

Evaluación experta y pruebas con usuarios para propuesta de un marco de trabajo orientado a la visualización de datos en sistemas enfocados a las enfermedades crónicas: Estudio de caso diabetes tipo 2

Expert evaluation and user testing for a proposed data visualization framework for chronic disease-related systems: A case study of type 2 diabetes

Emilio-Antonio Alarcón-Santos¹, Luis G. Montané-Jiménez¹, José-Guillermo Hernández-Calderón^{1*}

Published: 30 November 2025

Resumen

Las interfaces de los sistemas de monitorización de la salud suelen ser complejas debido a la gran cantidad de datos que contienen, lo que puede dificultar su comprensión para los usuarios finales. Para contribuir a la solución del problema planteado, en un estudio previo se propuso un marco de trabajo que se implementó en un prototipo navegable dirigido a pacientes con diabetes tipo 2. El objetivo del presente trabajo fue realizar un estudio exploratorio sobre la propuesta del marco de trabajo. El proceso de ejecución del estudio incluyó una validación de contenido del marco por parte de tres expertos y una prueba de usabilidad del prototipo navegable. Los participantes de la prueba fueron cinco personas con diabetes tipo 2. La usabilidad se evaluó mediante los cuestionarios SUS y CSUQ y la observación directa. Los resultados mostraron un alto nivel de satisfacción, de navegación y de comprensión de los datos. No obstante, se identificaron áreas de mejora en la interacción con los dispositivos y la representación del historial de datos. Estos hallazgos constituyen una base sólida para futuras iteraciones y actualizaciones dirigidas a un prototipo resultante del marco de trabajo propuesto, que facilita la integración de funciones dinámicas y optimiza la experiencia del usuario en los sistemas de monitorización de la salud.

Palabras clave:

Visualización de datos; Diabetes; Enfermedades crónicas; Dispositivos médicos; Monitoreo de pacientes.

Abstract

The health monitoring systems' interfaces are usually complex due to the large amounts of data that these present, which can be challenging to understand for the final users; to contribute to a solution of the posed problem, in a previous study, a framework was proposed that was implemented in a navigable prototype directed at patients with type 2 diabetes. The objective of the present work was to conduct an exploratory study of the proposed framework. The study execution process included content validation of the framework by three experts and a usability test of the navigable prototype. The test participants were five people with type 2 diabetes. Usability was assessed using the SUS and CSUQ questionnaires and direct observation. Results indicated high satisfaction, navigation, and understanding of data. Nonetheless, areas for improvement were identified in device interaction and the representation of historical data. These findings provide a solid foundation for future iterations and upgrades of the prototype developed from the proposed framework, thereby facilitating the integration of dynamic functions and optimizing the user experience in health monitoring systems.

Keywords:

Data visualization; Diabetes; Chronic diseases; Medical devices; Patient monitoring.

1 Introduction

En los últimos años, el incremento sostenido de las enfermedades crónicas ha sido uno de los principales retos para los sistemas de salud a nivel nacional. En México, esta problemática se ha intensificado de manera constante, lo que evidencia la necesidad de replantear las estrategias de atención médica, especialmente en aquellas enfermedades que requieren seguimiento permanente, análisis continuo de datos y una estrecha relación entre pacientes y profesionales de la salud. En este contexto, la diabetes mellitus tipo 2 se posiciona como una de las enfermedades crónicas de mayor

Alarcón-Santos, E. A.¹, Montané-Jiménez, L. G.¹, Hernández-Calderón, J.G.^{1*}
Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana
Xalapa, México.
Email: zS25022557@estudiantes.uv.mx, {lmontane, guillermohernandez02}@uv.mx

* Corresponding author

impacto, tanto por su prevalencia como por las implicaciones clínicas, sociales y tecnológicas que conlleva su manejo.

1.1 Contexto del problema

La cantidad de personas que padecen enfermedades crónicas en México aumenta año tras año. Pero sin duda alguna, la enfermedad que más destaca entre estas es la diabetes, específicamente el tipo 2. Esto se puede ver en fuentes como el INEGI [1] y la revista de la Federación Internacional de la Diabetes (IDF) [2]. Por ende, la atención médica destinada a las personas que padecen diabetes en el país se vuelve una necesidad, considerando que se requiere atención constante y personalizada para que los médicos puedan comprender la evolución de la enfermedad mediante métricas y datos históricos correspondientes.

Para estas tareas ya existen sistemas de atención médica especializados, como “DiabetIMSS” [3] y “Viendote a los ojos” [4], ambos del Hospital IMSS. Sin embargo, un aspecto preocupante es que los desarrolladores carecen de una comprensión completa de las necesidades de los usuarios. Dado a que los sistemas principalmente se elaboran a partir de las peticiones de los médicos que lo solicitan y no desde la perspectiva de las necesidades del área médica general, esto provoca que cuando el sistema se vuelva comercial o se use como herramienta en alguna clínica, hospital o institución médica, se pueda generar una barrera en la comprensión de los datos tanto para los médicos como los pacientes. Ocasionando retos innecesarios para la comprensión de datos, que puede que para un grupo de médicos en un hospital con personal de varias especializaciones sea complejo de utilizar para una clínica que cuenta con personal limitado y que puede tener otra perspectiva de la enfermedad por su especialización en particular, que puede ver datos como “No relevantes” para el análisis clínico de un paciente. Lo anterior evidencia la falta de estandarización entre las diversas especialidades que pueden atender a un mismo paciente.

1.2 Estado del arte

Este último punto es bastante relevante para nuestro trabajo actual, ya que se quiere conocer si nuestra propuesta de un marco de trabajo es adecuada para que un desarrollador de software pueda hacer sistemas enfocados en la enfermedad crónica de la diabetes tipo 2, considerando los puntos más relevantes en cuanto métricas que pudimos obtener en nuestra revisión sistemática de la literatura [5]. Y se consideró la interacción humano-computadora (IHC) a lo largo del proceso de desarrollo mediante una serie de herramientas para comprender las necesidades y establecer interfaces que faciliten el uso de los sistemas por los usuarios.

