PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ESMERALDAS



ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

INFORME ESTUDIO DE CASO:

APLICACIÓN DE GRÁFICOS INTERACTIVOS Y DINÁMICOS CON LA HERRAMIENTA D3.JS PARA LA VISUALIZACIÓN DE DATOS ESTUDIANTILES EN LA PUCE ESMERALDAS.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO DE SOFTWARE

AUTORA:

Wendy Paola Estupiñán Estupiñán

ASESOR:

Mgt. Marc Grob

Esmeraldas, marzo de 2018

Estudio de caso aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos, previo a la obtención del título de INGENIERO EN SISTEMAS Y COMPUTACIÓN.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Título: "APLICACIÓN DE GRÁFICOS INTERACTIVOS Y DINÁMICOS CON LA HERRAMIENTA D3.JS PARA LA VISUALIZACIÓN DE DATOS ESTUDIANTILES EN LA PUCE ESMERALDAS"

Autor: WENDY PAOLA ESTUPIÑÁN ESTUPIÑÁN

MBA. Marc Grob **f.-** .....
Asesor/a

Mgt. José Luis Carvajal Carvajal **f.-** .....
Lector #1

Mgt. Jaime Sayago Heredia **f.-** .....
Lector #2

Mgt. Xavier Quiñónez Ku **f.-** .....
Director de Escuela

Ing. Maritza Demera Mejía **f.-** .....
Secretaria General PUCE - Esmeraldas

Esmeraldas, Ecuador, marzo del 2018

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, WENDY PAOLA ESTUPIÑÁN ESTUPIÑÁN, portadora de la cédula de identidad No. 080396809-8 declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo a la obtención del título de "Ingeniero de Sistemas y Computación" son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola, exclusiva responsabilidad legal y académica.

……..…….....

Wendy Paola Estupiñan Estupiñan

C.I. 080396809-8

CERTIFICACIÓN

MBA. Marc Grob Docente investigador de la PUCESE, certifica que:

El estudio de caso realizado por WENDY PAOLA ESTUPIÑÁN ESTUPIÑÁN bajo el título "APLICACIÓN DE GRÁFICOS INTERACTIVOS Y DINÁMICOS CON LA HERRAMIENTA D3.JS PARA LA VISUALIZACIÓN DE DATOS ESTUDIANTILES EN LA PUCE ESMERALDAS" reúne los requisitos de calidad, originalidad y presentación exigibles a una investigación científica y que han sido incorporadas al documento final, las sugerencias realizadas, en consecuencia, está en condiciones de ser sometida a la valoración del Tribunal encargada de juzgarla.

Y para que conste a los efectos oportunos, firma la presente en Esmeraldas, marzo del 2018.

MBA. Marc Grob.
Asesor

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico con todo mi amor a mi madre Eleudis Estupiñán Garcia, por ser un pilar fundamental en mi desarrollo, por su esfuerzo y sacrificio que me permitieron culminar mis estudios universitarios, por estar en mi lucha constantemente y por siempre acompañarme sin importar lo difícil que sea el camino, enseñándome a levantarme en cada caída y a apreciar lo poco o mucho que la vida nos da.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme el privilegio de vivir cada día llenándome de dones como la sabiduría, inteligencia y fortaleza que me permitieron alcanzar mis metas.

Agradezco a mis padres por su ejemplo y dedicación, por enseñarme los valores fundamentales para vivir en sociedad dándome su amor y comprensión.

A mi novio, por acompañarme en este camino lleno de retos, le agradezco infinitamente su apoyo y amor incondicional.

A mis familiares y amigos les agradezco por sus consejos y su cariño desinteresado, que me ayudaron a tomar decisiones en mi vida y así nunca desfallecer.

Agradezco encarecidamente a mi asesor por la paciencia que me tuvo y por brindarme las herramientas necesarias para que este trabajo de investigación pueda culminarse. También agradezco a mis lectores por sus observaciones que permitieron mejorar mi Estudio de Caso.

Quisiera finalmente agradecer a mis compañeros de clases por convertirse en mis amigos y ayudarme a ser una mejor persona cada día.

RESUMEN

La cantidad de datos disponibles en las empresas ha incrementado rápidamente debido al avance tecnológico, por tal razón se han creado métodos para organizarlos en información, haciendo más sencillo su análisis y comprensión. Las empresas dedicadas a ofrecer productos o servicios tratan de obtener una ventaja empresarial competitiva a partir de los datos, al responder preguntas fundamentales que ayuden a mejorar el negocio con el fin de respaldar sus decisiones con algo más que un simple presentimiento. El presente estudio se orientó al diseño y desarrollo de una aplicación web para visualizar datos estudiantiles de la PUCE Esmeraldas ayudando al proceso de "toma de decisiones gerenciales", a través de la librería D3.js proporcionando gráficas creativas e interactivas para optimizar grandes cantidades de información, debido a que actualmente los datos se visualizan de manera tabular y al requerir gráficos se realizan en hojas de cálculos. Para comprender esta problemática el tipo de investigación empleado fue documental que permitió el levantamiento de información bibliográfica sobre la herramienta D3.js, así mismo, para el desarrollo del prototipo como propuesta de visualización de datos se empleó la metodología aplicada tecnológica. Lo antes expuesto sirvió para verificar la eficiencia de la herramienta de visualización D3.js al ser utilizada en diferentes ámbitos empresariales y así llegar a la conclusión de que la PUCE Esmeraldas, debe implementarla dentro del Departamento de TIC para ayudar a la organización de los datos para la toma de decisiones.

PALABRAS CLAVES: visualización de datos, gráficos interactivos y dinámicos, decisiones gerenciales, librería d3.js, json.

ABSTRACT

The amount of data available in companies has increased rapidly due to technological advances, for this reason methods have been created to organize them into information, making their analysis and understanding easier. Companies dedicated to offering products or services seek to gain a competitive business advantage from data by answering critical questions that help improve business to support their decisions with more than just a hunch. The present study was oriented to the design and development of a web application to visualize student data from PUCE Esmeraldas helping the process of "management decision making", through the library D3. js providing creative and interactive graphics to optimize large amounts of information, because the data is currently displayed in tabular form and requiring graphics are done in spreadsheets. In order to understand this problem, the type of research used was documentary that allowed the collection of bibliographic information on the D3. js tool, and for the development of the prototype as a data visualization proposal, the applied technological methodology was used. The above mentioned served to verify the efficiency of the visualization tool D3. js when used in different business environments and thus reach the conclusion that PUCE Esmeraldas, must implement it within the ICT Department to help the organization of data for decision making.

KEY WORDS: visualization of data, interactive and dynamic graphics, management decisions, d3. js, json library.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN i
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD ii
CERTIFICACIÓN iii
DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTO v
RESUMEN vi
ABSTRACT vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS viii
ÍNDICE DE FIGURAS x
ÍNDICE DE ANEXOS x
1. INTRODUCCIÓN 1
2. OBJETIVOS 6
3. INFORME DEL CASO 7
3.1 DEFINICIONES DEL CASO 7
3.1.1 Presentación del caso 8
3.1.2 Ámbitos de estudio 9
3.1.3 Actores implicados 11
3.1.4 Identificación del problema 12
3.2 METODOLOGÍA 13
3.2.1 Lista de preguntas 13
3.2.2 Fuentes de información 13
3.2.2.1 Técnicas para la recolección de información 13
3.3 DIAGNÓSTICO 14
4. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN 16

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 21

ANEXOS 23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Visualizaciones de datos en el periódico The Guardian [4]. 2

Figura 2: Visualización de datos periódico The Huffington Post [5]. 3

Figura 3: Visualización de datos periódico The New York Times [6]. 3

Figura 4: Visualizaciones del torneo de tenis de Wimbledon [7]. 4

Figura 5: Lectura de datos en formato Json. 16

Figura 6: Gráfico de burbuja realizado con datos estudiantiles, agrupados por nivel y año académico. 17

Figura 7: Gráfico de anillo con datos estudiantiles, agrupados por carrera del año 2015. 18

Figura 8: Gráfico de anillo con datos estudiantiles, agrupados por carrera del año 2016. 18

Figura 9: Gráfico de anillo con datos estudiantiles, agrupados por carrera del año 2017. 19

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:Estructura de archivo en formato Json entregado por el Departamento de TIC. 24

Anexo 2: Código de Gráfico de Burbuja. 25

Anexo 3: Código de Gráfico Circular 28

1. INTRODUCCIÓN

Las empresas tienen la necesidad de generar informes útiles para obtener resultados sobre múltiples temas que involucran las actividades internas y externas del negocio para la toma de decisiones. Sin embargo, debido a la forma en que el cerebro humano procesa la información, usar diagramas o gráficos para visualizar grandes cantidades de datos es más fácil que usar hojas de cálculo o informes [1]. D. Airinei y D. Homocianu [2] recalcan que “el objetivo principal de la visualización de datos es comunicar información de manera clara y efectiva a través de medios gráficos”. Eso no significa que la visualización de datos deba parecer aburrida para ser funcional o extremadamente sofisticada para verse atractiva. La idea es crear visualizaciones de datos estéticos y funcionales para proporcionar opciones de formas intuitivas de percibir datos complejos.

