

ANALYSIS OF THE LUMINOUS PARAMETERS IN THE THREE-DIMENSIONAL DIGITIZATION OF OBJECTS WITH A VOLUME OF UP TO 1m³, THROUGH THE USE OF AN INFRARED SENSOR
ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS LUMÍNICOS EN LA DIGITALIZACIÓN TRIDIMENSIONAL DE OBJETOS DE VOLUMEN DE HASTA 1m³, MEDIANTE EL USO DE UN SENSOR INFRARROJO

Diego Bustos Cervantes ¹

Bryan Cardoso Gallardo²

Ronny Torres Loyo³

Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: dbustos@istct.edu.ec

E-mail: bcardosog@istct.edu.ec

E-mail: rtorresl@istct.edu.ec

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se desarrolla una escena controlada para la digitalización de elementos de menos de un metro cúbico, por otro lado, se intenta analizar todos los parámetros lumínicos presentados en un entorno utilizando diferentes tipos de luz y fondos, mismos que permiten alcanzar un porcentaje correspondiente a los resultados que se producen al utilizar un escáner 3D. Para la digitalización se recomienda diseñar y fabricar una base giratoria que pueda soportar objetos en donde se toma como referencia el peso y altura promedio de una persona, según datos de la INEC los valores son de hasta 75 [kg] y una altura de 1,70 [m], además se incorpora un soporte que sostiene el escáner Kinect en su lugar para generar un barrido dimensional completo mientras el objeto gira alrededor del mismo eje.

Palabras clave— Digitalización; escáner en 3D; parámetros lumínicos; infrarrojo; ultravioleta.

ABSTRACT

In the present research work, a controlled scene is developed for the digitization of elements of less than 1 cubic meter, on the other hand, an attempt is made to analyze all the lighting parameters presented in an environment using different types of light and backgrounds, which allow reaching a percentage corresponding to the results produced when using a 3D scanner. For digitization, it is recommended to design and manufacture a rotating base that can support objects where the average weight and height of a person is taken as a reference, according to INEC data the values are up to 75 [kg] and a height of 1.70 [m], In addition, a bracket is incorporated that holds the Kinect scanner in place to generate a full dimensional scan while the object rotates around the same axis.

Index terms—digitization; 3D scanner; light parameters; infrared; ultraviolet.

1. INTRODUCCIÓN.

La digitalización 2D es una representación gráfica que sólo emplea dos de las tres dimensiones del espacio, por lo general el ancho y el largo, pero no la profundidad.

Debido a que los elementos representados sólo tienen dos dimensiones, su manejo es mucho más sencillo para las máquinas, por lo que durante muchos años fue el estándar de representación gráfica. Hoy en día se usa generalmente con fines meramente estéticos, como por ejemplo la elaboración de planos. (Gamerdic, 2013)

La digitalización 3D es un proceso en el cual permite crear la réplica de un objeto en un formato digital, capturando así su forma, texturas y colores. La réplica creada, puede ser modificada, con la ayuda de cualquier software. (Mesurex, 2018)

Es habitual que las empresas utilicen herramientas tradicionales como micrómetros, calibradores vernier y máquinas de medición por coordenadas, que suelen ser las herramientas más utilizadas y brindan esta función en la metrología. El problema es que se vuelve demasiado lento al crear constantemente dimensiones a partir de diferentes objetos, y funciona para datos muy específicos porque es difícil medir diferentes geometrías debido a la mayor complejidad. en su forma o tamaño (Talentum, 2016)

A causa de lo que antes se menciona resulta más factible implementar el uso de un equipo de digitalización, por ende, a continuación, se describe el procedimiento más usado a través de un escáner 3D.

Un escáner 3D es un implemento que permite la facilidad de analizar las geometrías de un objeto mediante un infrarrojo, el escáner genera una línea de trayectoria en donde toca el objeto físicamente pero no visiblemente para el ojo humano. Con esto el escaneado 3D captura los datos de su forma creando una nube de puntos a

partir de muestras geométricas en la superficie del objeto, proporcionando así la distancia a todos esos puntos. (Talentum, 2016)

Por lo tanto, las incógnitas a responder son:

- ¿Qué es la nube de puntos?
- ¿Para qué sirve?

La nube de puntos es un conjunto de vértices que contienen la información necesaria para generar un modelo virtual. Sirve para construir modelos digitales tridimensionales, esta información es utilizable para objetivos como ingeniería inversa, control de calidad, obtención de planimetrías. El máximo beneficio del escaneado 3D es la realización de estas labores en menos tiempo en comparado con el que tomaría realizarlo con las herramientas convencionales, además soluciona los problemas respecto a la medición de variados objetos y de distintas complejidades, ya que evita el contacto físico con él objeto. (Talentum, 2016).

Por consiguiente, se puede encontrar a disposición dos diferentes tipos de escáner: fijos y móviles.

Los escáneres fijos requieren de una base giratoria que permita la toma de datos al momento de rotar, mientras en el de tipo móvil es utilizado manualmente o con un brazo articulado para realizar el escaneo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. TIPOS DE ESCÁNER

2.1.1. Escáner de tipo fijo

Escáner Phiz 3D. – Mantiene un rango de escaneo totalmente ajustable. Puede escanear cualquier objeto de entre 50 y 400 [mm³], siempre que pese menos de 2 [kg], el siguiente escáner se puede apreciar en la figura 1. (Craftcloud, 2019)



Figura 1 Escáner Phiz 3D

Fuente: (Craftcloud, 2019)

RevoPoint POP. – permite un escaneo de texturas y una velocidad de escaneo de 8 fps (cuadros por segundo), el RevoPoint POP, permite escanear objetos de dos maneras: fija o libre, el siguiente escáner se puede apreciar en la figura 2. (Craftcloud, 2019)



Figura 2 RevoPoint POP

Fuente: (Craftcloud, 2019)

Escáner 3D V2 de Matter and Form. –Junto con el nuevo software MFStudio, el escáner 3D V2 de Matter and Form es capaz de capturar estructuras de forma más rápida, el siguiente escáner se puede apreciar en la figura 3. (Craftcloud, 2019).



