

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



**Tecnológico de Estudios
Superiores de
Cuautitlán Izcalli**

Organismo Público Descentralizado del Estado de México



**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN**

**“RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS
A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN
SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO”**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO EN

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS
DE LA INFORMACIÓN**

PRESENTA:

SERGIO MEZA SALCEDO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ESTEBÁN CONTRERA GONZÁLEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO 2023.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

DECLARATORIA DE AUTORIA LITERARIA ORIGINAL

Declaro que la información que se presenta en este trabajo ha sido investigada, analizada y redactada por **SERGIO MEZA SALCEDO**, habiendo obtenido la información que se refiere en la bibliografía y cuya finalidad es crear modelos 3D lo más realistas posibles, en lugar de usar técnicas de modelado poligonal o escultura digital podemos recurrir a varios métodos de “escaneo” de superficies y texturas como la fotogrametría.

La cual consiste en usar cientos de fotografías de un mismo objeto tomadas desde diferentes ángulos para reconstruir la geometría de un modelo complejo usando software especializado.

Una de las ventajas de la fotogrametría respecto a otros métodos de escaneo es que podemos escanear la geometría y el color de nuestro objeto simultáneamente para crear un modelo fotorrealista listo para usar en nuestros proyectos.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente a los seres que me dieron la vida, mi padre el **SEÑOR VICENTE MEZA CORTÉS (†)** y la **SEÑORA LUCINA SALCEDO HERNÁNDEZ** quienes, con su apoyo, en todos los aspectos supieron hacer de mi un ser de provecho para la vida; dándome las herramientas para completar toda una vida profesional.

Aunque mi padre, ya no está conmigo, sé que desde algún lugar del cielo me ve, y al igual que yo le da gusto, que una vez más he alcanzado un objetivo más trazado.

A la mujer que día a día siempre está a mi lado dándome ánimos, haciendo que las horas de estudio fueran momentos amenos, mi linda señora, amada y sacrosanta Esposa **SOCORRO MARTINEZ GALLEGOS**.

A mis hijos, el Ingeniero **GUILLERMO MEZA MARTÍNEZ**, que con sus conocimientos y consejos supo encaminarme y sacarme de varias dudas, al Licenciado **CÉSAR AUGUSTO MEZA MARTÍNEZ**, por su siempre compañía tanto en el estudio como en el deporte.

A mis hermanas, **DELIA, EVA, LUCIA, MARÍA HORTENSIA Y MARÍA DEL CARMEN**; quienes con su apoyo moral supieron darme el ejemplo para seguir día a día mi preparación.

A mis asesores, el **Dr. ESTEBÁN CONTRERAS GONZÁLEZ**, quienes con sus conocimientos y experiencia supieron encaminarme hacia el objetivo final por mi perseguido.

A cada uno de mis compañeras de equipo las maestras Samantha Iliana Rodríguez Baez, Guadalupe Martínez de la Cruz, Ing. Estafany Perea Rodríguez e Ing. Fidelia Buendía Armenta y grupo, que con su apoyo y compañía durante la maestría fortalecieron no sólo mis conocimientos sino también mis principios y valores éticos y morales.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

RESUMEN

La ingeniería permite generar un modelo 3D a partir de una nube de puntos resultante de un escaneo de piezas suministrado por imágenes generadas por un sensor Lidar de bajo costo. Este procedimiento parte de una etapa de adquisición (toma de imágenes).

Le sigue una etapa de procesamiento de todas las vistas parciales adquiridas en un sistema de referencia común.

A continuación, es necesario integrar todas esas vistas parciales en una única malla. Debido a la multitud de parámetros que intervienen en las etapas anteriores, siempre se incluye una etapa final de procesado que tratará de eliminar errores o pulir los resultados obtenidos. El procesado puede incluir una gran variedad de operaciones.

Finalmente, a partir de las mallas se pueden generar superficies. Estas superficies se pulen y se generan modelos sólidos, los cuáles pueden ser vistos en varios los sistemas.

ABSTRACT

Engineering allows generating a 3D model from a cloud of points resulting from a scan of parts provided by images generated by a low-cost Lidar sensor. This procedure starts from an acquisition stage (taking images).

This is followed by a stage of processing all partial views acquired in a common reference system.

Next, it is necessary to integrate all those partial views into a single mesh. Due to the multitude of parameters that intervene in the previous stages, a final processing stage is always included that will try to eliminate errors or polish the results obtained. Processing can include a wide variety of operations.

Finally, from the meshes surfaces can be generated. These surfaces are polished and solid models are generated, which can be viewed in various systems.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	VIII
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	IX
ALCANCES Y LIMITACIONES.....	X
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XV
OBJETIVOS.....	1
METODOLOGÍA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO.....	5
CONCEPTOS BÁSICOS.....	6
PROPUESTA DE DISEÑO.....	8
CRITERIOS DE DISEÑO.....	9
PROCEDIMIENTOS PARA DISEÑO.....	11
REQUISITOS DEL SISTEMA.....	33
CAPÍTULO 2	
DESARROLLO.....	36
PROCEDIMIENTO.....	37
MATERIAL NECESARIO.....	42
SOFTWARE.....	43
CAPITULO 3	
PROPUESTAS Y RESULTADOS.....	50
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	52
ESCENARIOS DE PRUEBA	
EN LA EMPRESA.....	53
EL BUGGY.....	53
LA FRESADORA.....	56
EL RINO.....	59
CONCLUSIÓN, RECOMENDACIÓN, EXPERIECIA PERSONAL Y PROFESIONAL-- ADQUIRIDA.....	63
COMPETENCIAS DEDSARROLLADAS Y/O APLICADAS.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
GLOSARIO.....	71

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. ALINEAMIENTO DE CÁMARA.....	56
FOTOGRAFIA 2. CONSTRUCCION DE NUBE DENSA DE PUNTOS.....	58
FOTOGRAFIA 3. CONSTRUCCIÓN DE MALLA.....	61
FOTOGRAFÍA 4. CONSTRUCCIÓN DE TEXTURA.....	61
FOTOGRAFÍA 5. CONSTRUCCIÓN DE MODELO EN MOSAICO.....	62
FOTOGRAFÍA 6. SELECCIONANDO EL AREA.....	62
FOTOGRAFÍA 7. CAMBIAR REGIÓN.....	63
FOTOGRAFÍA 8. CAMBIAR TAMAÑO DE REGIÓN.....	63
FOTOGRAFÍA 9. ROTANDO REGIÓN.....	64
FOTOGRAFÍA 10. REESTABLECIENDO REGIÓN.....	64
FOTOGRAFÍA 11. “BARRIL” DE FOTOGRAFÍAS.....	65
FOTOGRAFÍA 12. ESTIBAMIENTO DE CAJAS EN EMPRESA FAMEXPRESS.....	69
FOTOGRAFÍA 13. VISTA LATERAL.....	69
FOTOGRAFÍA 14. VISTA TRASERA.....	70
FOTOGRAFÍA 15. VISTA TRASERA DE BUGGY.....	70
FOTOGRAFÍA 16. VISTA LATERAL DE BUGGY.....	71
FOTOGRAFÍA 17. VISTA FRONTAL DE BUGGY.....	71
FOTOGRAFÍA 18. VISTA GENERAL DE BUGGY.....	72
FOTOGRAFÍA 19. VISTA LATERAL DE UNA FRESADORA.....	72
FOTOGRAFÍA 20. VISTA FRONTAL DE UNA FRESADORA.....	73
FOTOGRAFÍA 21. VISTA LATERAL DERECHA DE UNA FRESADORA.....	73
FOTOGRAFÍA 22. VISTA TRASERA DE UNA FRESADORA.....	74
FOTOGRAFÍA 23. VISTA LATERAL IZQUIERDA DE UNA FRESADORA.....	74
FOTOGRAFÍA 24. VISTA LATERAL DE UNA FRESADORA.....	75
FOTOGRAFÍA 25. VISTA FRONTAL DEL RINO	75
FOTOGRAFÍA 26 VISTA LATERAL IZQUIERDA DEL RINO.....	76
FOTOGRAFÍA 27. VISTA LATERAL DEL RINO.....	76
FOTOGRAFÍA 28. VISTA TRASERA IZQUIERDA DEL RINO.....	77
FOTOGRAFÍA 29. VISTA LATERAL DERECHA DEL RINO.....	77
FOTOGRAFÍA 30. VISTA FRONTAL DEL RINO.....	78

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

INDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. DIAGRAMA EN LA TOMA DE DECISIONES.....	32
IMAGEN 2. LA ESCALA SE ESTABLECE	40
IMAGEN 3. LA ESCALA SE ESTABLECE	41
IMAGEN 4. EJES CENTROS GEOMETRICOS.....	42
IMAGEN 5. TEXTURA.....	43
IMAGEN 6. EJE LÍNEAS ESTRUCTURALES.....	44
IMAGEN 7. TONO.....	45
IMAGEN 8. SATURACIÓN.....	46
IMAGEN 9. LA FORMA	47
IMAGEN 10. EL ESCORZO.....	47
IMAGEN 11. EL TRASLAPO.....	48
IMAGEN 12. APLICACIÓN DE LA TEXTURA	48

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPARATIVA DE PROGRAMAS.....	16
TABLA 2. LISTA DE COMPROBACIÓN.....	28
TABLA 3. LAS GPU DE ESCRITORIO.....	51

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA PARA LOS PASOS.....	35
FIGURA 2. CONSEJOS SOBRE LOS ESCENARIOS.....	50

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. DIFERENCIAS ENTRE PROYECTO.....	34
-------------------------------------------	----

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

INTRODUCCIÓN

Antes de la invención de la fotografía se inició el uso de perspectivas dibujadas a mano con el fin de levantar cartas de costas, construcciones o paisajes. En 1726, Capellen las utilizó para levantamientos costeros, en 1759 J.H. Lambert estableció las matemáticas para la transformación de una perspectiva.

En 1835, se inventó el estereoscopio mediante el cual se introdujo el concepto de la doble imagen para observación en tercera dimensión. En 1851, Aimé Laussedat, oficial de la armada francesa inicio investigaciones para probar la utilidad de la fotografía con fines topográficos y en 1857 presentó el primer fototeodolito y cámara y el primer plano de París, levantado con fotografías terrestres.

En 1883 Stalze y Hank, establecieron la relación entre fotografía y proyección. Porro, de Italia creó el primer cámara panorámica en la cual se podía fotografiar todo el espacio visible alrededor de la estación terrestre.

Para 1900, el capitán Scheimpflug, de Australia, dio solución a la fotografía aérea al emplear una cámara de ocho lentes sostenida en la canasta de un globo.

Clasificación de la Fotogrametría.

El rápido progreso tecnológico de la fotogrametría y sus múltiples aplicaciones ha hecho necesario separarla o dividirla en grandes grupos según diversos puntos de vista. Según el tipo y posición espacial de la cámara, así como su finalidad, la fotogrametría puede clasificarse en cuatro grupos:

Fotogrametría aérea. Fotogrametría terrestre. Fotogrametría espacial. Fotogrametría no topográfica.

El procesamiento digital de imágenes engloba al conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información en las mismas. El origen de este tratamiento de imágenes data de la década de los sesenta, ya que fue en este tiempo cuando la NASA daba seguimiento al programa de ciencia lunar, con el que se intentaba caracterizar la superficie de la luna para apoyar el posterior programa Apolo.

Dada la baja calidad de las imágenes recibidas, para poder evaluar dichas capturas se hizo necesario realizar ciertas operaciones en el tratamiento de las mismas, como por ejemplo la eliminación de distorsiones geométricas y de respuesta. Con el programa espacial comentado se comenzaron a utilizar las computadoras para el procesamiento de imágenes, y aunque inicialmente este procedimiento se llevó

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

a cabo únicamente en aplicaciones astronómicas, o en campos de investigación relacionados con las matemáticas y las ciencias de la computación, factores como la disminución en el precio así como el aumento de la accesibilidad a sistemas digitales para la obtención y manejo de imágenes, sumada a la revolución de las microcomputadoras, han logrado convertir el procesamiento digital de imágenes en parte de la vida cotidiana.

La fotogrametría es definida como la ciencia o arte de realizar mediciones precisas con base en fotografías aéreas a fin de determinar características métricas y geométricas de los objetos fotografiados, como, por ejemplo: tamaño, forma y posición.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Empresa 100% Mexicana nacida hace tres años con un equipo de trabajo que cuenta con más de 20 años de experiencia en el mercado hacen que en FAM EXPRESS tengamos la formula correcta para brindar las soluciones que nuestros clientes necesitan, combinando Experiencia, Innovación, Tecnología e Infraestructura. Nuestro trabajo está dirigido a empresas donde los servicios de logística y distribución son la necesidad básica. Día a día nos hacemos cargo de las mercancías desde origen hasta su punto de venta abarcando toda la cadena de Suministro.

Fam Express cree que la fuente multilateral más importante para los negocios son las relaciones internacionales.

Ofrece un extenso menú de productos flexibles en estándares de mercado a un costo competitivo para satisfacer las necesidades de los proyectos y de la gestión de demanda.

Nuestra atención personalizada se encuentra respaldada por expertos mismos que dan soporte en todo momento.

Fam Express es también un socio en el desarrollo de su empresa al ofrecer alternativas que facilitan el diseño de la cadena de suministro.

Como especialista en logística a nivel internacional, en Fam Express Operador Logístico Internacional, contamos con alianzas estratégicas con el fin de brindar las mejores tarifas y condiciones del mercado, garantizando así su satisfacción total ofrecemos una amplia gama de servicios que conjugan nuestra presencia global con nuestra penetración de los mercados locales a efectos de agregar valor a toda su cadena de suministro.

Consolidamos mercancía reexpidiendo al punto de venta o destino final, al igual que manejo de mercancías enviadas por proveedores eliminando así el desabasto de materias primas y/o mercancía en plantas de producción. Así mismo tenemos la capacidad en infraestructura y tecnología para la implementación de requerimientos especiales de nuestros clientes. Partimos de la compatibilidad de productos, cuidamos los estándares de ambiente y atendemos la seguridad para cada mercancía.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Se considera que la utilización de una metodología, incrementa el conocimiento lógico-razonable del diseñador y permite tomar decisiones de manera asertiva y eficiente, para direccionar los proyectos de diseño hacia el objetivo con todos los elementos que están presentes y encontrar los elementos ausentes. Y de esta manera estimular hacia el futuro de las corrientes a nivel mundial, enfatizadas a la innovación y que a su vez el método de diseño se convierta en una estrategia responsable en las competencias de los profesionales.

Por tanto, se puede mencionar que existe ausencia en la aplicación de metodologías de temas relacionados con el elemento del conocimiento, la creatividad y la experiencia en el desempeño laboral de los diseñadores, debido al reemplazo que surge por las ideas generadas a partir de varios factores que se describen en las limitaciones.

El conocimiento que aplican los diseñadores entrevistados durante sus proyectos, corresponde a su experiencia obtenida en el trabajo con el denim en las empresas, pero no realzan el conocimiento de la formación académica. Porque se considera que es un conocimiento teórico que en la práctica no ha sido experimentado y que prefieren trabajar en base a su experiencia de prueba y error que facilita y acelera su desempeño laboral.

Utilizan una serie de pasos para el desarrollo de los proyectos de diseño incluido el proceso de la investigación, pero no se contempla una clara secuencia ordenada desde la etapa de inicio hasta su conclusión; esto se debe a su desconocimiento de definiciones de métodos y su experiencia enfatizada al conocimiento que surge con la aplicación de los mismos.

Las ideas son exteriorizadas por medio de sus experiencias observadas desde la etapa de la producción, más no desde el proceso del diseño, que únicamente soluciona problemas momentáneos que carecen de una definición metodológica.

Se diseña toda vez que se hace algo por una razón definida; se comprende la “razón definida” como la solución a un problema y “hacer algo” como trazar una estrategia para recorrer el camino y alcanzar el objetivo, este panorama se identifica que debería ser el proceso a seguir de los diseñadores.

En cuanto al aporte del diseñador en el ámbito laboral, se evidencia un sentido de necesidad constante de un diseñador para concebir las ideas con mayor

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

profesionalismo. En este sentido el diseñador es considerado un nexo entre la idea, la técnica e inclusive es considerado el generador de recursos económicos en una empresa. Fundamentalmente lo relacionan con la familia donde se articulan todos los departamentos y representa la unificación de los conocimientos en temas desde las bases textiles hasta las características enfocadas en la etapa del patronaje y la producción.

Se evidencia que los empresarios valoran de los diseñadores el conocimiento que tiene, la experiencia que han adquirido a lo largo de su desempeño laboral, la creatividad que resulta en la presentación de los proyectos y la facilidad para investigar para obtener ideas innovadoras. Por tanto, existen un apoyo generalizado que permite en gran medida que el estilo y las competencias del profesional sea un aporte valioso para la industria

LIMITACIONES EN LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS ENFOCADAS A LA INNOVACIÓN EN EL DISEÑO.

De acuerdo a la investigación realizada se identifica varios enfoques que limitan a los diseñadores, para aplicar metodologías que afiancen su aporte como profesionales. El conocimiento que actualmente tienen todos los diseñadores, ha sido obtenido con la unificación de teoría y un enfoque guiado por la intuición de ideas, resultado de una rutina en su trabajo para cumplir con la meta de los proyectos solicitados. Este panorama dificulta desarrollar una correcta planificación antes de iniciar un proyecto de diseño, a su vez impiden obtener resultados objetivos y que formen parte del crecimiento de la industria.

La intuición se ubica sobre la aplicación de metodologías, porque se enlaza en el proceso intuitivo e individual de los diseñadores, para generar ideas rápidas y con presencia únicamente de la forma estética como fundamento principal de sus creaciones.

Los diseñadores, no tienen un objetivo planteado que sea considerado el camino para desarrollo de los proyectos, debido a que sus responsabilidades se combinan con trabajos de otros departamentos a fines como es la producción y patronaje, desviando su concentración en el proceso de diseño creativo.

Los proyectos surgen en base a la improvisación que se vuelve una costumbre, donde el diseñador trata de satisfacer las necesidades inmediatas del cliente en un tiempo

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

presente; dando lugar a la imitación de diseños que además son formados por la entrega información del departamento comercial (contienen fotografías, revistas de marcas referente), y los datos de ventas de los productos pasados. Este proceso hasta la actualidad, ha sido el resultado de un éxito comercial, más no se puede identificar como un aporte para la concepción de proyectos de indumentaria con énfasis en la innovación.

La falta de experiencia de la aplicación de una metodología, emerge a una situación de confusión e indecisión en el fortalecimiento de las competencias y habilidades de los diseñadores durante los proyectos.

Se identifica que el factor tiempo es un limitante para que los diseñadores desarrollen nuevos proyectos de una manera analítica y sistematizada, que además impide introducir una metodología de diseño acorde al objetivo y el tipo de problema que se presente. Se puede mencionar que, a partir del análisis de las teorías propuestas, se considera que podría afectar al desarrollo y la práctica de la creatividad que, a su vez, impide la generación de nuevos conocimientos.

Es un limitante observar el inventario de las bodegas que las empresas tienen en la actualidad para realizar propuestas innovadoras. Este proceso encapsula la creatividad de los diseñadores, evitando ir más allá de la producción, hacia la concepción de ideas desde un análisis profundizado hacia el objetivo planteado y no al contrario. Además, el diseñador es impuesto a utilizar el inventario que hay actualmente en las empresas para considerarlos creativamente potenciales.

Los diseñadores se encuentran concentrados en el proceso únicamente productivo, separados de la aplicación de un método de proceso creativo que conlleva a la innovación dentro de las empresas para el aporte a la industria.

Los proyectos de los diseñadores se obstaculizan al no incorporar la aplicación de una metodología que les permitan percibir una nueva fórmula para resolver problemas complejos y ofrecer soluciones eficaces, y limita las posibilidades de contribuir con innovación en la industria.

LIMITACIONES PARA LA INNOVACIÓN EN EL DISEÑO.

La profesión del diseñador contiene características que en muchas ocasiones pueden generar un valor especial para el empresario, o que, a su vez, pueden ser desvalorizadas.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

En este caso se pone de evidencia que el diseñador en las empresas es considerado como soporte de la etapa de la producción, especializado en el área técnica y desvalorizado por sus múltiples competencias en el diseño creativo, analítico, investigativo y sistematizado. En esta etapa se desconoce la necesidad de un profesional innovador.

Los empresarios enfatizan que los diseñadores deben tener experiencia relacionada con el manejo de la producción, la gestión del marketing y la comercialización, y se desconectan del verdadero interés del enfoque del diseño hacia la innovación.

A partir del ciclo de negocio que sostienen las empresas, los diseñadores no se identifican con una metodología y los alcances que tiene la aplicación de la misma. Identificando que su enfoque de trabajo está en satisfacer las necesidades de los intermediarios y departamentos de ventas; esta es una situación que está afectando a la innovación y la ausencia de conocimientos para llegar a ella.

Los empresarios consideran que para construir la experiencia únicamente se necesita desarrollar un mayor número de proyectos de diseño, lo que impide identificar las herramientas que resguarda en este caso la aplicación de metodologías que permitan organizar, sistematizar y adquirir resultados con énfasis en la objetividad de los diferentes proyectos de indumentaria y que a su vez, limita para obtener conocimientos que son parte de una experiencia lógica - racional distante de la improvisación.

Se puede distinguir que el tema de la innovación en la industria está en desarrollo y en el momento se identifican aspectos como: un presupuesto para invertir en temas especialmente de diseño, una capacitación propia, nuevos profesionales con conocimientos afines al diseño y la afinidad para trabajar en equipo, la transferencia de conocimientos, los recursos y aplicaciones por parte de los proveedores que permita conocer de manera inmediata las novedades que están desarrollando en las empresas a nivel mundial que sean de ayuda a crecer en innovación y desarrollo de nuevos productos.

Esto quiere decir que todo lo mencionado, no se ha incrementado en las empresas analizadas para incentivar al crecimiento de la industria, con relación a la innovación. Sin embargo, se puede mencionar que es un limitante observado desde el tema económico, que contiene un espacio con la debilidad con el desconocimiento de la aplicación de metodologías y su enfoque planificado y organizacional que le corresponde efectuar al diseñador.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

El desafío en particular es visto en un doble sentido: por un lado, es que el diseñador debe contener conocimientos del área comercial, aplicar su creatividad en función del producto a diseñar y contener sueños que surjan a partir de una necesidad del consumidor final. Es una denominación que se otorga como “ojo clínico” y se refiere a las habilidades para tomar decisiones relacionadas netamente con el impacto que los productos diseñados puedan ofrecer al consumidor a partir de la marca que representan.

Por otro lado: la gestión del diseñador requiere de trabajo planificado y disciplinado que solo se adquiere con los años. Además de la habilidad para trabajar en equipo, enfocando su trabajo en auditar y apoyar para que los procesos de su diseño se realicen con todas las características que fueron creadas y que luego ayude a minimizar los aspectos productivos para un desarrollo en serie, sin afectar la creatividad del producto.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente dentro del país existe poco desarrollo en temas de diseño en la reconstrucción de estructuras de cualquier tipo y más aún para temas de manufactura. Es por ello, que surge la necesidad de implementar un desarrollo que permita realizar la reconstrucción de estructuras a partir de la adquisición de nubes de puntos con un sensor lidar de bajo costo que permita mayor precisión en la determinación de bordes que delimiten la estructura que se trate.