La visualización de datos estática y orientada a gráficos "tradicionales" que impiden la actualización de la información en tiempo real, no han podido satisfacer las necesidades de los responsables de la toma de decisiones empresariales [2]. Es por ello, que el estudio se enfoca a la implementación de visualizaciones de datos dinámicas e interactivas en navegadores web modernos. En el mercado existe una variedad de herramientas para trabajar las visualizaciones. En este estudio se utilizó D3.js como requerimiento del Departamento de TIC de la PUCE Esmeraldas, la misma que es una biblioteca de JavaScript para manipular documentos basados en datos para construir infinidades de gráficos según las necesidades del negocio, proporcionando un juego de herramientas para visualización de datos en navegadores, por ello utiliza los siguientes estándares web [3]: Hojas de estilo en cascada(CSS) para dar estilo a la página, gráficos vectoriales escalables(SVG) para gráficos vectoriales, lenguaje de marcado de hipertexto (HTML) para contenido y JavaScript para interactividad. Crear un sitio web dinámico con las tecnologías mencionadas anteriormente puede ser tedioso o complejo, D3 pretende facilitar esto. Por ejemplo, permite al usuario seleccionar todos los elementos HTML con una etiqueta determinada y cambiar su estilo, con una sencilla línea de código, algo que no es posible sin D3. También se puede usar para crear imágenes SVG y darles un estilo, y ofrece la posibilidad de crear transiciones suaves entre estilos.

Entre los que usan D3 en sus proyectos están los periódicos como The Guardian [4], The Huffington Post [5] y The New York Times [6]. Pero D3 no se limita a los periódicos

digitales; se pueden encontrar miles de ejemplos difundidos en la web. Uno de los mejores ejemplos que muestra una serie de visualización de datos son las del torneo de tenis de Wimbledon; las tablas de datos elaboradas por Peter Cook exponen información sobre el evento reproducido en 2013 [7].

La figura 1 expresa un mapa coroplético para indicar las comunidades indígenas de Alaska en el año 2003, en su mayoría ubicadas en áreas aisladas y pobres que se enfrentan a desastres a medida que el hielo se derretía. En el lado derecho de la imagen se aprecia el mapa distribuido por ciudades de Alaska y en la parte izquierda un selector para población, nativos de Alaska e ingresos, además por cada ítem se evidencia un gráfico de barra. Teniendo una visión clara de los pueblos que están en riesgos a causas del cambio climático.

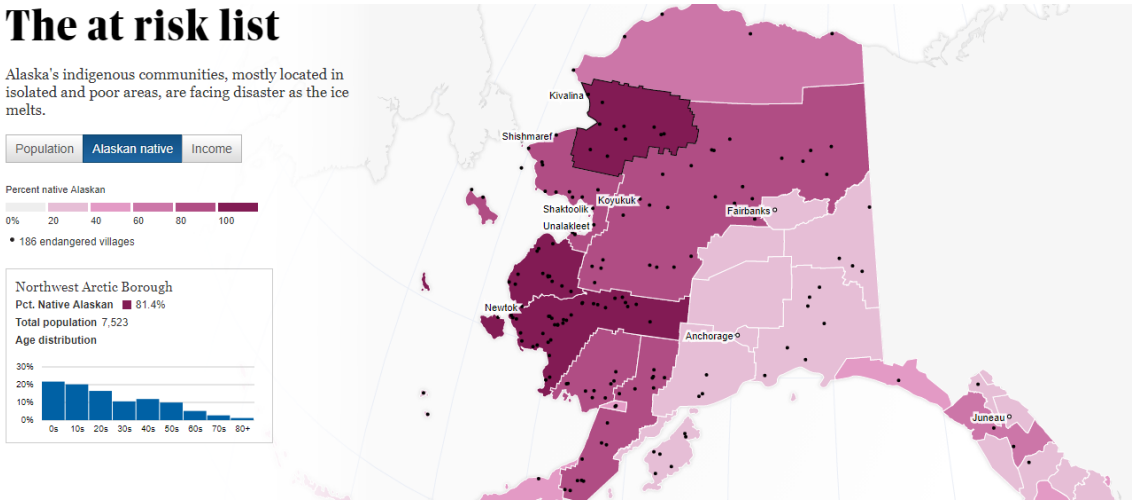


Figura 1: Visualizaciones de datos en el periódico The Guardian [4].

En la siguiente figura se indica un mapa coroplético de los resultados en vivo de la elección especial del Senado de Massachusetts en el año 2013, los resultados se distribuían por ciudad y condado mostrando a los candidatos Ed Markey y Gabriel Gómez con los votos obtenidos. En el lado izquierdo de la visualización se aprecia la foto de ambos candidatos con los votos totales alcanzados y el porcentaje que representa. Además, en la parte posterior del gráfico describe el color característico de cada candidato, así mismo la intensidad del color definía si un candidato había ganado por mayoría o minoría.

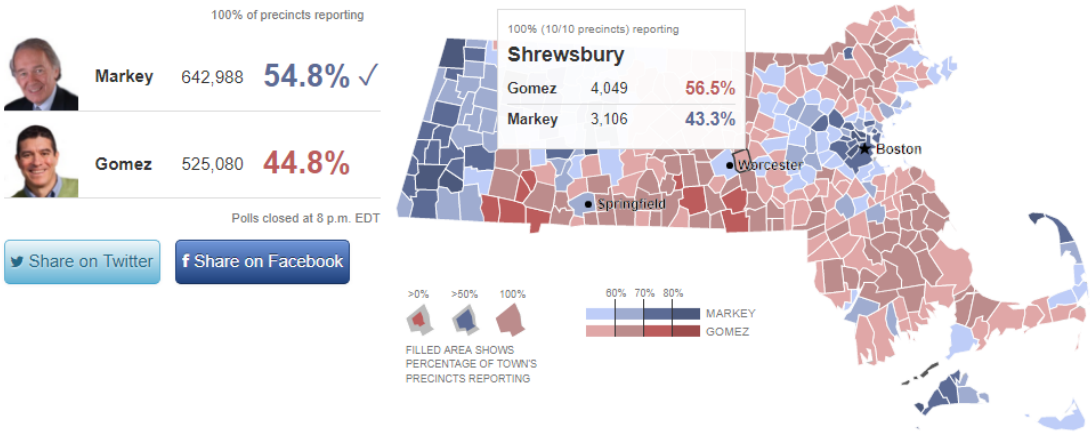


Figura 2: Visualización de datos periódico The Huffington Post [5].

En la figura 3 se muestra un gráfico de velas con la información de las elecciones presidenciales de los Estados Unidos hasta el año 2012 considerando el porcentaje de votantes por estado. En la parte superior izquierda del gráfico se puede seleccionar el tamaño, se consideran los porcentajes obtenidos del Partido Demócrata hacia la derecha y hacia la izquierda los porcentajes obtenidos del Partido Republicano. Además, en la parte posterior izquierda la descripción del partido ganador y en la derecha el año de elecciones.

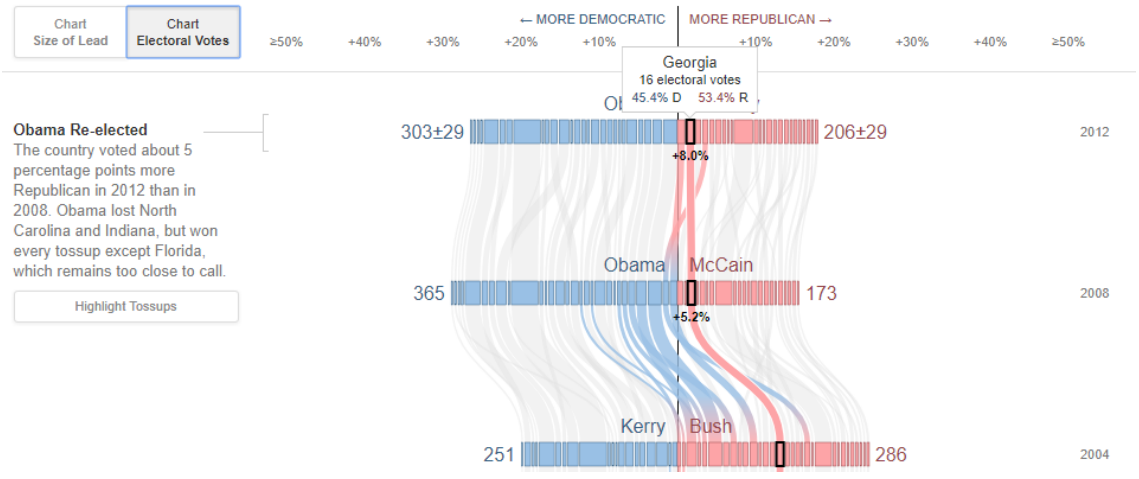


Figura 3: Visualización de datos periódico The New York Times [6].

