 3 o superior. El entorno permitirá a los usuarios aprender sobre la diabetes y sus tratamientos de una manera más inmersiva y visual.

INTRODUCCIÓN

La diabetes es una enfermedad crónica que afecta a millones de personas en todo el mundo. La educación y el conocimiento sobre la enfermedad son cruciales para el manejo adecuado de la misma.

La diabetes puede llevar a complicaciones graves de salud, como enfermedades cardiovasculares, renales, ceguera, amputaciones y otras enfermedades crónicas. Estas complicaciones tienen un impacto significativo en la calidad de vida de las personas afectadas y también aumentan los costos de atención médica para los pacientes y el sistema de salud en general.

Así mismo, el cuestionamiento que se nos generó de conocer las razones del porqué de todas estas estadísticas e información investigada nos remitió a temas tan simples pero esenciales como la dieta mexicana, (Galán, 2021) menciona que la dieta tradicional mexicana es rica en carbohidratos refinados, grasas saturadas y calorías vacías, lo que aumenta el riesgo de obesidad y diabetes. Además, muchos alimentos procesados y bebidas azucaradas son asequibles y populares en el país. Recientemente en octubre del 2020 el Gobierno de México mediante la COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios) publicó la normatividad *NOM-051-SCFI/SSA1-2010* indispensable para etiquetado frontal de alimentos y bebidas, donde se busca que el consumidor este consciente de la información clara y detallada sobre el contenido nutricional, incluyendo la cantidad de calorías, grasas, azúcares y sodio de un producto, además de que implementa la prohibición de utilizar términos engañosos en las etiquetas, como "natural" o "saludable", a menos que se cumplan ciertos criterios establecidos por la norma.

Es ahora cuando en primera instancia consideramos que el estado mexicano, está tomando acciones dentro del consumo alimentario, sin embargo, Galán también comenta que el manejo de una dieta no sólo implica el consumo de alimentos, sino también las actividades sedentarias de la sociedad, donde la actividad física insuficiente es común en México debido a factores culturales como la falta de infraestructura para el ejercicio y la preferencia por los medios de transporte privados. Por otra parte, Susan Irais en su artículo publicado en el TecReview indica la evidencia científica de que ciertos grupos étnicos en México, como los pueblos indígenas, tienen una mayor predisposición genética a la diabetes que aunado a que tienen menos acceso a la atención médica adecuada y a una dieta saludable, hace que aumente su riesgo de desarrollar diabetes y complicaciones relacionadas.

En este proyecto, se propone el uso de tecnologías de computación gráfica y diseño de interfaces humano-computadora para crear un entorno de consultorio médico interactivo que facilite la comprensión de la diabetes y sus tratamientos.

La creación de un entorno de consultorio médico interactivo en 3D para la diabetes puede ser un recurso valioso para pacientes y profesionales de la salud. Al permitir una experiencia más inmersiva y visual, este tipo de entorno podría mejorar la comprensión y la retención de información por parte del usuario. Para lograr esto, se propone el uso de Blender y la especificación OpenGL 3 o superior para el desarrollo del entorno. Blender es un software libre y de código abierto utilizado para la creación de gráficos 3D y animación, mientras que OpenGL es una especificación de gráficos en 3D para computadoras. El desarrollo de entornos de realidad virtual y aumentada para la educación en salud ha ganado interés en los últimos años. Algunos estudios han demostrado que el uso de entornos de realidad virtual puede mejorar la educación en temas de salud y la comprensión de la información médica (Alzoubi et al., 2020).

Este proyecto busca utilizar tecnologías de computación gráfica para crear un entorno de consultorio médico interactivo en 3D enfocado en la diabetes. Se espera que esta herramienta sea útil para mejorar la comprensión de la enfermedad y sus tratamientos, y así contribuir al manejo adecuado de la diabetes.