En trabajos previos, se han abordado los principales aspectos para el desarrollo centrado en el usuario por parte de los desarrolladores, con el fin de mejorar la experiencia en este tipo de sistemas. Teniendo una propuesta de marco de trabajo que enfatiza los aspectos de la metodología, métodos de recolección de datos y prototipos navegables para conocer los indicadores clave de desempeño (KPI por sus siglas en inglés) a utilizar para poder manejar un contexto adecuado a la enfermedad crónica para el caso de estudio, siendo el de la diabetes tipo 2 para esta línea de investigación [6].

1.3 Metodología

El presente trabajo adopta un enfoque de estudio exploratorio para evaluar un marco de trabajo orientado al diseño de interfaces centradas en el usuario para sistemas de gestión de enfermedades crónicas, tomando como caso de estudio la diabetes tipo 2, desarrollado en [6]. La metodología se estructura en dos fases

principales: la validación del marco de trabajo por parte de expertos y la exploración práctica mediante el desarrollo de prototipos y la realización de pruebas de usabilidad con usuarios finales.

1.4 Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló conforme a principios éticos orientados a proteger la integridad, la privacidad y los derechos de los participantes. La participación de usuarios y expertos fue completamente voluntaria y, en todos los casos, se les informó de manera clara sobre el propósito del estudio, las actividades a realizar y el uso académico de la información recabada.

Previo a la aplicación de encuestas, entrevistas y pruebas de usabilidad, se solicitó el consentimiento informado de los participantes, garantizando que su colaboración no implicaba ningún riesgo físico, psicológico ni clínico. Asimismo, se aseguró el anonimato de los participantes, evitando la recopilación de datos personales sensibles y utilizando la información únicamente con fines de investigación.

Las grabaciones de audio y las fotografías tomadas durante las pruebas exploratorias se emplearon exclusivamente como evidencia del proceso metodológico y para el análisis de la interacción con el prototipo, sin vincularse con datos que permitieran identificar directamente a los participantes. En todo momento, los participantes tuvieron la libertad de abandonar el estudio si así lo deseaban, sin que ello implicara consecuencia alguna.

Dado que el estudio se centra en la evaluación de interfaces mediante un prototipo navegable y no en la intervención clínica ni en la recopilación de información médica sensible, se considera que el nivel de riesgo del estudio es mínimo.

1.5 Objetivo y alcance del estudio

El objetivo de este trabajo es evaluar la adecuación de las representaciones visuales propuestas a partir del marco de trabajo, identificando si estas facilitan la comprensión de la información y evitan confusión derivada de elementos gráficos complejos, como líneas muy delgadas, tonalidades de color similares o la inclusión de múltiples métricas en una misma gráfica, tal como se señala en [7]. El alcance del estudio se limita a una evaluación inicial de usabilidad, considerando la participación de expertos en desarrollo de software y en diseño de experiencias de usuario, así como de pacientes con diabetes tipo 2, con el fin de obtener un primer acercamiento a las interacciones y percepciones de los usuarios finales respecto a la propuesta visual.

1.6 Objetivo de la guía

El objetivo de la guía radica en situar tanto a los profesionales de la salud como a los pacientes en el centro del desarrollo de sistemas de gestión de enfermedades crónicas, permitiendo que los desarrolladores comprendan cómo diseñar soluciones más intuitivas, accesibles y centradas en el usuario.

1.7 Selección de jueces

En el proceso de selección de jueces, se estableció como requisito que los participantes dominaran las áreas de desarrollo de software y de experiencia de usuario. El número de jueces considerados para la prueba es de tres, siendo este el valor mínimo para este tipo de prueba, según lo señalan Polit y sus colaboradores [8].

El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.

3. Moderado nivel

4. Alto nivel

El ítem es relativamente importante.

El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

DIMENSIÓN	ÍTEM	SUFICIENCIA*	COHERENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD	OBSERVACIONES
X1						
X2						
X3						

¿Hay alguna dimensión que hace parte del constructo y no fue evaluada? ¿Cuál?

*Para los casos de equivalencia semántica se deja una casilla por ítem, ya que se evaluará si la traducción o el cambio en vocabulario son suficientes.

Figura 1. Formato de evaluación de ítems (Imagen obtenida de [9]).

El formato propuesto por [9], ver Figura 1, permite medir la concordancia entre jueces y organiza una evaluación de dimensiones e ítems orientada en la plantilla de evaluación de expertos, donde los jueces seleccionados clasifican los criterios de claridad, coherencia, relevancia y suficiencia correspondientemente, ver Figura 2.

CATEGORÍA	CALIFICACIÓN	INDICADOR
SUFICIENCIA	1 No cumple con el criterio	Los ítems no son suficientes para medir la dimensión
	2 Bajo Nivel	Los ítems miden algún aspecto de la dimensión pero no corresponden con la dimensión total
Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de ésta.	3. Moderado nivel	Se deben incrementar algunos ítems para poder evaluar la dimensión completamente.
	4. Alto nivel	Los ítems son suficientes
CLARIDAD	1 No cumple con el criterio	El ítem no es claro
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas.
El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA	1 No cumple con el criterio	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión.
El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	3. Moderado nivel	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo.
	4. Alto nivel	El ítem se encuentra completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA	1 No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.

Figura 2. Plantilla de evaluación de expertos (Imagen obtenida de [9]).

Una vez asignados los resultados, se valora la pertinencia de los ítems clasificados mediante el coeficiente de validez de Aiken [10]. Este coeficiente nos permite comprender qué apartados están completos y adecuados.

1.8 Aplicación del formulario de validación

La aplicación del formulario fue llevada a cabo por tres expertos con experiencia comprobada como desarrolladores de software y en visualización de datos; se les proporcionó el enlace a un formulario de Google, adaptado a la evaluación de ítems de la propuesta del marco de trabajo. Una vez obtenidas sus respuestas, se empleó el coeficiente de V de Aiken para comprobar el nivel de acuerdo entre los evaluadores, donde el valor 0 es “Sin validez” mientras que el valor 1 es “máxima validez” y para esta investigación el valor de 0.75 es el umbral mínimo aceptable para considerar como válidos los elementos de la propuesta realizada.