En la siguiente figura se muestra varios ejemplos del torneo de tenis de Wimbledon realizado en el 2013, entre ellos se encuentra un árbol de coincidencia circular, un diagrama de dispersión, un gráfico de barras con valores negativos y un gráfico de burbujas con flechas los mismos que se actualizaban según avanzaba el torneo. Lo cual

muestra que esta poderosa biblioteca puede transformar datos complejos en información fácil y clara; D3 también permite que la información se vea en tiempo real.

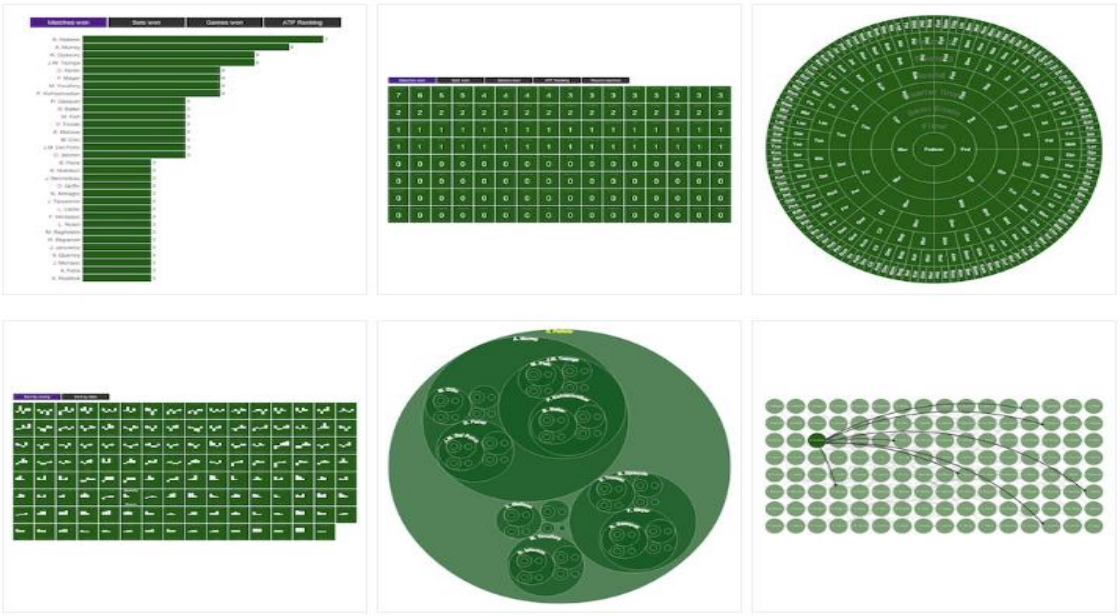


Figura 4: Visualizaciones del torneo de tenis de Wimbledon [7].

El sitio web D3 muestra ejemplos de visualizaciones de datos realizadas con D3, que se ejecutan interactivamente dentro de los navegadores web y están disponibles para cualquiera que desee visualizar datos. Muchos ejemplos van acompañados de una documentación completa de cómo manipular documentos en función de los datos. Entre ellos, vale la pena citar los tipos más utilizados de visualización de datos, como el gráfico de área, el gráfico de líneas, el gráfico de líneas de varias series, el gráfico de barras, el gráfico de dispersión, el gráfico de rosquillas, el gráfico circular, gráfico de burbujas, entre otros.

Los formatos para recibir datos de un servidor web pueden ser JSON como XML, ambos pueden ser analizados y utilizados por muchos lenguajes de programación, son jerárquicos, auto descriptivos y se pueden buscar con XMLHttpRequest. La mayor diferencia entre ambos es que XML tiene que ser analizado con un analizador XML y JSON se puede analizar mediante una función estándar de JavaScript, además para aplicaciones AJAX es más rápido y fácil de utilizar [8].

Para llevar a cabo el presente estudio de caso, se implementó varios gráficos escogidos luego de una previa investigación sobre los gráficos más convenientes a utilizar según las necesidades del negocio en la biblioteca D3.js, utilizando los datos de los estudiantes

obtenidos en formato json, esto permitirá mantener los gráficos con información actualizada y evitará que tengan que generarse manualmente en cualquier hoja de cálculo. Brindando a los departamentos gerenciales una idea clara de las cantidades de estudiantes matriculados por año, ayudando a tomar decisiones al instante.

En este contexto, esta investigación pretende no solo brindar una herramienta de visualización de datos eficiente para la toma de decisiones, sino crear conciencia en los jefes departamentales, sobre la importancia de generar visualizaciones atractivas a la hora de realizar propuestas para dar soluciones rápidas dentro de su departamento.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar una aplicación web utilizando la librería D3.js para visualizar datos estudiantiles en la PUCE Esmeraldas, que permita facilitar la toma de decisiones a nivel gerencial.

Objetivos Específicos

- Analizar el potencial de la librería D3.js
- Examinar datos de estudiantes matriculados en la PUCE Esmeraldas.
- Plantear visualizaciones concretas que faciliten la toma de decisiones.

3. INFORME DEL CASO

3.1 DEFINICIONES DEL CASO

La visualización de datos no es un término nuevo, ha estado a lo largo de los años y ha permitido un proceso de búsqueda, constatación, interpretación y comparación de los datos para su análisis y comunicación. Existe 1,5 millones de gerentes y analistas de negocios que pueden usar big data para apoyar una mejor toma de decisiones organizacionales, innovar soluciones de productos y servicios, mejorar y optimizar los procesos comerciales y actuación. Motivo por el cual las visualizaciones de datos en marcos de desarrollo son cada vez más utilizadas [9].

> El marco de desarrollo D3.js permite la realización de graficas interactivas y dinámicas según las especificaciones del negocio. Data-Driven Documents (D3) es una biblioteca gratuita de código abierto de JavaScript (JS) lanzada en 2011 por Heer, Ogievetsky y Bostock, entonces parte del Stanford Visualization Group. D3.js supera a todas las demás herramientas basadas en Java Script ya que ofrece funcionalidades versátiles como la manipulación y transformación de datos y hace un uso efectivo de la potencia de las nuevas tecnologías web y del navegador [10].

D3 admite varios tipos de archivos cuando se manipulan datos, los más comunes son JSON (Notación de objetos de JavaScript), XML (Lenguaje de marcado extensible) y CSV (valores separados por comas). Además permite configurar la herramienta según el tipo de dato que se quiera leer para realizar las visualizaciones [11].

JSON es una forma de almacenamiento de información ligera, basada en texto, de manera organizada y fácil acceso, no requiere dependencia de idioma está constituido primero por una colección de estructuras nombre-valor, las cuales en varios lenguajes son conocidas como: registros, diccionarios, tablas, hash, listas de claves o arreglos asociativos; y la segunda es una lista ordenada de valores; en la mayoría de los lenguajes, esta se suele representar en forma de: arreglos, vectores, listas, entre otros. Las anteriores estructuras son utilizadas para conformar mensajes interpretados por el cliente y servidor y decodificados de acuerdo al protocolo interno definido, para lo cual se requiere el uso de librerías que descifren la sintaxis propia del lenguaje JSON [12].

3.1.1 Presentación del caso

Existen proyectos e investigaciones enfocados a la utilización de herramientas de visualización de datos, por ello se citan los siguientes:

Diseño de visualización en un multi-dispositivo para autoevaluación de escaladores, el mismo que consiste en una aplicación web móvil para ser utilizada durante el entrenamiento y una herramienta de escritorio para presentación y análisis de los datos con un conjunto de interfaces visuales interactivas [13].