METODOLOGÍA

La metodología ágil Kanban es un enfoque que se puede aplicar de manera efectiva a proyectos de computación gráfica para mejorar la eficiencia y la colaboración. Kanban se basa en el uso de tableros visuales y tarjetas para visualizar y gestionar el flujo de trabajo. A continuación, se presenta el resumen establecido de la aplicación de la metodología en este proyecto:

1. Creación del tablero Kanban: Se crea un tablero Kanban que representa el flujo de trabajo del proyecto. El tablero se divide en columnas que representan las etapas del proceso, como "Tareas pendientes", "En progreso" y "Completadas". Cada columna contiene tarjetas que representan las tareas individuales del proyecto.
2. Definición de tarjetas: Cada tarjeta representa una tarea específica del proyecto, como el modelado de un objeto, la texturización de un personaje o la implementación de una animación. En cada tarjeta se incluye información relevante, como la descripción de la tarea, la prioridad, el responsable y cualquier fecha límite.
3. Establecimiento de límites de trabajo en progreso: Se establece un límite para la cantidad máxima de tarjetas que se pueden trabajar simultáneamente en cada columna. Esto evita la sobrecarga y ayuda a mantener un flujo de trabajo constante. Si se alcanza el límite, se evita agregar nuevas tarjetas hasta que algunas tareas se completen.
4. Seguimiento y visualización del progreso: A medida que el proyecto avanza, las tarjetas se mueven de una columna a otra para reflejar su estado. Esto permite a todo el equipo visualizar rápidamente el progreso del proyecto y detectar cualquier cuello de botella o tarea bloqueada.
5. Revisión periódica de objetivos: Se realizan revisiones periódicas del estado del proyecto y para así analizar posibles mejoras. Durante estas revisiones, se identifican obstáculos y se ajustan las prioridades si es necesario para que después se asignen recursos adicionales si es requerido.

6. Flexibilidad y mejora continua: Kanban fomenta la flexibilidad y la adaptación. A medida que surgen nuevos requerimientos o se identifican áreas de mejora, logrando que el desarrollador se pueda ajustar rápidamente al flujo de trabajo y a las prioridades. Además, se pueden realizar mejoras graduales en el proceso a medida que se identifican oportunidades de optimización.

La metodología Kanban permite un enfoque más ágil y colaborativo en proyectos de computación gráfica. Al visualizar y gestionar el flujo de trabajo de manera efectiva, el desarrollador puede identificar y solucionar problemas rápidamente, optimizar el rendimiento y mantener un enfoque constante en la entrega de resultados de alta calidad.

EXPERIMENTOS

Modelado:

En la parte de modelado se llevaron a cabo diversas formas de diseño, partiendo desde formas primitivas como cubos aplicando diversos efectos, así también se implementó el diseño con planos y otras formas. Con diversas técnicas desarrollamos la forma más eficaz y eficiente de generar modelos. Particularmente, decidimos cambiar de opinión respecto al modelo del doctor, puesto que se pasó de un modelo genérico de MakeHuman por uno modelado por nosotros. Se intentó aplicar un modelo sobre el modelo (siendo esta la bata del doctor):



Figura 2.1.1: Doctor modelado en Blender

Texturizado:

En esta parte implementamos el texturizado de formas distintas, creando desde atlas de colores con diversas paletas de colores, hasta textura fijas implementadas a objetos fijos, así también implementamos texturas combinadas.

Desarrollamos diversas habilidades en el manejo del editor de mapeo UV, logrando identificar la forma de coordenadas UV de los objetos dentro de una textura, así también implementamos texturas hacia un mapa UV y a la inversa un mapa UV a texturas.