Adicionalmente, para poder llevar a cabo dicho desarrollo, es necesario contar con equipos adecuados que permitan el procesamiento de la información, lo cual se enumera como sigue:

PROBLEMA DE PC Y SOFTWARE

Características del software a emplear en el desarrollo del proyecto.

El empleo de PC o laptop con características acordes para un correcto desarrollo del software, evitando retraso significativo en la obtención de resultados.

En algunos casos puede ser muy difícil o incluso imposible construir un modelo 3d correcta a partir de un conjunto de imágenes. debe considerarse las siguientes situaciones: modificaciones de fotografías, la falta de datos, distorsión de lente, calibración de la lente.

PROGRAMA	PLATAFORMA	LICENCIA
OpenDroneMap	Linux	Libre
VisualSFM	Linux, OSX, Windows	Libre
Open MVS	Linux, OSX, Windows	Libre
123D Catch	Android, iOS, Windows, Web based	Libre descarga
PhotoModeler	Windows	Desde 3500€
Drone2Map	Windows	1500 \$ año

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Pix4D	Windows, OSX (Beta), Online	260€/mes 2600€/año 6500€/perpetua
PhotoScan	Linux, OSX, Windows	179 \$ Standard 3499 \$ Profesional
DroneDeploy	Online	Pro 99 € mes Business 300 € mes
Agisoft Metashape	SO: Windows, Mac OS X, Debian / Ubuntu	\$ 300

TABLA 1 COMPARATIVA DE PROGRAMAS Y PLATAFORMAS

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo para la reconstrucción de estructuras 3D aplicando fotogrametría en nube de puntos, con la implementación de las imágenes generadas por un sensor Lidar de bajo costo; para la industria manufacturera en la realización de sus renders y optimizando sus recursos.

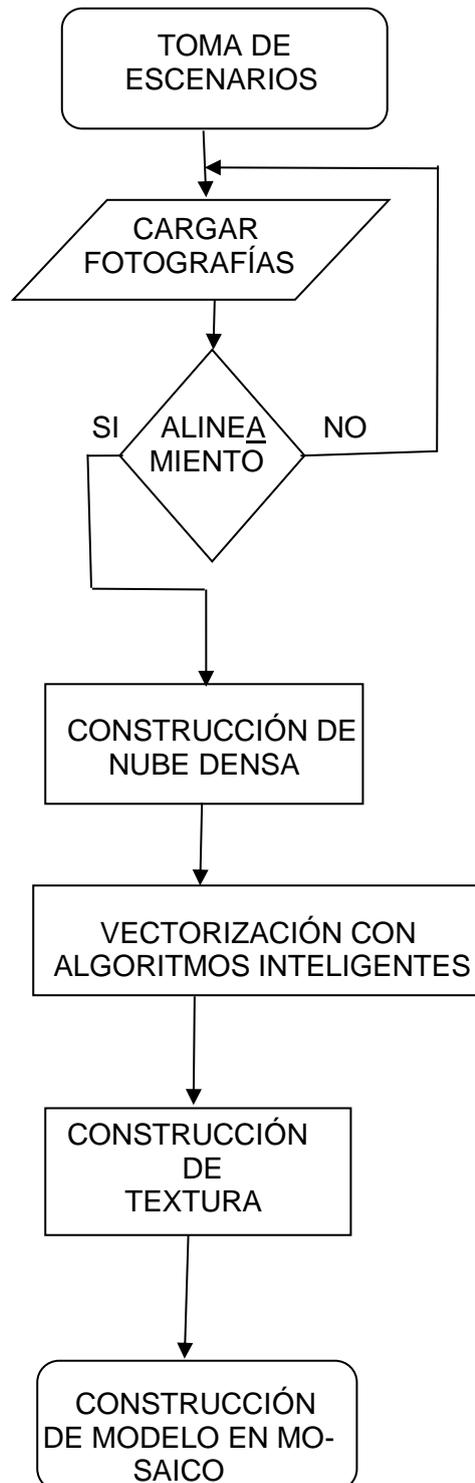
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el uso de algoritmos que permitan extraer características de dimensionamiento con precisión
- Construir el modelo tridimensional, mediante fotogrametría con el fin de tener el registro del estado actual del objeto/material.
- Analizar de manera comparativa y secuencial las modificaciones suscitadas en el objeto/material motivo de reconstrucción.
- Determinar ventajas y desventajas mediante reconstrucciones tridimensionales.

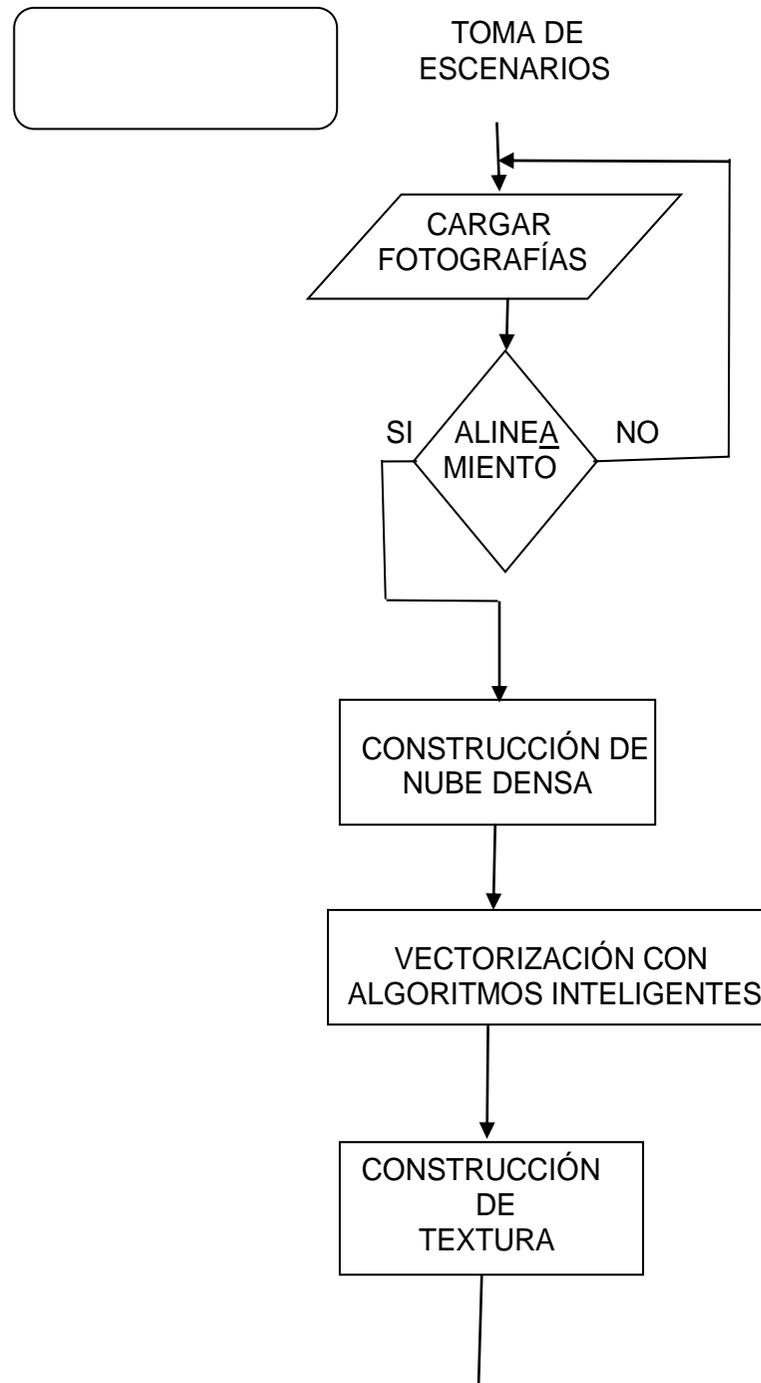
RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

METODOLOGÍA

PROCEDIMIENTO (FLUJO DE TRABAJO)

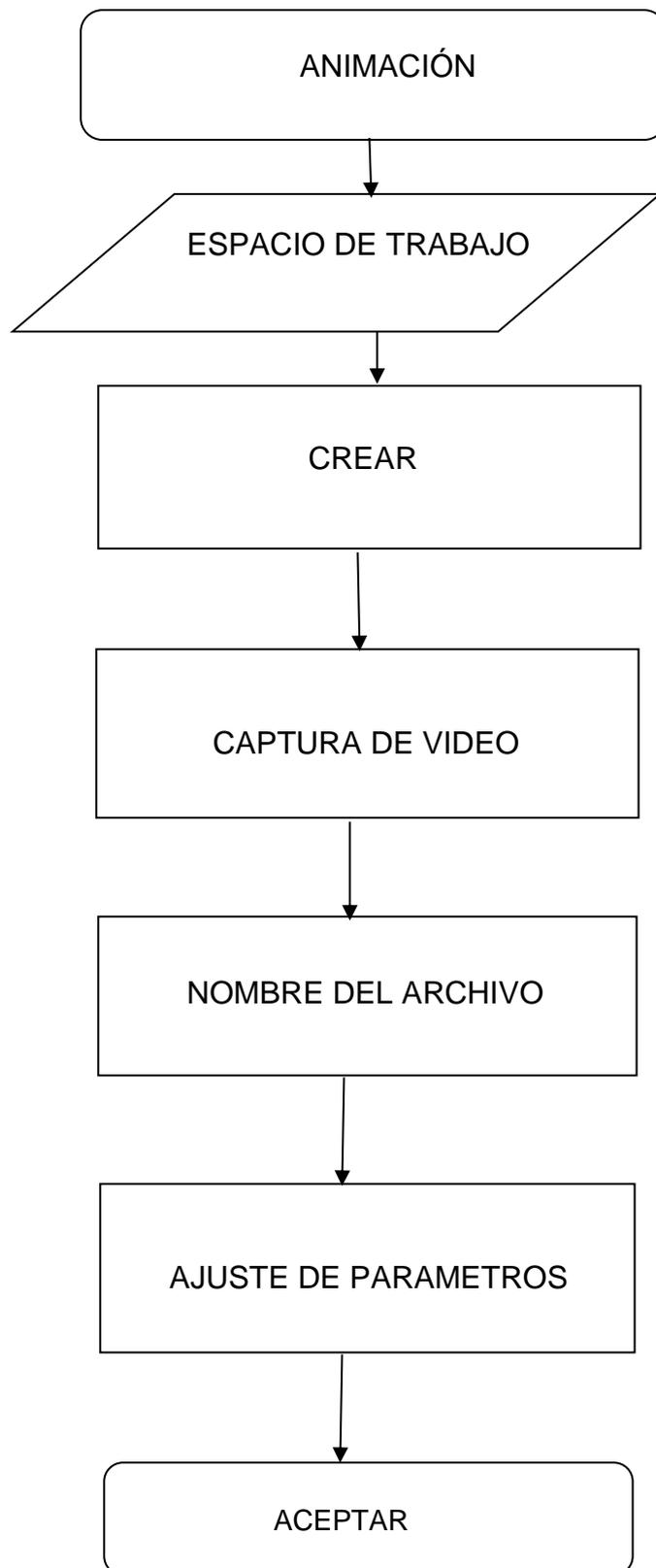


RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

DIAGRAMA DE FLUJO EN LA ELABORACIÓN DE VIDEO



RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

JUSTIFICACIÓN

La fotogrametría es una herramienta utilizada en la ingeniería civil ahora aplicada a la manufacturera para optimizar recursos (materiales, humanos, etc.) y proponer soluciones óptimas y eficientes.

EN QUE CONSISTE LA FOTOGRAMETRÍA

Es una técnica que nos permite crear modelos 3D a partir de múltiples fotografías realizadas desde diferentes ángulos usando software especializado que es capaz de interpretar las variaciones de perspectiva y crear una nube de puntos tridimensional.

La fotogrametría tiene muy diversas aplicaciones en video juegos y 3D en general. Puede usarse, por ejemplo, para escanear un actor real y transformarlo en una doble digital que podrá sustituir al actor real cuando sea necesario.

También se usa con mucha frecuencia en video juegos para escanear “assets” como rocas, plantas, terrenos, superficies, etc. lo que permite a los artistas crear un entorno virtual mucho más realista. Un ejemplo notable de esta tecnología fue el juego “Star Wars: Battlefront” donde muchos de los ecosistemas del juego estaban contruidos casi en exclusiva con modelos escaneados mediante fotogrametría.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

CONCEPTOS BÁSICOS

Reconstrucción. El término reconstrucción es aquel que hace referencia a la acción de volver a construir algo que ya existía, pero desapareció o fue destruido. La idea de reconstrucción puede ser utilizada en ámbitos concretos (como por ejemplo para hacer referencia a la reconstrucción de un edificio), como también en situaciones abstractas, como metáfora (por ejemplo cuando hablamos de la reconstrucción de los hechos de un crimen). El término se arma a partir del uso de la palabra construcción y el prefijo "re" que siempre significa volver a hacer, en este caso, volver a construir.

La reconstrucción siempre tiene un objetivo específico y es renovar algo que había sido destruido o que quedó en mal estado debido a razones específicas. Es un término muy utilizado para hacer referencia a situaciones en las cuales algo (un edificio, un objeto) ha sido destruido y debe ser vuelto a construir, por ejemplo cuando se habla de la reconstrucción de una ciudad luego del paso de un huracán, terremoto, tsunami o incluso del paso de una guerra que haya significado un nivel de destrucción muy importante. También puede hacer referencia a casos más específicos o pequeños, como la reconstrucción de una casa o de una parte de ella por el desgaste, la humedad o diferentes problemas. Cuando el término es utilizado en este sentido es importante tener en cuenta que se parte de algo que ya existía previamente, ya que de otro modo se hablaría de construcción en lugar de reconstrucción.

En muchos casos, la reconstrucción puede significar alteración de algunas características anteriores, pero manteniendo la estructura o la idea original. Así, si se habla de la reconstrucción de una casa, puede que la misma no se reconstruya de exacta manera a como estaba antes si no que se alteren algunas características para su mejor funcionamiento. En el caso de la reconstrucción de ciudades destruidas por eventos trágicos también se pueden realizar ciertas alteraciones para evitar nuevas complicaciones.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

3D

El proceso de la creación de gráficos tridimensionales comienza con un grupo de fórmulas matemáticas y se convierte en un gráfico en 3D. Las fórmulas matemáticas (junto con el uso de objetos externos, como imágenes para las texturas) describen objetos poligonales, tonalidades, texturas, sombras, reflejos, transparencias, translucidez, reflexiones, iluminación (directa, indirecta y global), profundidad de campo, desenfoques por movimiento, ambiente, punto de vista, etc. Toda esa información constituye un modelo en 3D.

El proceso de transformación de un modelo en 3D hacia una 3D es llamado renderización (rendering).

Por lo general, la computadora debe contar con una placa aceleradora de 3D para la renderización de gráficos en 3D. La placa aceleradora es un dispositivo que ayuda al microprocesador a la realización de la renderización, pues suele ser un proceso pesado.

El resultado de una renderización puede ser una 3D estática o una 3D.

ALBEDO. Puede traducirse como “blancura”. Se indica en términos porcentuales. Es la textura generada por Photoscan proyectada sobre las nuevas coordenadas de mapeado.

AO/CURVATURE: Util para añadir volumen “artificial” a nuestra textura, puede ser interesante en video juegos.

DERECHEAR. Es la técnica que consiste en llevar la parte más luminosa de la imagen al límite de blancos que soporte nuestro sensor. Es decir, **sobreexponer nuestra imagen al máximo, pero evitando quemar ninguna parte de la misma.** De esta manera estoy utilizando la mayor cantidad de luz posible para crear la imagen y por lo tanto, la mayor cantidad de información.

GLOSSINESS: Mapa que se obtiene de forma manual usando una combinación de albedo, altura y fotografías de referencia.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

LASER IMAGING DETECTION AND RANGING, LIDAR

La tecnología LiDAR es utilizada para métodos no invasivos de mapeo de superficies, para obtener una digitalización rápida y precisa en formato de nube puntos. El funcionamiento de un sensor LiDAR consiste en la emisión y recepción de un haz de luz, de manera un rayo láser es generado por un emisor se dispara sobre un espejo con inclinación cambiando su trayectoria. El haz generado viaja por el espacio hasta encontrar un primer objeto que refleja una cantidad de luz; cada haz de luz reflejado determina la distancia desde sensor hasta el objeto encontrado a partir del tiempo de vuelo entre transmisión y recepción y la constante de la velocidad de la luz [5], tal y como lo indica la siguiente ecuación.

$$X = t \times C \text{ 2; donde } C \text{ es la velocidad de la luz.}$$

Cabe resaltar que son los LiDAR de onda completa, los que permiten obtener mayor fiabilidad, precisión y resolución al momento de detectar un objeto. Los sistemas convencionales usan pulsos como la representación discreta de la detección de un objeto al sobrepasar un nivel umbral de detección

LINEAR DISPLACEMENT: Información de altura del modelo original en escala de grises.

LOCAL NORMAL: Mapa de normales local que puede ser de utilidad para hacer delighting (deleitar) manual si es necesario.

MODELO EN 3D. El proceso de la creación de gráficos tridimensionales comienza con un grupo de fórmulas matemáticas y se convierte en un gráfico en 3D. Las fórmulas matemáticas (junto con el uso de objetos externos, como imágenes para las texturas) describen objetos poligonales, tonalidades, texturas, sombras, reflejos, transparencias, translucidez, reflexiones, iluminación (directa, indirecta y global), profundidad de campo, desenfoques por movimiento, ambiente, punto de vista, etc.

NORMALMAP: Contiene la información de altura del modelo de alta resolución en forma de mapa de normales.

POINT CLOUD

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Es un conjunto de miles de puntos con coordenadas tridimensionales. La cantidad de los ya mencionados puntos tridimensionales depende del sensor y de su resolución ya que a mayor resolución más puntos por unidad de longitud. Mencionado lo anterior es conveniente elegir un sensor que se adapte a las necesidades del problema y a las capacidades del sistema. Así como existen librerías para el procesamiento de nubes de datos o Point Cloud, existen también herramientas creadas por rapidlasso GmbH una compañía especializada en la creación de herramientas de alta precisión, robustez e implementación de memorias inteligentes para lograr un alto rendimiento de procesamiento de conjuntos de datos con alta densidad de puntos.

Existe una librería de programación para tratar e interpretar estas nubes de puntos, la cual se llama Point Cloud Library o por sus siglas en inglés (PCL), la cual consiste en una librería diseñada para el procesamiento tridimensional de nubes de puntos, soportando varios sistemas operativos como Windows, MacOS y Linux.

En la actualidad existe una empresa llamada DELAIRTECH, dedicada a usar la tecnología LiDAR equipado a un dron para así sobrevolar cualquier escenario y obtener la información pertinente en forma de nubes de puntos del espacio sobrevolado [14].

ROBOTIC OPERATIVE SYSTEM ROS

El Robotic Operative System es un marco flexible de trabajo, que al igual que Linux es un sistema de código abierto donde existen gran cantidad de colaboradores que continuamente realizan desarrollos con esta plataforma. Equipado con una amplia variedad de librerías y herramientas que facilitan la implementación de tareas complejas propias de un robot. Caracterizado por su modularidad, ROS facilita la detección, corrección y prevención de errores de carácter lógico y computacional

Sensor Hokuyo

El sensor utilizado es el Hokuyo URG-04LX-UG01 [7] mostrado en la figura el cual dispone de un alcance angular de 240° a una distancia de aproximante 4 m tal y como lo indican sus características en la tabla 1.



Figura 1

Distancia de medición	20-5.6000mm
Resolución	1 mm

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Angulo de escaneo	240 grados
Resolución angular	0.36 grados (360 grados/1024 pasos)
Exactitud	30mm (para distancias inferiores a 1000mm)
30mm (para distancias inferiores a 1000mm)	100ms/escaneo
Fuente de alimentación	VDC \pm 5% (alimentación del bus USB)

Tabla 1. Características del sensor Hokuyo

RAW: Es la información en bruto captada por el sensor, sin que la cámara aplique procesado sobre la imagen. Es un formato sin compresión, por lo tanto, un archivo RAW nos pesará muchísimo más que un JPG, así que tendremos que tener en cuenta disponer de espacio para almacenar las fotografías.

CALIBRACIÓN DE CÁMARA.

A razón de que podrían existir desviaciones en diferentes segmentos del sistema como lo son: montaje, modelo cinemático y adquisición de datos, condiciones que desfavorecen la reconstrucción de una nube de puntos. Se hace necesario realizar un ajuste sobre los datos adquiridos a razón de calibrar la imagen y obtener una reconstrucción tridimensional fidedigna a la realidad.

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

En un sistema de escaneo tridimensional que dispone de dos grados de libertad existe un gran número de variaciones que afectan a la fidelidad de la imagen reconstruida. Es decir, existen desviaciones espaciales “rotacionales y traslacionales”, algunos de estos más notorios que otros, como lo son las traslaciones producto de las características físicas de los dispositivos y la construcción del sistema. Dichas desviaciones se deben corregir en la mayor magnitud posible. Para esto, existe el modelo cinemático que es una herramienta matemática que describe los movimientos mecánicos de cualquier sistema móvil, este contempla las desviaciones y errores espaciales propias del prototipo mecánico [20].

La estimación de parámetros es el proceso en el que se realiza el escaneo de una escena netamente plana “suelo o pared” donde, probablemente existan errores de reconstrucción y se compara con un plano de referencia. Este método es muy eficaz a la hora de perfeccionar un sistema robótico de adquisición de datos. Debido a que la optimización de parámetros está directamente relacionado a las variables físicas que de cierto modo afecta el proceso de

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

adquisición de datos. Es decir, a mayor eficiencia de este método y de los parámetros allí encontrados, mejor es la calidad de los datos adquiridos, así como el mejoramiento del procesamiento de estos.

PROPUESTA DE DISEÑO

EL DISEÑADOR Y SUS PROBLEMAS

El diseño y la ingeniería, aunque a veces se les considera como diferentes son dos facetas de la misma profesión. Krick sostiene que la ingeniería es una profesión que se ocupa principalmente de la aplicación de un cierto cuerpo de conocimiento, conjunto de habilidades y puntos de vista en la creación de aparatos, estructuras y procesos utilizados para transformar los recursos que satisfagan las necesidades de la sociedad.

El resultado final del proceso de diseño en ingeniería, es un grupo de especificaciones con base en las cuales se puede construir y operar una máquina, proceso o sistema para satisfacer la necesidad original. La tarea del diseñador es, entonces, crear el grupo de especificaciones para la fabricación, ensamble, pruebas, instalación, trabajo, reparación, y la aplicación de una solución a un problema, la suya es una actividad compleja que requiere conocimientos y capacidades específicas.

El resultado final del proceso de diseño en ingeniería, es un grupo de especificaciones con base en las cuales se puede construir y operar una máquina, proceso o sistema para satisfacer la necesidad original. La tarea del diseñador es, entonces, crear el grupo de especificaciones para la fabricación, ensamble, pruebas, instalación, trabajo, reparación, y la aplicación de una solución a un problema, la suya es una actividad compleja que requiere conocimientos y capacidades específicas.

Además, un diseñador efectivo posee la capacidad de tomar decisiones, resolver en forma novedosa los problemas de ingeniería, mostrar el conocimiento de otras tecnologías y aspectos económicos implicados.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

El diseñador también debe ser un comunicador efectivo no solo con sus compañeros y supervisores de diseño, sino también con el público representado por los gobiernos federales, estatales y locales, los tribunales y los medios informativos.