Repositorio de red: un repositorio de datos interactivo con análisis visual a múltiples escalas, permite a los usuarios no solo descargar, sino analizar interactivamente y visualizar dichos datos usando la plataforma de análisis gráfico interactivo basada en la web [14].

Aplicación de Visualización para Big Data en el análisis de flujo de pasajeros de la red de metro de Shanghai, los datos proporcionan nuevos medios para el análisis de flujo de pasajeros y la toma de decisiones de ayuda operativa del departamento de gestión y operación de tránsito ferroviario urbano [15].

En este contexto, las investigaciones y proyectos se han enfocado a distintas áreas, donde la visualización de datos puede generar un aporte positivo para la toma de decisiones en el ámbito empresarial, deportivo, educacional, seguridad, entre otros, sin embargo, no hay investigaciones previas de la utilización de una herramienta de visualización que aporte a la toma de decisiones gerenciales en instituciones educativas para promover el crecimiento de estudiantes y la calidad educativa.

3.1.2 Ámbitos de estudio

"La visualización de datos fue introducido a raíz del nacimiento de web social que comprende a los sitios web que permiten compartir información, haciendo que la cantidad de datos incremente desmesuradamente" [16]. Recientemente se ha intensificado el interés para mostrar datos en la web de manera dinámica, combinando la programación, diseño e investigación para mostrar gráficas creativas e interactivas, optimizando las grandes cantidades de información. A través de la visualización, se logra retratar los datos de manera que permitan verlos bajo una nueva luz, observar visualmente patrones, excepciones y las historias posibles que se sientan detrás de su estado crudo. Se trata de considerar la visualización como una herramienta para el descubrimiento.

D3.js en una de las bibliotecas más utilizadas para la creación de visualizaciones dinámicas que se ajusten a las necesidades de cada usuario[11], [16].

Sobre lo ante expuesto, se aborda el caso de estudio en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador de la ciudad de Esmeraldas, la cual es una prestigiosa entidad educativa, que presenta carreras de pregrado y postgrados para ofertar a la comunidad esmeraldeña.

Según la página oficial de la Universidad, actualmente cuenta con diez escuelas de pregrado y una maestría orientada a la educación[17]; las mismas que se encuentran activas manteniendo una cantidad determinada de estudiantes en cada una de ellas. La comunidad universitaria y cada escuela promocionan las carreras según el levantamiento de información que hayan realizado, el mismo que es presentado de manera tabular y los gráficos se realizan en hojas de cálculos para presentarlos en el informe anual.

Los argumentos por los que se elige el marco visual propuesto se basan principalmente en los siguientes:

- Flexibilidad: es una de las características que hace de D3 una herramienta única, por lo que los desarrolladores web la utilizan en sus aplicaciones y varios CMS como WordPress y Drupal incluyen plugins y módulos para obtener este servicio.
- D3 debe su rápida evolución a la abundante documentación y sinnúmero de ejemplos prácticos que se pueden obtener en su página oficial y GitHub, lo que permite una alta curva de aprendizaje. Contiene una sintaxis limpia, es sencillo de aprender si se tienen conocimientos básicos en JavaScript, HTML5, CSS, y SVG.

- Utiliza un estilo funcional que significa que puede reutilizar el código y añadir funciones específicas haciéndolo tan poderoso como el desarrollador lo requiera.
- Es una biblioteca de JavaScript utilizada para visualizar, puede actualizar directamente a una versión más nueva del navegador en lugar de instalar complementos.
- Se usa para generar datos interpretados. Los usuarios pueden transmitir información importante mediante algunas reglas extraídas de la vista de datos.
- La ventaja de la gráfica es mostrar las estadísticas del todo con sus respectivos detalles de acuerdo con la demanda.
- El uso de gráficos SVG no permite ampliar o distorsionar la vista de detalles gráficos.
- Los datos originales no son ocultados por D3.js, utilizando el texto del marco propuesto para lograr los datos translúcidos, no solo puede facilitar a los usuarios los datos estadísticos, sino también reducir los recursos y los costos al construir un almacén de datos a gran escala.

3.1.3 Actores implicados

Las personas involucradas en el presente estudio de caso son:

Pro-Rector: es la máxima autoridad de la Universidad, el mismo que necesita tener la información al día sobre las cantidades de estudiantes matriculados en toda la universidad y por carrera.

Dirección Académica: ente encargado de gestionar el área académica de la institución universitaria, permitiendo la evaluación, asesoría y control bajo de la normativa universitaria.

Directores de Escuelas: son la máxima autoridad dentro de cada escuela que manejan las actividades que debe realizar la escuela en todo un semestre; los mismos que necesitan tener una idea clara de los estudiantes que mantienen actualmente y poder comparar con semestres anteriores, para tomar decisiones sobre la promoción y factibilidad de la carrera a su cargo.

Además, la herramienta pretende estar en la Intranet de la Universidad, para la visualización de datos e indicadores, ayudando a la organización e interpretación de la información.

3.1.4 Identificación del problema

El termino visualización de datos es cada vez más utilizado en las empresas, porque permite el análisis y organización de la información de una manera clara y atractiva hacia el usuario.

Cuando se tratan temas sobre la visualización de datos, normalmente se asocian los populares gráficos de barra o pastel. A pesar de que estos gráficos permiten obtener una idea de la información a representar, desde el punto de vista comercial no captan la atención del cliente a primera vista.

Actualmente la universidad, no utiliza ninguna herramienta de visualización de datos que le permita la organización de la información de manera dinámica y sofisticada. Por lo tanto, los datos de los estudiantes se presentan de forma tabular y en un informe anual detallado con tablas y gráficos estadísticos, lo cual ocasiona un poco de lentitud en la toma de decisiones al querer evaluar la cantidad de estudiantes matriculados por niveles o por carreras, la misma que es información valiosa porque de ello depende las medidas que tome tanto la universidad como las escuelas para la promoción y publicidad de estas. En consecuencia, las formas de mostrar la información ya no se limitan a tablas, informes escritos, o gráficos estadísticos, estamos en una era donde la información debe tener características como la comunicación visual, permitiendo una visualización limpia de los datos a analizarse.
Según la revisión bibliográfica realizada, los inconvenientes que tienen varias empresas al no contar con herramientas de visualización de datos son:

- Poca atención de los clientes a la hora de percibir la información.
- Pérdida de tiempo al organizar y estructurar los datos según los requerimientos.
- Toma de decisiones equivocadas al no sustentarse correctamente.
- Aumento de carga de trabajo a miembros del departamento de tecnología.

Es por ello, que algunas empresas han optado por implementar herramientas de visualización de datos como una forma de organización y análisis de la información.

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Lista de preguntas

La investigación es de tipo documental y aplicada tecnológica. La investigación documental permitió el análisis del presente estudio de caso mediante referenciación bibliográfica, para obtener mayor conocimiento sobre la librería y su potencial; realizando para ello, un análisis de los diferentes artículos sobre la evaluación y aplicación de la misma. Además, de investigar los factores por los cuales es conveniente tener herramientas de visualización en las empresas, que permitan el ordenamiento adecuado de información y presentación de gráficos interactivos y dinámicos. La investigación aplicada tecnológica permitió la realización del prototipo donde se evidencian datos de las matrices que la universidad reporta al Senecyt y CEAACES organizada en gráficos de burbujas y de anillos. Partiendo de los objetivos mencionados anteriormente, se examinó el potencial de la librería D3.js que fue un requerimiento del Departamento de TIC, utilizando artículos indexados; se analizaron los datos estudiantiles y se plantearon visualizaciones de datos que beneficia a la comunidad universitaria, diseñando la aplicación web para comprobar la efectividad de las visualizaciones dinámicas e interactivas en la librería D3.

3.2.2 Fuentes de información

Para la comprensión del caso de estudio se utilizaron fuentes de información primarias como archivos, entrevistas y fuentes electrónicas como artículos indexados de distintas revistas y paginas oficiales permitiendo la ampliación de conocimiento y argumentación sobre el tema.

3.2.2.1 Técnicas para la recolección de información

El levantamiento de la información que permitió el desarrollo y culminación del presente estudio empleó revisión bibliográfica para el incremento de conocimientos, también se realizó el levantamiento de requerimientos en el Departamento de TIC el cual proporcionó datos para el desarrollo de la aplicación web y mediante reuniones con el

Jefe Departamental se evidenció la problemática con la que cuenta la comunidad universitaria al momento de organizar los datos.

3.3 DIAGNÓSTICO

Se examinó el potencial que tiene la librería D3.js y su aporte al implementarse como una herramienta de visualización en la Universidad.

