**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

****

**Visualización de grandes cantidades de datos 3D para la prevención frente a desastres naturales en la zona costera de Perú**

**Tesis Para optar por el Título de Ingeniero Informático que presenta el/la bachiller/a:**

**Guillén Zapata Handry James**

**20151627**

**Asesor: Dr. Iván Anselmo Sipiran Mendoza**

Lima, Abril de 2019Resumen

Tema FCI

Aquí se debe colocar una copia del tema aprobado por el Decano de la FCI. No es necesario colocarlo durante los cursos de tesis.

Tabla de Contenido

[Resumen 2](#_gjdgxs)

[Tema FCI 3](#_30j0zll)

[Índice de Figuras 5](#_2et92p0)

[Índice de Tablas 5](#_tyjcwt)

[Capítulo 1.](#_3dy6vkm) Generalidades 6

[1.1](#_1t3h5sf) Problemática 6

[1.2](#_4d34og8) Objetivos 6

[1.2.1](#_2s8eyo1) Objetivo general 6

[1.2.2](#_17dp8vu) Objetivos específicos 6

[1.2.3](#_3rdcrjn) Resultados esperados 6

[1.2.4](#_26in1rg) Mapeo de objetivos, resultados y verificación 6

[1.3](#_lnxbz9) Herramientas y Métodos 7

[Capítulo 2.](#_35nkun2) Marco Legal/Regulatorio/Conceptual/otros 8

[Capítulo 3.](#_44sinio) Estado del Arte 9

[3.1](#_2jxsxqh) Revisión y discusión 9

[3.2](#_z337ya) Conclusiones 9

[Capítulo 4.](#_3j2qqm3) Presentación de los resultados esperados 10

[Capítulo 5.](#_1y810tw) Conclusiones y trabajos futuros 11

[5.1](#_4i7ojhp) Conclusiones 11

[5.2](#_2xcytpi) Trabajos futuros 11

[Referencias 12](#_1ci93xb)

[Anexos i](#_3whwml4)

[Anexo A: Plan de Proyecto ii](#_2bn6wsx)

Índice de Figuras

Figura 1. Representación simplificada del "Continuo de la Virtualidad". Adaptado de (Aguilar & Zapata, 2016). 8

Índice de Tablas

Tabla 1. Ejemplo de tabla [Aquí va la referencia si la tabla no es de elaboración propia. 7

# Generalidades

## Problemática

En el año 2017, hubo mucha atención enfocada en los cientos de miles de personas que sufrieron de las inundaciones ocasionadas por el fenómeno del Niño Costero. Este fenómeno ocasionó, para la región norte del país, 1.5 millones de personas afectadas, 162 muertos y dañaron cientos de miles de hogares. (Practical Action, 2017)

A pesar de que estos problemas no se pueden resolver en su totalidad, existen medidas que permiten a la población conocer los riesgos y difundir los métodos para minimizar los daños durante los desastres que se presentan. Estas acciones destinadas a minimizar los perjuicios son causa de la creación de planes de prevención y de la gestión de riesgos de partes de las entidades encargadas. (Ministerio de Agricultura,Perú, 2017)

Debido a la falta de información para la prevención, los planes de ejecutados en la gestión de riesgos no han sido los más adecuados para las situaciones extremas que se presentan. En Perú, no se tiene información topográfica de todas las infraestructuras o terrenos que podrían ser afectadas por los desastres naturales. Tener este tipo de información es relevante, debido a que varias familias afectadas por estos desastres no cuentan con la infraestructura adecuada para soportar tales eventos. Además, los terrenos agrícolas se ven amenazados de manera inesperada por varios factores que no se toman en cuenta por lo espontaneidad del fenómeno. (Practical Action,2017)

A partir de la falta de información topográfica en zonas afectadas en nuestra litoral costero, se plantea la creación de un visualizador de nube de puntos 3D. Sin embargo, como se desea representar grandes áreas topográficas, este sistema debe ser capaz de almacenar y renderizar toda la nube de puntos, la cual tiene una cantidad en el orden de los billones.

Por lo descrito anteriormente, el primer problema que se presenta es el de poder almacenar y procesar la nube de puntos 3D en memoria, la cual es limitada según el tipo de hadware que dispongamos. Por ello, se debe optar por una estructura de datos que tenga esas características deseadas. La estructura de datos adecuada para almacenar objetos en 3D son los octress. Esta estructura de datos permite dividir un espacio tridimensional recursivamente en 8 octantes que representan, cada uno, parte del objeto (Zachmann & Langetepe, 2006). Según el tipo de renderizado que se implemente, la estructura del octree puede variar, agregando características que puedan darle mayor valor agregado, pero que sigan manteniendo el objetivo de representar el objeto 3D.