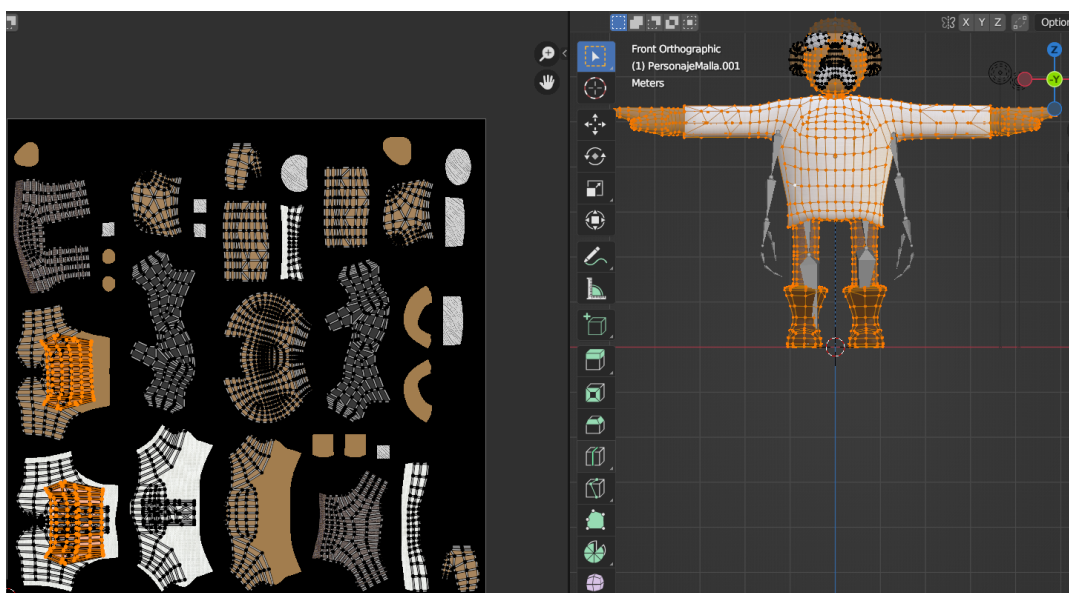


Figura 2.2.1: uso de mapeo por UV para texturización.

Además, se experimentó con el uso de un software de edición externo (Photoshop), esto mediante la opción de UV Editor › UV › Export UV Layout, pudiendo así editar las texturas de manera más fácil, dado que al aplicarse un color de base, se puede determinar la forma con un sólo click, y mantener únicamente esa textura.

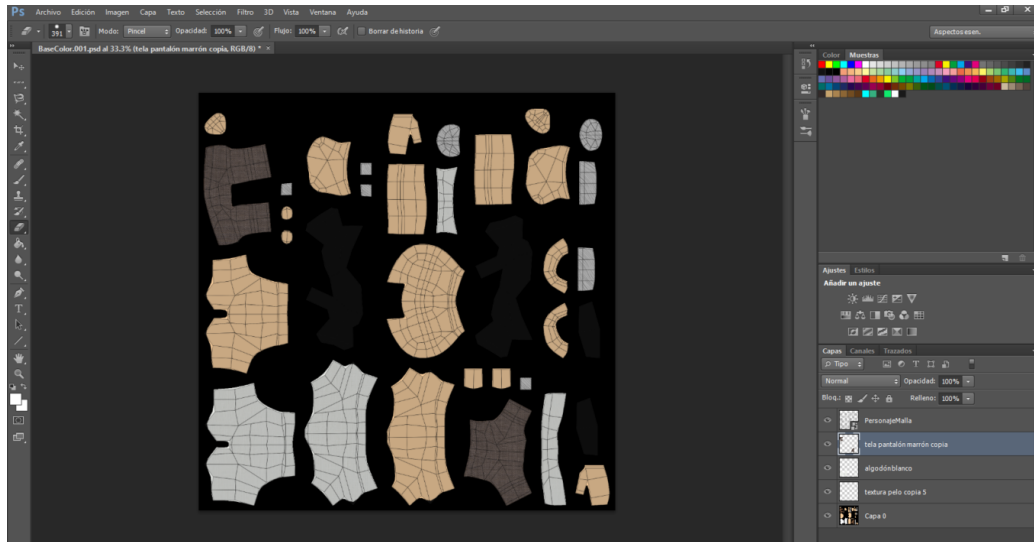


Figura 2.2.2: uso de Photoshop para texturización.

Animación:

Para esta sección se realizó la carga de modelos diseñados en blender los cuales requieren sus respectivos shaders para poder ser visualizados correctamente. En esta ocasión la carga del modelo de una vena dio problemas para ser visualizada en la escena final en OpenGL. En principio se cargó con shader wavesAnimation pero mostraba error, después se procedió a cargarlo con un staticShader y se mostraba el mismo error, por lo que se deduce que es posible que la textura o el objeto no se exportan correctamente de Blender, a pesar de que el .fbx se observa correctamente modelado y texturizado en su directorio .fbm el cual contiene las texturas utilizadas.