La librería D3.js se eligió para la presentación de la propuesta, por ser una librería de opensource, es decir de código abierto, y presentar ventajas que son convenientes para la comunidad universitaria PUCE-Esmeraldas. L. J.- Flores y P. Quezadaa [11] presenta una evaluación entre las herramientas de opensource para la visualización de datos, en la misma que se refleja que D3 muestra un dominio superior en cuanto tiempo de ejecución, contiene una extensa documentación, es actualizada y mantiene varias versiones.

D3.js supera a todas las demás herramientas basadas en Java Script ya que ofrece funcionalidades versátiles como la manipulación y transformación de datos y hace un uso efectivo de la potencia de las nuevas tecnologías web y del navegador. Además, maneja diferentes formatos de datos, incluidos CSV, JSON y GeoJSON. [10].

Esta tecnología permite crear cualquier visualización imaginable dentro de los límites de codificación y puede ofrecer una excelente interactividad.

La PUCE Esmeraldas por mantener varias carreras y querer ofertarlas a la comunidad esmeraldeña necesita generar información constantemente, la misma que se maneja actualmente de forma tabular y cuando se requieren gráficos, estos se realizan en hojas de cálculos, convirtiendo el análisis de la información en un proceso tedioso. Para la realización del prototipo se tomó como referencia las matrices que se reportan al Senecyt y CEAACES, estos datos fueron analizados para así determinar que los gráficos más idóneos para mostrar este tipo de información son los siguientes: un gráfico de burbujas para evidenciar la cantidad de estudiantes matriculados por nivel en los años 2015, 2016 y 2017 y el gráfico de anillos para identificar la cantidad de estudiantes matriculados por cada carrera en los años 2015, 2016 y 2017 respectivamente.

DISCUSIÓN

En investigaciones publicadas previamente, se comprueba que la librería D3, es la herramienta opensource más adecuada al momento de crear visualizaciones de datos dinámicas e interactivas, para optimizar grandes cantidades de información, además de poseer una extensa documentación dentro de su página y repositorio oficial [3], [11]; estos resultados son acordes con este estudio, en el cual se comprobó la eficiencia de la librería al leer e interpretar los datos de estudiantes matriculados en la PUCE Esmeraldas creando gráficos de anillos y burbujas, con la ayuda de la revisión en la página oficial, la misma que contiene una alta gama de ejemplos que proporcionan los códigos fuentes en su repositorio de GitHub.

Esta investigación permitió el diseño y desarrollo de una aplicación web para visualización de datos en la PUCE Esmeraldas, al igual que Castillo, Medina y Vega [18] que proponen el diseño e implementación de un esquema de visualización para modelos de clústeres, en el contexto de un proceso de minería de datos, basándose en algunas características entre las cuales destacan: visualización interactiva, combinación de técnicas de minería de datos, entre otros, a través de la implementación de un entorno visual web.

Pero, a diferencia de estos autores que utilizaron métodos como las encuestas y entrevistas para verificar la efectividad de implementar herramientas de visualización, el presente estudio no abarca estos métodos de recolección de información porque el formato concluye con una propuesta dirigida a la PUCE Esmeraldas.

En lo que respecta a implementar herramientas de visualización de datos dentro del ámbito educativo, Olguín y Malberti [19] proponen Data Viz para trabajar con datos generados en las bibliotecas universitarias que permita dar sentido a la toma de decisiones y ser una herramienta para comunicar información a los usuarios. Esto es acorde con lo que este estudio propone. Pero a diferencia de estos autores la investigación va dirigida a todas las áreas de gerencia dentro de la Universidad utilizando para ello la herramienta de visualización de datos D3.JS.

4. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Para la implementación de esta propuesta el Departamento de TIC de la PUCE Esmeraldas, proporcionó tres archivos en formatos Json, los mismos que contaban con la información de cada estudiante matriculado en los años 2015, 2016 y 2017.

En el anexo 1 se puede evidenciar la estructura de los archivos entregados por el Departamento de TIC.

Para empezar el desarrollo de la aplicación web, se empleó la versión v3 de la librería D3.js, declarada en la parte superior de la siguiente manera *<script src="./js/d3.v3.min.js"></script>*. Una vez declarada la librería se puede utilizar las funciones contenidas en ella. En la figura 5 se expone la estructura para leer los archivos en formato Json en la librería D3.js.

```
d3.json("json/Estudiantes_por_anio_2017.json", function(error, datos) {
        if (error) {
            return console.warn(error);
        }
});
```

Figura 5: Lectura de datos en formato Json.

Una vez obtenidos los datos, para la realización del gráfico de burbujas se procedió al análisis de los mismos creando una función en JavaScript para agrupar cada estudiante por nivel según el año de matriculación. Luego se utilizaron funciones declaradas en D3 para el desarrolló el gráfico de burbuja.

La determinación de escalas en el eje x, empleó la función d3.scale.ordinal () para representar los niveles que mantienen las escuelas en la universidad y para la escala en el eje y, la función d3.scale.linear() para representar la cantidad estudiantil por años. Una vez determinado los valores en cada escala se implementa la función d3.svg.axis() que permite mostrar dichos valores correspondientes en los ejes (x), (y) siendo una referencia legible por los humanos, facilitando la interpretación de los resultados.

La función que permite la creación de los círculos es svg.selectAll("circle") en la cual se especificó el radio de cada circulo según la cantidad de estudiantes por nivel y la posición en el eje (x) y (y).

En la figura 6 se distingue el gráfico de burbujas terminado, el mismo que muestra los datos de la cantidad de estudiantes por año, agrupados por el nivel que cursan, evidenciando cada nivel con un color diferente y al ubicar el cursor sobre cada burbuja muestra una descripción que contiene el año, el nivel y la cantidad de estudiantes matriculados en el mismo. En este gráfico se puede apreciar que en el año 2017 el número de estudiantes matriculados en los niveles de 8vo y 9no ha aumentado en comparación con los años 2015 y 2016. Así mismo ha decrecido la cantidad de estudiantes matriculados en el primer nivel.

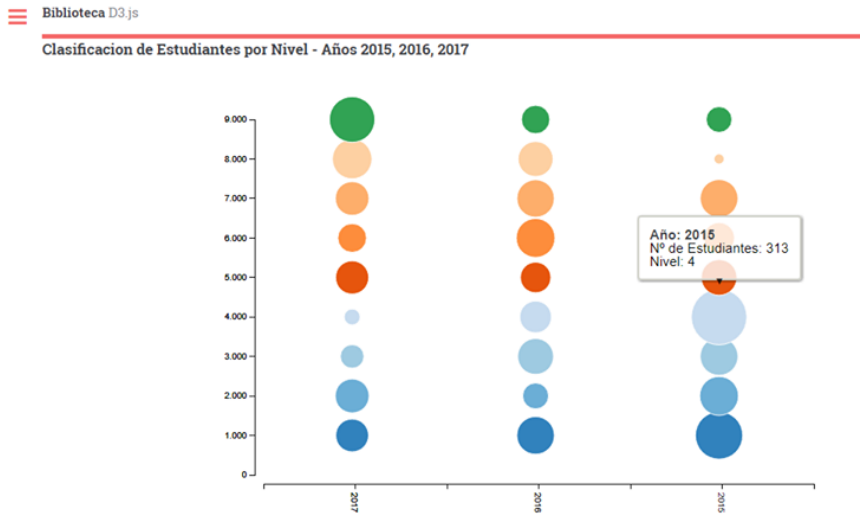


Figura 6: Gráfico de burbuja realizado con datos estudiantiles, agrupados por nivel y año académico.

Con los mismos datos, se procedió al desarrollo de un gráfico de anillo, para determinar la cantidad de estudiantes matriculados por carreras, realizando para ello un gráfico por el año 2015, 2016 y 2017 respectivamente.

En la figura 7, 8 y 9 se aprecia el gráfico de anillo por cada año, el mismo que evidencia la cantidad de estudiantes matriculados por escuelas y el porcentaje que representa dentro de la Universidad, proporcionándole a cada sección un color distintivo.

Cabe destacar que en los gráfico a simple vista evidencian que el mayor número de estudiantes matriculados pertenecen a la escuela de enfermería y la menor cantidad de estudiantes pertenecen a la escuela de Hotelería y Turismo.