1.9 Resultados del formulario de validación

Los resultados del coeficiente de V de Aiken se clasifican en las categorías de dimensión y proceso, como se puede ver en la Tabla 1. En cada dimensión se enlistan los procesos correspondientes, así como sus calificaciones de claridad, coherencia y relevancia. Finalmente, la suficiencia, ubicada en la última columna,

representa el grado en que el contenido de las dimensiones relacionadas con los procesos es adecuado y necesario para la construcción de su objetivo.

Tabla 1. Resultados del coeficiente de V de Aiken.

Dimensión: Elicitación				
Proceso	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia
	V de Aiken			
Análisis de necesidades y definición de objetivos	1	1	1	0.67
Diseño conceptual	0.78	0.89	0.78	
Arquitectura	0.78	0.89	1	
Dimensión: Desarrollo				
Proceso	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia
	V de Aiken			
Desarrollo iterativo	0.67	0.89	1	0.78
Arquitectura	0.89	1	1	
Dimensión: Pruebas				
Proceso	Claridad	Coherencia	Relevancia	Suficiencia
	V de Aiken			
Validación	0.89	0.89	1	0.89
Despliegue	1	1	1	
Arquitectura	1	0.89	1	

Siendo así que la suficiencia de la dimensión correspondiente a la “Elicitación” fue no aceptable, si bien el contenido no es erróneo, se indicó en la retroalimentación con los jueces que el proceso para obtener información por parte del usuario para representaciones graficas más intuitivas o el manejo de la información realmente relevante, puede mejorar con flujos iterativos en la metodología propuesta en la Figura 3 y que no fuese necesariamente secuencial. Lo que fue el mismo caso, para el proceso de desarrollo iterativo que se encuentra en la dimensión de desarrollo debido a que se percibía como un flujo secuencial. Sin embargo, ambos procesos, desde el inicio, se habían considerado iterativos, pero las imágenes mostradas en el cuestionario no lo indicaban; lo estaban implícito en el texto que explicaba dichos procesos en los apartados correspondientes de las dimensiones del formulario presentado.

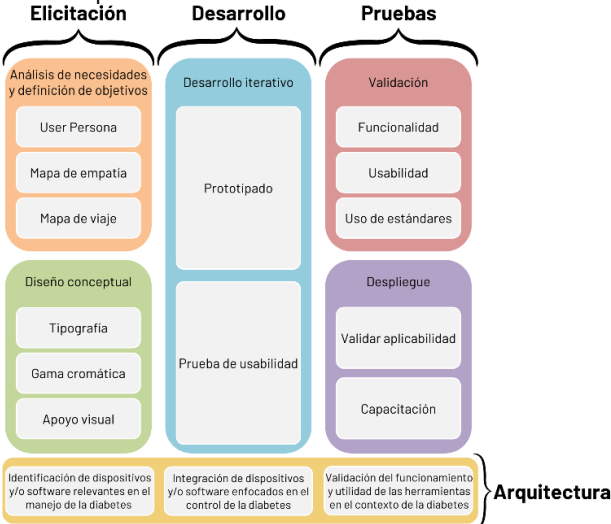


Figura 3. Propuesta de marco de trabajo.

Por esta razón se tuvieron que hacer cambios en lo que respecta a la propuesta, porque, al ser iterativo, tanto las dimensiones de elicitación como de desarrollo necesitaban estar estrictamente relacionadas entre sí a través de las representaciones gráficas resultantes, donde, al probar prototipos con usuarios, se da paso a la retroalimentación y, con ello, a las iteraciones entre dimensiones.

En la Figura 4 se muestran los cambios visuales en la representación de la propuesta del marco de trabajo.

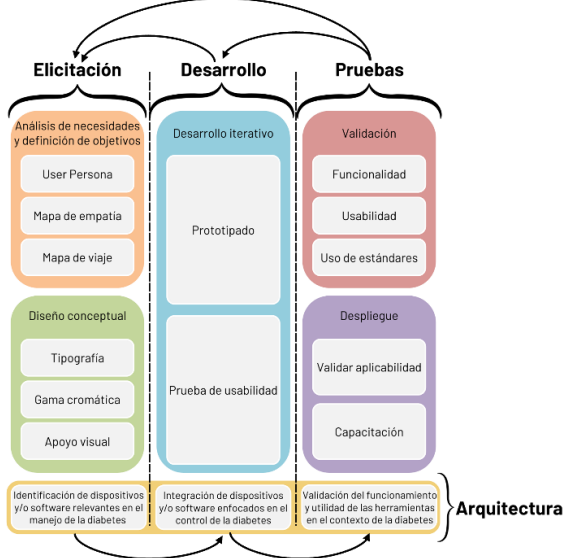


Figura 4. Incorporación de la retroalimentación de la evaluación experta en la propuesta de marco de trabajo.

1.10 Conclusiones de la validación de expertos

Con la retroalimentación obtenida y los demás resultados mostrados en la Tabla 1, tanto las dimensiones como sus procesos resultan suficientes y aceptados. Sin embargo, se considera importante que se pueda actualizar en un futuro la evaluación de expertos, con una mayor profundidad debido a que dentro de los procesos, se consideran herramientas para comprender mejor las necesidades de los usuarios previo al desarrollo, un ejemplo dentro del proceso “Análisis de necesidades y definición de objetivos” es el uso de: Mapas de empatía, User Persona y Mapas de viaje. Es por esto mismo, que se considera necesario que las herramientas sean evaluadas de la misma forma que los demás elementos anteriormente mencionados, que si bien el desarrollador podrá decidir en su momento si requiere o no dichas recomendaciones, es importante destacar su posibilidad y ampliar el catálogo de recolección de datos disponibles y mejorar con esto la experiencia de usuario en su desarrollo.