CRITERIOS DE DISEÑO

Aunque los criterios generales aplicados por un diseñador son muchos, los de la siguiente lista contemplan casi todos los aspectos:

- Función
- Seguridad
- Confiabilidad
- Costos
- Facilidad de manufactura
- Comercialidad

La inclusión de la seguridad y la confiabilidad con el mismo o casi el mismo grado de importancia que la función es un acontecimiento reciente debido a reglamentos gubernamentales, aumento de número de normas y la promulgación de la ley de responsabilidad civil por los productos.

Aunque el costo ocupa el cuarto lugar en la lista, su consideración impregna todos los criterios citados y el parte de todas las decisiones para diseño.

En los actuales ambientes de diseño, los criterios tradicionales todavía son válidos, pero las restricciones adicionales de los reglamentos gubernamentales, normas y el deseo de mayor seguridad entre los usuarios, que se hizo patente con las demandas por responsabilidad civil por los productos, se debe incluir en el proceso de diseño.

La seguridad está relacionada con todos los modos de utilización del producto. Para proveer seguridad, las prioridades en el diseño son, primero, si es posible, diseñar el producto con eliminación de los riesgos.

Aunque las advertencias son la forma menos costosa y más fácil de manejar los

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

riesgos durante el proceso de diseño nunca ha habido una advertencia que impedirá físicamente un accidente ya iniciado.

El diseñador se encuentra ahora en un mundo en el cual a la seguridad se le otorga el mismo grado de importancia en las consideraciones de diseño que la función o la capacidad del diseño para funcionar como pretende.

Se puede argumentar que las consideraciones de costo son las más importantes, esto solo es cierto si el costo del diseño incluye los costos de los litigios esperados. Estos costos incluyen las primas de seguros por responsabilidad civil, costos directos en efectivos para la investigación y defensa de reclamaciones; costos indirectos por la pérdida de tiempo que, en otra forma, habría sido productivo, utilizado para la revisión del diseño en cuestión, para hallar información para los interrogatorios en las declaraciones ante un tribunal y en prepararlas declaraciones y prueba de la defensa. Si se pierde una demanda, también hay que incluir el importe de la indemnización y el probable aumento de las primas de seguro de responsabilidad civil por el producto.

La responsabilidad civil por el producto ya no se puede considerar después de que el diseño está en el mercado y se presenta la primera demanda judicial. Las consideraciones sobre responsabilidad civil por el producto deben ser parte integral de todo el producto de diseño en las fases de función, seguridad, costo, manufactura y comercialización.

Se deben incluir criterios, consideraciones y procedimientos adicionales en los programas de diseño relacionados en forma específica con la seguridad, falla o mal funcionamiento del producto.

Dada la actual situación de responsabilidad civil por el producto, es muy importante incluir y documentar en la revisión, la mención de los análisis específicos de fallas y de seguridad, así como verificar el cumplimiento de las normas y reglamentos gubernamentales.

Un aspecto importante en el proceso de revisión de diseño es que este lo efectúe personal que no intervino en el trabajo original, a fin de tener nuevas perspectivas y métodos, sin interés personal, que se puedan aplicar en la revisión.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

PROCEDIMIENTOS PARA DISEÑO

El proceso general para el diseño es ampliamente accesible en las publicaciones. El siguiente procedimiento es representativo de aquellos que se encuentran en las publicaciones y se describe en forma amplia por Hill en (1-3)

1. Identificación de las necesidades
2. Enunciación del problema o definición del objetivo
3. Investigación
4. Formulación de especificaciones
5. Generación de ideas
6. Creación de conceptos basados en las ideas
7. Análisis de diseños opcionales
8. Prototipo y pruebas de laboratorio
9. Selección y especificaciones del mejor diseño
10. Producción
11. Comercialización
12. Utilización (mantenimiento y reparación)

Para los diseñadores que comienzan desde el principio, la lista de control de diseño (tabla 2) es un ejemplo que se puede emplear para organizar la información requerida para definir el problema de diseño y para ayudar a establecer los objetivos del mismo.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

ORDEN	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1	FUNCIÓN	Un simple enunciado del objetivo	
2	REQUIRIMIENTOS FUNCIONALES DETALLADOS	Funcionamiento requerido expresado en forma numérica	
3	RESTRICCIONES AL FUNCIONAMIENTO	Procedimiento	
		Duración	
		Confiabilidad	
		Otras restricciones	
4	RESTRICCIONES DE MANUFACTURA	Procesos de manufactura disponible	
		Mano de obra disponible	
		Instalaciones disponibles para el desarrollo	
		Costos permisibles	
		Otras restricciones	
5	FACTORES AMBIENTALES Y DE INSTALACIONES	Temperatura ambiente	
		Clima	
		Aceleración	
		Contaminantes	
		Otros factores ambientales	
6	OTRAS RESTRICCIONES	Reglamentos gubernamentales aplicables	
		Requisitos legales	
		Normas aplicables	
		Posibles demandas	
		Patentes	

TABLA 2.- LISTA DE COMPROBACIÓN PARA DISEÑO.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

En general, el objetivo final de las fotografías de procesamiento con Agisoft Metashape es construir un modelo 3D con textura. El procedimiento de procesamiento incluye cuatro etapas principales.

1. La primera etapa es la alineación de la cámara. En esta etapa Agisoft Metashape busca de puntos comunes en las fotografías, así como se encuentra la posición de la cámara para cada imagen y refina parámetros de calibración de la cámara. Como resultado se forman una nube de puntos escasa y un conjunto de posiciones de cámara.

El punto de enturbiamiento escasa representa los resultados de la alineación de la foto y no se utiliza directamente en un procesamiento adicional (excepto para el método de reconstrucción basada punto de enturbiamiento escaso, que no se recomienda). Sin embargo, puede ser exportado para su posterior uso en programas externos. Por ejemplo, el modelo de nube de puntos escaso se puede utilizar en un editor de 3D como referencia.

Por el contrario, se requiere que el conjunto de posiciones de cámara para su posterior reconstrucción de la superficie 3D por Agisoft Metashape.

2. La siguiente etapa es la generación densa nube de puntos, que es construida por Agisoft Metashape basado en las posiciones y las imágenes de la cámara en sí estimados; el punto de enturbiamiento densa puede ser editado antes de la exportación o de proceder a la siguiente etapa.

3. La tercera etapa es la construcción de malla. Agisoft Metashape reconstruye una malla poligonal 3D que representa la superficie del objeto sobre la base de la nube de puntos densa o escasa según la elección del usuario. En general hay dos métodos algorítmicos disponibles en Agisoft Metashape que pueden ser aplicados a la generación de malla 3D: Altura de campo - para superficies de tipo plano, arbitrarias - para cualquier tipo de objeto. La malla de haber sido construido, puede ser necesario para editarla. Algunas correcciones, tales como declinación de malla, eliminación de los componentes separados, el cierre de los agujeros en la malla, de alisado, etc. pueden ser realizadas por Agisoft Metashape. Para una edición más compleja se tiene que utilizar herramientas de edición 3D externos. Agisoft Metashape permite exportar malla, editarlo por otro software e importarlo de nuevo.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

4. Después de la geometría (es decir, malla) se reconstruye, se puede texturizado. Varios modos de texturización están disponibles en Agisoft Metashape.

DECISIONES Y SU IDENTIFICACIÓN

Una decisión es la determinación para actuar ante una situación que presenta varias alternativas. La palabra proviene del latín *decisio*, que significa 'opción tomada entre otras posibilidades'.

Para los psicólogos, una decisión corresponde a la etapa final de un proceso de razonamiento orientado a la solución de problemas, así como el emprendimiento de opciones que pueden modificar sustancialmente el curso de los hechos. A este proceso se le llama "toma de decisiones".

Las decisiones suelen estar relacionadas a dilemas, situaciones ante las cuales las personas tienen razones para seguir más de una posibilidad. Por ello, algunas decisiones pueden ser más dilemáticas que otras.

Para tomar una decisión es necesario disponer de toda la información posible sobre cada una de las alternativas entre las que es posible escoger y las consecuencias que cada una podría conllevar respecto a los objetivos marcados. Con los datos recopilados como materia prima, el tratamiento correcto de la información permite discernir mejor qué acción es más conveniente ejecutar.

Los resultados de la acción elegida generarán nuevos datos que se integrarán a la materia prima de información recopilada para ser tratados y traducirse en una nueva decisión en un ciclo que se retroalimenta.

El proceso de seleccionar entre las diferentes alternativas para llevar a cabo acciones relacionadas con cualquiera de las funciones administrativas puede segmentarse en ocho etapas:

1. La identificación de un problema: el primer paso del proceso de toma de decisiones es haber detectado que hay una diferencia entre el estado actual de la situación y el estado deseado. Esta discrepancia o problema ejerce una presión sobre el administrador que le obliga a actuar, ya sea por políticas de la organización, fechas límite, crisis financieras, futuras evaluaciones del desempeño, entre otros ejemplos. Para que una situación se pueda considerar un problema, el administrador debe disponer de la autoridad, el dinero, la

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

información y cuantos recursos sean necesarios para actuar. Si no es así, nos encontramos delante de unas expectativas que no son realistas.

2. La identificación de los criterios para la toma de decisiones: señalar la pauta o los métodos que resultarán relevantes para solucionar el problema. Cada individuo responsable de tomar decisiones en la empresa posee un abanico de criterios que lo guían en su cometido, y es importante conocer cuáles se tienen en cuenta y cuáles se omiten, ya que estos últimos resultarán irrelevantes para el encargado de tomar la decisión.

3. La asignación de ponderaciones a los criterios: priorizar de forma correcta los criterios seleccionados en la etapa anterior, puesto que no todos van a tener la misma relevancia en la toma de la decisión final. Normalmente existe un criterio preferente, y el resto se pueden ponderar comparándolos entre ellos y valorándolos en relación al preferente.

4. El desarrollo de alternativas: consiste en ser capaz de obtener y presentar todas las alternativas factibles que podrían resolver el problema con éxito.

5. El análisis de las alternativas: el responsable de la toma de decisiones en la empresa debe estudiar minuciosamente las alternativas que se han propuesto. Las fortalezas y las debilidades de cada una deberían ponerse de manifiesto de forma clara una vez comparadas con los criterios seleccionados y ordenados en la segunda y la tercera etapa. Aunque es cierto que algunas evaluaciones pueden acercarse a la objetividad, hay que tener claro que la mayoría de ellas son subjetivas a causa de su carácter de juicio de valor.

6. La selección de una alternativa: una vez establecidas y presentadas todas las alternativas, y una vez evaluadas por el responsable de la toma de decisiones según los criterios establecidos y jerarquizados, es el momento de elegir una sola alternativa: la mejor de las presentadas según el procedimiento establecido.

7. La implantación de la alternativa: una vez completado el proceso de selección de la decisión a ejecutar, cobra una importancia también vital la aplicación de la misma. Lo primero que hay que hacer para llevar a cabo la decisión es comunicarla a las personas afectadas y conseguir que se comprometan con ella.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Es más fácil conseguirlo si las personas responsables de ejecutar una decisión participan en el proceso. Estas decisiones se llevan a cabo desde una planificación, organización y dirección efectivas.

8. La evaluación de la efectividad de la decisión: por último, hay que evaluar el resultado conseguido a raíz de la decisión tomada y la solución adoptada y comprobar si se ha corregido el problema. Si éste todavía persiste, tendrá que estudiarse cuál de las fases anteriores resultó errónea y afrontar una nueva decisión respecto a la decisión inicial: desestimarla por completo o retomarla de forma distinta desde alguno de los pasos anteriores.

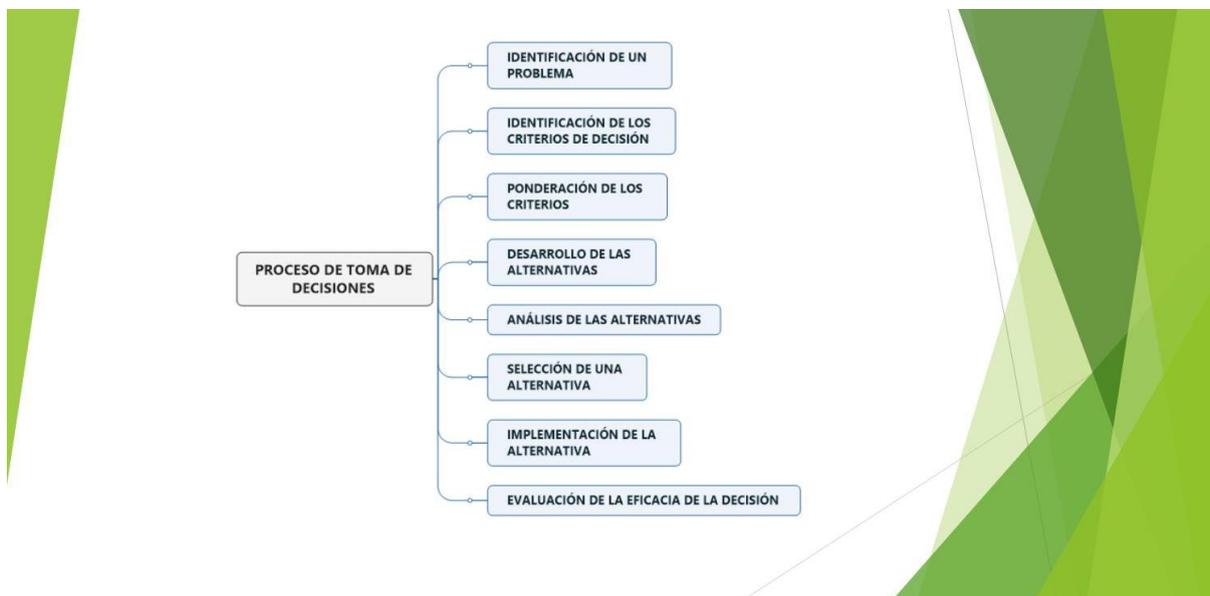


IMAGEN 1. DIAGRAMA DEL PROCESO EN LA TOMA DE DECISIONES

Sin embargo, es bien sabido que muchas personas toman decisiones con base en factores ajenos al problema planteado o sin información suficiente. Es el caso de las decisiones tomadas por impulsos emocionales, por creencias supersticiosas, por el azar o, indirectamente, por la falta de decisión.

De cualquier modo, toda decisión implica una transformación o un cambio de dirección, y plantea nuevos retos a futuro.

La palabra decisión, además de su uso común, tiene varios ámbitos de aplicación, como el jurídico o el social y comunitario.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

MÉTODO DE CONVENIENCIA

El método de conveniencia es un diseño de muestreo en el que se seleccionan aquellos sujetos más fácilmente accesibles, que en ocasiones pueden ser voluntarios. Si deseáramos conocer la opinión de los individuos sobre los servicios sanitarios, podríamos optar por situarnos en una calle determinada y realizar el cuestionario elaborado a personas que paseen por esa calle, en este caso realizaríamos un muestreo de conveniencia.

Cuando colocamos un anuncio en un periódico para recabar individuos que quieran participar en la investigación, realizamos también un muestreo de conveniencia. El muestro de conveniencia se trata de una de las técnicas menos sólidas, aunque se utiliza en numerosas ocasiones. Cuando los fenómenos que se investigan son suficientemente homogéneos en la población, se reduce el riesgo de sesgo, (El sesgo se calcula como la diferencia entre el valor estándar conocido de una parte de referencia y la medición promedio observada. El sesgo es una medida de la exactitud del sistema de medición. El % Sesgo es el sesgo expresado como un porcentaje de la variabilidad del proceso) pero en la mayoría de las ocasiones lo que priva es la heterogeneidad, por lo que las posibilidades de sesgo en este tipo de diseño son muy elevadas

FACTIBILIDAD

Un proyecto factible es una propuesta operativa que está ideada para la solución de un problema específico y que se sustenta en una investigación para probar su pertinencia y viabilidad. Este tipo de proyectos se ajustan a contextos y fenómenos, hacen uso de la investigación para proponer modelos de operación que sirvan para la resolución de determinados problemas de investigación.

Los proyectos factibles pueden proponer protocolos de acción muy diversos para responder adecuadamente a las necesidades de comunidades o grupos particulares. Son muy útiles e innovadores, pues conjugan la investigación teórica y la práctica. Es decir, que buscan ser propuestas de acción que causen un impacto beneficioso en el contexto para el cual fueron creadas.

Es posible realizar tesis que se ajusten a esta modalidad de proyectos y una de las principales características que se deben tomar en cuenta es la idea de la viabilidad. Un proyecto es viable o factible cuando se demuestra desde el punto de vista teórico su relevancia y desde la metodología sus posibilidades de aplicación.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Por consiguiente, para desarrollar en una tesis un proyecto factible es indispensable probar que el proyecto es realizable y que solucionará efectivamente el problema de investigación. Esto porque desde el punto de vista práctico, este tipo de proyectos son inversiones que deben justificarse.

CRITERIOS	PROYECTO	PROYECTO FACTIBLE
FINALIDAD	INDAGAR SOBRE UN PROBLEMA	PROPONER UNA SOLUCIÓN A UN PROBLEMAS PRÁCTICO
OBJETIVOS	SE DEFINEN LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE ACCIÓN PROCESOS Y ACTIVIDADES
METODOLOGÍA	EMPLEAN TÉCNICAS E INSTRUMENTOS VINCULADOS A LA INVESTIGACIÓN	CADA ETAPA EMPLEA TÉCNICAS DIFERENTES
CONTENIDO	PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS, JUSTIFICACIÓN, MARCO TEÓRICO, METODOLOGÍA, O DISEÑO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN, CONCLUSIONES Y REFERENCIAS.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS, JUSTIFICACIÓN, MARCO REFERENCIA, DIAGNOSTICO, FACTIBILIDAD, PROPUESTA, RECOMENDACIONES Y REFERENCIAS.

CUADRO 1. DIFERENCIAS ENTRE PROYECTO Y PROYECTO FACTIBLE.

ACEPTACIÓN

¿El proyecto cumple con el alcance? Para responder a esta pregunta es importante llevar a cabo la aprobación de las entregas del proyecto, no siendo posible afirmar que esto es así hasta que este punto se ha completado.

Una de las tres restricciones del proyecto es cumplir con el alcance definido, lo que significa que el producto resultante del proyecto debe tener las características y funciones que fueron definidas en el comienzo. Llevar a cabo la aceptación del proyecto es confirmar que esto es así, y que por tanto el proyecto ha cumplido con

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

el alcance. De ahí su importancia.

Dentro del proceso de aceptación debemos distinguir dos etapas:

La aceptación interna, que es aquella que ocurre dentro del equipo del proyecto antes de entregar formalmente los entregables. En algunas metodologías esto se considera como parte del control de la calidad.

La aceptación externa, que es la aceptación de los entregables por parte del cliente. En el siguiente enlace puedes descargar una plantilla gratuita para hacer la aceptación del proyecto

Por lógica la aceptación interna debe ocurrir antes que la aceptación externa, y esta última antes del cierre.

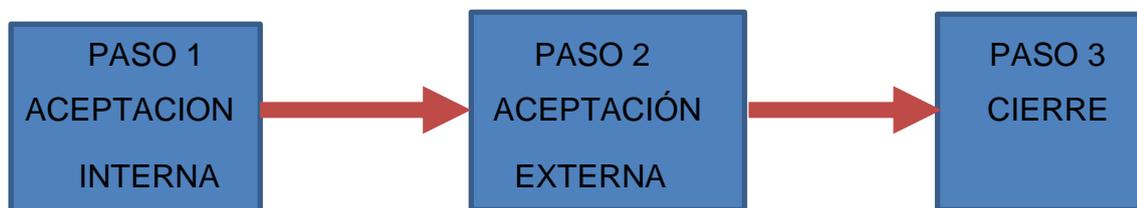


FIGURA 1. DIAGRAMA PARA LOS PASOS DE LA ACEPTACIÓN

ACEPTACIÓN DEL PROYECTO INTERNA

Es el proceso de aprobación en gestión de proyectos ocurre dentro del propio equipo del y determina si un entregable está completo y cumple con lo solicitado, y consecuentemente puede ser entregado. Este proceso se realiza a lo largo de toda la fase de ejecución, y según la teoría forma parte de esta, aunque cobra mayor importancia en la parte final de esta fase, a medida que se van completando los entregables. Para poder llevar a cabo este proceso es importante que se cumplan los siguientes requisitos:

Disponer de una buena definición del alcance, tanto en lo referente al producto como al proyecto. Imaginemos que el entregable que estamos aceptando está formado por un conjunto de planos de ingeniería para un determinado componente mecánico. En este caso los planos deben de mostrar el componente mecánico de acuerdo a las características que este debe tener (producto), pero también deben estar hechos siguiendo los formatos, plantillas, etc. definidos por la organización (proyecto). Referente a este aspecto, es también importante haber definido previamente la

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

composición del entregable (lista de planos, lista de materiales, etc), ya que un aspecto de calidad a controlar es que el entregable esté completo. Lo mismo es aplicable a las normas a seguir para realizar el entregable.

Definir el flujo y responsables para realizar la aprobación de los entregables. Estos pueden ser hecho en la lista de entregables. En función de la tipología del entregable puede ser necesario efectuar diferentes tipos de aprobaciones, como técnica, formal, etc. Por ejemplo, un plano técnico deberá ser aprobado por el responsable técnico antes de pasar al director del proyecto, el cual revisará que el plano se corresponda con el alcance incluido en el proyecto.

Disponer de un sistema de control de la documentación que permita saber el estado de aprobación de cada entregable y cuál es la última versión aprobada.

Una vez efectuada la aprobación interna del entregable, este puede ser entregado al cliente y continuar con el proceso de aceptación externa.

ACEPTACIÓN DEL PROYECTO EXTERNA

Es la aceptación del proyecto que hace el cliente de los entregables creados durante su ejecución, y que determina si estos cumplen con los objetivos o no. Este aspecto tiene una importancia vital dentro de la gestión de proyectos por los siguientes motivos:

Cuando se trata de la aceptación de una fase o de un entregable parcial, esta permite comprobar si vamos en la dirección correcta antes de ejecutar nuevos trabajos. Esto limita el volumen de horas o gastos sujetos a riesgo de retrabajo, lo cual reduce el riesgo del proyecto. En este sentido, una correcta definición de entregables parciales puede ser parte de una estrategia de mitigación del riesgo de no conformidades.

Fija el punto de partida y la base para la ejecución de los siguientes entregables. Esto facilita que las nuevas solicitudes, relacionadas con los entregables aprobados, puedan ser tramitadas como cambios y por tanto no influir sobre los resultados del proyecto. Aunque a veces, por temas políticos o comerciales, no siempre es posible. Si el entregable está ligado a un hito de facturación, la aceptación formal de este permite emitir la factura. Por tanto, una correcta definición y consecución de los entregables intermedios, y su facturación, es una herramienta importante para cuadrar el flujo de caja del proyecto y reducir sus costes de financiación, si los tuviera. La aceptación de un entregable permite liberar a los recursos que trabajaban en él, tanto internos como proveedores, los cuales pasan a estar disponibles para otros

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

proyectos u otros entregables dentro del proyecto. Es importante esclarecer que la liberación formal de los recursos no se hace en la fase de aceptación, sino en la de cierre, aunque en la práctica su liberación depende de la aceptación formal del trabajo que realizaban, sobre todo si este estaba ligado a un entregable intermedio.

Estos puntos pueden verse más claro con un ejemplo. Imaginemos que parte de la entrega de un proyecto de una planta industrial, correspondiente a la fase de diseño preliminar, es la definición de la obra civil; sobre la que se basará la implementación preliminar de los diferentes suministros industriales del edificio. En este caso parece razonable hacer una entrega parcial de la obra civil, antes de comenzar las implementaciones, para que sea aprobada por el cliente. Con ello fijamos la distribución del edificio, que será la base de las implementaciones, liberamos el ingeniero civil, y si la entrega de la obra civil está ligada a un hito de facturación, podemos adelantar el cobro del proyecto.