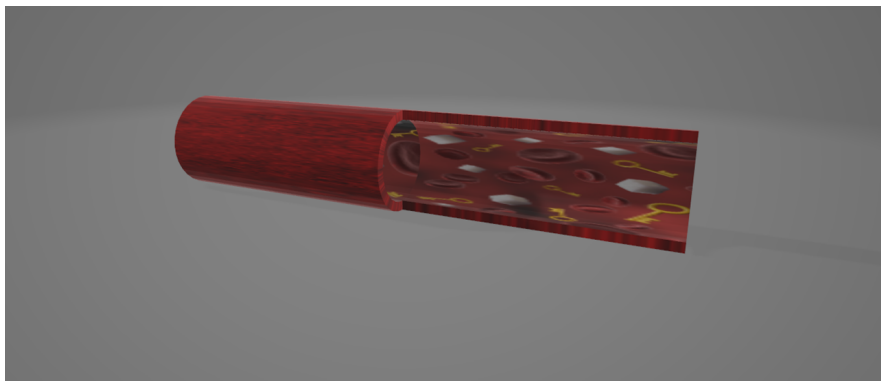


Figura 2.3.1 Archivo vein.fbx exportado al proyecto final

Por otro lado, también se experimentó añadiendo una segunda animación a un modelo que cuenta con animación por keyframes. Para lograr darle esta ilusión, se cargó dos veces el mismo modelo, pero con una condicional, se decide cual se va a dibujar en el ciclo de renderizado:

```
// Cálculo del framerate
float currentFrame = (float)glfwGetTime();
deltaTime = currentFrame - lastFrame;
lastFrame = currentFrame;

elapsedTime += deltaTime;
if (elapsedTime > 1.0f / fps) {
    animationCount++;
    if (animationCount > keys - 1) {
        animationCount = 0;
    }

    // Configuración de la pose en el instante t
    if (activeCamera) { // sólo cuando se tiene la cámara en primera persona
        if (isWalking == true) {
            doctorCaminando->SetPose((float)animationCount, gBones);
        }
        else {
            doctorParado->SetPose((float)animationCount, gBones);
        }
    }
}
```

Figura 2.3.2 Líneas de código agregadas al ciclo de renderizado para ejecutar dos animaciones dependiendo de las teclas presionadas

Programación:

En este rubro consideramos dos experimentos, siendo que uno de ellos fue el uso del limpiador de búfer de imagen, con el fin de utilizar de mejor manera la cámara en primera persona desde la perspectiva del doctor. De manera similar a la forma de insertar las animaciones, se condicionó en el ciclo de renderizado el estado de la cámara activa:

```
// Configuración de la pose en el instante t
if (activeCamera) { // sólo cuando se tiene la cámara en primera persona
    if (isWalking == true) {
        doctorCaminando->SetPose((float)animationCount, gBones);
    }
    else {
        doctorParado->SetPose((float)animationCount, gBones);
    }
}
else {
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT); // limpia el búfer de dibujo, útil para tercera persona.
}
```

Figura 2.3.3 Líneas de código agregadas al ciclo de renderizado para limpiar el buffer de imagen y eliminar el modelo del doctor (hasta que se cambie a otra cámara)

Finalmente, para el manejo del sonido, se utilizó un par de interfaces de la librería irrKlang, esto con la finalidad de poder pausar el audio en reproducción y despausar en tiempo real. Esto hace posible que el doctor de el discurso.

```
// Audio (se pueden agregar para que se ejecuten cuando se abra una puerta por ejemplo)
ISoundEngine *SoundEngine = createIrrKlangDevice(); //Creación del motor de sonido-----
irrklang::ISoundSource *voz = SoundEngine->addSoundSourceFromFile("sound/Dialogo.mp3");
irrklang::ISound *vozSonando;
```

Figura 2.3.4 Líneas de código agregadas para el manejo del sonido.