2 Exploración práctica del marco de trabajo propuesto

Una vez pasada la validación de expertos y acatadas sus retroalimentaciones, la propuesta de marco de trabajo queda en su primera versión validada antes de ponerla a prueba. Donde la forma adecuada de verificar su utilidad sería que un desarrollador, tanto con conocimiento de la experiencia de usuario como sin ella, probara a seguir la propuesta de marco de trabajo y sacara conclusiones a partir de pruebas con el usuario final designado, comprobando así su utilidad. Sin embargo, por cuestiones de tiempo, se optó por realizar una primera exploración por cuenta propia, no con el fin de validar, sino para identificar posibles alcances, limitaciones y escenarios de aplicación. En este apartado se presenta la toma de requerimientos mediante la elicitación y la aplicación de los cuestionarios CSUQ y SUS, así como las conclusiones de la exploración.

La elicitación es un proceso destinado a obtener requerimientos, orientado a los usuarios finales de un sistema, considerando sus necesidades, restricciones y expectativas, antes

de iniciar un proyecto. Sin embargo, también es el momento adecuado para identificar los aspectos no funcionales que facilitan una representación de la información fácil de comprender. En este caso, se emplearon técnicas cualitativas centradas en el usuario, como entrevistas, encuestas y perfiles.

2.1 Análisis de necesidades y definición de objetivos

Inicialmente se tenía previsto que la exploración estuviera enfocada en un contexto hospitalario, con base en las necesidades de un médico especialista; sin embargo, se identificó que en hospitales, clínicas y consultorios ya existen prácticas no centradas en el usuario a las cuales no era posible acceder, debido a que no formamos parte del personal médico ni administrativo y, por ende, no se contaba con acceso a sus herramientas de trabajo ni a pacientes para la realización de pruebas. Ante esta limitación, se optó por realizar comparaciones desde un enfoque de carácter público, accesible a toda la población, en el que la obtención de información dependiera de la participación voluntaria de personas que aceptaran formar parte del estudio.

Bajo este enfoque, se llevó a cabo un proceso sistemático orientado a identificar, recopilar y comprender las necesidades, expectativas y requerimientos de los participantes, mediante técnicas como cuestionarios y pruebas exploratorias. Este proceso permitió asegurar que el diseño del sistema estuviera alineado con las condiciones reales de uso, así como con las capacidades y posibles limitaciones de los usuarios finales.

El perfil de los participantes, entre las personas encuestadas, fue del 76% de mujeres y 23% de hombres. El rango de edad se encontraba entre los 51 y los 60 años, una etapa de la vida en la que pueden presentarse dificultades visuales u otras limitaciones físicas, lo que refuerza la importancia de diseñar elementos visuales fáciles de interpretar. El 70.6% indicó tener diabetes tipo 2, mientras que el 11.8% tenía diabetes tipo 1 y el 17.6% restante, prediabetes. La mayoría de los participantes llevaba más de un año desde su diagnóstico; el rango más común fue de 1 a 5 años, aunque también hubo personas con más de 10 años viviendo con la enfermedad. Esto nos permite inferir que los participantes ya tienen hábitos establecidos para el control de la diabetes, pero que aún pueden beneficiarse de herramientas que faciliten una comprensión más clara de su salud.

2.2 Desarrollo de las interfaces de la propuesta

En este punto nos centramos completamente en el usuario, con la finalidad de desarrollar prototipos navegables que permitan comprender cómo satisfacer las necesidades y expectativas de los usuarios finales, que, en este caso exploratorio, como ya se mencionó en el apartado anterior, son los pacientes. Este apartado se encuentra dividido en el desarrollo de herramientas de análisis para el diseño centrado en el usuario, la definición de objetivos y diseño conceptual.

2.2.1 Herramientas de análisis y definición de objetivos

Las herramientas que se recomiendan utilizar son las siguientes: el User Persona (véase la Figura 5), que permite mantener una visión clara del usuario final en todo momento e identificar sus necesidades principales. Es fundamental que este perfil se plantee de manera fiel y profunda desde el inicio del proceso. El mapa de empatía (véase la Figura 6), estrechamente relacionado con el User Persona, comparte estructura, aunque difiere en el contenido, ya que se orienta a conocer las ideas, percepciones y sentimientos del

usuario final. Su propósito es “ponerse en sus zapatos” e imaginar soluciones adaptadas a sus necesidades.

Finalmente, para comprender el flujo de trabajo, se propone elaborar un mapa de viaje (véase la Figura 7), que permite identificar los aspectos positivos y negativos de los procesos actuales. Esta herramienta resulta especialmente útil para resaltar las áreas de mejora gracias a la detección temprana de puntos críticos.



Figura 5. User persona.

Para el llenado de estas herramientas, se acudió a 5 participantes de la encuesta del apartado de elicitación para entrevistarlos sobre su día a día con la enfermedad, resaltando que todos padecían diabetes tipo 2. Con esta información, generamos una persona ficticia con las características combinadas con las de los participantes entrevistados, como se muestra en la Figura 4. Al mismo tiempo, se trabajó en el mapa de empatía de la Figura 5, en el que se resaltó la necesidad de motivación para realizar actividades físicas. Por último, se realizó el mapa de viaje de la Figura 6, en el que la principal necesidad es conver ver regularidad los niveles de glucosa para controlar mejor la enfermedad.



Figura 6. Mapa de empatía.

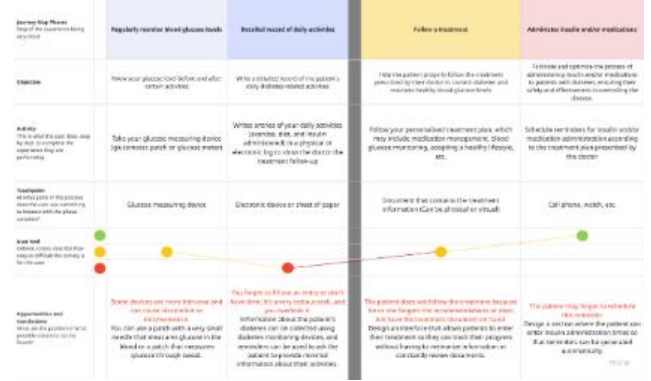


Figura 7. Mapa de viaje.

El uso de estas herramientas permitió comprender al usuario desde diferentes dimensiones: su perfil, sus percepciones y su interacción con los procesos actuales. Este análisis no solo facilitó la detección de necesidades y áreas de mejora, sino que también brindó una base sólida para orientar la propuesta de solución hacia un enfoque centrado en el usuario.