Otro problema que se nos presenta es el tipo de renderizado que se implementara a la nube de puntos, esto dependerá del tipo de estructura de datos que se escoja. El renderizado de nube de puntos es importante para añadir información extra a la nube de puntos que pueda dar mayor valor a la visualización de los objetos. Algunas de las características más importantes que se añaden a la nube de puntos 3D son los colores, elevación (o altura), clasificación y nivel de detalle. Adicionalmente, el renderizado define como se verá un punto de la nube de puntos, estos usualmente se renderizan como píxeles, cuadrados o círculos alineados a la pantalla (es decir que siguen la dirección de la cámara del visualizador), debido a que son rápidos de renderizar. Sin embargo, la resolución con la que se pueden visualizar estos tipos de formas de puntos es baja y no es lo que se busca para este proyecto. (Schütz, 2016)

Por último, para obtener una mayor apreciación de los objetos que se desean visualizar, es necesario agregar realismo a la nube de puntos. Por lo tanto, otro punto a tratar es la iluminación y contorno que se le dará a cada objeto representado. Para esto, la técnica de Eye-Dome Lighting es la más conocida. Esta técnica nos provee sombreados en los objetos sin hacer mucho uso del procesamiento en memoria, lo cual es favorable para hacer interactiva la visualización de los objetos representados (Ribés & Boucheny, 2011).

Con los problemas expuestos anteriormente, lo que se busca en cada uno es implementar los algoritmos correctos que puedan satisfacer la visualización de una gran cantidad de nube puntos 3D. Por lo tanto, en el presente proyecto fin de carrera se desea desarrollar un sistema de visualización 3D que pueda manejar grandes cantidades de datos. Estos datos o nube de puntos 3D serán recolectados en zonas vulnerables a fenómenos naturales, especialmente a inundaciones y huaycos, a través de un drone que tendrá el escáner LIDAR integrado. Este equipo puede tomar muestras con una resolución de 0.5 cm, por lo que, en una zona vulnerable de aproximadamente 7000 hectáreas, la cantidad de nube de puntos 3D será del orden de los billones. Esta cantidad de datos no caben en la memoria de GPU para poder ser visualizados, por ello necesitamos de una estructura de datos en las que se puedan almacenar toda la información recogida por el escáner y de algoritmos especiales que puedan procesar toda la data para ofrecer una herramienta interactiva a los usuarios. Para esto, se implementará una estructura de datos de particionamiento espacial que permita manejar la información de la mejor manera posible y algoritmos de renderizado que puedan dar las características deseadas a la nube de puntos y que, además, permita un sistema interactivo de visualización de datos.

En este contexto, se plantea las siguientes preguntas: ¿Qué tipos de modificación a la estructura de datos Octree se necesitaría realizar para poder procesar una gran cantidad de datos? ¿Qué tipos de renderizados se deben implementar para lograr una visualización interactiva?

## Objetivos

### Objetivo general

Desarrollar un sistema de visualización de datos 3D que pueda soportar una gran cantidad de nube de puntos

### Objetivos específicos

1. Implementar la estructura de datos que permita organizar una gran cantidad nube de puntos
2. Implementar el algoritmo de renderizado
3. Implementar técnicas de iluminación y contorno para añadir realismo a la nube de puntos
4. Realizar pruebas al sistema para validar la interactividad de la visualización

### Resultados esperados

1. Estructura de datos que pueda almacenar una gran cantidad de nube de puntos y en la que se pueda particionar la data para no sobrecargar la memoria (O1)
2. Algoritmo de renderizado de nube de puntos (O2)
3. Nube de puntos con características deseadas. (O2)
4. Algoritmo de iluminación y contorno. (O3)
5. Nube de puntos con mayor realismo. (O3)
6. Sistema interactivo de visualización de nube de puntos en 3D. (O4)

### Mapeo de objetivos, resultados y verificación

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Objetivo:** Implementar la estructura de datos correcta que pueda recibir una gran cantidad nube de puntos | | |
| **Resultado** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Estructura de datos que pueda almacenar una gran cantidad de nube de puntos y en la que se pueda particionar la data para no sobrecargar la memoria | Informe | * Informe del desarrollo de la estructura de datos |
| **Objetivo:** Implementar el algoritmo de renderizado | | |
| **Resultado** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Algoritmo de renderizado de nube de puntos  Nube de puntos con características deseadas | Informe | * Informe del desarrollo del algoritmo de renderizado |
| **Objetivo:** Implementar técnicas de iluminación y contorno para añadir realismo a la nube de puntos | | |
| **Resultado** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Algoritmo de iluminación y contorno.  Nube de puntos con mayor realismo | Informe | * Informe de desarrollo del algoritmo de iluminación y contorno |
| **Objetivo:** Realizar pruebas al sistema para validar la interactividad de la visualización | | |
| **Resultado** | **Meta física** | **Medio de verificación** |
| Sistema interactivo de visualización de nube de puntos en 3D | Software | * Pruebas de validación del sistema * Informe de descripción del sistema |