RESULTADOS

Modelado:

En este ámbito, consideramos exitoso el experimento de agregar ropa al modelo, siendo que únicamente hay que refinar ligeras partes de este para que no se traslape al estar animado. Los demás modelos fueron también de utilidad ya que se usaron diversas herramientas y operadores para representarlos de mejor manera.

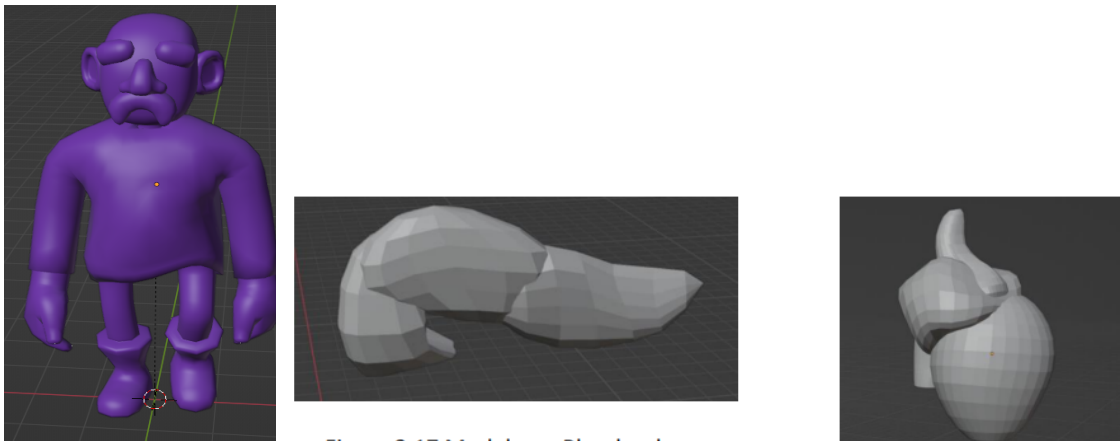


Figura 3.1.1: Doctor modelado en Blender y algunos otros modelos.

Texturizado:

En este ámbito, consideramos medianamente exitoso los experimentos, ya que al combinar la manera de texturizar mediante paleta de colores, a veces nos generó conflictos para exportarlo correctamente en .fbx, pues esa manera de texturizar resulta

más eficiente cuando se trabaja con archivos .obj. En cuanto al texturizado por UV, consideramos que al realizar únicamente cortes y poner un color base, pudimos eficientar el proceso de texturizado, dejando una muy buena imagen del modelo del doctor, considerando cumplido su cometido. Por otro lado, también descubrimos una complicación al trabajar con muchos planos a la hora de texturizar, por lo que concluimos que, dependiendo del modelo, puede ser mejor modelarlo con diferentes primitivas geométricas:



Figura 3.2.1: Doctor modelado y texturizado mediante UVs.

Animación:

En este ámbito, el primer experimentó marcó errores y no pudo ser completado satisfactoriamente, como se muestra a continuación:

```
596     string filename = string(path);
597     filename = directory + '/' + filename;
598
599     unsigned int textureID;
600     glGenTextures(1, &textureID);
601
602     int width, height, nrComponents;
603     unsigned char *data = stbi_load(filename.c_str(), &width, &height, &nrComponents, 0);
604     if (data)
605     {
606         GLenum format;
607         if (nrComponents == 1)
608             format = GL_RED;
609         else if (nrComponents == 3)
610             format = GL_RGB;
611         else if (nrComponents == 4)
612             format = GL_RGBA;
613
614         glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, textureID);
615         glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, format, width, height, 0, format, GL_UNSIGNED_BYTE, data);
616         glGenerateMipmap(GL_TEXTURE_2D);
617
618         glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_S, GL_REPEAT);
619         glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_WRAP_T, GL_REPEAT);
620         glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_LINEAR);
621         glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_LINEAR);
622
623         stbi_image_free(data);
624     }
625     else
626     {
627         std::cout << "Texture failed to load at path: " << filename << "\n";
628         stbi_image_free(data);
629     }
630
631     return textureID;
632 }
633 #endif
```