2.2.2 Diseño conceptual

Con estos hallazgos se establece el punto de partida para el diseño conceptual, en el que se definirán los aspectos visuales. En este apartado se seleccionarán la tipografía, la gama cromática y los apoyos gráficos necesarios para materializar una propuesta coherente, funcional y alineada con las expectativas identificadas en el análisis previo.

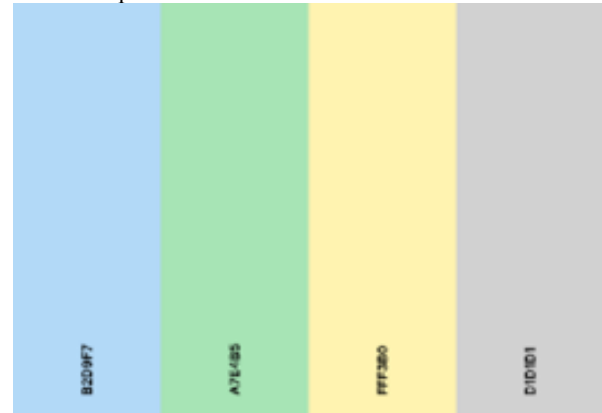


Figura 8. Gama cromática.

Para la selección de la tipografía, se recomienda Roboto como la fuente principal del diseño, ya que es ampliamente usada en entornos digitales por su estilo moderno y redondeado, así como por su legibilidad. Este último es un aspecto deseable para personas que podrían tener problemas de visión, como se mencionó en el apartado “Análisis de necesidades y definición de objetivos”.

La gama cromática se establece con tonos claros y pastel como paleta principal (véase la Figura 8), con el fin de transmitir calma y bienestar, factores relevantes al tratar enfermedades en general.

Por su parte, los apoyos gráficos se conciben con un enfoque orientado a la comprensión rápida e intuitiva de la información. Para representar datos únicos o temporales se consideran adecuadas las gráficas de cajas apiladas, mientras que para datos históricos o múltiples se recomienda el uso de gráficos de líneas (véase la Figura 9). Los colores empleados en estas representaciones

mantienen una lógica fácilmente reconocible al inspirarse en la simbología del semáforo.

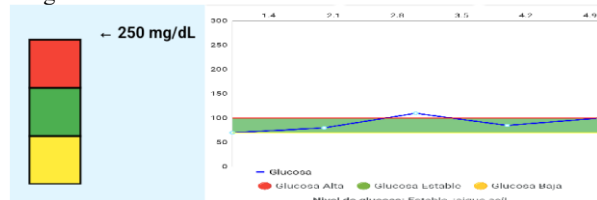


Figura 9. Apoyos gráficos de base para la propuesta de prototipo.

Las decisiones adoptadas en este apartado se fundamentan en las necesidades de los usuarios, con el propósito de presentar información potencialmente compleja de manera clara, coherente y accesible para el usuario final.

2.3 Prototipos navegables

El desarrollo de la propuesta se limita a un prototipo navegable en Figma, concebido como la primera iteración del proceso de desarrollo, con el objetivo de realizar pruebas con usuarios y obtener retroalimentación sobre los apoyos visuales. En esta fase se destacan los colores, las gráficas y las representaciones visuales (véase la Figura 10), así como la integración de los KPI identificados en la elicitación sobre glucosa, ejercicio y dieta, y un componente orientado a la recolección de datos mediante dispositivos del Internet de las Cosas (IoT).

Las interfaces muestran la información recuperada bajo el supuesto de que existen dispositivos conectados que envían datos en tiempo real, lo que permite la actualización dinámica de las gráficas. Estas últimas ofrecen una visualización rápida y global del estado del usuario, dividiendo la información en secciones diferenciadas por colores que aluden al aspecto medido. Cada sección incorpora una imagen representativa y una gráfica que indica si el nivel de salud se encuentra en riesgo o en condición estable, acompañada de retroalimentación escrita sincronizada con la gráfica para facilitar la comprensión.

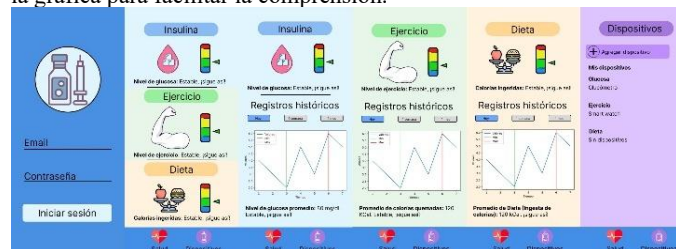


Figura 10. Prototipo navegable.

Al acceder a una de las interfaces destinadas a los KPI, se presenta información detallada tanto en tiempo real como en formato histórico, mediante gráficas interactivas que permiten acercar o alejar la visualización. Estas se complementan con retroalimentación textual y líneas divisorias que delimitan el estado de salud del paciente.

Por último, se incorporó un apartado de inicio de sesión, con el fin de representar la posibilidad de que los usuarios accedan desde diferentes dispositivos disponibles, en concordancia con lo mencionado previamente respecto al manejo de la información [6]. Asimismo, se añadió una sección específica para dispositivos, diseñada para facilitar su vinculación a los KPI. Esta sección se mantiene simple, sin botones adicionales de configuración, para que los usuarios puedan ingresar nuevos dispositivos directamente.

3 Pruebas exploratorias

Para comprobar la eficacia de las interfaces, se realizaron pruebas con usuarios representativos diagnosticados de diabetes tipo 2. Previamente, se recabó información básica sobre el tipo de diabetes y el lugar de residencia de los participantes, con el fin de organizar adecuadamente las pruebas. Posteriormente, el proceso se llevó a cabo siguiendo una serie de pasos estandarizados, diseñados para mantener condiciones homogéneas entre todos los participantes y evitar interrupciones o distracciones.