## Herramientas y Métodos

Para cada resultado debe existir al menor una herramienta o método para obtenerlo. Puede usar tablas para mostrar: resultado, herramienta o método y forma de validación.

Debe describir a modo resumido las herramientas o métodos y cómo los aplicara en su tesis, esta información debe venir acompañada de referencias donde se encuentra más detalles.

# Marco Conceptual

En este capítulo, se explicarán conceptos relacionados al problema definido y los términos sobre visualización de puntos 3D que han sido utilizados en las investigaciones realizadas y en la propuesta de solución.

En cuanto a los conceptos generales relacionados a resiliencia, la RAE (2018) define a los desastres naturales como un suceso de índole biótica o abiótica que repercuten en los sistemas de producción agraria o en los sistemas forestales y que acaban ocasionando daños económicos importantes.

Por otro lado, debemos definir qué es visión por computador o Visión Computacional (como es más conocido).Según Krishna (2018), existen dos maneras de definir a la visión por computador, la primera nos habla sobre un campo de la ciencia que extrae información pertinente a partir de imágenes digitales, este tipo de información se puede usar para identificación de otras imágenes, calcular medidas de espacios durante una exploración o aplicaciones de realidad aumentada. La otra forma de definir este campo es como la construcción de algoritmos que pueden entender el contenido de las imágenes y usarlas para otras aplicaciones. Esta última definición se adecúa perfectamente a lo que se desarrollara en este proyecto; por ello, es la que se tomará como concepto. Es importante recalcar la visión por computador trae consigo un largo conjunto de disciplinas donde puede ser aplicada.

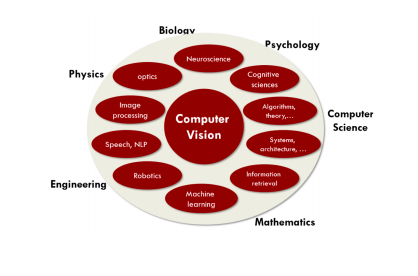


Figura 1. Visión por Computadora en la intersección de múltiples campos científicos

Adaptado de (Krishna, 2018)

La visualización de grandes cantidades de datos 3D se da gracias a los algoritmos de renderizado que se puedan aplicar. Larenderización 3Des la acción de transformar los datos 3D y proyectarlos dentro de un entorno de coordenadas, determinando las porciones visibles de la escena, y convertir las propiedades del objeto en valores de píxeles según las fuentes de luz presentes, efectos de la escena, composición de la imagen y los colores del modelo (Badler & Glassner).

Los datos 3D que se utilizan para el renderizado 3D se obtienen gracias a escáneres que pueden obtener información de objetos reales. Para este proyecto, LiDAR es el escáner que será utilizado para la recolección de datos 3D. LiDAR es un sistema activo basado en un sensor láser que se puede instalar en dispositivos aerodinámicos. El funcionamiento de LíDAR consiste en un sensor barrido que emite pulsos láser y mide el tiempo que tardan dichos pulsos en chocar con la superficie terrestre y regresar al sensor. En teoría todos los rayos láser salen apuntando a una misma dirección; sin embargo, hay un espejo rotatorio que los desvía a ambos lados del avión. Por otro lado, en el dispositivo aerodinámico hay instalado un GPS, esto hace que se pueda posicionar en tiempo real al instrumento, para saber su posición en cada; además, se utiliza un GPS diferencial en Tierra para la aumentar la precisión. Después de tener recolectados los datos por ambos GPS, para obtener precisiones de 5 cm en la posición del instrumento. Por último, se dispone del sistema de navegación inercial del avión (IRS) que mide las variaciones de orientación debido a turbulencias con una precisión de 0.001 grados. Después de realizar la recolección de datos, estos se pueden procesar obteniendo una Nube de puntos del terreno. (García, 2009)

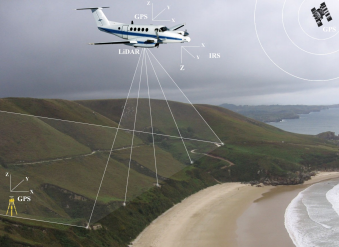


Figura 2. Esquema de funcionamiento de la tecnología LiDAR

Adaptado de (García, 2009)

Lanube de puntos 3D es una precisa representación digital de las superficies escaneadas y del ambiente que lo rodea, cada uno de estos puntos representa una coordenada en un eje XYZ; además, pueden presentar representación de color RGB. (Wolf et. al., 2018).