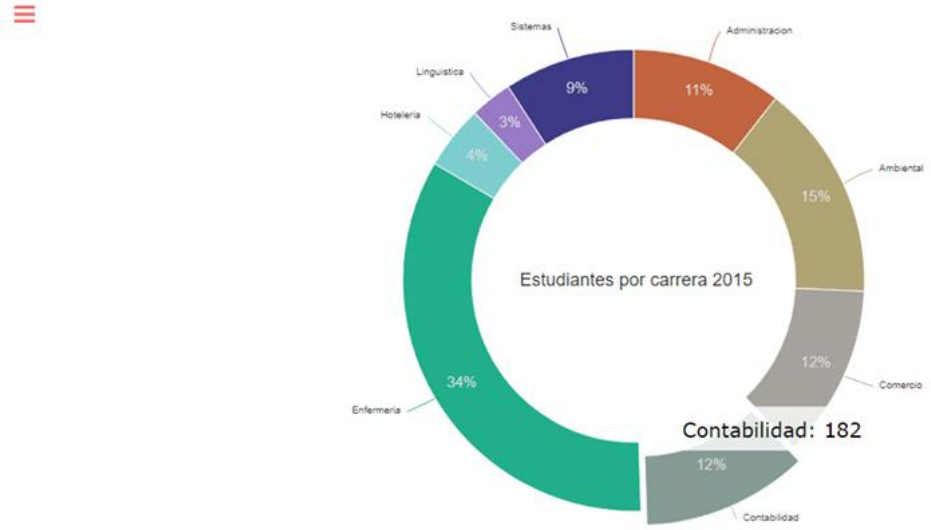


Figura 7: Gráfico de anillo con datos estudiantiles, agrupados por carrera del año 2015.

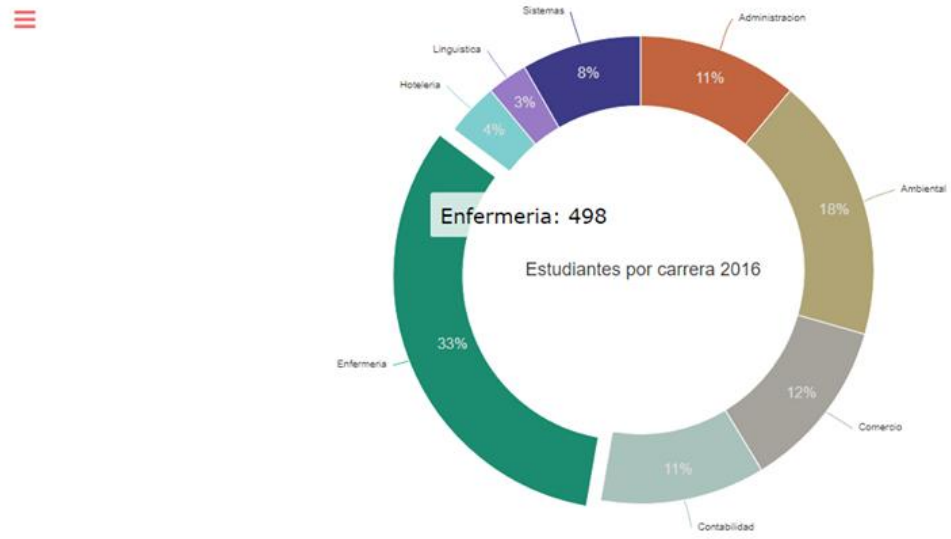


Figura 8: Gráfico de anillo con datos estudiantiles, agrupados por carrera del año 2016.

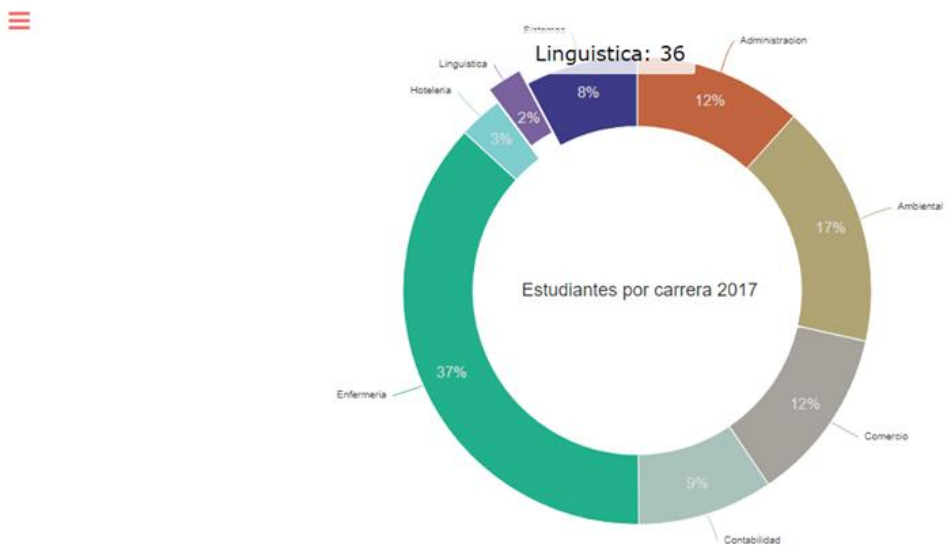


Figura 9: Gráfico de anillo con datos estudiantiles, agrupados por carrera del año 2017.

Los gráficos antes expuestos fueron escogidos según el levantamiento de la información bibliográfica recolectada y determinando las necesidades de la comunidad universitaria.

Los prototipos de visualización realizados permiten caracterizar y explicar los datos de manera más clara, atractiva e intuitiva ante el usuario, además D3 permite realizar un análisis de los datos según los requerimientos de los jefes departamentales, por esa razón, los tres archivos entregados por el Departamento de TIC en formato Json se utilizaron para realizar dos tipos de gráficos con enfoques diferentes, mostrando así el potencial de esta librería.

La implementación de visualizaciones de datos concretas con la librería D3 en la PUCE Esmeraldas, ayudará a:

- Evitar que los datos sean manejados en hojas de cálculos para generar informes y gráficos tradicionales.
- Permite una actualización rápida y eficiente de los datos para apoyar los procesos de toma decisiones.
- Otorga una mejor organización de los datos mediante gráficos dinámicos e interactivos, además admite crear un gráfico conforme a las necesidades de la universidad.

- Al realizar la estructura que genera los gráficos adecuados para la presentación de la información una sola vez, permite la optimización de procesos y automatización de los informes ahorrando tiempo valioso.
- D3 al ser una librería de JavaScript admite la unión en cualquier otro lenguaje de programación, lo que facilita su implementación en los servicios universitarios que así lo requieran.

D3 es especialmente adecuado para trabajar con datos. Esta información puede ser dinámica, se pueden agregar nuevos datos o eliminar datos antiguos. D3 es muy flexible y tiene una gran expresividad, un usuario puede crear muchas formas a través de diferentes rutas. Como es una biblioteca de dibujo, y no solo una biblioteca de gráficos funcionalmente va más allá de la visualización de datos convencional. Además, D3 permite la interacción y la animación, en lugar de simples visualizaciones estáticas.

Es por ello, que la propuesta se dirige a que la universidad empiece a utilizar la librería D3.js como una herramienta de visualización de datos óptima, destinada a ayudar a los responsables de la toma de decisiones a utilizar tecnologías de comunicación, datos, documentos, conocimientos y/o modelos para identificar y resolver problemas, completar tareas de proceso de decisiones y tomar decisiones.

Cabe mencionar, que al manejar grandes cantidades de información una herramienta como D3 facilitará la toma de decisiones gerenciales, ayudando a los responsables a identificar y resolver problemas de una manera más rápida y eficiente.

Por lo expuesto, se recomienda la utilización de la herramienta D3.js para visualización de datos, por ser una herramienta que no requiere complementos adicionales al momento de implementarla, tiene una curva de aprendizaje alta si se tiene conocimientos básicos en HTML5, CSS3, SVG y JavaScript.

En ámbitos como el cuidado de la salud, negocios, gobierno, ciencia, seguridad o gestión de desastres, tomar la decisión correcta sobre la base de los datos disponibles en el momento adecuado es muy importante para garantizar su éxito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Y.-Z. Cai, C.-Y. Lin, and M.-H. Tsai, "Application-Aware Realtime Monitoring with Data Visualization in OpenFlow-Based Network," *2017 31st Int. Conf. Adv. Inf. Netw. Appl. Work.*, pp. 385–390, 2017.

[2] D. Airinei and D. Homocianu, "Data Visualization in Business Intelligence," *Adv. Math. Comput. Business, Econ. Biol. Chem.*, pp. 164–167, 2010.

[3] R. Van Dierendonck and S. Van Tienhoven, "D3 . JS : Data-Driven Documents."

[4] S. Goldenberg, "Alaska's villages on the frontline of climate change | Environment | The Guardian." [Online]. Available: https://www.theguardian.com/environment/interactive/2013/may/14/alaska-villages-frontline-global-warming. [Accessed: 07-Nov-2017].