La recolección de la participación se efectuó mediante un formulario elaborado en Google Forms, el cual se compartió en grupos de WhatsApp en los que había personas con la enfermedad en alguna de sus variantes. Asimismo, se solicitó a los usuarios que difundieran el cuestionario entre sus conocidos o en nuevos grupos. Este procedimiento permitió identificar a personas con diabetes en dos de las principales ubicaciones: la Ciudad de México y Xalapa. Finalmente, se seleccionaron usuarios de Xalapa por su cercanía, lo que facilitó la aplicación de pruebas presenciales con prototipos navegables desarrollados en Figma.

En total, se seleccionaron cinco participantes con diabetes tipo 2, mayores de edad y residentes en Xalapa, siguiendo la recomendación de Nielsen [11], quienes aceptaron colaborar en las pruebas. Para garantizar la repetibilidad, se estableció un protocolo uniforme que consistió en:

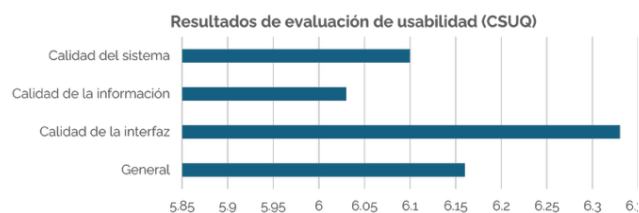
- Entregar a cada participante una carta de confidencialidad y una encuesta general.
- Explicar la dinámica y las tareas a realizar.
- Iniciar la prueba de forma sincronizada con el cronómetro y la grabadora de audio de la laptop utilizada.
- Dictar las actividades a los participantes y verificar visualmente su cumplimiento en la interfaz.
- Al finalizar, detener los instrumentos de registro, aplicar los cuestionarios SUS y CSUQ y tomar una fotografía como evidencia.

Las pruebas se llevaron a cabo en los domicilios de los participantes, en horarios acordados según su disponibilidad. Las actividades consistieron en solicitar al usuario que realizara acciones en el prototipo navegable de Figma, desde el inicio de sesión hasta el registro de un dispositivo en el sistema. Dado que se trataba de un prototipo navegable, se les pidió a los usuarios describir qué pensaban que hacía cada interfaz, verificando así la claridad y navegabilidad de la propuesta.

3.1 CSUQ

El objetivo del cuestionario CSUQ (Computer System Usability Questionnaire) obtenido de [12] en su adaptación al español, fue el de evaluar la percepción de los usuarios sobre la facilidad de uso, la eficiencia, la claridad de la información y la satisfacción general con el prototipo navegable.

Los cinco participantes recibieron el cuestionario CSUQ en formato impreso y, una vez completado, se analizaron sus respuestas y se calculó el promedio de cada apartado evaluado. Los resultados fueron los siguientes: Calidad del sistema: 6.10; Calidad de la información: 6.03; Calidad de la interfaz: 6.33; y Satisfacción general: 6.16. Estos valores permitieron obtener una visión global de la percepción del grupo. Los resultados de los 5 participantes se promedian en la Figura 11 y corresponden a calificaciones en una escala del 1 al 7, donde 1 representa "Totalmente en desacuerdo" y 7 "Totalmente de acuerdo".

**Figura 11. Resultados CSUQ.**

En términos generales, los usuarios expresaron un alto nivel de satisfacción con la facilidad de uso del sistema. La mayoría de las respuestas sobre simplicidad, rapidez para completar tareas y facilidad de aprendizaje se ubicaron entre los valores 6 y 7. Sin embargo, algunos participantes otorgaron calificaciones menores (valor 4), lo que indica que, aunque la experiencia fue positiva, aún hay aspectos que pueden mejorarse.

Con respecto a la eficiencia, los usuarios señalaron que lograron completar las tareas propuestas con rapidez, aun cuando el prototipo no contaba con funcionalidades reales. Esto sugiere que la interacción fue clara y el diseño resultó intuitivo. Por otro lado, los ítems relacionados con el manejo de errores mostraron una mayor variabilidad en las respuestas, incluso con calificaciones muy bajas. Esto era esperable, ya que el prototipo no incluía mecanismos de validación ni de retroalimentación ante errores. Por lo mismo, estos resultados deben analizarse con cuidado y será necesario realizar pruebas más específicas en futuras iteraciones, cuando esas funciones estén implementadas.

En cuanto a la claridad de la información, los participantes consideraron que los mensajes, la organización del contenido y los elementos de ayuda resultaban comprensibles y útiles para completar las tareas. Aquí, las calificaciones se situaron entre 4 y 7, lo que refleja una percepción positiva en general de la estructuración de la información. Finalmente, en lo relativo al diseño visual y la experiencia general, los usuarios coincidieron en que la interfaz les resultó agradable y que el sistema incluía las herramientas que esperaban.

En conclusión, los resultados del cuestionario CSUQ muestran que el prototipo presenta una alta usabilidad. No obstante, es importante atender aspectos relacionados con el manejo de errores y seguir ajustando la experiencia de usuario en versiones futuras.

3.2 SUS

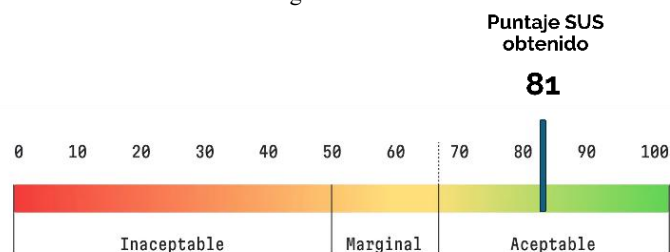
Como parte del proceso de validación al finalizar la fase de pruebas, se aplicó el cuestionario SUS (System Usability Scale) [13] a los cinco participantes, con el objetivo de conocer su percepción sobre la facilidad de uso del prototipo navegable.

Al igual que en el caso de la encuesta CSUQ, los cinco participantes recibieron el cuestionario SUS en formato impreso y, una vez completado, se analizaron sus respuestas pregunta por pregunta. Para el cálculo del SUS, las preguntas impares se tratan como enunciados positivos y se calculan restando 1 a la respuesta, mientras que las preguntas pares se tratan como enunciados negativos y se calculan aplicando la fórmula 5 menos la respuesta. Posteriormente, se suman los valores obtenidos por cada participante y el resultado final se multiplica por 2.5, obteniendo así el puntaje SUS individual.