Figura 3. Visualización de una nube de puntos 3D representando una pista

Adaptado de (Wolf et. al., 2018)

La estructura de datosque se usará para almacenar la data 3D serán los octrees. Los octrees son árboles de los cuales cada nodo presenta ocho hijos, estos hijos juntos representan una caja (el cual es el objeto 3D a representar) y cada hijo individualmente representa una celda de esta caja (cada celda representa la octava parte del objeto 3D). Según baja el nivel del árbol del octree, nos encontraremos con objetos de mayor resolución, ya que contiene mayor cantidad de información. (Zachmann & Langetepe, 2006)

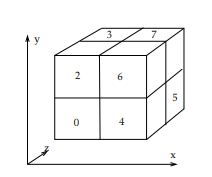


Figura 4. División de un objeto 3D en celdas

Adaptado de (Zachmann & Langetepe., 2006)

# Estado del Arte

El problema de visualización de datos 3D toma como objetivo principal la renderización de nube de puntos, por lo cual es necesario especificar la aplicación de un algoritmo de renderización que pueda añadir las características a la nube de puntos. Por ello, se toman en cuenta las siguientes palabras claves: Render, Rendering, Point cloud. Además, debido a que se necesitan datos 3D sacado de un escáner LiDAR, se optó por la búsqueda de artículos de visualización que presenten el uso de esta herramienta.

Como complemento de información, se intentan responder las siguientes preguntas para la problemática planteada:

* ¿Qué tipos de modificación a la estructura de datos Octree se necesitaría realizar para poder procesar una gran cantidad de datos?
* ¿Qué tipos de renderizados se deben implementar para lograr una visualización interactiva?

Por lo tanto, en la primera búsqueda de artículos se presentó la siguiente cadena de búsqueda:

## TITLE-ABS-KEY ( ( render OR rendering OR renderer ) AND point AND cloud AND lidar )

Por otro lado también es necesario especificar el tipo de estructura de datos, que en este caso son los octrees,para poder encontrar los algoritmos adecuados.Esto no necesariamente debe incluir el renderizado a utilizar, ya que solo se desea tener algoritmos que puedan cumplir con el objetivo de almacenar nube de puntos para que luego puedan ser renderizadas. Por ello, en la segunda búsqueda de artículos se presentó la siguiente cadena de búsqueda:

## TITLE-ABS-KEY (cloud AND points AND octree )

A partir de estas dos búsquedas, se encontraron los siguientes números de artículos en los principales bases de datos de artículos científicos.

|  |  |
| --- | --- |
| Base de Datos o Repositorio | N° Artículos |
| Scopus | 82 |
| IEEE Electronic Library | 112 |
| Web Of Science | 74 |
| Repositorio de Tesis de Informática PUCP | 2 |

Al terminar la búsqueda y revisar artículos, se encontraron documentos idénticos entre repositorios. La mayoría de artículos trataban de realidad virtual o realidad aumentada y otros sobre robótica, por lo cual se descartaron gran parte de estos. Sin embargo, si trataban temas de estructura de datos, por lo que podrían ayudar parcialmente en la aplicación de alguna de los objetivos propuestos.

Filtrando esos resultados, se escogieron los artículos más relevantes para la problemática planteada tomando en cuenta los tópicos de visualización de datos 3D y algoritmos aplicados a octrees, en los campos de manejo de memoria y renderizado. Además, se tomaron como prioridad los artículos publicados en las siguientes venues:

* ACM Transaction On Graphics
* IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics
* ACM SISGRAPH
* Eurograhics
* CVPR
* ICCV
* ECCV
* SGP - Symposium on Geometry Processing

## Revisión y discusión

A continuación, se presenta lo encontrado en la ejecución de la revisión sistemática.