Excepción producida
Excepción producida en 0x00000000664DBA8A (atio6axc.dll) en ProyectoFinal.exe: 0xC0000005: Infracción de acceso al leer la ubicación 0x0000020A72B58000.
Mostrar pila de llamadas | Copiar detalles | Iniciar sesión de Live Share
Configuración de excepciones
Interrumpir cuando se produce este tipo de excepción
Excepto si se produce en:
atio6axc.dll
Abrir configuración de excepciones | Editar condiciones

Figura 3.3.2 Mensaje de error en model.h cuando se carga el modelo vein.fbx

Por otro lado, el segundo experimentó pudo completarse de manera medianamente satisfactoria, ya que a pesar de que sí se presenta el efecto de tener las dos animaciones (a pesar del alto coste computacional que esto representa), hay un pequeño momento donde se aprecian las transformaciones del modelo en cada cambio. Suponemos que esto se debe a la forma en la que se modelaron ambos modelos (pues difirió ligeramente).



Figura 3.3.3 Ambos modelos de doctor con sus respectivas animaciones.

Programación:

En este ámbito, ambos experimentos se completaron de manera exitosa. Considero que estos experimentos sirvieron demasiado para entender cómo se manejan las cámaras, y limpiar el búfer de imagen, lo que permite liberar parte de los recursos.

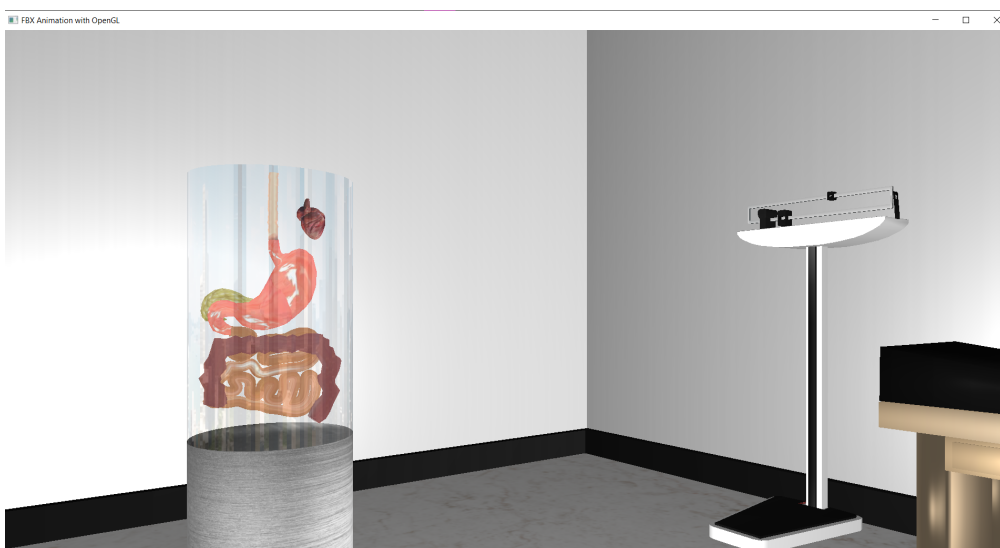


Figura 3.4.1 Vista en primera persona (al oprimir F1). F2 regresa a la cámara normal.

En el caso del sonido, dada la complejidad de mostrarlo en el reporte, queda mejor demostrado en el vídeo. Cabe mencionar que para ello fue necesario invertir una buena parte del tiempo en la documentación, ya que se explica el concepto de interfaces y la forma de invocar los métodos mediante una serie de apuntadores.