Por su importancia en la planificación del proyecto, es importante remarcar que la aceptación no es algo que deba considerarse únicamente en el momento de realizar una entrega. Como se ha visto, la definición de entregables parciales y su aceptación tiene un efecto importante sobre las finanzas y riesgos del proyecto, por tanto, el director del proyecto debe planificar también el proceso de aceptación como parte de la planificación del proyecto.

Adicionalmente, la aceptación de una fase o del proyecto constituye un requisito necesario para proceder al proceso de cierre.

FACTORES DE SEGURIDAD.

Para que un elemento de máquina tenga suficiente resistencia, el esfuerzo unitario máximo debe limitarse a algún valor menor que la resistencia a la fluencia del material o resistencia última. Para conseguir este esfuerzo se debe incluir en los cálculos un factor de seguridad, permitiendo así que el elemento soporte mayores fuerzas, las cuales pueden resultar de variaciones en el material. Fallas en los procesos de fabricación, variaciones en las cargas reales, como cuando se sobrecarga un gancho de levante, errores en los cálculos de diseño. etc. el diseñador debe estar completamente seguro de las incertidumbres que él está considerando cuando calcula el factor de seguridad o cuando basa su diseño en dicho factor.

El incorrecto uso de un factor de seguridad puede resultar en un desperdicio de material o en otros casos en fallas funcionales o físicas. Una vez se han establecido

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

las proporciones del elemento el esfuerzo unitario admisible puede ser trasladado a carga admisible. Generalmente el esfuerzo admisible, deberá ser relativo a la resistencia a la fluencia del material. En la mayoría de los elementos de máquinas la deformación permanente que resulta de exceder la resistencia a la fluencia puede afectar seriamente el funcionamiento del elemento. Sin embargo, éste no siempre es el caso y si un grado de deformación permanente puede ser tolerado, un diseño basado sobre la resistencia última podrá ser hecho a menor costo.

Para que un elemento de máquina tenga suficiente rigidez, la deformación admisible máxima es el factor determinante. Una vez se ha establecido la máxima deformación admisible. el correspondiente esfuerzo se puede obtener. Puesto que esfuerzo y deformación tienen una relación proporcional dentro del rango elástico. Cualquier regla del pulgar para determinar el factor de seguridad en carga estática deberá aumentarse tanto para cargas variables como para cargas de impacto. Al asignar un factor de seguridad bajo carga estática, por lo general se ignora la presencia de concentradores de tensión. Sin embargo, bajo cargas de impacto o variables, estos esfuerzos concentrados desempeñan un papel vital en la reducción de los esfuerzos admisibles máximos.

Altas concentraciones de esfuerzos se presentan en cambios fuertes de sección, puntos de contacto entre elementos, puntos de contacto entre un elemento y su soporte o entre un elemento y su carga aplicada.

El esfuerzo unitario admisible se obtiene dividiendo el correspondiente esfuerzo del material por un determinado factor de seguridad, a veces es más simple aplicar el factor de servicio como multiplicador para la carga calculada sobre el elemento, obteniéndose de este modo la carga admisible para ser usada en los cálculos en lugar del esfuerzo admisible. Para muchos elementos de máquinas, el factor de seguridad ya no es tan crítico en el cálculo. Esto se debe principalmente a la amplia adopción de controles para sobrecargas del tipo eléctrico e hidráulico, embragues de deslizamiento, bases de alivio, por ejemplo, en prensas, pasadores de corte más confiable, etc. sin embargo, los aparatos para sobrecarga a menudo conducen a paradas de la máquina.

El diseño debe balancear el aumento en costos de tiempo productivo perdido, contra una mayor reducción de costos en la construcción de maquinaria gracias a la reducción del factor de seguridad. La naturaleza crítica del factor de seguridad se minimiza con el uso de materiales más confiables y mayor control de manufactura.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

dependiendo del tipo de maquinaria y de la aplicación particular se han establecido normas de tensiones admisibles y de grados de seguridad. muchas de esas normas se reglamentan mediante códigos o requisitos de contratos como, por ejemplo, el código de la asme para tanques de presión o como en el caso de piezas y mecanismos de elevadores, tales como cables, ganchos, frenos, etc. sin embargo, en la mayoría de los casos el diseñador no dispone de tales normas y necesita establecer por su cuenta los valores de tensiones admisibles.

La selección correcta de un factor de seguridad depende bastante de los conocimientos técnicos, de la experiencia acumulada por el ingeniero o la industria y de los experimentos realizados sobre la construcción. de acuerdo a lo anterior se puede decir que la determinación del factor de seguridad tiene un tratamiento más empírico que científico.

CÓDIGOS DE DISEÑO

Las herramientas básicas del Diseño se organizan a manera de *códigos gráficos*.

Los tipos de códigos en el lenguaje visual son:

Código morfológico

Es la organización del kit de herramientas básicas el cual se conforma por: tipografía, color y tono, forma gráfica (punto, línea, forma, etc.), proporción (espacio y tamaño), ícono = signo, imagen, símbolo gráfico (representación de un objeto) y textura.

Todas estas herramientas bien utilizadas y aplicadas pueden llegar a persuadir al receptor, evocar ciertos sentimientos y comunicar algo en específico; esto se logra a través de un cartel, una imagen, es decir, a través de ver y sentir el objeto de diseño el cual transmite mensajes al usuario.

Los códigos gráficos es un sistema de signos y reglas que permiten un buen entendimiento, es decir que es un lenguaje establecido entre dos o más personas. Y no solo es ese código, sino que existen más y los más importantes dentro del diseño son:

Código cromático Es el uso del círculo cromático de los colores primarios, secundarios, complementarios, etc.

Código tipográfico: Es el uso de tipografía y su tamaño, mancha tipográfica, familia tipográfica, etc. Al mismo tiempo la elección de signos tipográficos; así mismo el

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

código tipográfico constituye una de las funciones de la metalingüística (la retórica y el doble mensaje). La tipografía tiene funciones caligráficas (es la escritura manual), legible (fácil de entender y de leer), formal, simbólica (representación fácil de entender), ornamental (utilización de elementos morfológicos).

Código icónico: Es una selección de la realidad, conjunto de elementos y estructuras de representación icónicas conjuntamente con una sintaxis visual. Las imágenes se dividen en: a) soporte de la imagen (es el material base); b) grado de fidelidad (relación con su referente); c) legibilidad (mayor o menor grado de abstracción).

Donde la Imagen y realidad (grado de iconicidad) es parte fundamental dentro de estas ya que la mayoría estos códigos traen una clasificación basada en la semejanza de la imagen y su referente depende mucho de su grado de abstracción. El grado de iconicidad influye de manera contundente en la imagen visual.

Un ejemplo claro de esto es:

Grado de iconicidad	Nivel de realidad	Ejemplos
11	Imagen natural	Cualquier percepción de la realidad obtenida directamente a través de la visión
10	Modelo tridimensional a escala	
9	Hologramas	
8	Fotografía en color	
7	Fotografía en blanco y negro	

IMAGEN 2. LA ESCALA SE ESTABLECE PARA LA IMAGEN FIJA

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

6	Pintura realista	
5	Representación figurativa no realista	
4	Pictogramas	
3	Esquemas motivados	
2	Esquemas arbitrarios	
1	Representación no figurativa	

IMAGEN 3. LA ESCALA SE ESTABLECE PARA LA IMAGEN FIJA

Dentro del código morfológico el cual es el encargado de la articulación espacial de la imagen gráfica la cual crea un diseñador muestra gráficamente así los códigos morfológicos de cada imagen y como es que se componen de manera jerárquica.

LOS ELEMENTOS MORFOLÓGICOS:

EL PUNTO

Es el elemento más simple de la comunicación visual, una imagen está hecha por medio de diminutos puntos que hacen posible la formación de una imagen, si observamos con detenimiento y paciencia veremos que la composición de una imagen está hecha por puntos. De esta misma forma se crea una fotografía.

Si pensamos en el punto nos imaginamos un punto pequeño (redondo y con forma circular), pero debemos saber que este tiene diferentes dimensiones, tamaños e incluso formas y no necesariamente siempre visible. Expresa la parte más pequeña en el espacio. Puede ir, por ejemplo, desde el grano de la emulsión fotográfica a la marca de un pincel.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Existen tres tipos de puntos implícitos

Centros geométricos: en el espacio plástico el centro es el foco principal de atracción visual.

Puntos de fuga: son polos de atracción visual y provocan una visión en perspectiva.

Puntos de atención: son posiciones de la imagen que, por la disposición de los elementos icónicos, provocan y atraen la atención del observador.

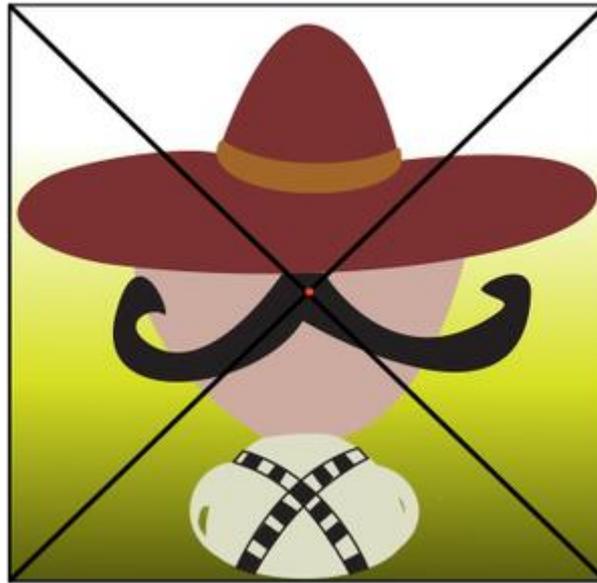


IMAGEN 4. EJE CENTROS GEOMÉTRICOS.

Debemos saber que el punto cumple varias funciones en la imagen. Puede servirnos para:

Crear pautas: Con el fin de formar figuras guiadas por puntos.

Punto focal o centro visual: Es el centro de la imagen, sobre sale desde que se ve y no es necesariamente la forma de un punto.

Producir dinamismo:

Mostrar texturas: Este nos da la impresión de una imagen pixelada.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

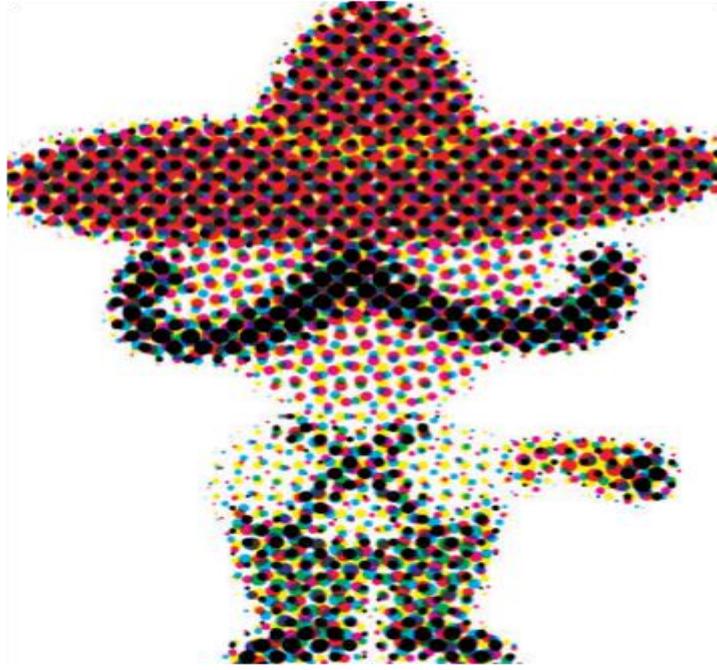


IMAGEN 5. TEXTURA

LA LINEA

La línea es el punto en movimiento o muchos puntos en constante movimiento con un sentido y una dirección. La línea puede tener varias formas (lineales y curvas) y direcciones. Están hechas con el fin de señalar. Al igual que el punto, no requiere la presencia material en la imagen para existir. Según Villafañe y Mínguez. Las líneas se pueden clasificar según diferentes categorías.

- Líneas implícitas
- Líneas de asociación
- Intersección de planos
- Líneas geométricas
- Líneas aisladas
- Línea recta
- Línea curva
- Conjuntos de líneas
- Líneas rectas entrecruzadas

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

- Líneas convergentes
- Estructura de fugas
- Línea objetual

Línea figura

Línea contorno: No hay una delimitación de la figura, no vemos la línea.

Línea recorte: La figura se ve diferente a la del fondo



IMAGEN 6. EJE LÍNEAS ESTRUCTURALES

Algunos ejemplos de las funciones plásticas de la línea

Crear vectores de dirección, básicos para organizar la composición.

Aportar profundidad a la composición, sobre todo en representaciones planas (bodegones; escenas con fondos neutros, etc.) .

Separar planos y organizar el espacio.

Dar volumen a los objetos bidimensionales.

Representar tanto la forma como la estructura de un objeto.

EL PLANO

El plano tiene múltiples interpretaciones, es el soporte de las imágenes, es un elemento gráfico de superficie.

Bidimensionalidad. El plano define lo alto y lo ancho, sin olvidar que puede ser proyectado en el espacio las veces que se desee y en la orientación que convenga - simulando volumen.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Forma. El plano determina la organización del espacio, su división y su ordenación en diferentes subespacios. Por otra parte, la superposición de planos nos permite crear sensación de profundidad.

Color

Es una emisión de energía luminosa, es decir que gracias a la luz podemos ver los colores. La retina humana contiene tres tipos de receptores para el color que son sensibles a la luz roja, verde y azul (RGB: *Red, Green and blue.*) Existen dos naturalezas cromáticas:

Color del prisma o color-luz: Es el resultado de la suma de radiaciones de distintas ondas de longitud.

Color de la paleta: Son los filtros de luz que se reflejan en los soportes de materias coloreadas.

Los colores son obtenidos por sustracción a partir del azul cián, el rojo magenta y el amarillo cadmio. (CMY: *Cian, Magenta and Yellow*). Existen Colores primarios (rojo magenta, azul cián y amarillo cadmio.) No pueden obtenerse por la mezcla de otros colores y son la base de todos los restantes; y los Colores secundarios: verde, violeta y naranja. Resultado de la mezcla de dos primarios a partes iguales. (Cada color secundario es complementario del primario que no interviene en su elaboración.)

Las características esenciales de los colores son:

Tonalidad: es el estímulo que nos permite distinguir un color de otro.

El tono cumple dos funciones:

- 1) representar la forma mediante luz y sombra y el modelado de superficies.
- 2) Representación de la perspectiva aérea



IMAGEN 7. TONO

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Saturación: es la sensación de intensidad de un color (según la cantidad de blanco que lleve)



IMAGEN 8. SATURACIÓN

El color tiene manifestaciones cinestésicas (colores cálidos y fríos, tristes y alegres, estáticos y dinámicos, etc.) Los colores aportan por sí mismos significados.

Por otra el color es indispensable ya que dependiendo del color que se utilice y en donde se utilice o donde se aplique el color se obtendrá una percepción más real del espacio u objeto.

Forma

Designa el aspecto de una cosa así mismo es un elemento perceptivo y de representación. Para que una forma sea un modelo (arquetipo) necesita tener rasgos que lo identifiquen y por lo mismo necesita tener: Simplicidad para un fácil reconocimiento y que sea realista al significado que se quiere transmitir. Para la representación de la forma es necesario:

Una proyección es una abstracción visual del objeto real trayendo conjuntamente criterios de representación: a) esencial (esqueleto del objeto) b) generativo (que complete los elementos de la forma)

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

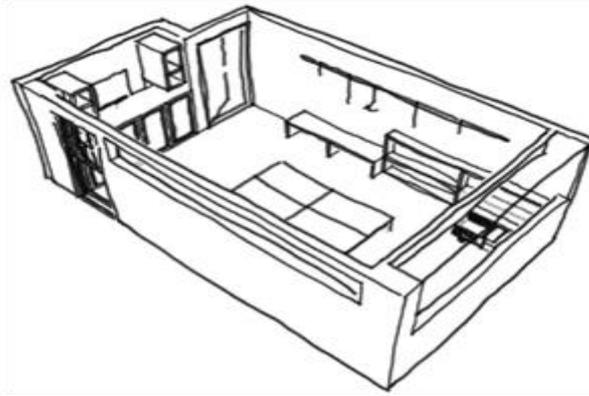


IMAGEN 9. LA FORMA

El escorzo es una representación por medio de perspectiva dando sensación de profundidad y tridimensionalidad

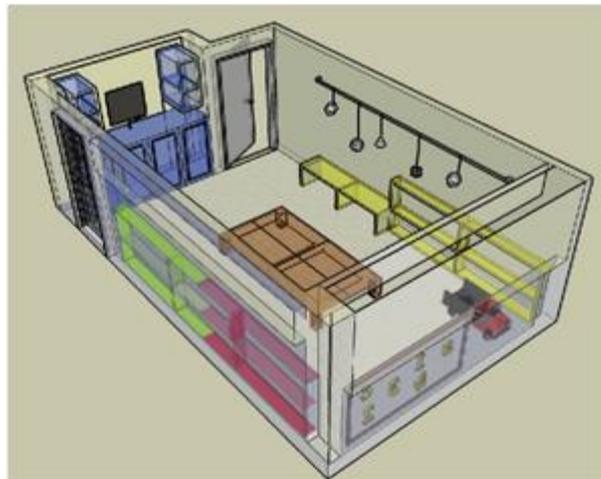


IMAGEN 10. EL ESCORZO

El traslapo es la superposición de objetos de manera que la imagen muestre una forma; para que dichos objetos sean percibidos de manera adecuada deben de estar situados en distintos puntos del espacio y deben de ser percibidos de manera independiente. Las funciones del traslapo son: la jerarquización (planos); Lectura de la composición dando un orden; orden, unidad, ritmo, etc.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

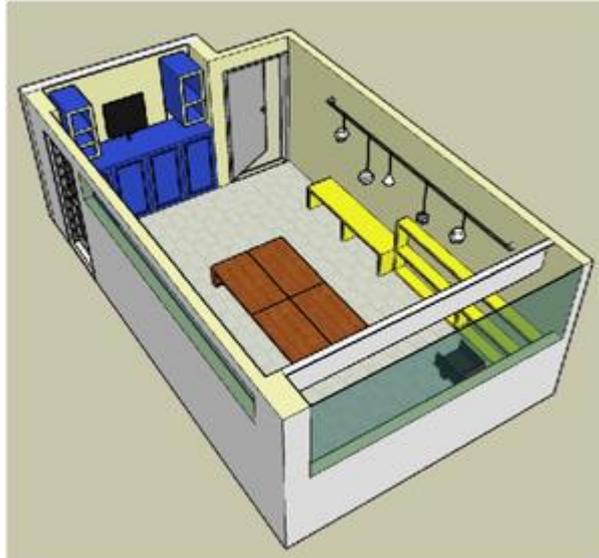


IMAGEN 11. EL TRASLAPO

Textura

Es un elemento que transmite características fisicoquímicas a través de tratamientos que se les dan a los materiales. La textura la percibimos por medio de la vista o el tacto y gracias a nuestra memoria perceptiva podemos tener sensaciones relacionadas con el objeto ya sean de suavidad, frío, rugoso, entre otras. La textura se puede representar en un plano bidimensional. (La textura es expresiva y significativa.)

Concluimos que es importante conocer bien los códigos y sus funciones porque estos nos ayudaran a lo largo de nuestra carrera como diseñadores, su importancia y sus reglas que ayudan a moderar algunos diseños los cuales llegan a ser funcionales o no para el usuario.



IMAGEN 12. APLICACIÓN DE LA TEXTURA

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

REQUISITOS DEL SISTEMA.

CONFIGURACIÓN MÍNIMA

- Windows XP o posterior (32 o 64 bits), Mac OS X Mountain Lion o posterior, Debian / Ubuntu con GLIBC 2.13+ (64 bit)
- Intel Core 2 Duo o equivalente
- 4 GB de RAM

CONFIGURACIÓN RECOMENDADA

- Windows 7 SP 1 o posterior (64 bits), Mac OS X Mountain Lion o posterior, Debian / Ubuntu con GLIBC 2.13+ (64 bits)
- Intel Core i7 o AMD procesador 7 Ryzen
- Discreta de NVIDIA o AMD GPU
- 32 GB de RAM

El número de fotos que puede ser procesado por Agisoft Metashape depende de los parámetros de RAM y reconstrucción disponibles utilizados. Suponiendo que una única resolución de la foto es del orden de 10 MPiX, 4 GB de RAM es suficiente para hacer un modelo basado en 30 a 50 fotos. 16 GB de RAM permitirá procesar hasta 300-400 fotografías.

ACELERACIÓN DE LA GPU

Metashape admite la coincidencia imagen acelerada, la reconstrucción de mapas de profundidad, mapas de profundidad en base de malla y la generación de modelos de baldosas y photoconsistent malla operación refinamiento debido al hardware de gráficos (GPU) explotando.

NVIDIA

GeForce GTX 400 series y más tarde con el apoyo CUDA.

ATI

Radeon HD 6000 series y más tarde con OpenCL 1.1 apoyo.

Metashape es probable que sea capaz de utilizar la potencia de procesamiento de cualquier dispositivo habilitado para CUDA con capacidad de cómputo 2.0 y superior o OpenCL 1.1 y dispositivo habilitado superior con el apoyo SPIR para las etapas especificados anteriormente, a condición de que los conductores CUDA / OpenCL para el dispositivo están instalados correctamente. Sin embargo, debido al gran número de diferentes combinaciones de chips de vídeo,

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

versiones de los controladores y sistemas operativos, Agisoft no es capaz de comprobar y garantizar la compatibilidad de Metashape con cada dispositivo y en todas las plataformas.