Como primer trabajo, Schütz (2016) introduce un sistema web, Portree, el cual puede renderizar grandes cantidades de nube de puntos en navegadores web. Este sistema, desarrollado utilizando WebGL, permite visualizar conjuntos de data que contienen billones de puntos en tiempo real. Este renderizado de billones de puntos se logra gracias a la estructura jerárquica de datos que presenta, el cual denominó Portree’s Octree Structure (POC). Esta estructura es una variación de Modifiable Nested Octree (MNO), la diferencia es que en este último no se define la resolución de cada nodo por la distancia entre los puntos presentes (espaciado entre puntos). Calcular el óptimo valor del espaciado entre puntos es complicado de definir y depende de otros factores como son el poder de procesamiento del CPU y GPU, además de la velocidad de conexión. Por otro lado, el número de puntos de entrada es otro factor que afecta la profundidad del octree (el tiempo de carga se ve afectado). Por ello, para reducir los tiempos de carga se propuso dividir por trozos el árbol tal que cada muestra contenga una jerarquía de menor a mayor cantidad de datos, esto quiere decir que mientras se vaya recorriendo el árbol desde el nodo raíz, la resolución irá aumentando. Luego de definir el contenido de los datos, se pasa a la etapa de renderizado. Los puntos son renderizados como cuadrados alineados con la pantalla (esto quiere decir que cada cuadrado rotara dependiendo de la vista de la cámara), ya que son más rápidos de renderizar y, además, tienen soporte con varias librerías gráficas. Dos cualidades a destacar de Portree son el desarrollo de interpolación y tamaño de puntos adaptativos en su sistema. La interpolación se usa para crear renderizados de nubes de puntos de altas resoluciones. Esto se logra representando los puntos como paraboloides en vez de cuadrados o rectángulos. El tamaño de puntos adaptativos se usa para ajustar el tamaño de los puntos a nivel de detalle, esto oculta las diferencias de densidades de puntos entre diferentes niveles de detalle. Como resultados de la implementación de este visualizador tenemos un sistema que puede renderizar aproximadamente hasta 597,000 millones de puntos (aproximadamente 1.6 terabytes de datos) en tiempo real mediante un navegador de web.

Huang et. al. (2018) muestran un visualizador de datos 3D basado en OpenSceneGraph (OSG) un motor de gráficos 3D open source. Para este fin, utilizan Qt (aplicación de interfaz gráfica de usuario multiplataforma C++) como su GUI que integra el motor OSG 3D y como IDE para Windows, Visual Studio 2010. El motor de gráficos es responsable del renderizado de la escena y la aplicación Qt conecta las diferentes opciones de la aplicación para la interacción con el usuario. Para este trabajo se realizaron dos pruebas de visualización, la primera consiste en utilizar la geometría básica del OSG para dibujar la nube de puntos, con el fin de poder visualizar el objeto, los datos son extraído de un archivo.” txt”. El segundo trabajo trata de usar la interfaz para read archivos de modelo 3D (.obj) los cuales pueden ser manejados para diferentes formatos de archivo en la librería osgDB. A partir de ello, se realiza la visualización de datos de red de triangulación. En este artículo no se hace énfasis en la estructura de datos, ya que no se utilizó alguna en específico; por ello, hacen referencia que, ante la carga masiva de grandes cantidades de datos, esta aplicación no sería la más útil, afirmando que se concentrarán en este tópico en una futura investigación.

Schuetz y Wimmer(2018) proponen un método que reduce el número de puntos que son dibujados en cada frame, solo renderizando los puntos que fueron mostrados en el anterior frame, adicionando un conjunto aleatorio de puntos para llenar los huecos que aparecen después de las transformaciones. Esto se logra con tres pasos: Reproyectar el frame anterior, adicionar puntos aleatorios y calcular el Index Buffer Obejtect (IBO) dinámico de los puntos visibles (este último paso es para la preparación de lo que se proyectará en el siguiente frame). Por ello, la estructura de datos para este método es un aleatorio Vertex Buffer Object (VBO) el cual nos permite añadir puntos aleatorios a un frame, renderizando un rango de vértices presente en el VBO. Los resultados de este trabajo son buenos, pudiendo poner en memoria hasta 250 millones de puntos antes de que el GPU empiece a renderizar desde la memoria principal en lugar de la memoria del GPU. Esto hace lograr que, en una notebook con una GPU de gama baja, se pueda hacer un renderizado decente.