[5] E. Gomez,Gabriel; Markey, "Massachusetts Senate Election (LIVE RESULTS)." [Online]. Available: http://elections.huffingtonpost.com/2013/massachusetts-senate-results. [Accessed: 07-Nov-2017].

[6] S. O. Bostock. M & Carter, "Over the Decades, How States Have Shifted." [Online]. Available: http://www.nytimes.com/interactive/2012/10/15/us/politics/swing-history.html. [Accessed: 07-Nov-2017].

[7] P. Cook, "Wimbledon 2013 | Data Visualisations." [Online]. Available: http://charts.animateddata.co.uk/tennis/. [Accessed: 23-Nov-2017].

[8] T. (Venture L. Metro, "JSON vs XML," *JSON Yahoo! Group*, 2007. [Online]. Available: http://tech.groups.yahoo.com/group/json/message/676. [Accessed: 06-Jan-2018].

[9] B. Gupta, M. Goul, and B. Dinter, "Business intelligence and big data in higher education: Status of a multi-year model curriculum development effort for business school undergraduates, MS graduates, and MBAs," *Commun. Assoc. Inf. Syst.*, vol. 36, pp. 449–476, 2015.

[10] L. Nair, S. Shetty, and S. Shetty, "Interactive visual analytics on Big Data: Tableau vs D3.js," *J. e-Learning Knowl. Soc.*, vol. 12, no. 4, pp. 139–150, 2016.

[11] L. J.- Flores and P. Quezadaa, “Análisis de Tecnologías Web OpenSource para la Visualización de Datos Aplicando Grafos,” vol. 28, no. Diciembre, pp. 319–332, 2015.

[12] G. E. C. G., W. Y. Campo, J. P. Amaya, and J. L. Arciniegas, “Esquema de servicios para Televisión Digital Interactiva, basados en el protocolo REST-JSON,” *Cad. Informática*, vol. 6, no. 1, pp. 233–240, 2011.

[13] C. Niederer, A. Rind, and W. Aigner, “Multi-device visualisation design for climbing self-assessment,” *Proc. Int. Conf. Inf. Vis.*, vol. 2016–Augus, pp. 171–176, 2016.

[14] R. A. Rossi and N. K. Ahmed, “NetworkRepository: An Interactive Data Repository with Multi-scale Visual Analytics,” *Aaai 2015*, pp. 4292–4293, 2014.

[15] H. Zhiyuan, Z. Liang, X. Ruihua, and Z. Feng, “Application of Big Data Visualization in Passenger Flow Analysis of Shanghai Metro Network,” pp. 184–188, 2017.

[16] E. Inform and U. Polit, “Análisis del diseño de visualización interactiva de información,” 2016.

[17] “PUCE Esmeraldas – PUCESE.” [Online]. Available: https://www.pucese.edu.ec/#. [Accessed: 25-Jan-2018].

[18] W. Castillo-Rojas, F. Medina-Quispe, and J. Vega-Damke, “Esquema de Visualización para Modelos de Clústeres en Minería de Datos,” *RISTI - Rev. Ibérica Sist. e Tecnol. Informação*, no. 21, pp. 67–84, May 2017.

[19] L. A. Olguín, A. Malberti, and R. O. Klenzi, “Data Viz en bibliotecas universitarias,” Aug. 2017.

ANEXOS

Anexo 1:Estructura de archivo en formato Json entregado por el Departamento de TIC.


```
{
    "_id" : "5a24d82c40ce6f36a40042c9",
    "nombre" : "Estudiantes_por_anio",
    "anio" : "2015",
    "semestre" : "",
    "datos" : {
        "0801637711" : {
            "codCarrera2" : "06498",
            "NOMBRE_CARRERA_ELIMINAR" : "INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN",
            "tipoDocumentoId" : "1",
            "numeroIdentificacion" : "0801637711",
            "primerApellido" : "ABAD",
            "segundoApellido" : "VALAREZO",
            "primerNombre" : "ANDREA",
            "segundoNombre" : "ELIZABETH",
            "sexoId" : "2",
            "etniaId" : "6",
            "fechaNacimiento" : "1988-12-28",
            "paisNacionalidadId" : "56",
            "paisResidenciaId" : "56",
            "provinciaResidenciaId" : "08",
            "cantonResidenciaId" : "0801",
            "tipoColegioId" : "2",
            "fechaInicioCarrera" : "2009-05-04",
            "tipoMatriculaId" : "2",
            "periodoId" : "1",
            "anioPeriodo" : "2015",
            "paraleloId" : "",
            "nivelAcademicoQueCursa" : "9",
            "duracionPeriodoAcademico" : "16",
            "haRepetidoAlMenosUnaMateria" : "1",
            "haPerdidoLaGratuidad" : "",
            "recibePensionDiferenciada" : "1",
            "haRealizadoPracticasPreprofesionales" : "1",
            "nroHorasPracticasPreprofesionalesPorPeriodo" : "",
            "entornoInstitucionalPracticasProfesionales" : "",
            "sectorEconomicoPracticaProfesional" : "",
            "tipoBecaId" : "2",
            "primeraRazonBecaId" : "",
            "segundaRazonBecaId" : "",
            "terceraRazonBecaId" : "",
            "cuartaRazonBecaId" : "",
            "quintaRazonBecaId" : "",
            "sextaRazonBecaId" : "6",
            "montoBeca" : "107",
            "porcientoBecaCoberturaArancel" : "50",
            "porcientoBecaCoberturaManutencion" : "",
            "financiamientoBeca" : "2",
            "montoAyudaEconomica" : "",
            "montoCreditoEducativo" : "",
            "participaEnProyectoVinculacionSociedad" : "2",
            "tipoAlcanceProyectoVinculacionId" : "",
            "correoElectronico" : "andrea.abad@pucese.edu.ec",
            "numeroCelular" : "",
            "nivelFormacionPadre" : "11",
            "nivelFormacionMadre" : "11",
            "ingresoTotalHogar" : "0",
            "cantidadMiembrosHogar" : "0"
        },
                ....
                ....
    },
     "fecha_ejecucion" : "04-12-2017"
}
```