CONCLUSIONES INDIVIDUALES

317042711:

Este proyecto dirigido al tema de la diabetes en México puede ser muy beneficioso para concientizar a la población sobre la importancia de prevenir y controlar esta enfermedad. Los gráficos y visualizaciones pueden ser utilizados para representar información relevante sobre la diabetes, como estadísticas, factores de riesgo, síntomas, tratamientos y consejos para llevar un estilo de vida saludable. Además, este tipo de proyecto también puede ayudar a los profesionales de la salud a comunicar de manera más efectiva los riesgos y los beneficios de los diferentes tratamientos y opciones de prevención a sus pacientes. Por otro lado, la realización del prototipo nos ayudó a tener una noción física del espacio para la colocación de los objetos a modelados en blender, así mismo es necesario mencionar que los modelos tienen la intención de ambientar y explicar el contexto de nuestro entorno. Finalmente considero que se llevó a cabo con éxito la realización de este anteproyecto, definiendo correctamente el tema, las características principales del mismo como el estado del arte, también marcando un cuadro teórico del tema, así como las razones por las cuales fue electo y la funcionalidad final del proyecto como forma de impacto positiva en el tema.

317076660:

En conclusión, el desarrollo de un entorno de consultorio médico interactivo en 3D para la diabetes puede ser un recurso valioso para mejorar la comprensión y conciencia sobre la enfermedad en la población mexicana. Al proporcionar información precisa y actualizada, este proyecto busca promover hábitos de vida saludables y contribuir al manejo adecuado de la diabetes, mejorando así la calidad de vida de las personas afectadas y reduciendo la

carga de la enfermedad en la sociedad. La diabetes es una enfermedad crónica que afecta a millones de personas en todo el mundo, incluyendo a México, donde se ha convertido en un problema de salud pública significativo debido a su alta prevalencia y los efectos negativos en la salud y la calidad de vida de las personas afectadas. Además, la falta de comprensión y conciencia sobre la enfermedad puede dificultar la prevención y el manejo adecuado de la diabetes. El proyecto propuesto busca abordar este problema mediante la creación de un entorno de consultorio médico interactivo en 3D que facilite la comprensión de la diabetes y sus tratamientos. Mediante el uso de tecnologías de computación gráfica, como Blender y OpenGL, se puede desarrollar un entorno virtual gráfico que permita a los usuarios aprender sobre la diabetes de una manera inmersiva y visual. El entorno incluirá información sobre las causas, síntomas, tratamientos y medidas preventivas de la diabetes, así como estadísticas relevantes y recomendaciones para el manejo y prevención de la enfermedad.

317224397:

Tras el desarrollo de este proyecto, se llevó a cabo el proyecto de una manera parcialmente organizada y orgánica. La importancia de realizar nuestro proyecto con tema en el sector salud, específicamente en torno a la diabetes radica principalmente en el hecho de que en nuestro país es una enfermedad muy común entre la población, lo cual me parece muy preocupante. Nuestro proyecto busca explicar de una manera más didáctica e inmersiva el proceso que llevan a cabo nuestros órganos en caso de padecer diabetes, así como algunas estadísticas y consejos para sobrellevar y evitar padecer dicha enfermedad, esto mediante el modelado de un consultorio médico donde el usuario se sienta como en un hospital. En cuanto al modelado cabe destacar que, a pesar de haberse completado la etapa de modelado, no fueron implementados en su totalidad todos los modelos previstos, situación que se espera solucionar en la siguiente versión. Además, tras algunas complicaciones con la forma de modelar el consultorio, considero necesario mejorar la organización en cuanto al modelado en futuros proyectos. No obstante, en cuanto a la organización del proyecto, considero que se designaron de forma adecuada los

roles de trabajo, y la organización en GitHub fue adecuada. Aunque el hecho de desarrollar el proyecto con personas que conocían una manera diferente de trabajar, implica bastantes retos, que considero fueron sorteados adecuadamente. Finalmente, espero mejorar la animación del doctor, pues aún presenta ligeros errores que se pueden solucionar con un poco más de tiempo.