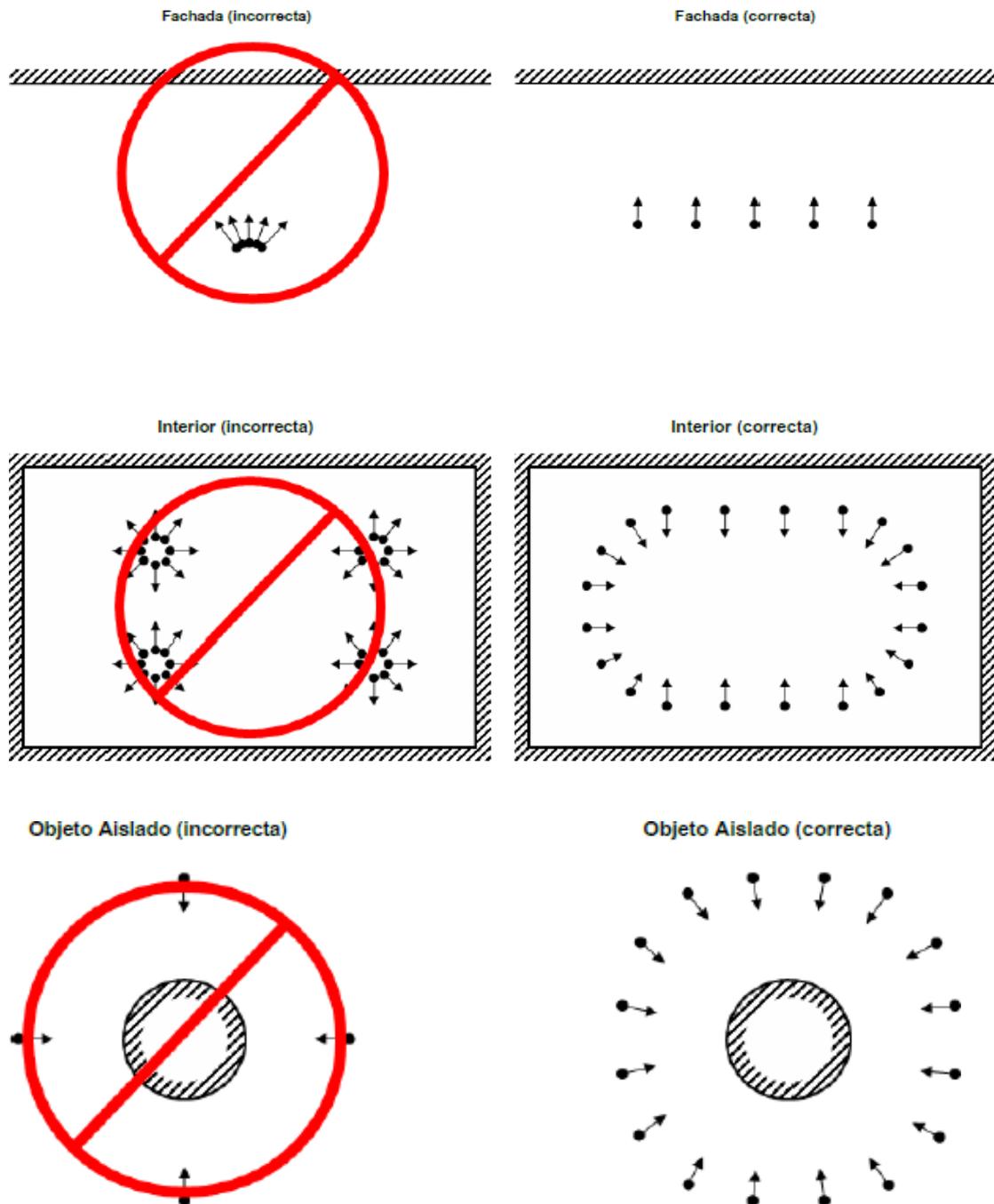


FIGURA 1.- CONSEJOS SOBRE LOS ESCENARIOS DE CAPTURA ADECUADO

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

NVIDIA	AMD
GeForce RTX 2080 Ti	Radeon RX Vega 64
Quadro P6000	Radeon RX Vega 56
Tesla V100	Radeon RX 580
Tesla M60	FirePro W9100
M6000 Quadro 3	90x Radeon R9
GeForce TITAN X	290x Radeon R9
GeForce GTX 1080 Ti	Radeon HD 7970
GeForce GTX TITAN X	Radeon HD 6970
GeForce GTX 980 Ti	Radeon HD 6950
TITAN GeForce GTX	Radeon HD 6870
GeForce GTX 780	
GeForce GTX 680	
GeForce GTX 580	
GeForce GTX 570	
GeForce GTX 560	
GeForce GTX 480	

TABLA 3. LAS GPU DE ESCRITORIO COMPATIBLES EN LA PLATAFORMA WINDOWS

CAPÍTULO 2.

DESARROLLO

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

PROCEDIMIENTO

Descripción de las actividades realizadas.

Sin duda la parte más importante del proceso es la correcta captura de las fotografías de nuestro objeto, con el objetivo de obtener resultados consistente y buena calidad.

PROCESAMIENTO DE FOTOGRAFÍAS

Una vez capturadas nuestras fotografías toca introducirlas en nuestro software de fotogrametría para generar nuestra nube de puntos. En nuestro caso vamos a usar Agisoft Metashape, pero podríamos usar las alternativas gratuitas.

Si el proceso de captura de fotografías se hizo en condiciones de iluminación controlada y de forma metódica, este paso no requiere mayor complicación, si las fotografías se hicieron a mano alzada o con luz natural, es posible que sea necesario identificar las imágenes problemáticas y eliminarlas para que no dañen el producto.

Una vez cargadas nuestras imágenes en el software, el siguiente paso es alinearlas para que el software pueda calcular la posición desde la que fueron tomadas. Al terminar deberíamos tener una nube de puntos de baja resolución y una estimación de la posición de nuestras cámaras. Esta fase es ideal para identificar posibles problemas en nuestras fotos. Si vemos que una de nuestras cámaras está mal alineada, podemos eliminarla para evitar problemas y si vemos que nuestra nube de puntos contiene muchos puntos “residuales” podemos eliminarlos para agilizar el proceso posterior.

La siguiente fase del proceso es extremadamente lenta y puede llegar a tardar días de cálculo, por lo que se hace especialmente importante asegurarse que todo está correctamente alineado. Una forma de evitar que el software tenga que calcular zonas innecesarias para optimizar los tiempos es usar máscaras para eliminar de la ecuación el fondo. Esto podemos hacerlo de forma manual; también existe la posibilidad de usar la geometría de baja resolución calculada previamente como máscara.

Una vez completado el proceso tendremos una nube de puntos de muy alta densidad con millones de puntos que representan la posición tridimensional de cada uno de los vértices calculados durante el proceso anterior, pero estos puntos aun no definen una geometría tridimensional, son simplemente puntos en el espacio.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Para generar nuestra geometría de alta resolución poligonal usaremos la opción de **Build Mesh**.

Con esto ya tenemos un modelo 3D de alta resolución que representa de forma muy fiel nuestro objeto original, pero aún nos queda mucho trabajo por delante. Ahora es necesario proyectar las fotografías sobre esta geometría, por suerte éste es un proceso muy rápido porque el software ya tiene calculada la posición de cada cámara y simplemente tiene que proyectar las imágenes y generar una textura. En este punto es donde podemos cambiar nuestras imágenes contrastadas por nuestras texturas lineales obtenidas para garantizar un albedo correcto.

Una vez terminado el proceso tendremos nuestro modelo 3D y nuestras texturas lineales aplicadas sobre unas coordenadas de mapeado automáticas creadas por el software empleado. La cosa va tomando forma, pero este modelo aún no está listo para ser usado en producción, estamos hablando de un modelo con millones de polígonos y coordenadas de mapeado automáticas difíciles de gestionar, además, el software de fotogrametría no suele ser capaz de representar correctamente superficies completamente pulidas por lo que suele hacer necesario un trabajo posterior para corregir el modelo.

RETOPOLOGÍA

El primer paso para optimizar nuestro modelo para su uso es reducir considerablemente su cantidad de polígonos manteniendo su estructura y silueta. Esta tarea puede hacerse de muchas formas, Una de las opciones más interesantes para esta parte de nuestro flujo de trabajo es ZBrush que tiene varias herramientas automáticas como ZRemesher que pueden ahorrarnos mucho trabajo y nos ofrecen excelentes resultados para objetos orgánicos. Una alternativa gratuita automática para este proceso es **Instant Meshes**

CREACIÓN DE COORDENADAS DE MAPEADO UV

Nuestro nuevo modelo de baja resolución no cuenta con coordenadas de mapeado ni texturas. Para poder transferir los detalles de nuestro modelo original y el albedo a nuestro modelo de baja resolución, necesitamos unas nuevas coordenadas de mapeado. Este trabajo podemos hacerlo directamente en ZBrush con la herramienta UV Master o en otra aplicación como 3D Studio MAX o UV Layout.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

CREACIÓN DE TEXTURAS

Ya tenemos nuestro modelo de alta resolución con textura y nuestro modelo de baja resolución con nuevas coordenadas de mapeado. El siguiente paso el proceso consiste en usar la información de nuestro modelo de alta resolución para crear nuevos mapas para el modelo optimizado. Esta tarea puede realizarse con múltiples aplicaciones como xNormal, el propio ZBrush, etc. En nuestro caso hemos preferido usar Substance Designer por su facilidad de uso, sus excelentes resultados y la posibilidad de automatizar el proceso en múltiples modelos a la vez.

ALINEADO

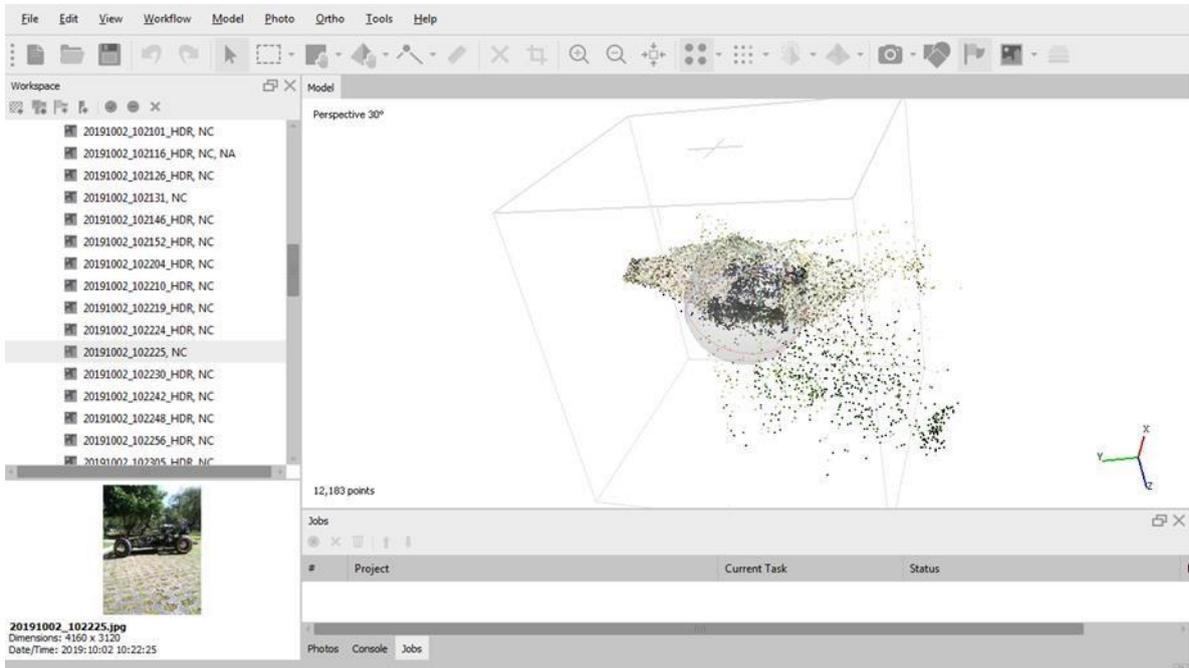
El proceso de alineado consiste en unificar bajo un mismo sistema de referencia varias capturas. Por norma general, los algoritmos desarrollados para este proceso suelen trabajar identificando puntos correspondientes entre las diferentes capturas y encontrando la transformación necesaria que minimiza la distancia entre el conjunto de puntos correspondientes. El proceso suele repetirse hasta que el error es menor que un determinado umbral. Para aumentar la precisión del alineado, suele utilizarse uno o varios elementos marcadores a la hora de capturar la escena de forma que sean fácilmente diferenciables y puedan establecerse con total seguridad como puntos correspondientes entre las diferentes capturas.

Uno de los algoritmos más utilizados es el ICP (Iterative Closest Point) del cual existen multitud de variantes como la descrita en "*A method for registration of 3-D shapes*" (10). El algoritmo ICP tiene como entrada dos nubes de puntos. Una de ellas es considerada la referencia y se mantiene estática mientras que la otra es transformada para alcanzar el mejor alineamiento con la referencia. Puede incluirse de manera opcional una estimación inicial de la transformación necesaria para alinear las dos nubes de puntos. Por otra parte, es necesario incluir una condición de parada para el algoritmo. Hecho esto, la secuencia de ejecución es la que sigue:

1. Para cada punto de la nube de referencia, encontrar el punto más cercano en la nube a transformar.
2. Estimar la combinación de rotación y traslación necesarias utilizando una función de mínimos cuadrados para calcular el error de forma que la alineación entre los puntos correspondientes encontrados en el paso anterior sea la mejor posible.
3. Transformar la nube de puntos.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Este proceso se repite hasta que se cumplen los criterios de parada especificados.



FOTOGRAFÍA 1. ALINEAMIENTO DE CÁMARAS.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

SEGMENTADO

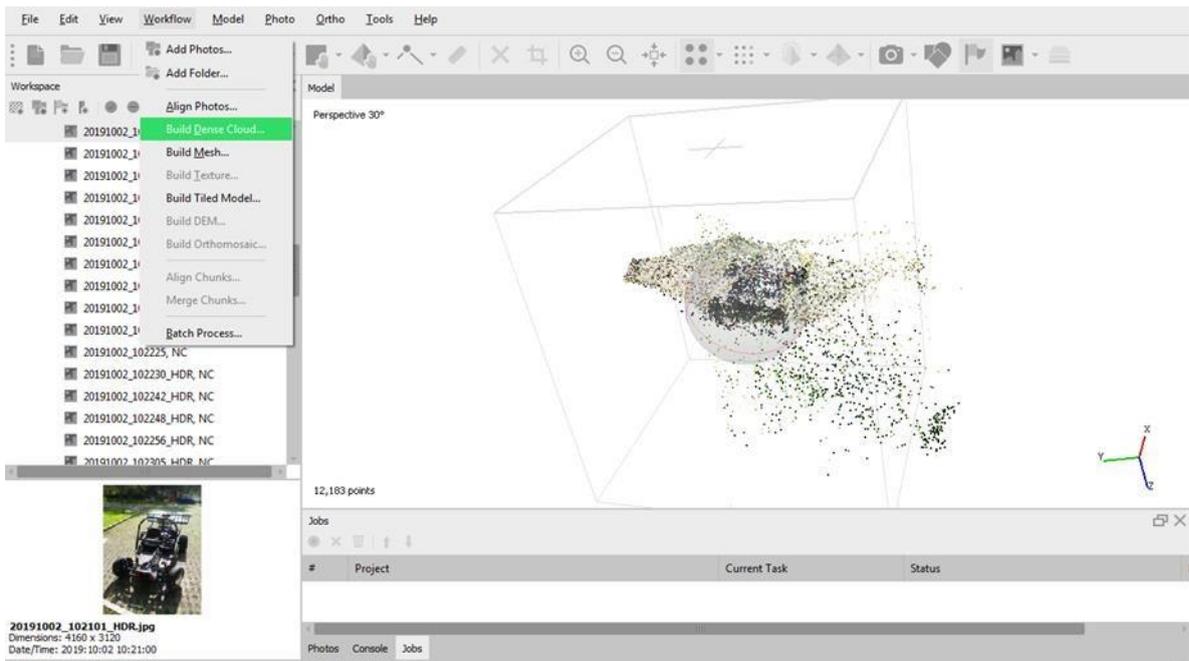
El proceso de segmentado consiste en dividir la nube de puntos en diferentes zonas. Los algoritmos de segmentado son especialmente útiles cuando una nube de puntos está compuesta de varias regiones aisladas, casos en los que realizar este proceso permite romper la nube en sus partes constituyentes que pueden ser procesadas de forma independiente.

El caso más habitual de aplicación práctica de esta técnica es el del reconocimiento de objetos.

Modelos de malla poligonal En una representación poligonal de una forma, una superficie curva es modelada como muchas pequeñas superficies planas (al igual que una esfera es modelada como una bola de discoteca). El proceso de convertir una nube de puntos en un modelo poligonal 3D se llama reconstrucción. La reconstrucción de modelos poligonales implica encontrar y conectar los puntos adyacentes mediante líneas rectas con el fin de crear una superficie continua. Generalmente se utilizan triángulos como polígonos tal y como puede observarse en la reconstrucción del delfín mostrada en la ilustración del margen. Los modelos poligonales, también llamados modelos de malla, son útiles para la visualización o para algunas aplicaciones CAM, pero son, en general, "pesados" (archivos de datos muy grandes), y son relativamente difíciles de editar en este formato.

Existen muchas aplicaciones, tanto libres como propietarias, destinadas a este fin: MeshLab (2), Cyclone, kubit PointCloud para AutoCAD, JRC 3D Reconstructor, PhotoModeler, ImageModel, PolyWorks, Rapidform, Geomagic, ImageWare, Rhino, etc. En este proyecto se estudió la herramienta MeshLab (2), por lo que más adelante se describirá en profundidad su uso y capacidades.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



FOTOGRAFIA 2. CONSTRUCCION DE NUBE DENSA DE PUNTOS.

MATERIAL NECESARIO

CÁMARA FOTOGRÁFICA: Para lograr el mejor equilibrio entre tiempo invertido y detalles capturados optamos por una cámara de alta resolución como la Canon 5DS R de 50Mp que, al no tener filtro de paso bajo, nos proporciona más nitidez. Recordemos que cuanto más resolución y nitidez más preciso va a ser el resultado del escaneo.

Otra alternativa interesante podría ser la Sony A7 r2 de 42Mp. Estas cámaras son caras y ofrecen excelentes resultados, pero se puede utilizar cualquier cámara para hacer fotogrametría, lo importante es empezar a practicar y descubrir las necesidades de equipo poco a poco.

LENTE: En este sentido es recomendable contar con una lente lo más nítida posible, para cuando es necesario escanear objetos muy pequeños. Pero nuevamente, para comenzar, es posible hacerlo con cualquier equipo que tengamos disponible.

TRIPODE Y ROTULA: El trípode es una pieza esencial del equipamiento que necesitaremos para hacer fotogrametría ya que nos va a permitir estabilidad y consistencia en los resultados.

DISPARADOR REMOTO: Esencial para evitar tocar la cámara en el momento del disparo y garantizar la máxima nitidez. Recomiendo un disparador inalámbrico.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

COLOR CHECKER: Esencial si queremos lograr una textura calibrada con un albedo correcto.

LUCES DE ESTUDIO: Para lograr unas condiciones que no dependan del clima, es recomendable tener un set de luces de estudio que nos permitan escanear siempre igual en cualquier situación. En nuestro caso contamos con flashes profesionales de estudio. Existen alternativas económicas de luz continua pero dada su baja intensidad pueden afectar a la nitidez de las fotografías al necesitar tiempos de exposición largos y su color cambia frecuentemente lo que puede alterar el albedo.

HARDWARE: A la hora de hacer fotogrametría uno de los procesos más lentos es el cálculo de la nube de puntos que tiene que hacer el programa de escaneo. Este proceso puede llegar a tardar SEMANAS si no se cuenta con el equipo adecuado. Recomiendo un mínimo de 64Gb de ram (preferiblemente 128) y si el software soporta GPU, tantas como puedas instalar. Dependiendo de los objetivos de calidad que tengas puedes sacrificar hardware.

OTROS: También es importante contar con una plataforma giratoria que nos permita estandarizar los grados que rotaremos antes de cada disparo (existen opciones automáticas), cinta métrica para tomar medidas y garantizar consistencia si movemos la cámara, gaffer tape, etc.

NOTA: Es posible sustituir los flashes de estudio por un sistema con polarización cruzada como un “ring Flash”, pero en este documento solo cubriremos lo necesario para escanear usando luces de gran tamaño en lugar de polarización cruzada. Ambas técnicas tienen sus pros y contras.

SOFTWARE

OPCIONES DE PAGO

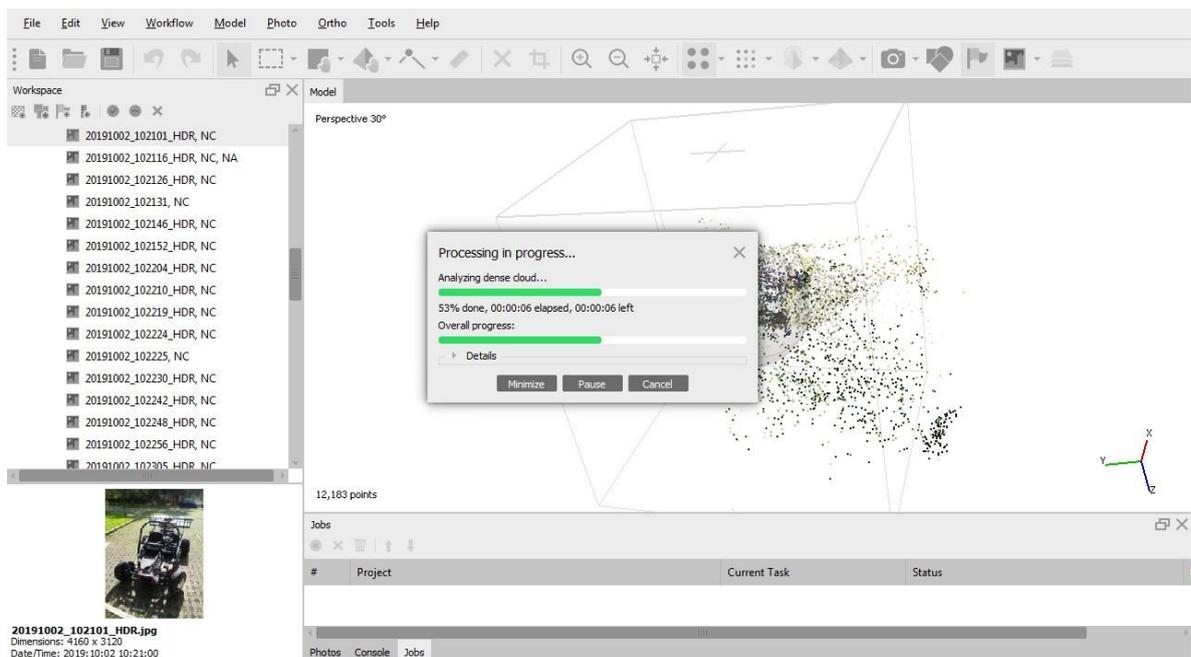
- Agisoft
- Metashap
- e 3D Studio MAX
- Agisoft Photoscan
- Substance Designer
- ZBrush

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

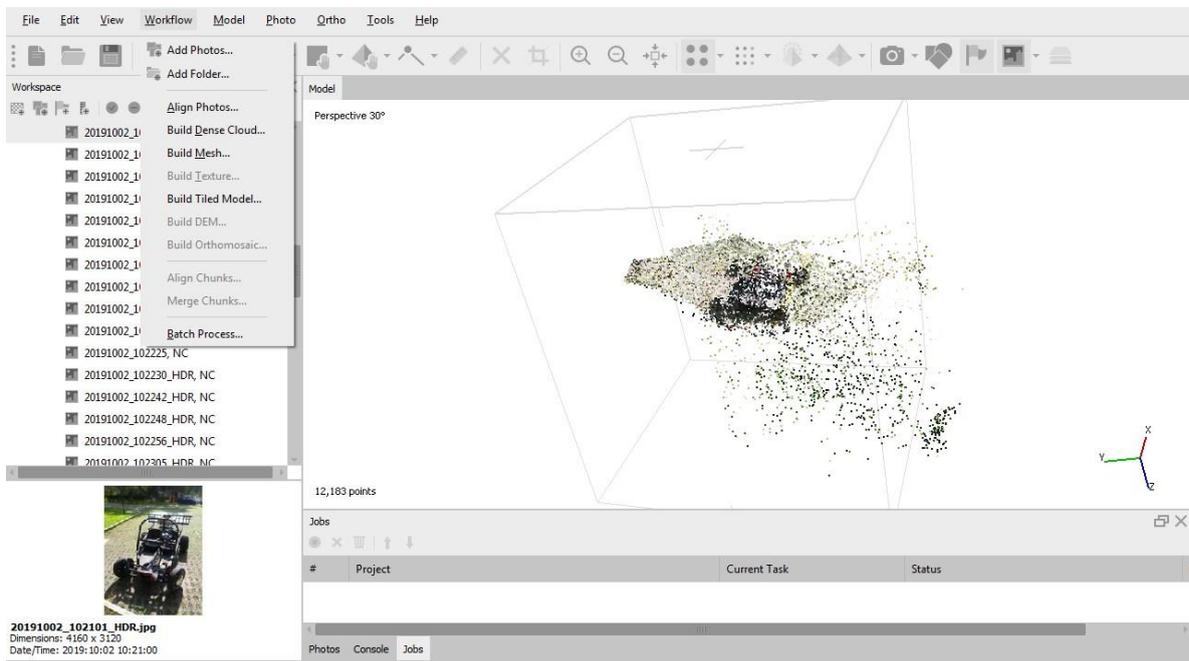
OPCIONES GRATUITAS

- Blender
- MeshLab, Visual SFM, PMVS
- xNormal
- Instant Meshes

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

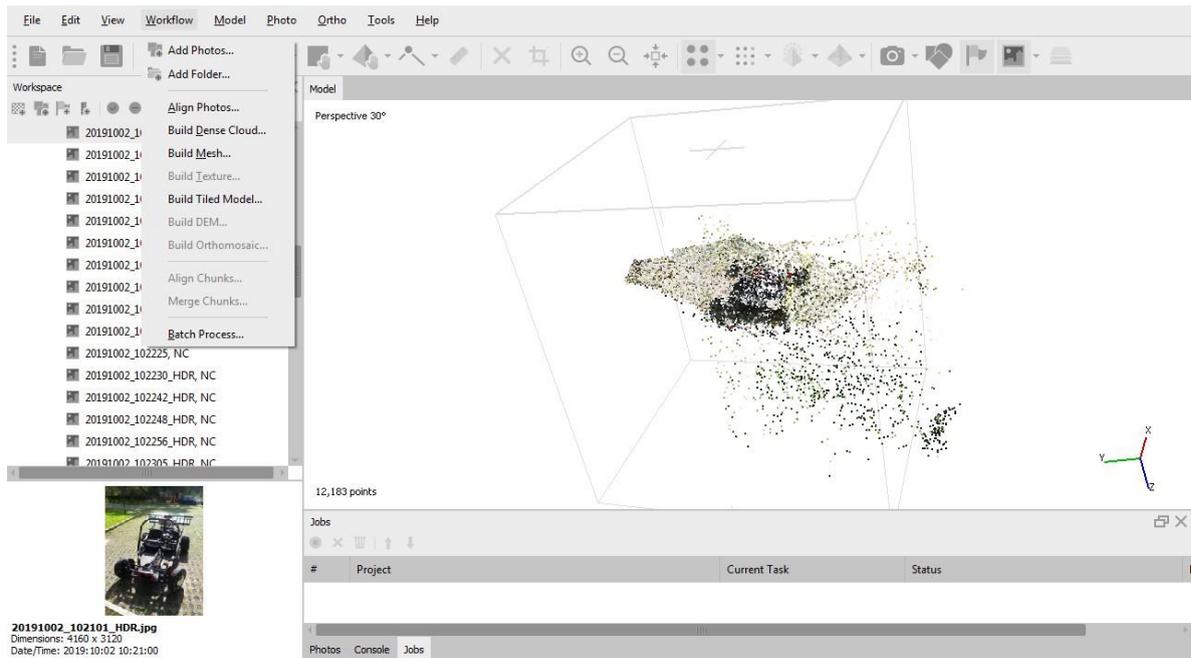


FOTOGRAFIA 3. CONSTRUCCIÓN DE MALLA.