Con este procedimiento, nuestros participantes obtuvieron los siguientes valores: 85, 80, 87, 75 y 80. El promedio de estos puntajes es 81, lo que representa el resultado global del SUS.

El cuestionario incluía diez afirmaciones calificadas del 1 al 5, donde 1 significa “Totalmente en desacuerdo” y 5 “Totalmente de acuerdo”, además de una pregunta adicional sobre la probabilidad

de recomendar el sistema, evaluada en una escala de 0 a 10. Los resultados se muestran en la Figura 12.

**Figura 12. Resultados SUS.**

En general, los participantes mostraron una percepción positiva de la facilidad de uso. Las afirmaciones que resaltaban aspectos favorables, como la simplicidad del sistema, la integración de funciones y la sensación de seguridad, recibieron calificaciones altas, principalmente entre 4 y 5, lo que indica que el sistema resulta comprensible, coherente y agradable de utilizar. Por su parte, las afirmaciones negativas, relacionadas con la complejidad, la necesidad de ayuda técnica o inconsistencias, obtuvieron puntuaciones bajas (1 o 2). Como estos ítems se interpretan de forma inversa en el SUS, estos resultados refuerzan la percepción de que el prototipo es accesible y fácil de manejar.

Respecto a la curva de aprendizaje, los usuarios indicaron que aprendieron a usar el sistema rápidamente, lo que confirma que el diseño centrado en el usuario aplicado durante el desarrollo resultó efectivo. La pregunta sobre la probabilidad de recomendar el sistema arrojó valores altos, entre 7 y 10, lo que refleja un nivel notable de aceptación y satisfacción general.

En conclusión, los resultados del SUS respaldan los hallazgos de la validación y muestran que el prototipo presenta un buen nivel de usabilidad percibida. Las dimensiones de aprendizaje, integración y satisfacción fueron bien valoradas, lo que evidencia un diseño eficaz desde la perspectiva del usuario. Sin embargo, se recomienda continuar con pruebas iterativas en futuras versiones, especialmente cuando se incorporen funciones más dinámicas que permitan evaluar la experiencia en contextos de uso más realistas.

3.3 Conclusiones de las pruebas con usuarios

La prueba exploratoria del prototipo navegable brindó una gran cantidad de retroalimentación por parte de los participantes, quienes pertenecían a distintos oficios. Se observaron diferentes formas de interacción: algunos analizaban cada detalle, mientras que otros expresaban sus ideas de manera rápida y eficiente.

Algunas explicaciones fueron más detalladas, como en el caso de una médica que participó en la prueba y señaló que el apartado de dispositivos no estaba del todo claro respecto de su funcionamiento. Por otra parte, varios participantes encontraron un poco laborioso el uso de las interfaces de navegación, ya que intentaban ingresar información mediante el teclado. Al explicarles que esto no era posible, se observó cierta confusión, lo que sugiere que una prueba con un prototipo funcional podría obtener resultados más precisos.

Los aspectos gráficos fueron recibidos positivamente por los participantes: comprendieron las secciones, la navegación y la información mostrada sin problemas. Aunque aún se requieren más iteraciones para pulir el producto final, esta primera prueba indica que el desarrollo del prototipo exploratorio va por buen camino. Lo único que sería importante mejorar en futuras pruebas es el apartado de las gráficas de líneas. En esta versión, los participantes mencionaron que podían interpretar la información, pero solo se

evaluó un caso con datos históricos de una semana. Esto podría generar problemas de comprensión si se trabaja con periodos más largos, ya que la gráfica tendría que mostrar más puntos y, por lo tanto, disminuiría su espacio disponible. Sin embargo, en la escala utilizada, con una semana y una sola métrica representada, la interpretación fue adecuada. Además, el texto de apoyo colocado debajo de la gráfica ayudó a reforzar su comprensión.

4 Conclusiones y trabajo futuro

El principal aporte es la propuesta de un marco de trabajo para la visualización de datos en sistemas orientados a enfermedades crónicas. Aunque el estudio de caso se centra en la diabetes tipo 2, el marco está pensado para que los desarrolladores puedan diseñar soluciones más intuitivas y centradas en el usuario en distintos escenarios de enfermedades crónicas. En este sentido, se destaca la importancia de gestionar, seleccionar y adaptar los métodos de visualización según las necesidades del dominio, integrándolos en un marco que facilite su aplicación de manera clara y coherente. Esto resalta que la propuesta no solo reúne técnicas y herramientas, sino que también ofrece una guía para orientar su uso en contextos reales, lo que la hace útil tanto para la industria como para el desarrollo de aplicaciones interactivas en salud.

A diferencia de otros enfoques, esta propuesta se dirige específicamente a ayudar al desarrollador a comprender el contexto médico y a construir interfaces claras y funcionales para pacientes y profesionales de la salud. Aquí se priorizan las métricas realmente relevantes para el escenario en el que se vaya a trabajar. Por ejemplo, en muchas enfermedades crónicas influyen factores como la dieta y el ejercicio, mientras que en otros casos la atención se centra más en indicadores propios de la enfermedad. Sin embargo, es importante señalar que la definición final de las métricas depende del desarrollador y del objetivo del proyecto. En esta propuesta solo mostramos un ejemplo del proceso de selección basado en el caso de estudio, pero tanto el escenario como el público objetivo pueden variar según las necesidades del cliente.

En comparación con sistemas existentes como “DiabetIMSS” [3] y “Viendote a los ojos” [4], que se encuentran orientados principalmente al seguimiento clínico y a la recolección de información desde una perspectiva institucional, la propuesta presentada en este trabajo pone un mayor énfasis en la claridad visual y en la adaptación de las métricas a las capacidades y necesidades del usuario final. Mientras que dichas plataformas priorizan el registro de datos y el cumplimiento de procesos médicos establecidos, los resultados de este estudio exploratorio evidencian que la forma en que se presentan las métricas puede generar barreras de comprensión, especialmente cuando se utilizan visualizaciones densas o múltiples indicadores simultáneos. En contraste, el marco de trabajo propuesto busca apoyar al desarrollador en la selección y representación de indicadores clave de manera más comprensible, favoreciendo una interpretación más inmediata por parte de pacientes y profesionales de la salud, sin perder el valor clínico de la información.