Futterlieb et al. (2016) nos presenta otra alternativa para la visualización de grandes nubes de puntos. En este caso, la técnica a utilizar excede normalmente la cantidad de RAM para el procesamiento y la VRAM para el renderizado de datos. Estos datos solo están limitados solo por el espacio disponible que tenga el disco duro. Para este método, se decidió usar como estructura de datos, una variante de los kd-tree como estructura común espacial 3D tanto para el procesamiento como para la visualización de nube de puntos. Esta estructura de datos toma en cuenta de que los puntos guardados en niveles profundos, estén cerca uno del otro, esto hace que el tiempo de carga sea menor. A partir de aquí, el trabajo se divide en tres partes: Técnicas de nivel de detalle, el cual garantiza una limpia e interactiva visualización tomando muestras de toda la nube de puntos (muestra de lo que el usuario verá, por ejemplo), luego de hacer esto reduce el número de puntos visibles, la data restante la guarda hasta que se desea el renderizado en tiempo. Métodos de renderizado diferido, este método se utiliza en lugar del renderizado directo a los framebuffer. Se comienza extrayendo una muestra de puntos desde el kd-tree, luego las características de cada punto extraído son separados en buffers de textura (a esto se le llama multiple render targets), el proceso termina cuando todo el detalle de los puntos extraídos ha sido representado. Por último, se realizó una programación de los múltiples grupos de datos, esto para que el usuario pueda ver cómo se está procesando la nube de puntos. Los resultados de este método son de hecho muy buenos, con una hadware limitado se pudo procesar 1000 millones de puntos en 46 segundos aproximadamente

## Conclusiones

Los dos primeros estudios descritos nos presentan visualizadores de datos, el primero más completo, ya que renderiza una mayor cantidad de datos, pero que también está limitado por la memoria, ya que se usa un navegador web.

Por otro lado, los dos últimos artículos nos describen métodos para poder visualizar gran cantidad de nube de puntos con pocos recursos(limitaciones), lo cual es importante para lo planteado en la problemática, ya que es necesario tener la capacidad de mostrar una gran cantidad de datos para la representación de pueblos utilizando un computador de escritorio regularmente potente.

Finalmente, a partir de la revisión del estado del arte, se identifica la importancia de la estructura de datos para poder almacenar y extraer data, ya que de esto depende mucho los tiempos de carga al momento de representar el objeto, además, es relevante para el uso del tipo de renderizado que se utilizará, cada estructura se puede adecuar mejor a otros tipos de algoritmos presentes.

# Presentación de los resultados esperados

Del capítulo 4 hasta el N deben ir los resultados. Introducción, enunciar el resultado, relacionarlo con el objetivo, presentar modo de validar su construcción**.**

# Conclusiones y trabajos futuros

## Conclusiones

## Trabajos futuros

Referencias

Action, P. (2017). Learning from El Niño Costero 2017: Opportunities for Building Resilience in Peru/El Niño Costero: The Floods of 2017 in Peru.

Aqualogy Medio Ambiente (sin fecha). Wicast.Sistema de Prevención tecnológica.

Disponible en : [http://www.aqualogy.net/uploads](http://www.aqualogy.net/uploads/pdf/MKT_P_WICAST_V22.pdf)

Benavides Rodríguez, C. (2016). Análisis del uso de redes sociales en desastres.

Boucheny, C., & Ribes, A. (2011). Eye-dome lighting: a non-photorealistic shading technique. *Kitware Source Quarterly Magazine*, *17*.

Futterlieb, J., Teutsch, C., Berndt D. (2016) Smooth Visualization of Large Point Clouds. *International Journal On Computer Science and Information Systems* (pp. 146-158 )

Gestión (2017). Niño Costero: Inundaciones generan pérdidas agrícolas por más de S/.850 millones en el norte.

Disponible en : <https://gestion.pe/economia/nino-costero-inundaciones-generan-perdidas-agricolas-s-850-millones-norte-132030>

GisGeograpghy (2018). A Complete Guide to LiDAR: Light Detection and Ranging.

Diponible en: <https://gisgeography.com/lidar-light-detection-and-ranging/>

Huang, H., Hu, C., Zhang, F., & Xue, H. (2018). RESEARCH ON VISUALIZATION OF GROUND LASER RADAR DATA BASED ON OSG. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, *42*(3).

Ministerio de Agricultura (2017). Plan de Prevención ante la presencia de Fenómenos Naturales por Inundaciones, Deslizamientos, Huaycos y Sequías.

Disponible en : [http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs](http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/ANA/Plan%20de%20prevencion%20ante%20la%20presencia%20de%20fenomenos%20naturales%20por%20inundaciones,%20deslizamientos,%20huaycos%20y%20sequias.pdf)

Ingedata (2018) How to teach vision to computers: 3D Point Cloud Annotation and LiDAR. Disponible en : <https://www.ingedata.net/blog/lidar-3d-point-cloud>

Jin, G., Nicolai, B. J., Winer, C., Dekker Jr, G. A., & Moreland, J. (2014). Development of a Web-Based 3-D Visualization and Cluster Computing System for Disaster Management. *International Journal of Engineering Research & Innovation*, 41.

Langetepe, E., & Zachmann, G. (2006). *Geometric data structures for computer graphics*. AK Peters/CRC Press.