317088526:

Después de haber realizado el anteproyecto, se pueden destacar las siguientes conclusiones: la diabetes es una enfermedad crónica que afecta a una gran cantidad de personas en México, por lo que se requiere de un esfuerzo conjunto para aumentar el conocimiento y la conciencia sobre la misma. La utilización de un entorno virtual gráfico interactivo-educativo puede ser una herramienta efectiva para lograr los objetivos planteados, siempre y cuando brinde información clara y precisa sobre los diferentes tipos de diabetes, sus causas, síntomas, tratamientos y medidas preventivas. Es importante llevar a cabo estudios con una población representativa de la sociedad mexicana para evaluar la efectividad del entorno virtual y garantizar su accesibilidad en diferentes plataformas para que esté disponible para una audiencia amplia y diversa. La inclusión de secciones interactivas en el consultorio puede mejorar la experiencia del usuario y hacer que la información sea más fácil de comprender y asimilar. Además, los bocetos de modelos 3D en Blender son un paso importante en el proceso de desarrollo del entorno virtual, ya que permiten visualizar cómo será la experiencia de los usuarios y cómo se podrán implementar las diferentes secciones interactivas. Es necesario seguir trabajando en el desarrollo de los modelos 3D para lograr un resultado final satisfactorio.

317122891:

Con la exitosa realización de este proyecto, hemos logrado diseñar y desarrollar de manera integral un entorno virtual gráfico interactivo y educativo enfocado en la diabetes. Nuestro proyecto ha cumplido con todos los objetivos propuestos, proporcionando información clara y precisa sobre los diferentes tipos de diabetes, sus causas, síntomas, tratamientos y

medidas preventivas. Gracias a esto, hemos logrado aumentar el conocimiento y la conciencia sobre la diabetes en la población mexicana, así como promover el acceso al entorno de realidad virtual en diversas plataformas, para que esté disponible para una amplia y diversa audiencia.

Al abordar el planteamiento del problema, hemos visibilizado la problemática de la diabetes en México y su estrecha relación con la dieta y la falta de actividad física en la sociedad, especialmente en grupos étnicos vulnerables como los pueblos indígenas. Hemos analizado cómo el etiquetado frontal de alimentos y bebidas, junto con otras medidas gubernamentales, pueden ayudar a concientizar al consumidor sobre los riesgos de una dieta poco saludable. Sin embargo, también hemos reconocido que se requiere de una estrategia integral que incluya políticas públicas para fomentar la actividad física, la disponibilidad de alimentos saludables a precios accesibles y una mayor atención médica para los grupos vulnerables.

ENLACE AL VIDEO

https://drive.google.com/file/d/1qzdW8ZGBEhKFLCq7z3hOO_suQ-RDAuFv/view?usp=drive_link

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alzoubi, M., Alshennawi, M., Al-Khalil, R., Al-Mahasneh, R., & Al-Ramahi, M. (2020). The effect of virtual reality on knowledge and understanding of diabetes in patients: A systematic review. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 22(6), 410-418. doi: 10.1089/dia.2020.0139

Galán, G. (2021, 15 octubre). *Patrón de alimentación en México*. Alimentación y Salud. Recuperado 4 de abril de 2023, de <https://alimentacionysalud.unam.mx/patron-de-alimentacion-en-mexico/>

Gobierno de México. (2021, 5 octubre). *Etiquetado frontal de alimentos y bebidas*. gob.mx. Recuperado 4 de abril de 2023, de <https://www.gob.mx/promosalud/acciones-y-programas/etiquetado-de-alimentos>

Irais, S. (2021, 12 noviembre). *Los mexicanos somos más propensos a la diabetes, según un estudio*. TecReview. Recuperado 5 de abril de 2023, de <https://tecreview.tec.mx/2021/11/12/ciencia/diabetes-genetica-mexicanos/>

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Angel, E., & Shreiner, D. (2011). *Interactive Computer Graphics: A Top-Down Approach with ShaderBased OpenGL*. Pearson Education. <https://books.google.com.mx/books?id=sZkuAAAAQBAJ>

Foley, J. D., van Dam, A., Feiner, S. K., & Hughes, J. F. (2014). *Computer graphics: principles and practice*. Pearson Education.

Hearn, D., & Baker, M. P. (2006). *Gráficos por computadora con Opengl 3/E*. Pearson Educación. <https://books.google.com.mx/books?id=EmrQAAAACAAJ>

Kessenich, J., Sellers, G., & Shreiner, D. (2016). *OpenGL Programming Guide: The Official Guide to Learning OpenGL, Version 4.5 with SPIR-V*. Pearson Education.