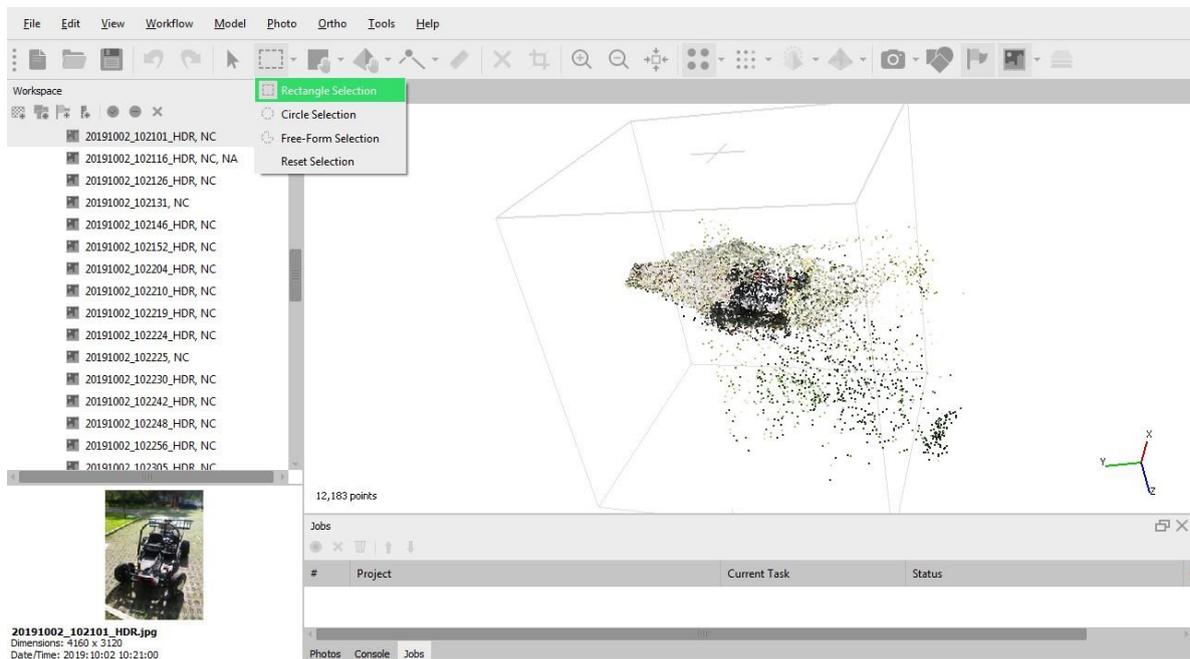


FOTOGRAFÍA 4. CONSTRUCCIÓN DE TEXTURA.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

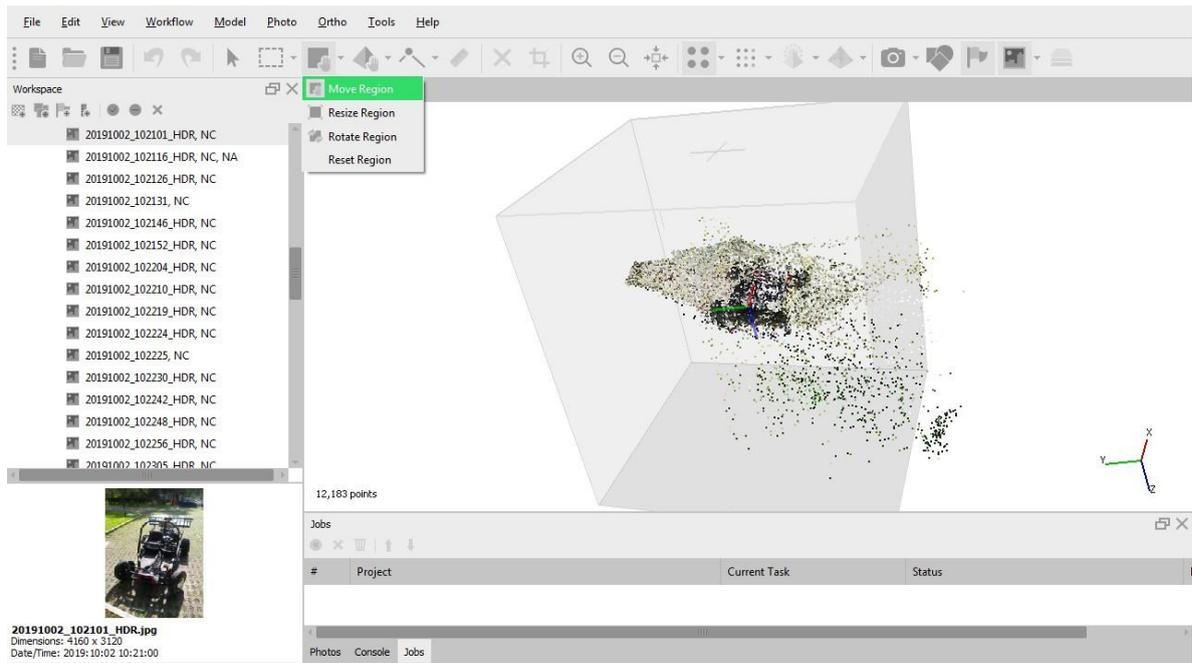


FOTOGRAFÍA 5. CONSTRUCCIÓN DE MODELO EN MOSAICO.

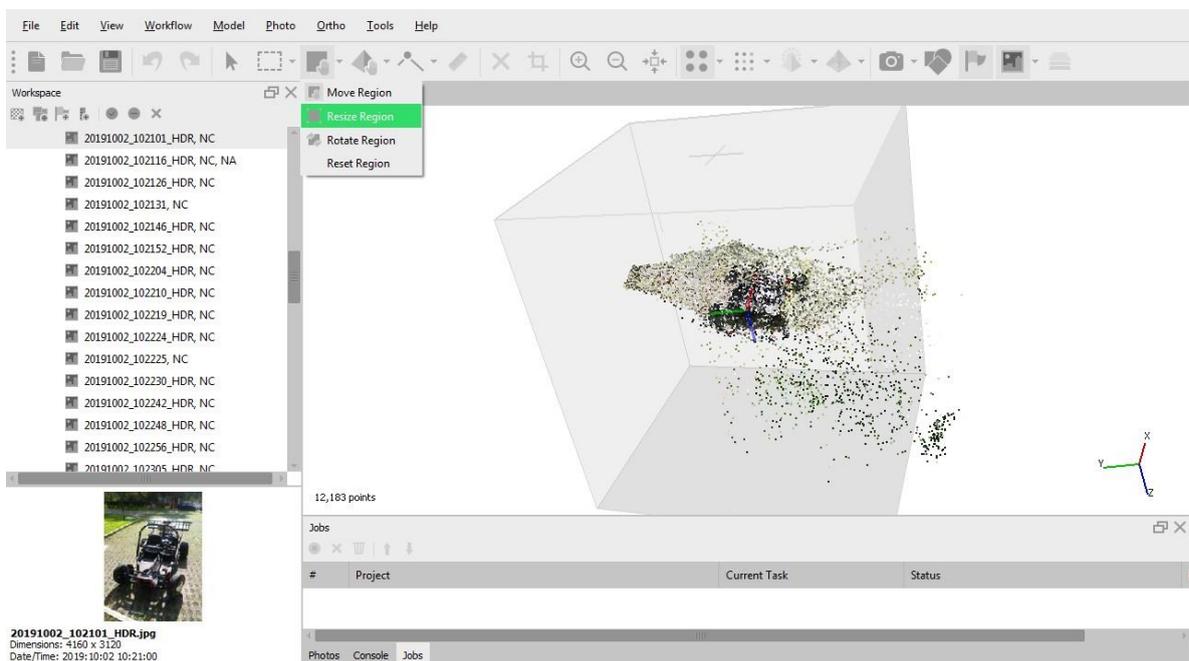


FOTOGRAFÍA 6. SELECCIONANDO EL AREA.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

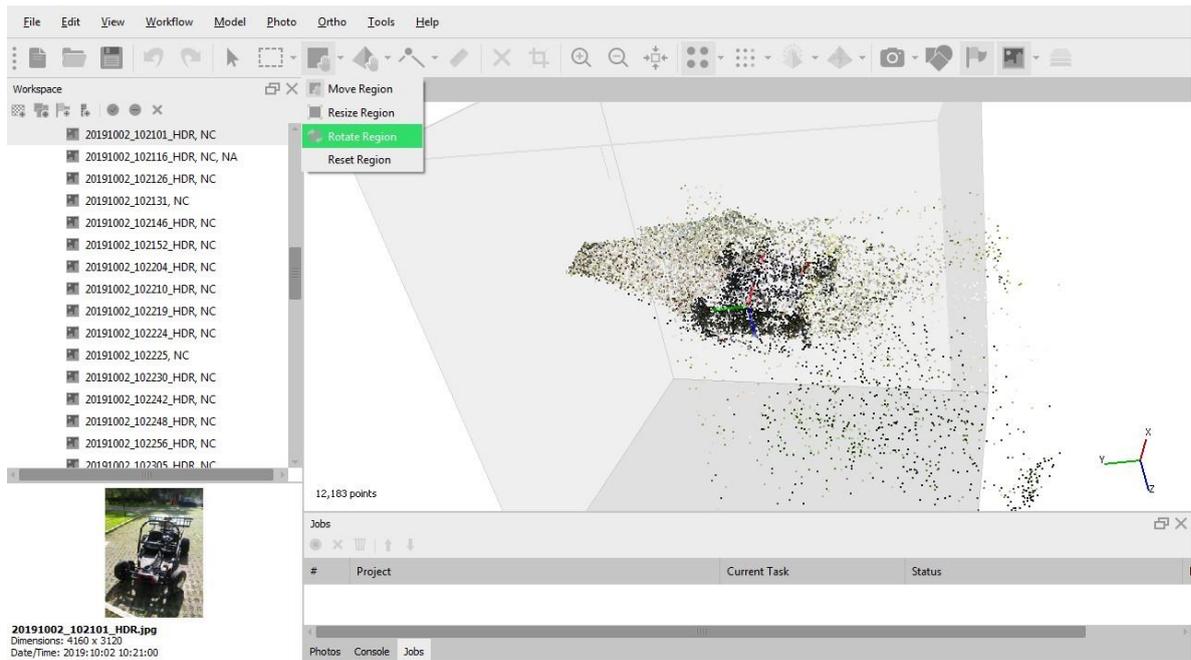


FOTOGRAFÍA 7. CAMBIAR REGIÓN.

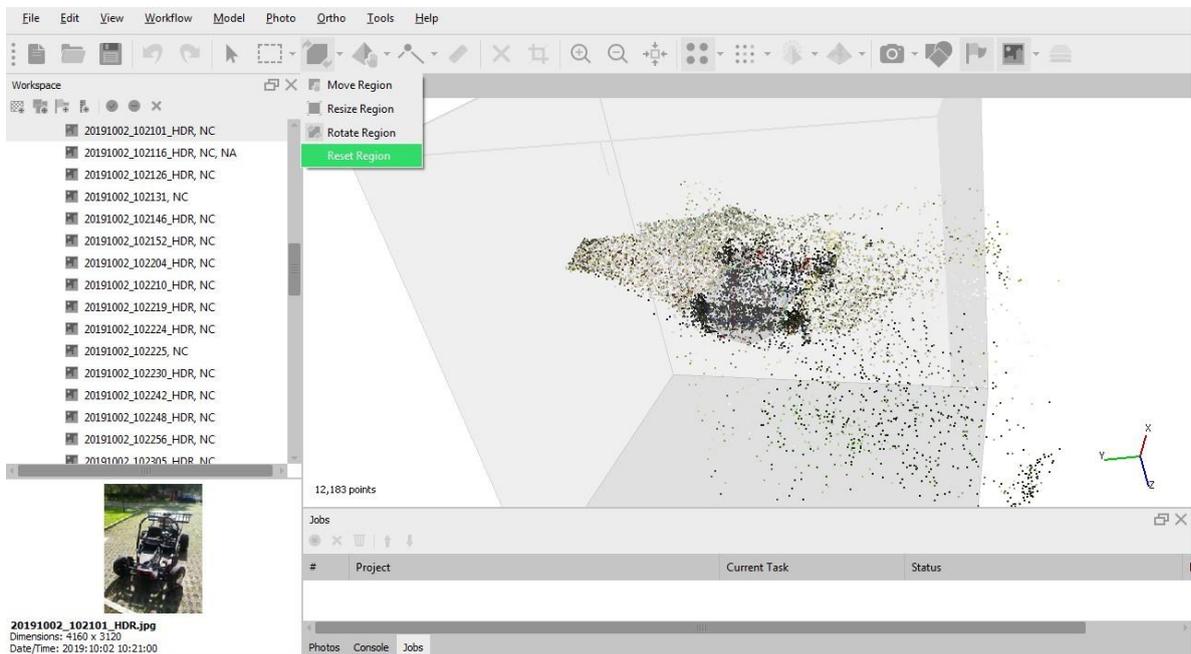


FOTOGRAFÍA 8. CAMBIAR TAMAÑO DE REGIÓN.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

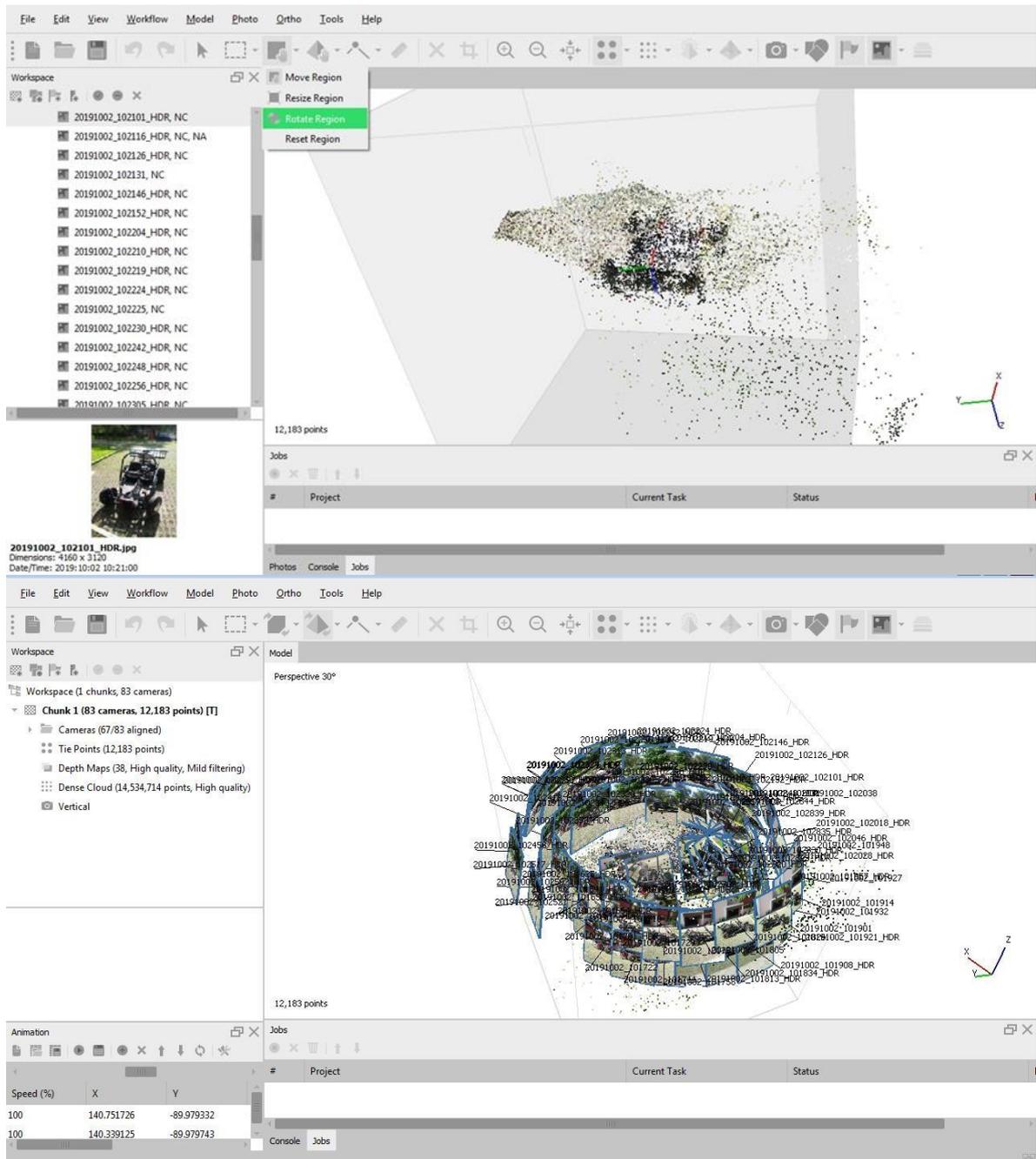


FOTOGRAFÍA 9. ROTANDO REGIÓN.



FOTOGRAFÍA 10. REESTABLECIENDO REGIÓN

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



FOTOGRAFIA 11. "BARRIL" DE FOTOGRAFÍAS.

CAPÍTULO 3.

PROPUESTAS Y

RESULTADOS

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

PROPUESTAS Y RESULTADOS

A pesar de que la fotogrametría es una excelente técnica de escaneado, no es perfecta y es necesario conocer sus limitaciones antes de comenzar a trabajar para evitar problemas durante el proceso.

Como esta tecnología usa fotografías y software de reconocimiento de patrones para reconstruir la geometría, si nuestro objeto o superficie no tiene detalles o tiene patrones demasiado uniformes, el software no va a poder establecer la perspectiva y por lo tanto la reconstrucción de nuestro modelo va a ser complicada. Un ejemplo sería un objeto de un metal pulido o una tela con un patrón muy uniforme. Una posible solución a este problema es usar pegatinas sobre nuestro modelo o pintarlo con lacas antirreflejo o pinturas neutras para poder escanear la superficie, pero al hacerlo, afectamos el escaneo de la textura. Por esta razón es importante planificar antes de realizar cualquier escaneo.

Para garantizar un buen nivel de detalle en nuestros modelos usamos cámaras de alta resolución (50MP+) y más de 150 fotografías por objeto en condiciones de iluminación controlada para producir un solo modelo 3D con millones de polígonos y albedo lineal correcto.

Pero dada la gran cantidad de polígonos iniciales, es necesario adaptarlos para su uso en proyectos reales, mediante retopología reducimos la carga poligonal de los modelos 3D y creamos texturas PBR de 4K y 2K.

El resultado es excelente, pero este método requiere equipo especial muy costoso (cámara de alta resolución, luces de estudio, software, etc) y hace falta mucho tiempo para producir un solo modelo terminado (escaneo, creación de geometría, retopología, bakeo de texturas, materiales, etc). Con este pack puedes disfrutar de 76 modelos de frutas y verduras y 41 "Sets" de alta calidad listos para usar en tus escenas sin necesidad de invertir el tiempo y dinero necesario para capturarlos por ti mismo.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

ESCENARIOS DE PRUEBA EN LA EMPRESA

Los escenarios deben ser analizados tanto con toma de imágenes de manera convencional (cámara fotográfica) como por obtención de la nube de puntos con el sensor LIDAR, se muestran a continuación las imágenes tomadas de manera convencional.