Schuetz, M., & Wimmer, M. (2018, August). Progressive real-time rendering of

unprocessed point clouds. In *ACM SIGGRAPH 2018 Posters* (p. 41). ACM.

Schütz, M. (2016). Potree: Rendering large point clouds in web browsers. *Technische Universität Wien, Wiedeń*.

Real Academia Española. (2018). Diccionario de la lengua española (23.a ed.). Consultado en <http://www.rae.es/rae.html>

Anexos

Los anexos deben ser referenciados desde el documento. Por ejemplo debe existir un párrafo donde se diga que determinada información puede ser vista en el Anexo X

Los anexos pueden numerarse con letras o número de acuerdo a su preferencia.

Anexo A: Plan de Proyecto

* **Justificación**

<<Se debe justificar el proyecto mediante la exposición de las razones por las cuales se debe realizar el estudio. Además de plantear claramente el propósito del proyecto dependiendo del caso se explica por qué es conveniente y cuáles son los beneficios de éste. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista, 2014)

Algunos criterios, incluidos en (Hernández Sampieri et al., 2014), para evaluar la importancia de una investigación son:

* Conveniencia: ¿para qué sirve?
* Relevancia social: ¿quiénes se benefician con la investigación? ¿cómo?
* Implicaciones prácticas: ¿ayudará a resolver un problema real? ¿tiene implicaciones trascendentales para una amplia gama de problemas prácticos?
* Valor teórico: ¿se llenará algún vacío de conocimiento?
* Utilidad metodológica.

Es importante resaltar que Hernández también incide en que es muy difícil que una investigación pueda responder positivamente a todos estos criterios.>>

* **Viabilidad**

<<Se debe considerar si se cuenta con la disponibilidad de recursos para el proyecto así como los conocimientos requeridos para desarrollarlo.

También debe ser posible acceder al contexto o fuentes de información necesarios para modelar el problema o la solución.

No sólo debe ser viable el proceso sino los productos del proyecto>>

* **Alcance**

<<Se debe indicar las actividades principales o equivalentes que describen cuáles sí se incluyen y cuáles no se incluyen en el **proyecto**. Tener presente que éstos se refieren a los de alto nivel o primer nivel de descomposición de su proyecto.

* **Limitaciones**

<< Las limitaciones del proyecto establecen condicionantes que afectan su planificación y operación. Algunos ejemplos son: de tiempo, de presupuesto, de funcionalidades, de herramientas, etc >>

* **Identificación de los riesgos del proyecto**

<< Haga una lista de todos riesgos del proyecto indicando para cada uno de ellos:

Descripción: descripción del riesgo, identifica claramente lo que puede ocurrir.

Síntomas: conjunto de hechos, situaciones que hacen posible que el riesgo se concrete.

Probabilidad: percepción del nivel de certeza de que el riesgo vaya a ocurrir.

Impacto: percepción del nivel de daño que puede afectar al proyecto

Severidad: valor = probabilidad x impacto, que permite calificar a los riesgos

Mitigación: acciones que realizará en breve para evitar que los síntomas se den.

Contingencia: acciones que realizará en caso el riesgo se concrete. >>

* **Estructura de descomposición del trabajo (EDT)**

<< Desarrolle la estructura de descomposición del trabajo de su proyecto. La representación del EDT es de libre elección: gráfico, esquemático, etc>>

* **Lista de tareas**

<< Elabore una lista de tarea del proyecto

* incluya la duración estimada de cada tarea (calculada) cuya unidad es el tiempo: horas, días, semanas, etc.
* incluya el esfuerzo asociado a cada tarea (calculada) cuya unidad es tiempo/recurso (o tiempo-recurso): horas-persona, semanas-persona, etc.
* incluya el costo estimado de cada tarea (calculada)
* la lista de tareas debe incluir actividades de verificación y validación.
* la lista de tareas debe incluir las reuniones con su orientador (asesor, profesor de curso, revisor, posibles usuarios o clientes) y las actividades dentro del curso.