Este primer acercamiento resultó sumamente enriquecedor, ya que permitió visualizar un posible escenario del resultado esperado. Si bien este estudio no busca comprobar ni evaluar la funcionalidad del marco de trabajo en su totalidad, sí ejemplifica la aplicación de la propuesta en un entorno controlado. Además, el hecho de haber sido revisado por expertos y usuarios que viven con diabetes tipo 2 proporciona una valiosa referencia para la mejora y el desarrollo futuro de la propuesta, especialmente en contextos y situaciones similares.

Si bien el prototipo mostró una alta usabilidad percibida, con resultados positivos en el SUS y el CSUQ, los hallazgos

exploratorios proporcionan una base sólida para futuras iteraciones y mejoras. El trabajo futuro se enfocará en abordar las limitaciones identificadas, especialmente en el manejo de errores. En esta versión solo se consideraron aspectos visuales centrados en los datos de las métricas del caso de estudio de diabetes tipo 2. Sin embargo, al omitir la simulación de errores, se generó el sesgo mencionado en el apartado de “Conclusiones de las pruebas con usuarios”, ya que los participantes no pudieron interactuar directamente con el prototipo, lo que provocó cierta confusión.

Incluir vistas que muestren un flujo sin errores y otro con errores habría enriquecido nuestra evaluación y debería validarse en la siguiente iteración para conocer cómo reaccionan los usuarios ante estos escenarios y establecer recomendaciones dentro del marco de trabajo. Para ello, se priorizará implementar mecanismos de validación y retroalimentación en la próxima versión del prototipo, con el fin de reducir estas fallas y mejorar la experiencia.

Se espera que en el futuro se desarrollen nuevas formas de representar los datos de manera más clara y eficiente. En esta etapa, se reconoce que el uso de gráficos demasiado complejos puede resultar confuso o distractor, por lo que se optó por emplear imágenes con gráficas de cajas apiladas y un esquema de colores tipo semáforo para facilitar la interpretación. Como parte del trabajo futuro, será necesario explorar alternativas para visualizar datos históricos sin recurrir a gráficas de líneas, ya que estas pueden generar confusión, especialmente en pantallas reducidas como las de dispositivos móviles. Entre las posibles alternativas se encuentran los mapas de calor o representaciones en burbujas que muestren, por semana del mes, las métricas evaluadas. No obstante, estas opciones deberán ser exploradas y validadas con usuarios para comprender qué tipos de visualizaciones favorecen una mejor interpretación de los datos históricos. Además, la sección correspondiente a “Dispositivos” recibió la retroalimentación de una participante con formación médica, quien señaló que “no era del todo clara”. Esto evidencia que una de las áreas más importantes en las que se integra la mayoría de los KPI requiere mejoras para facilitar la comprensión de la relación con los dispositivos IoT. Por ello, en futuras iteraciones se realizarán pruebas orientadas a simplificar este proceso y a hacerlo más intuitivo para los usuarios, incorporando guías visuales que permitan un seguimiento más claro y estructurado en esta sección.

5 References

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021, noviembre 12). Estadísticas a propósito del Día Mundial de la Diabetes (14 de noviembre). Comunicado de prensa núm. 645/21. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_Diabetes2021.pdf
- [2] Federación Internacional de Diabetes. (2025). Atlas de la Diabetes de la FID (11.ª ed.). Federación Internacional de Diabetes.
- [3] Zuñiga-Ramírez, M. G., Villarreal-Ríos, E., Vargas-Daza, E. R., Galicia-Rodríguez, L., Martínez-González, L., & Cervantes-Becerra, R. G. (2013). Perfil de uso de los servicios del módulo DiabetIMSS por pacientes con diabetes mellitus 2. *Revista de Enfermería del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 21(2), 79–84. https://revistaenfermeria.imss.gob.mx/index.php/revista_enfermeria/article/view/164
- [4] Instituto Mexicano del Seguro Social. (2022). Boletín 133/2022. <https://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/202203/133I>

- [5] Alarcón-Santos, E.-A., Montané-Jiménez, L. G., & Hernández-Calderón, J.-G. (2024). Data visualization to support diabetes management: Systematic literature review. In Proceedings of the 12th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT) (pp. 252–259). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/CONISOFT63288.2024.00040>
- [6] Alarcón-Santos, E.-A., Montané-Jiménez, L. G., & Hernández-Calderón, J.-G. (2024). Integration of IoT and data visualization for personalized diabetes management: A technological approach to chronic disease care. *Avances en Interacción Humano-Computadora*, 9(1), 249–252.
<https://doi.org/10.47756/aihc.y9i1.178>
- [7] Cepero, T., Montané-Jiménez, L. G., & Maestre-Góngora, G. P. (2022). Data visualization guide for smart city technologies. En F. Ortiz-Rodríguez, S. Tiwari, M.-A. Sicilia, & A. Nikiforova (Eds.), *Electronic governance with emerging technologies* (pp. 176–191). Springer.
- [8] Polit, D. F., Beck, C. T., & Owen, S. V. (2007). Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 30(4), 459–467. <https://doi.org/10.1002/nur.20199>
- [9] Escobar-Pérez, J., & Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27–36.
- [10] García-Sedeño, M., & García-Tejera, M. C. (2013). Estimación de la validez de contenido en una escala de valoración del grado de violencia de género soportado en adolescentes. *Acción Psicológica*, 10(2), x–xx.
<https://doi.org/10.5944/ap.10.2.11823>
- [11] Nielsen, J. (2024, enero 31). How many test users in a usability study? Nielsen Norman Group.
<https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>
- [12] Hedlefs, M., González, A. de la, Sánchez Miranda, M., & Villegas, A. (2016). Adaptación al español del Cuestionario de Usabilidad de Sistemas Informáticos CSUQ. RECI: Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática, 4, 84. <https://doi.org/10.23913/reci.v4i8.35>
- [13] Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. En *Usability evaluation in industry* (p. 189).



© 2025 by the authors. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.