FOTOGRAFÍA 12. ESTIBAMIENTO DE CAJAS EN EMPRESA FAMEXPRESS

EL BUGGY

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



FOTOGRAFÍA 13. VISTA LATERAL DERECHA DE BUGGY



FOTOGRAFÍA 14. VISTA TRASERA DERECHA DE BUGGY

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



FOTOGRAFÍA 15. VISTA TRASERA DE BUGGY



FOTOGRAFÍA 16. VISTA LATERAL IZQUIERDA DE BUGGY

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



FOTOGRAFÍA 17. VISTA FRONTAL DE BUGGY



FOTOGRAFÍA 18. VISTA GENERAL DE BUGGY

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

FRESADORA CONVENCIONAL



FOTOGRAFÍA 19. VISTA LATERAL DE UNA FRESADORA



FOTOGRAFÍA 20. VISTA FRONTAL DE UNA FRESADORA

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



FOTOGRAFÍA 21. VISTA LATERAL DERECHA FRESADORA



FOTOGRAFÍA 22. VISTA TRASERA DE UNA FRESADORA

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



FOTOGRAFÍA 23. VISTA LATERALIZQUIERDA DE UNA FRESADORA



RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

FOTOGRAFÍA 24. VISTA LATERAL DE UNA FRESADORA

EL RINO



FOTOGRAFÍA 25. VISTA FRONTAL DEL RINO



RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

FOTOGRAFÍA 26. VISTA LATERAL IZQUIERDA DEL RINO



FOTOGRAFÍA 27. VISTA LATERAL DEL RINO

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



FOTOGRAFÍA 28. VISTA TRASERA IZQUIERDA DEL RINO



FOTOGRAFÍA 29. VISTA LATERAL DERECHA DEL RINO

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.



FOTOGRAFÍA 30. VISTA FRONTAL DEL RINO

```
test_utils: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
import unittest
from utils import calc_distance_points, calc_incircle_radius, calc_distance_point_to_edge, encode_cell, decode_cell
from point import Point
from edge import Edge

class TestUtils(unittest.TestCase):
    def test_distance(self):
        p1 = Point(1, 1, 0, id=0)
        p2 = Point(2, 1, 2, id=0)
        d = calc_distance_points(p1, p2)
        self.assertEqual(round(d, 2), 2.24)

        p3 = Point(0, 0, 0, id=0)
        p4 = Point(-1, 1, 2, id=0)
        d = calc_distance_points(p3, p4)
        self.assertEqual(round(d, 2), 2.45)

    def test_incircle_radius(self):
        p1 = Point(1, 1, 1, id=0)
        p2 = Point(0, 2, 0, id=0)
        p3 = Point(3, 3, 3, id=0)

        r = calc_incircle_radius(p1, p2, p3)
        self.assertEqual(round(r, 3), 0.592)
        p1 = Point(1, 1, 1, id=0)
        p2 = Point(0, -1, 0, id=0)
        p3 = Point(2, -1, 3, id=0)

        r = calc_incircle_radius(p1, p2, p3)
        self.assertEqual(round(r, 3), 0.804)

    def test_calc_distance_edge_to_point(self):
        p1 = Point(0, 0, 0, id=0)
        p2 = Point(0, 1, 0, id=0)
        p3 = Point(1, 0, 0, id=0)
```

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

data_generator: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
import numpy as np
from point import Point

"""
Models are taken from here: https://github.com/alecjacobson/common-3d-test-models
"""

if __name__ == "__main__":
    f = open("teapot.obj")
    lines = f.readlines()
    f.close()

    points = []
    points_and_normals = {}
    facets = []
    normals = []

    for line in lines:
        splitted = line.split(" ")

        for i, element in enumerate(splitted):
            if "\n" in element:
                splitted[i] = element[:-1]

        if splitted != [] and 'v' in splitted[0]:
            p = Point(x=float(splitted[1])*1, y=float(splitted[2])*1, z=float(splitted[3])*1, id=1)
            points.append(p)

        if splitted != [] and 'f' in splitted[0]:
            p = Point(x=int(splitted[1]), y=int(splitted[2]), z=int(splitted[3]), id=1)
            facets.append(p)

    for facet in facets:
        p1 = points[int(facet.x)-1]
        p2 = points[int(facet.y)-1]
        p3 = points[int(facet.z)-1]
```

edge: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
class Edge:
    def __init__(self, p1, p2):
        self.p1 = p1
        self.p2 = p2
        self.num_triangles_this_edge_is_in = 0 # To avoid cases where algorithm tries to expand edges that are already
        # part of 2 different triangles.
        self.color = [] # For visualization
```

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

```
from edge import Edge
import utils

class Grid:
    def __init__(self, radius, points=None):
        self.all_points = points
        self.cells = {}
        self.radius = radius
        self.num_cells_per_axis = 0
        self.bounding_box_size = 0
        self.edges = []
        self.triangles = []
        self.cell_size = 0

        if points is not None:
            self.init_with_data(points)

    def init_with_data(self, list_of_points):
        min_x, max_x, min_y, max_y, min_z, max_z = 0, 0, 0, 0, 0, 0

        # Find boundaries for the bounding box of the entire data.
        for point in list_of_points:
            min_x = point.x if point.x < min_x else min_x
            max_x = point.x if point.x > max_x else max_x
            min_y = point.y if point.y < min_y else min_y
            max_y = point.y if point.y > max_y else max_y
            min_z = point.z if point.z < min_z else min_z
            max_z = point.z if point.z > max_z else max_z

        x = max_x - min_x
        y = max_y - min_y
        z = max_z - min_z

        # I'm taking the max since i want the bounding box to be a square.
        self.bounding_box_size = max(x, y, z)

import numpy as np
import utils
from typing import List

class Point:
    def __init__(self, x, y, z, id, normal=None):
        self.z = np.float32(z)
        self.y = np.float32(y)
        self.x = np.float32(x)
        self.cell_code = None
        self.normal = normal
        self.id = id
        self.is_used = False

    def __lt__(self, other):
        return self.z <= other.z

    @property
    def neighbor_nodes(self) -> List:
        """
        Get all the points neighbor points.

        :return: List of neighbor points.
        """
        neighbor_nodes = [self.cell_code]

        # Find the point's cell.
        x, y, z = utils.decode_cell(self.cell_code)

        # Check for each of the possible 8 neighbors if it exists.
        for i in range(-1, 2):
            for j in range(-1, 2):
                for k in range(-1, 2):
                    cell_corner = x + i, y + j, z + k

                    if cell_corner[0] < 0 or cell_corner[1] < 0 or cell_corner[2] < 0:
```

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

```
import math
import numpy as np

def calc_distance_points(p1, p2) -> float:
    """
    Calculate the distance between 2 3D points.

    :param p1: First point.
    :param p2: Second point.
    :return: Distance between the points.
    """
    return math.sqrt(math.pow((p2.x - p1.x), 2) + math.pow((p2.y - p1.y), 2) + math.pow((p2.z - p1.z), 2))

def calc_distance_point_to_edge(point, edge) -> float:
    """
    Calculate the distance of a point to an edge. Taken from here: https://math.stackexchange.com/q/1905581

    :param point: The point.
    :param edge: The edge.
    :return: The distance.
    """
    v1 = [edge.p1.x - point.x, edge.p1.y - point.y, edge.p1.z - point.z]
    v2 = [edge.p1.x - edge.p2.x, edge.p1.y - edge.p2.y, edge.p1.z - edge.p2.z]
    return np.linalg.norm(np.cross(v1, v2)) / np.linalg.norm(v2)

def calc_incircle_radius(p1, p2, p3) -> float:
    """
    Calculate the radius of the incircle in a triangle.
    Based on this formula:
    https://en.wikipedia.org/wiki/Incircle\_and\_excircles\_of\_a\_triangle#Radius

    :param p1: First point of triangle.
    :param p2: Second point of triangle.
    """
```

```
import open3d as o3d
import numpy as np
from itertools import tee
```

```
class Visualizer:
    def __init__(self, points):
        self.points = points
        self.visualizer = None
        self.init_visualiser()
        self.pcd = None
        self.lines_set = None
        self.rotation_angle = 0

    def init_visualiser(self):
        """
        Initialize visualizer.

        :return: None.
        """
        pcd = o3d.geometry.PointCloud()
        points = np.array([(point.x, point.y, point.z) for point in self.points])
        pcd.points = o3d.utility.Vector3dVector(points)

        # Color the point in black.
        points_mask = np.zeros(shape=(len(self.points), 3))
        black_colors = np.zeros_like(points_mask)
        pcd.colors = o3d.utility.Vector3dVector(black_colors)

        # Set up visualizer.
        self.pcd = pcd
        self.visualizer = o3d.visualization.Visualizer()
        self.visualizer.create_window()
        self.visualizer.add_geometry(pcd)

    def update(self, edges, grid triangles, color='red'):
```

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

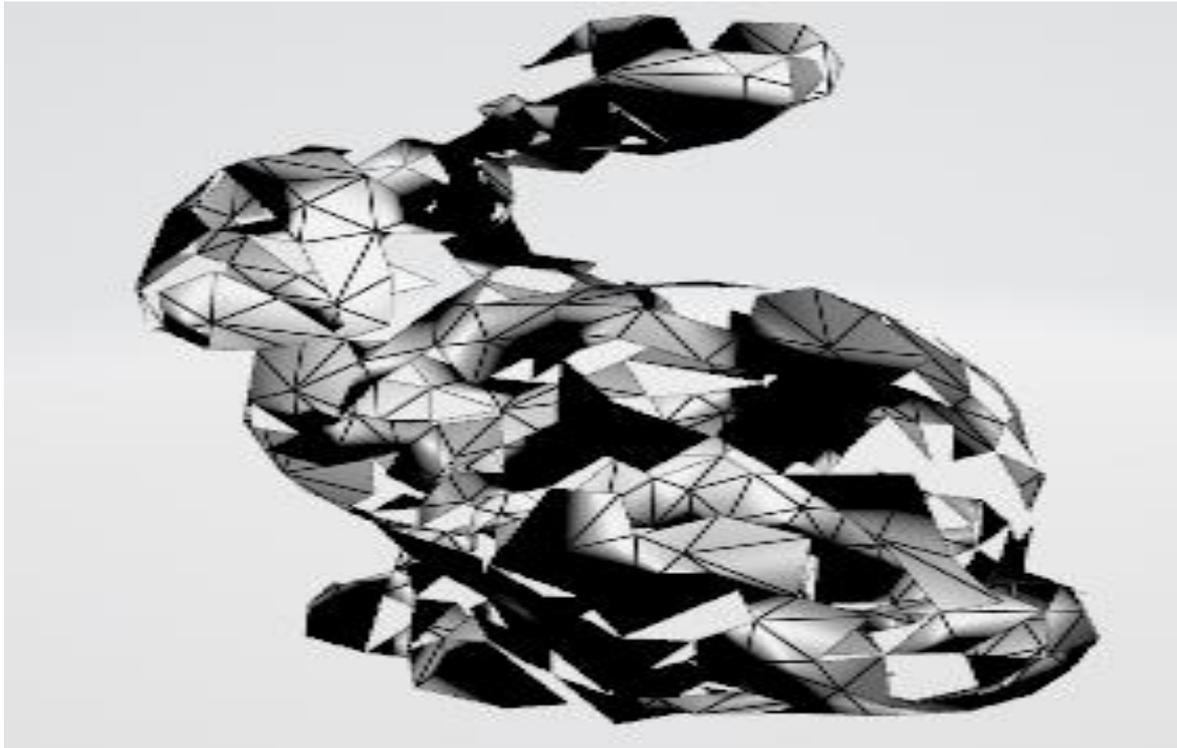


FIGURA 31 RECONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA A PARTIR DE NUBE DE PUNTOS CON SENSOR LIDAR.

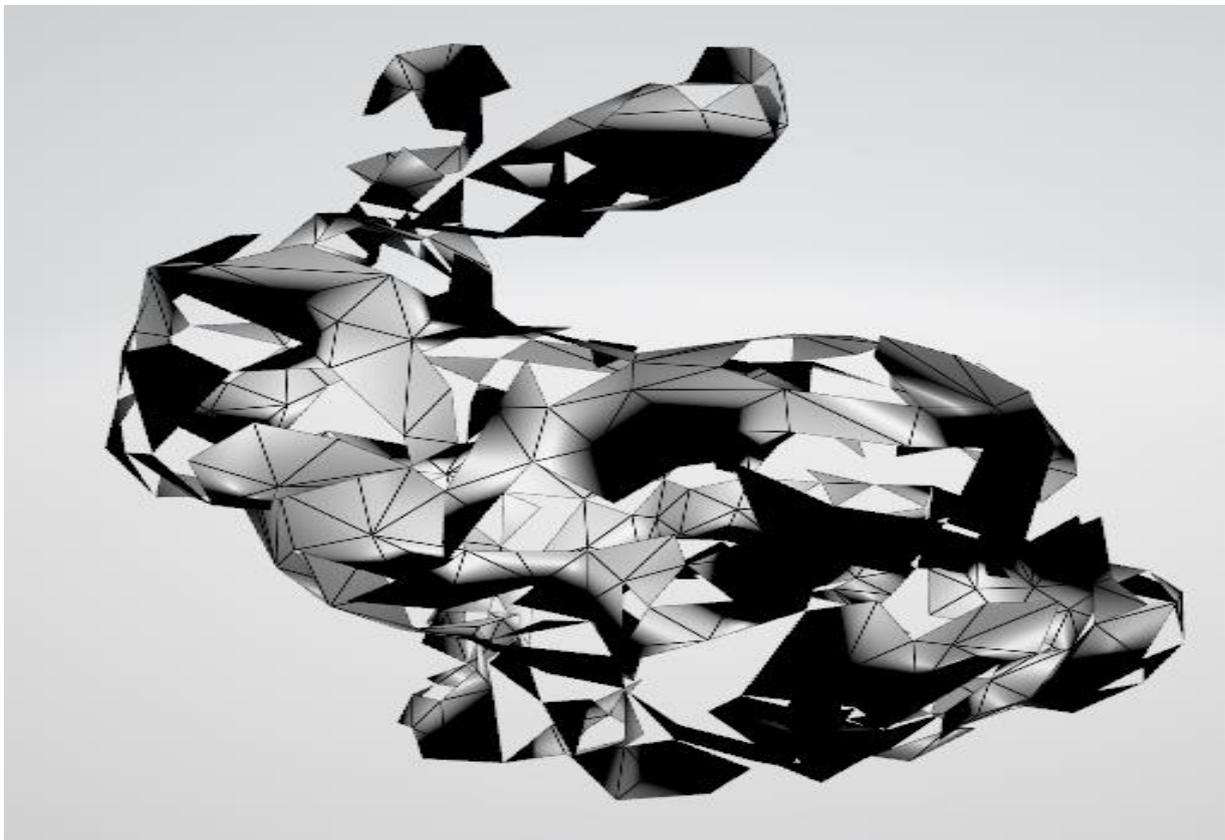


FIGURA 32 RECONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA A PARTIR DE NUBE DE PUNTOS CON SENSOR LIDAR DONDE SE PUEDE OBSERVAR LOS

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

TRIANGULOS GENERADOS.

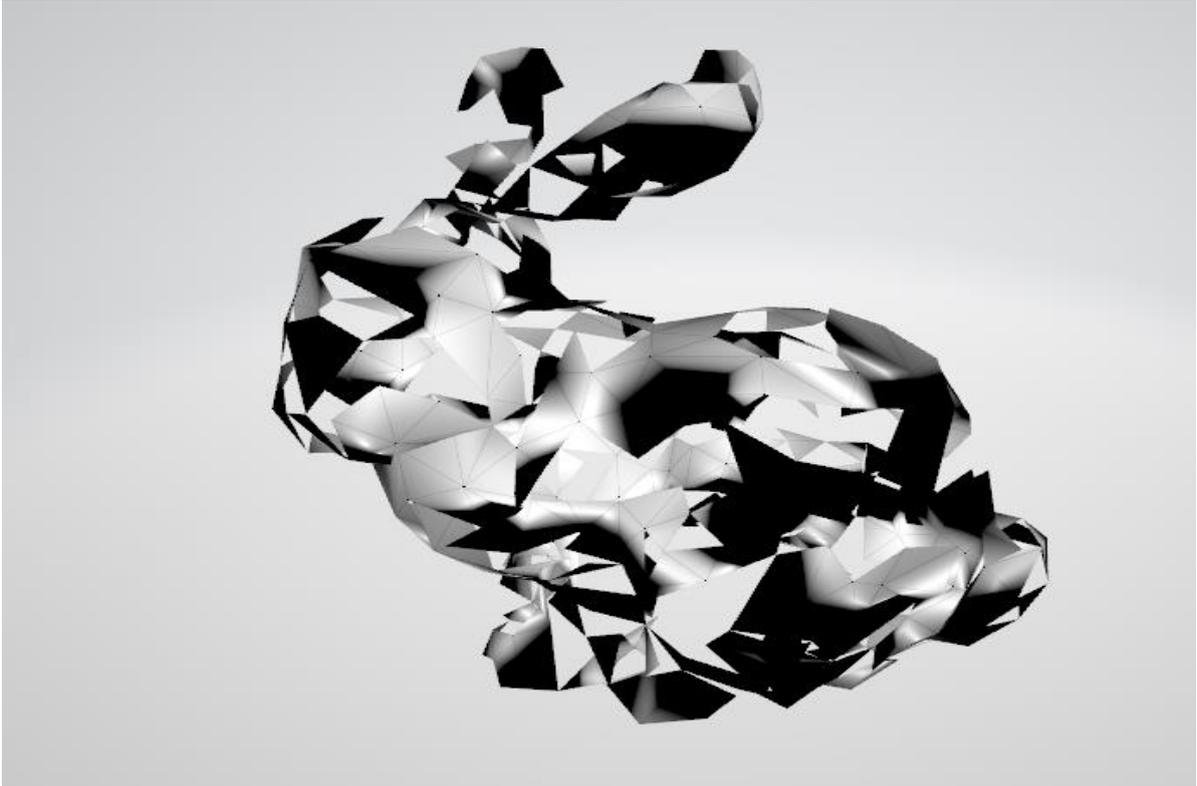


FIGURA 33 RECONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA A PARTIR DE NUBE DE PUNTOS CON SENSOR LIDAR DONDE SE PUEDE OBSERVAR LOS VÉRTICES GENERADOS CON EL ALGORITMO EMPLEADO.

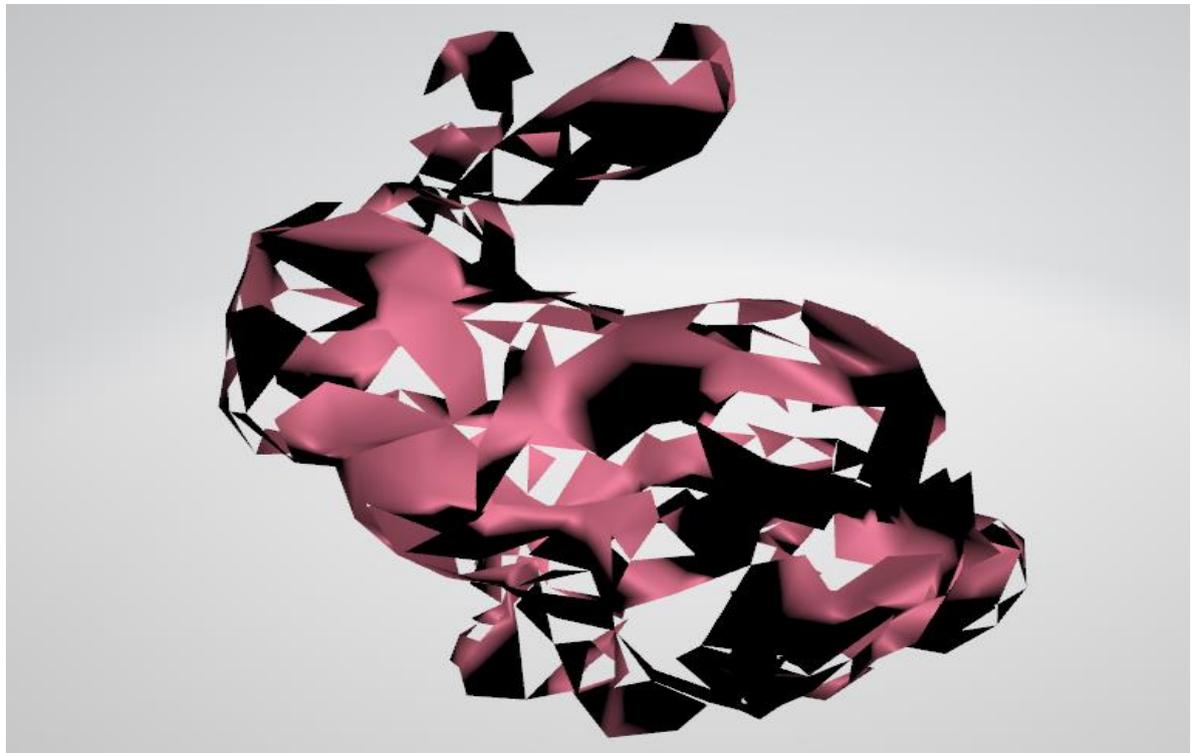


FIGURA 34 RECONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA A PARTIR DE NUBE DE PUNTOS CON SENSOR LIDAR DONDE SE PUEDE OBSERVAR LAS SOMBRAS GENERADOS CON EL ALGORITMO EMPLEADO.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

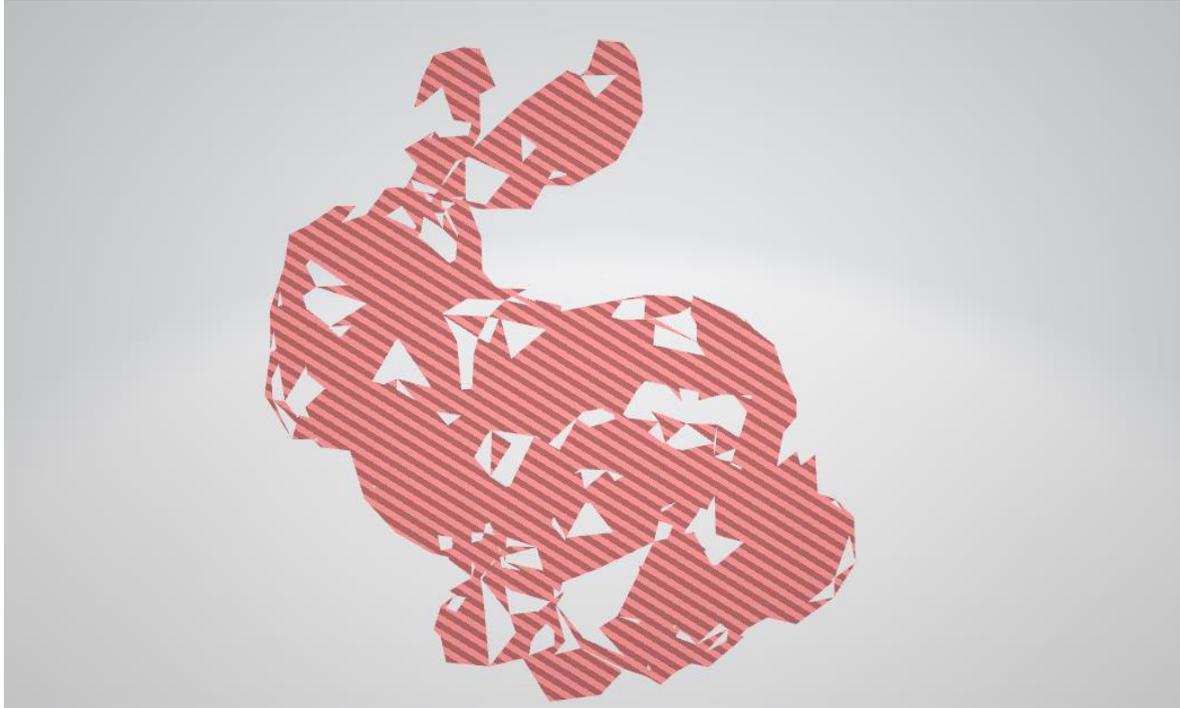


FIGURA 35 RECONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA A PARTIR DE NUBE DE PUNTOS CON SENSOR LIDAR DONDE SE PUEDE OBSERVAR EN MODO ALBEADO GENERADO CON EL ALGORITMO UTILIZADO.