>>

* **Cronograma del proyecto**

<< Incluya en un cronograma en donde las tareas incluyan lo siguiente:

* fecha de inicio y fin de cada tarea, obtenidas por la planificación, asegurándose que la duración planificada/programada sea mayor a la duración estimada
* dependencias entre las tareas

Se puede mostrar un diagrama que recoja toda esa información>>

* **Lista de recursos**

<< Incluya una lista de los recursos indicando descripción del recurso, cantidad y oportunidad en su uso dentro de su proyecto:>>

* + **Personas involucradas y necesidades de capacitación**

<< Haga una lista de todos los involucrados en el proyecto y necesidades de capacitación >>

* + **Materiales requeridos para el proyecto**

<< Haga una lista de todos los materiales requerido. En caso no sea necesario indique que “No aplica” >>

* + **Estándares utilizados en el proyecto**

<< Haga una lista de todos los estándares utilizados sean estos internacionales, nacionales, regionales, distritales, industriales, sectoriales. >>

* + **Equipamiento requerido**

<< Haga una lista de todos los equipos necesarios para su proyecto >>

* + **Herramientas requeridas**

<< Haga una lista de todas las herramientas requeridas para su proyecto >>

* **Costeo del Proyecto**

<< Debe desarrollar un análisis de costos que incluya siempre:

* costos por el equipo humano
* costos por utilización de equipamiento (usar el concepto de depreciación)
* costos por utilización de software, usar el concepto de TCO (Total cost of ownership) o amortización
* Debe tener claro que costo es un concepto distinto al de gasto

A continuación se presenta una plantilla mínima genérica que puede ser usada de base para establecer un presupuesto. Para los proyectos de curso es suficiente un solo nivel de partida.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | Valor Unitario  (S/.) | Monto Total  (S/.) | Monto Acumulado (S/.) |
|  |  |  |  |  |  |  |

* Ejemplo:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ítem** | **Descripción** | | | **Unidad** | **Cantidad** | **Valor Unidad (S/.)** | **Monto Parcial (S/.)** | **Monto**  **Total (S/.)** |
| **0** | **Costo total del proyecto** | | | **---** | **---** | **---** | **---** | **6,520** |
| **1.** | **Estudiantes o tesistas** | | | **---** | **---** | **---** | **---** | **890** |
| 1.1 | Estudiante 1 | | | Horas | 40 | 10 | 400 |  |
| 1.2 | Estudiante 2 | | | Horas | 39 | 10 | 390 |  |
|  | : | | | Horas |  |  |  |  |
| 1.n | Estudiante n | | | Horas | 10 | 10 | 100 |  |
| **2.** | **Otros participantes (en caso aplique)** | | | **---** | **---** | **---** | **---** | **440** |
| 2.1 | Otro participante 1 | | | Horas | 2 | 20 | 40 |  |
|  |  | | | Horas |  |  |  |  |
| 2.m | Otro participante m | | | Horas | 10 | 10 | 100 |  |
| **3.** | **Servicios y consultoría (en caso aplique)s** | | | **---** | **---** | **---** | **---** | **500** |
| 3.1 | Servicio o consultoría 1 | | | Informe | 1 | 500 | 500 |  |
| 3.2 | Servicio o consultoría 2 | | | Informe |  |  |  |  |
|  |  | | | Informe |  |  |  |  |
| 3.p | Servicio o consultoría p | | | Informe |  |  |  |  |
| **4.** | **Materiales e insumos (en caso aplique)s** | | | **---** | **---** | **---** | **---** | **310** |
| 4.1 | Materiales e insumos 1 | | | Unidad | 3 | 20 | 60 |  |
|  |  | | | Unidad |  |  |  |  |
| 4.q | Materiales e insumos q | | | Unidad | 2 | 120 | 240 |  |
| **5.** | **Bienes y equipos** | **Unid1** | **Cant1-** | **Unid2** | **Cant2-** | **-** | **-** | **1,900** |
| 5.1 | Computadoras | Equipo | 3 | Horas | 40 | 5 | 600 |  |
| 5.2 | Servidores | Equipo | 1 | Horas | 30 | 10 | 300 |  |
| 5.3 | Licencia de software ZZZZ | Unidad | 1 | Horas | 10 | 50 | 500 |  |
| 5.5 | Bien o equipo 5 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.r | Bien o equipo r |  |  |  |  |  |  |  |
| **6.** | **Pasajes y viáticos** | **Unid1** | **Cant1-** | **Unid2** | **Cant2-** | **-** | **-** | **2,480** |
| 6.1 | Movilidad local (trabajo de campo) | Viajes/Día | 4 | Día | 10 | 10 | 400 |  |
| 6.2 | Pasaje para evento nacional | Unidad | 1 | Personas | 2 | 500 | 1000 |  |
| 6.3 | Viáticos | Días | 4 | Personas | 2 | 60 | 480 |  |
| 6.4 | Alojamiento | Noches | 3 | Personas | 2 | 100 | 600 |  |
| 6.5 | Pasajes o viáticos 5 |  |  |  |  |  |  |  |
| 6.s | Pasajes o viáticos s |  |  |  |  |  |  |  |