Anexo 2: Código de Gráfico de Burbuja.

```
<script>
    var config = { columnWidth: 20, columnHeight: 400, columnGap: 3, padding: 50};
    var ES_es = d3.locale ({
    "decimal": ",",
    "thousands": ".",
    "grouping": [3],
    "currency": ["", " "],
    "dateTime": "%a %b %e %X %Y",
    "date": "%d/%m/%Y",
    "time": "%H:%M:%S",
    "periods": ["AM", "PM"],
    "days": ["Domingo", "Lunes", "Martes", "Miércoles", "Jueves", "Viernes", "Sábado"],
    "shortDays": ["Dom", "Lun", "Mar", "Mi", "Jue", "Vie", "Sab"],
    "months": ["Enero", "Febrero", "Marzo", "Abril", "Mayo", "Junio", "Julio", "Agosto",
"Septiembre", "Octubre", "Noviembre", "Diciembre"],
    "shortMonths": ["Ene", "Feb", "Mar", "Abr", "May", "Jun", "Jul", "Ago", "Sep", "Oct",
"Nov", "Dic"]
    });
    var _format = ES_es.numberFormat("$,0f");

    a = new Array();     // array vacío para guardar los datos del archivo json

    d3.json("json/Estudiantes_por_anio_2015.json", function(error, datos) {
       //lectura del json año 2015
    if (error) { return console.warn(error);  }
    recopilacion(datos, a);
    Render(a);
    });

    d3.json("json/Estudiantes_por_anio_2016.json", function(error, datos) {
       //lectura del json año 2016
    if (error) {  return console.warn(error); }
    recopilacion(datos, a);
    Render(a);
    });

    d3.json("json/Estudiantes_por_anio_2017.json", function(error, datos) {
       //lectura del json año 2017
    if (error) {    return console.warn(error);    }
    recopilacion(datos, a);
    Render(a);
    });

    function Render(datos){
    var CantColumnas = a.length;
    config.width  =  CantColumnas  *  (config.columnWidth  +  config.columnGap)  +  (2  *
config.padding);
    config.height = config.columnHeight + 2 * config.padding;

    var cordenadaEje_y = d3.max(a, function(d) { return +d.nivel*1000; });

    var x = d3.scale.ordinal()
    .rangeRoundBands([0, config.width - 2 * config.padding])
    .domain(a.map(function(d) { return d.nombre; }));

    var y = d3.scale.linear()
    .range([0, config.columnHeight])
    .domain([0, cordenadaEje_y]);

    var rangoEje_Y = d3.scale.linear()
    .range([config.columnHeight, 0])
    .domain([0, cordenadaEje_y]);

    var ejeX = d3.svg.axis()
    .scale(x)
    .orient("bottom");

    var ejeY = d3.svg.axis()
    .scale(rangoEje_Y)
```

```
    .tickFormat(_format)
    .orient("left");

    var tooltip = d3.tip()
    .attr('class', 'tooltip')
    .offset([-10, 0])
    .html(function(d) {
    return "<strong> Año: " + d.nombre + "</strong><br> N° de Estudiantes: " +d.cantidad
+ "</strong><br> Nivel: " +d.nivel;
    });

    var svg = d3.select("svg")
    .attr("width", config.width)
    .attr("height", config.height);

    svg.call(tooltip);

    svg.append("g")
    .attr("class", "eje")
    .attr("transform", "translate(" + config.padding + "," + (10 + config.padding +
config.columnHeight) + ")")
    .call(ejeX)
    .selectAll("text")
    .attr("transform", "rotate(90)")
    .attr("x", "10")
    .attr("y", "-3")
    .style("text-anchor", "start");


    svg.append("g")
    .attr("class", "eje")
    .attr("transform", "translate(" + (config.padding - 10) + "," + config.padding + ")")
    .call(ejeY);

    var Color_Burbujas = d3.scale.category10();

    svg.selectAll("circle")
    .data(a)
    .enter().append("circle")
    .attr("r", function(d) { return d.cantidad/10 })
    .attr("cx", function(d,i) { return config.padding+100 +  x(d.nombre) })
    .attr("cy", function(d,i) { return (config.padding) + config.columnHeight - y(1000)
*(d.nivel)})
    .attr("height", function(d,i) { return y(d.cantidad) })
    .attr("data-nombre", function(d,i) { return d.nombre })
    .attr("data-cantidad", function(d,i) { return _format(+d.cantidad) })
     .style("fill", function(d,i) { return Color_Burbujas(i); })
    .on('mouseover', tooltip.show)
    .on('mouseout', tooltip.hide)

    }

    function recopilacion(datos, a)   {
    cantidad = new Array();     // array vacío para guardar los datos del archivo json
    var acu=0;var anio=0; var bol=0;

    //recorrer los nueve niveles que tienen las escuelas de la universidad
    for(var y = 0; y < 9; y++) {
                //recorrer las claves y datos del objeto json
                for (var i in datos)
                    {
                        for (var j in datos[i])
                        {
                              //contar datos por nivel
                        if(datos[i][j].nivelAcademicoQueCursa==(y+1))
                        {  acu+=1;
                        if(bol==0) //Obtener el año analizado
                        {  bol=1;
                           anio=datos[i][j].anioPeriodo;
                        }
                    }
```

```
                }
        }
            //Guardar cantidad de estudiantes por nivel en el array
            cantidad[(y+1)]=acu;
            acu=0;
    }
        var sizeVector=a.length;
        var sizeCant=0;

        //guardar datos obtenidos en un vector de objetos para ser leídos por D3.js
        for(var i = sizeVector; i < (sizeVector+9); i++) {
            sizeCant+=1;
            var miObjeto = new Object();
            miObjeto.nombre = anio;
            miObjeto.cantidad = String(cantidad[sizeCant]);
            miObjeto.nivel = sizeCant;
            a[i]=miObjeto;
          }

    }
</script>
```

Anexo 3: Código de Gráfico Circular

```
<script>

var validate = {

	initialCheck: function(pie) {
		var cssPrefix = pie.cssPrefix;
		var element = pie.element;
		var options = pie.options;

		if (!window.d3 || !window.d3.hasOwnProperty("version")) {
			console.error("d3pie error: d3 is not available");
			return false;
		}

		if (!(element instanceof HTMLElement || element instanceof SVGElement)) {
			console.error("d3pie error: the first d3pie() param must be a valid
DOM element (not jQuery) or a ID string.");
			return false;
		}

		if (!(/[a-zA-Z][a-zA-Z0-9_-]*$/.test(cssPrefix))) {
			console.error("d3pie error: invalid options.misc.cssPrefix");
			return false;
		}

		if (!helpers.isArray(options.data.content)) {
			console.error("d3pie error: invalid config structure: missing
data.content property.");
			return false;
		}
		if (options.data.content.length === 0) {
			console.error("d3pie error: no data supplied.");
			return false;
		}

		var data = [];
		for (var i=0; i<options.data.content.length; i++) {
			if (typeof options.data.content[i].value !== "number" ||
isNaN(options.data.content[i].value)) {
				console.log("not valid: ", options.data.content[i]);
				continue;
			}
			if (options.data.content[i].value <= 0) {
				console.log("not valid - should have positive value: ",
options.data.content[i]);
				continue;
			}
			data.push(options.data.content[i]);
		}
		pie.options.data.content = data;
	return true;
	}
};

var helpers = {

	addSVGSpace: function(pie) {
		var element = pie.element;
		var canvasWidth = pie.options.size.canvasWidth;
		var canvasHeight = pie.options.size.canvasHeight;
		var backgroundColor = pie.options.misc.colors.background;

		var svg = d3.select(element).append("svg:svg")
			.attr("width", canvasWidth)
			.attr("height", canvasHeight);

		if (backgroundColor !== "transparent") {
			svg.style("background-color", function() { return backgroundColor;
});
```

```
        }

        return svg;
},

whenIdExists: function(id, callback) {
        var inc = 1;
        var giveupIterationCount = 1000;

        var interval = setInterval(function() {
                if (document.getElementById(id)) {
                        clearInterval(interval);
                        callback();
                }
                if (inc > giveupIterationCount) {
                        clearInterval(interval);
                }
                inc++;
        }, 1);
},

whenElementsExist: function(els, callback) {
        var inc = 1;
        var giveupIterationCount = 1000;

        var interval = setInterval(function() {
                var allExist = true;
                for (var i=0; i<els.length; i++) {
                        if (!document.getElementById(els[i])) {
                                allExist = false;
                                break;
                        }
                }
                if (allExist) {
                        clearInterval(interval);
                        callback();
                }
                if (inc > giveupIterationCount) {
                        clearInterval(interval);
                }
                inc++;
        }, 1);
},

shuffleArray: function(array) {
        var currentIndex = array.length, tmpVal, randomIndex;

        while (0 !== currentIndex) {
                randomIndex = Math.floor(Math.random() * currentIndex);
                currentIndex -= 1;

                // and swap it with the current element
                tmpVal = array[currentIndex];
                array[currentIndex] = array[randomIndex];
                array[randomIndex] = tmpVal;
        }
        return array;
},

processObj: function(obj, is, value) {
        if (typeof is === 'string') {
                return helpers.processObj(obj, is.split('.'), value);
        } else if (is.length === 1 && value !== undefined) {
    obj[is[0]] = value;
                return obj[is[0]];
        } else if (is.length === 0) {
                return obj;
        } else {
                return helpers.processObj(obj[is[0]], is.slice(1), value);
        }
},
```

```
	getDimensions: function(id) {
		var el = document.getElementById(id);
		var w = 0, h = 0;
		if (el) {
			var dimensions = el.getBBox();
			w = dimensions.width;
			h = dimensions.height;
		} else {
			console.log("error: getDimensions() " + id + " not found.");
		}
		return { w: w, h: h };
	},

	rectIntersect: function(r1, r2) {
		var returnVal = (
			// r2.left > r1.right
			(r2.x > (r1.x + r1.w)) ||

			// r2.right < r1.left
			((r2.x + r2.w) < r1.x) ||

			// r2.top < r1.bottom
			((r2.y + r2.h) < r1.y) ||

			// r2.bottom > r1.top
			(r2.y > (r1.y + r1.h))
		);

		return !returnVal;
	},

	getColorShade: function(hex, lum) {

		// validate hex string
		hex = String(hex).replace(/[^0-9a-f]/gi, '');
		if (hex.length < 6) {
			hex = hex[0]+hex[0]+hex[1]+hex[1]+hex[2]+hex[2];
		}
		lum = lum || 0;

		// convert to decimal and change luminosity
		var newHex = "#";
		for (var i=0; i<3; i++) {
			var c = parseInt(hex.substr(i * 2, 2), 16);
			c = Math.round(Math.min(Math.max(0, c + (c * lum)),
255)).toString(16);
			newHex += ("00" + c).substr(c.length);
		}

		return newHex;
	},.
</script>
```