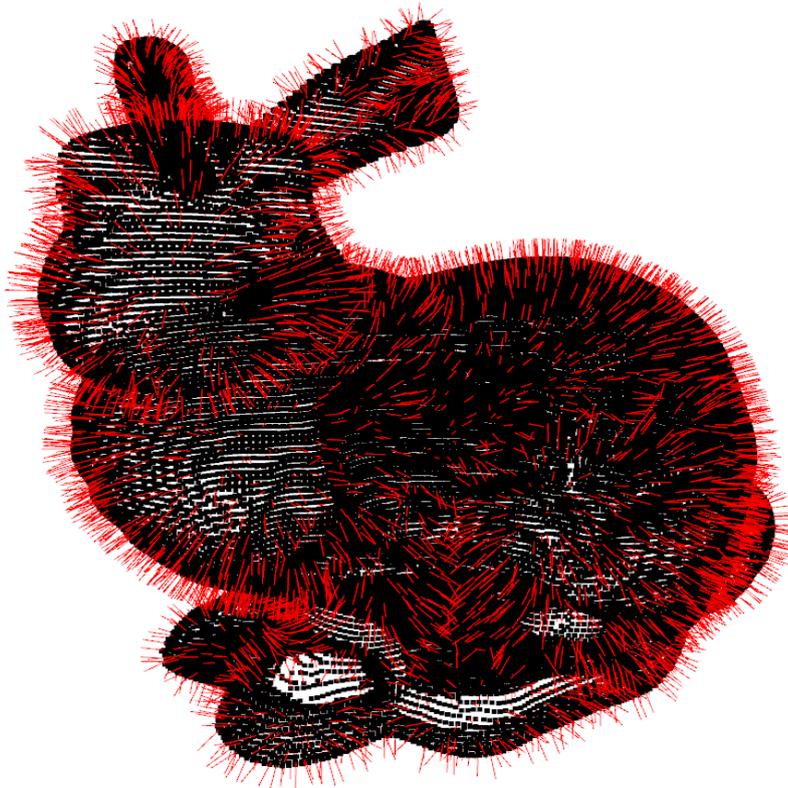


FIGURA 36. RECONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA A PARTIR DE NUBE DE PUNTOS CON SENSOR LIDAR DONDE SE PUEDE OBSERVAR EN MODO ALBEADO GENERADO CON EL ALGORITMO UTILIZADO.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

CONCLUSIÓN

Las innovaciones en los sistemas de escaneado han permitido una mentalidad de rápida captura gracias a las nubes de puntos. Dichas nubes proveen la descripción precisa del modelo de superficie escaneado; considerándose esto como un proceso en gran medida automático. Desafortunadamente, las nubes de puntos capturadas no contienen información adicional sobre los objetos cuya geometría representan.

Actualmente, lograr dicho modelado 3D a partir de la nube de puntos es una tarea difícil que consume tiempo. Problema que se debe principalmente a que los softwares comerciales actuales están enfocados principalmente a edificios de nueva construcción o de superficies planas, por lo que poseen herramientas muy limitadas o poco flexibles para modelar las geometrías complejas o irregulares presentes en las nubes de puntos. La segmentación y el reconocimiento de las nubes de puntos representan los pasos fundamentales para identificar las superficies correctas para el trazado y/o modelado de los objetos paramétricos. Los resultados demuestran que en la actualidad la automatización solo es realmente efectiva con las geometrías primitivas, y que los algoritmos utilizados no están dedicados al enriquecimiento semántico y espacial de los componentes reconocidos. Se han mostrado desarrollos prometedores, pero actualmente no son lo suficientemente precisos ni detallados.

Se considera que el modelado semiautomático, a pesar de ser un proceso que consume mucho tiempo, es hoy en día el flujo de trabajo más eficaz y preciso para optimizar el modelado paramétrico de las superficies complejas capturadas.

Por lo anterior la planificación será un punto clave para obtener buenos resultados. Tener una buena iluminación y metodología simplificarán el proceso. Obtener buenos resultados requiere mucho tiempo y dedicación. La fotogrametría no es perfecta, pero es un buen punto de partida por lo que la calidad del equipo puede mejorar el resultado.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

RECOMENDACIÓN

Aplicaciones del escaneado tridimensional

Existen numerosas aplicaciones para los modelos tridimensionales. Entre ellas, las más importantes son las siguientes:

Industria. Obviamente la industria en general es uno de los grandes usuarios de la modelización tridimensional. El escáner 3D ha encontrado una aplicación insustituible en el control dimensional de fabricación de componentes que requieren tolerancias muy estrictas, como álabes de turbina o los mecanizados de alta precisión. Las piezas se escanean y la nube de puntos se compara con el modelo teórico, permitiendo un control muy minucioso sobre la producción. También se utiliza para "escalar" diseños a partir de modelos creados a mano.

Ingeniería inversa. El objetivo de la ingeniería inversa es la obtención de información o el diseño de un producto accesible al público de forma que pueda investigarse como funciona, de que está hecho y como fue fabricado. Por tanto, la elaboración de un modelo tridimensional de un producto mecánico y de todos los elementos que lo conforman mediante un escáner tridimensional supone una ayuda inestimable en el proceso de ingeniería inversa.

Entretenimiento. Otro de los grandes usuarios de los modelos tridimensionales es el sector del entretenimiento, fundamentalmente en películas y videojuegos. Si bien es cierto que los modelos tridimensionales utilizados podrían generarse directamente por computadora, generalmente escanear un objeto real o incluso esculpirlo y luego escanearlo es mucho más rápido y genera mejores modelos que cualquiera que pudiera generarse por computadora. Actualmente también comienza a verse este tipo de sistemas en el ámbito de la interacción con el usuario, como es el caso de Kinect (11) para Microsoft Xbox.

Patrimonio y arquitectura. Los escáneres tridimensionales son también muy utilizados en el ámbito de la arquitectura en general y del patrimonio histórico, fundamentalmente en esculturas y edificios. En el caso de la arquitectura, se utilizan modelos tridimensionales obtenidos mediante escáner como documentación y para analizar el estado del edificio. En el caso del patrimonio histórico, se utilizan para realizar recreaciones de edificios históricos o de esculturas de forma que contribuyen a la documentación y mantenimiento de dichos elementos, así como permiten el estudio y divulgación de los mismos, por ejemplo, a través de tours virtuales.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

1. Capacidad de análisis y síntesis.
2. Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica.
3. Planificación y gestión del tiempo.
4. Comunicación oral y escrita.
5. Comprensión de textos escritos en una segunda lengua relacionados con la propia especialidad.
6. Habilidades informáticas básicas.
7. Habilidades de búsqueda.
8. Capacidad de aprendizaje.
9. Habilidades de gestión de la información (habilidad para buscar y analizar información procedente de fuentes diversas).
10. Capacidad crítica y autocrítica.
11. Capacidad de adaptación a nuevas situaciones.
12. Capacidad para generar nuevas ideas.
13. Resolución de problemas.
14. Toma de decisiones.
15. Liderazgo.
16. Capacidad para comunicarse con personas expertas en la materia.
17. Habilidades interpersonales.
18. Habilidad para trabajar de forma autónoma.
19. Diseño y gestión de proyectos.
20. Iniciativa y espíritu emprendedor.
21. Interés por la calidad.
22. Orientación a resultados.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

AUTOMATIZACIÓN.

Al pensar en automatización, viene la idea de los robots como empleados en la fabricación y la consecuente desaparición de puestos de trabajo. Aunque esto es cierto, la automatización es mucho más que los robots. Cabe pensar en la forma en que la automatización ha transformado los procesos de diseño y fabricación desde el dibujo técnico y el dibujo CAD en 2D, pasando por el modelado 3D para llegar ahora al diseño generativo.

DISEÑO.

Analizar los objetos, para detectar problemas de diseño, aportar soluciones alternativas y evaluar su viabilidad social, tecnológica y económica.

Dominar las técnicas de representación gráfica de espacios y volúmenes.

Demostrar que se conoce y se está familiarizado con el uso del medio audiovisual, el entorno digital y las herramientas de creación y producción de los mismos.

Demostrar que se comprende el funcionamiento del entorno económico, empresarial, institucional, legal y asociativo en los que se contratan y desarrollan profesionalmente los proyectos y actividades de diseño.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<https://www.definicionabc.com/general/reconstruccion.php>
<https://3dcollective.es/fotogrametria/>
<https://imasgal.com/contenidos-curso-postprocesado-reconstruccion-blender/>
<https://ftp.unsj.edu.ar> › Unidad6 › Introduccion_a_la_Fotogrametria
<http://www.alegsa.com.ar/Dic/3d.php>
<https://geoinnova.org/blog-territorio/comparativa-de-programas-para-fotogrametria/>
<https://dspace.ucuenca.edu.ec> › bitstream
<http://ing.unne.edu.ar/dep/goeciencias/fotointer/pub/teoria2011/parte01/fotom.pdf>
https://mascvux.unex.es/ebooks/sites/...es.../Fotogrametria_9788469713174_0.pdf
<http://www.researchgate.net> › publication › 328612427...
<https://www.unirioja.es/estudios/grados/mecanica/competencias.shtml>
<https://www.autodesk.com/redshift/es/diseño-y-automatización/>
<https://www.uab.cat/web/estudiar/listado-de-grados/plan-de-estudios/competencias/diseño-escuela-adscribita-1345467893070.html?param1=1228291017097>
https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectorgraduacion/archivos/4352_pg.pdf
<https://www.captio.net/blog/las-ocho-etapas-en-el-proceso-de-toma-de-decisiones-de-la-empresa>
<http://www.slideshare.net/wendyskei/elementos-morfológicos-2370497>
<http://arkimundo.blogspot.com/2009/03/arkimundo-n4-bogota-marzo-de-2009.html>
http://www.google.com.mx/search?hl=es&biw=1276&bih=813&defl=es&q=define:L%C3%ADnea&sa=X&ei=7prhTJ-ZDcL38Aaku_zCDw&ved=0CBkQkAE
<https://paupiripau.wordpress.com/codigos-del-diseño-con-chuy-pistola/>
http://www.unex.es/didactica/Tecnologia_Educativa/imagen05.htm
<http://www.crisaguil.com/Talleres/Taller%20Pintura/Texturas/texturas.html>
<http://www.portaldearte.cl/terminos/textura.htm>
<http://www.portaldearte.cl/terminos/forma.htm>
<http://www.portaldearte.cl/terminos/color.htm>
[http://normasapa.net/que-es-un-proyecto-factible-y-como-abordarlo-en-una-tesis/file:///C:/Users/hp/Downloads/214-Texto%20del%20art%C3%ADculo-845-1-10-20150603%20\(2\).pdf](http://normasapa.net/que-es-un-proyecto-factible-y-como-abordarlo-en-una-tesis/file:///C:/Users/hp/Downloads/214-Texto%20del%20art%C3%ADculo-845-1-10-20150603%20(2).pdf)
<https://www.recursosenprojectmanagement.com/aceptacion-del-proyecto/>
http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/39187/3/TFM_Delgado_Arenillas.pdf

- [1] J. Levinson et al., "Towards fully autonomous driving: Systems and algorithms," in 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2011, pp. 163–168.
- [2] C. Reyman and S. Lacroix, "Improving LiDAR point cloud classification using intensities and multiple echoes," in 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015, pp. 5122–5128.
- [3] M. G. Ocando, N. Certad, S. Alvarado, and A. Terrones, "Autonomous 2D SLAM and 3D mapping of an environment using a single 2D LIDAR and ROS," in 2017 Latin American Robotics Symposium (LARS) and 2017 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), 2017, pp. 1–6.
- [4] A. Wehr and U. Lohr, "Airborne laser scanning—an introduction and overview," ISPRS J.

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

Photogramm. Remote Sens., vol. 54, no. 2–3, pp. 68–82, Jul. 1999.

[5] M. Dassot, T. Constant, and M. Fournier, “The use of terrestrial LiDAR technology in forest science: application fields, benefits and challenges,” *Ann. For. Sci.*, vol. 68, no. 5, pp. 959–974, Aug. 2011.

[6] C. Mallet and F. Bretar, “Full-waveform topographic lidar: State-of-the-art,” *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 64, no. 1, pp. 1–16, 2009

[6] C. Mallet and F. Bretar, “Full-waveform topographic lidar: State-of-the-art,” *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 64, no. 1, pp. 1–16, 2009

[7] “Scanning Rangefinder Distance Data Output/URG-04LX-UG01 Product Details | HOKUYO AUTOMATIC CO., LTD.”

[8] K. Kwak, D. F. Huber, H. Badino, and T. Kanade, “Extrinsic calibration of a single line scanning lidar and a camera,” in *2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2011, pp. 3283–3289.

[9] H. F. Murcia, “Memories of Specialized Research Stay LAAS/CNRS,” 2017.

[10] I. García-Gómez, M. Fernández de Gorostiza, A. Mesanza Moraza, and A. M. Moraza, “Láser escáner y nubes de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios,” *Arqueol. la Arquit.*, vol. 0, no. 8, pp. 25–44, Dec. 2011.

[11] R. B. Rusu and S. Cousins, “3D is here: Point Cloud Library (PCL),” in *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2011, pp. 1–4.

[12] “rapidlasso GmbH | fast tools to catch reality.”

[13] “LAStools | rapidlasso GmbH.”

[14] “DELAIR - Professional Drones for Industry and Aerial Data solutions.”

[15] “Monitoring Vegetation Encroachment on Power Line - Delair Tech.”

[16] “Drone Inspection : UAV-Photogrammetry Inspection - Delair Tech.”

[17] “Emergency Mapping : Professional UAVs for Aerial Mapping - Delair Tech.”

[18] A. Hornung, K. M. Wurm, M. Bennewitz, C. Stachniss, and W. Burgard, “OctoMap: an efficient probabilistic 3D mapping framework based on octrees,” *Auton. Robots*, vol. 34, no. 3, pp. 189–206, Apr. 2013.

[19] “ROS.org | About ROS.” [Online]. Available: <https://www.ros.org/about-ros/>. [Accessed: 09-May-2019].

[20] H. Zhuang, Z. S. Roth, and F. Hamano, “A complete and parametrically continuous kinematic model for robot manipulators,” *IEEE Trans. Robot. Autom.*, vol. 8, no. 4, pp. 451–463, 1992.

[21] J. Morales et al., “Design and development of a fast and precise low-cost 3D laser rangefinder Navegación de un robot móvil sobre terreno irregular con contacto de su brazo con el suelo View project Design and Development of a Fast and Precise Low-Cost 3D Laser Rangefinder C,” pp. 621–626, 2011.

[22] D. Klimentjew, M. Arli, and J. Zhang, “3D Scene Reconstruction Based on a Moving 2D Laser Range Finder for Service-Robots.”

[23] C.-S. Park, D. Kim, B.-J. You, and S.-R. Oh, “Characterization of the Hokuyo UBG04LX-F01 2D laser rangefinder,” in *19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication*, 2010, pp. 385–390.

[24] C. X. Guo and S. I. Roumeliotis, “An analytical least-squares solution to the line scan LIDAR-camera extrinsic calibration problem,” in *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2013, pp. 2943–2948.

[25] J. L. Martínez, J. Morales, A. J. Reina, A. Mandow, A. Pequeño-Boyer, and A. García-Cerezo, “Construction and Calibration of a Low-Cost 3D Laser Scanner with 360 Field of View for Mobile Robots.”

[26] J. Morales, J. Martínez, A. Mandow, A. Reina, A. Pequeño-Boyer, and A. García-Cerezo, “Boresight Calibration of Construction Misalignments for 3D Scanners Built with a 2D Laser Rangefinder Rotating on Its Optical Center,” *Sensors*, vol. 14, no. 11, pp. 20025–20040, Oct. 2014.

[27] Y. Zeng et al., “An Improved Calibration Method for a Rotating 2D LIDAR System,” *Sensors*, vol. 18, no. 2, p. 497, Feb. 2018.

[28] D. Mader, P. Westfeld, and H.-G. Maas, “An Integrated Flexible Self-Calibration Approach

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

for 2D Laser Scanning Range Finders Applied to the Hokuyo UTM-30LX-EW.”

[29] P. Olivka, M. Krumnikl, P. Moravec, and D. Seidl, “Calibration of Short Range 2D Laser Range Finder for 3D SLAM Usage,” *J. Sensors*, vol. 2016, pp. 1–13, 2016.

[30] J. Kang and N. L. Doh, “Full-DOF Calibration of a Rotating 2-D LIDAR with a Simple Plane Measurement,” *IEEE Trans. Robot.*, vol. 32, no. 5, pp. 1245–1263, Oct. 2016.

[31] H. Murcia, M. Monroy, and L. Mora, “3D Scene Reconstruction Based on a 2D Moving LiDAR,” p. 15, 2018.

[32] M. J. Lato, M. S. Diederichs, and D. J. Hutchinson, “Bias Correction for View-limited Lidar Scanning of Rock Outcrops for Structural Characterization,” *Rock Mech. Rock Eng.*, vol. 43, no. 5, pp. 615–628, Sep. 2010.

[33] C. E. Blenkinsopp, M. A. Mole, I. L. Turner, and W. L. Peirson, “Measurements of the time-varying free-surface profile across the swash zone obtained using an industrial LIDAR,” *Coast. Eng.*, vol. 57, no. 11–12, pp. 1059–1065, Nov. 2010.

[34] C. Liu and Y. Zhang, “3D Trajectory Reconstruction from Monocular Vision Based on Prior Spatial Knowledge,” *IEEE Sens. J.*, vol. 16, no. 3, pp. 817–822, 2016.

[35] T. Saito et al., “Using airborne LiDAR to determine total sapwood area for estimating stand transpiration in plantations,” *Hydrol. Process.*, vol. 29, no. 24, pp. 5071–5087, Nov. 2015.

[36] K. Richter, H.-G. Maas, P. Westfeld, and R. Weiß, “An Approach to Determining Turbidity and Correcting for Signal Attenuation in Airborne Lidar Bathymetry,” *PGF – J. Photogramm. Remote Sens. Geoinf. Sci.*, vol. 85, no. 1, pp. 31–40, Feb. 2017.

[37] R. Zhou, W. Jiang, W. Huang, B. Xu, and S. Jiang, “A Heuristic Method for Power Pylon Reconstruction from Airborne LiDAR Data,” *Remote Sens.*, vol. 9, no. 11, p. 1172, Nov. 2017.

[38] T. Jones, L. Marzen, and A. Chappelka, “Mapping, Modeling, and Estimating Tree Measurements of Urban Tree Canopy Structure Using Terrestrial LiDAR Scanning,” *Pap. Appl. Geogr.*, vol. 2, no. 2, pp. 236–242, Apr. 2016.

[39] “Ultra Puck VLP-32C.” [Online]. Available: <https://velodynelidar.com/vlp-32c.html>.

[40] “Motores Paso a Paso: Motor paso a paso con reductor 1.2 ~ 3.6RPM.” [Online]. Available: <https://didacticaselectronicas.com/index.php/elementoselectromecanicos/motores-y-solenoides-1/motores-paso-a-paso/motorreductor-1-2-3-6rpm-motorreductor-planetario,-motor-paso-a-paso-36gp100bf-42h250b08-step-stepstepper-detail>.

[41] “Controladores: Controlador para motores paso a paso (EasyDriver).” [Online]. Available: <https://didacticaselectronicas.com/index.php/robotica/controladores1/controlador-controladores-driver-drivers-easydriver-v44-a3967-motor-paso-a-paso-v44-a3967-detail>

[42] “Tarjeta compatible Nano. Con driver CH340.” [Online]. Available: <https://didacticaselectronicas.com/index.php/sistemas-de-desarrollo/tarjeta-compatiblenano-incluye-cable-usb-coma0005-ch340-arduino-nano-detail>.

[43] Raspberry.org, “Buy a Raspberry Pi 3.” [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/#c-find-reseller>.

[44] Ros.org, “Nodes - ROS Wiki.” [Online]. Available: <http://wiki.ros.org/Nodes>.

[45] Flask.pocoo.org, “Welcome | Flask (A Python Microframework).” [Online]. Available: <http://>

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

GLOSARIO

ISO: Generalmente la más baja posible permitida por la cámara (ISO 100 en nuestro caso) para evitar el ruido, ya que el ruido puede confundir al software durante el proceso de escaneo.

F-Number: Generalmente intentaremos usar un diafragma lo más cerrado posible para aumentar la profundidad de campo y evitar así pérdida de nitidez por desenfoque. Valores entre f8 y f22.

Velocidad de obturación: Aunque estemos usando un buen trípode, recomiendo usar velocidades de disparo rápidas para maximizar la nitidez. Dependiendo de la óptica 1/125s por ejemplo.

Iluminación y fondo: Es importante usar fuentes de luz grandes situadas de forma frontal para eliminar sombras indeseadas en nuestro modelo. Si se trata de objetos brillantes esféricos (como frutas) es preferible usar un fondo negro y evitar luces laterales para neutralizar al máximo los especulares. Para objetos menos brillantes como rocas, etc podemos usar un chroma que nos facilitara la tarea de crear las máscaras posteriormente. Otra alternativa sería usar 2 luces situadas a 45° respecto a la cámara.

Cantidad de fotos: Normalmente es necesario un 75-80% de superposición de datos entre fotografías para obtener buenos resultados. Se recomienda un mínimo de 64 fotografías para cada rotación completa y suele ser necesario hacer 3 alturas diferentes. Por regla general son necesarias de 100 a 150 fotografías como MÍNIMO por modelo para obtener buenos resultados.

Encuadre: Cada pixel de nuestra fotografía es información útil que el programa de fotogrametría puede usar para añadir detalle, de manera que trataremos siempre de llenar el encuadre con nuestro modelo para desperdiciar la mínima cantidad de pixeles posibles. Si se trata de objetos muy pequeños, necesitaremos una lente macro para poder acercarnos más y poder enfocar.

Exposición: Para aprovechar al máximo la información contenida en el negativo digital hay que intentar "derechar" (esta técnica consiste en llevar la parte más luminosa de la imagen al límite de blancos que soporte nuestro sensor. Es decir, sobreexponer nuestra imagen al máximo, pero evitando quemar ninguna parte de la misma. De esta manera estoy utilizando la mayor cantidad de luz posible

RECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS A BASE EN NUBE DE PUNTOS CON UN SENSOR LIDAR DE BAJO COSTO.

para crear la imagen y, por lo tanto, la mayor cantidad de información) el histograma (exponer para las altas luces) sin sobreexponer partes importantes del modelo.

Formato de archivo: Este es un aspecto muy importante de la captura de fotografías para fotogrametría. Se recomienda usar el formato RAW de nuestra cámara para obtener imágenes de 14-16bpc que nos permitirán posteriormente obtener la información lineal para nuestro albedo. Si buscamos un albedo lo más correcto posible, necesitaremos crear una versión lineal de nuestro archivo RAW usando por ejemplo DCRAW. Si el resultado es demasiado “lavado” podemos hacer dos versiones de nuestras fotografías: Una versión lineal para proyectar las texturas de albedo al completar el proceso y una versión más contrastada para facilitar la tarea del software de fotogrametría.

A la hora de tomar las fotografías es muy importante ser extremadamente metódico, por ejemplo, podemos marcar nuestra peana giratoria para usar siempre la misma cantidad de grados en cada posición (entre 5° y 10°) y hacer las fotografías siempre en el mismo orden.