Figura 3 Escáner 3D V2 de Matter and Form

Fuente: (Craftcloud, 2019)

Sol de Scan Dimension. –Gestiona numerosas aplicaciones, desde reemplazar o emparejar piezas rotas hasta replicar artículos únicos, y escanea tanto la geometría de los objetos como su textura, el siguiente escáner se puede apreciar en la figura 4. (Craftcloud, 2019)



Figura 4 Sol de Scan Dimension

Fuente: (Craftcloud, 2019)

2.1.2. Escáner de tipo móvil

EinScan H de Shining. – incorpora tanto una fuente de infrarrojos como la propia fuente LED de Shining. La fuente de luz infrarroja permite capturar datos en 3D del cabello y otros objetos oscuros sin que resulte demasiado molesto para los ojos, el siguiente escáner se puede apreciar en la figura 5. (Craftcloud, 2019)



Figura 5 EinScan H de Shining

Fuente: (Craftcloud, 2019)

Peel 3D 1, 2 y 2-S. – Su campo de visión le proporciona una enorme resolución de hasta 0,1 [mm]. Resulta excelente cuando se utiliza con un simple plato giratorio, el siguiente escáner se puede apreciar en la figura 6. (Craftcloud, 2019)



Figura 6 Peel 3D 1, 2 y 2-S

Fuente: (Craftcloud, 2019)

Academia 20 de Creaform. – Ofrece un área de escaneo de 143 x 108 [mm], y es capaz de capturar detalles de hasta 0,1 [mm], proporciona acceso ilimitado a materiales didácticos gratuitos, que abarcan el escaneo, la ingeniería inversa y la inspección, y que están alineados con los estándares del sector, el siguiente

escáner se puede apreciar en la figura 7. (Craftcloud, 2019)



Figura 7 Academia 20 de Creaform

Fuente: (Craftcloud, 2019)

Artec Eva – Este escáner 3D de luz estructurada es la elección ideal para hacer un modelo 3D rápido, preciso y con textura de un objeto de tamaño mediano, tal y como los son un busto humano, una rueda de alineación o el sistema de escape de una motocicleta. Escanea de forma rápida, capturando medidas precisas en alta resolución, el siguiente escáner se puede apreciar en la figura 8. (Craftcloud, 2019)



Figura 8 Artec Eva

Fuente: (Craftcloud, 2019)

2.2. ENTORNO PARA ESCANEADO 3D

Es un espacio tal cual se observa en la figura 9, en donde se ubica un escáner 3D, un brazo articulado, una base, el objeto a digitalizar, y para ello los factores que intervienen son: iluminación, color de fondo y el tipo de luz a emplear, dependerán para una toma de detalle del objeto.



Figura 9: entorno para escanear

Fuente: (work, 2021)

A continuación, en la tabla 1 se ubican los datos técnicos de un escáner, los dispositivos a analizar son los mas usados en el mercado y estos son: RevoPoint POP, EinScan H de Shining, ArtecEva y el Kinect.

Tabla 1

Datos técnicos de un escáner

Escáner	Precisión [mm]	Área de escaneo [mm]	Precio [dólares]
RevoPoint POP	0.3	210x130	\$ 665.00
EinScan H de Shining	0.05	780x900	\$ 5,000.00
ArtecEva	0.1	536x371	\$ 16,600.00
Kinect	0.1	280x310	\$ 140.00

Fuente: (Craftcloud, 2019), (Microsoft, 2013)

En la tabla 2 se realiza una matriz de decisión en donde se tiene una ponderación del 1-10, siendo (1) es el valor más bajo y siendo (10) el valor más alto.

La designación de datos para la matriz es:

- a: Escáner RevoPoint POP
- b: EinScan H de Shining
- c: ArtecEva
- d: Kinect

Tabla 2

Matriz de decisión

Escáner	Precisión	Área	Precio	Total
Peso	10	5	8	
a	8	6	5	150
b	10	10	1	158
c	5	10	1	108
d	5	8	10	170

Fuente: propia

En base a los datos analizados el mejor escáner es el EinScan H de Shining por sus características, pero el costo es elevado. En base a la ponderación se aprecia que uno de los escáneres que cuantifica las características más parecidas al del escáner

anteriormente mencionado es el Kinect.

2.2.1 Iluminación

La iluminación es importante para conseguir una imagen de calidad del escáner 3D, ya que la luz permite a la cámara captar los detalles. Por este motivo es apropiado el uso de una bombilla fuerte y estable a 450 [lumen] (son una medida de la cantidad total de luz visible), ya que el escáner 3D es sensible a los movimientos y las variaciones de luminosidad.

2.2.2 Luz natural

La luz natural es definida por factores climáticos que distribuyen de diferente manera la intensidad lumínica, una luminosidad para emplear en el escaneo 3D debe ser constante y sin exceso de brillo; debido a que este afectará la digitalización porque interfiere en la toma de datos del infrarrojo o del láser.

Por esta razón la luz emitida por el sol a mediodía genera sombras y un menor detalle de la geometría. En la tabla 3 se observa las horas con suficiente luminosidad y sin variación.

Tabla 3

Horario de luminosidad constante

Periodo del día	Horario
Día	(08:00 a 10:00) am
Tarde	(16:00 a 18:00) pm

Fuente: propia

La luz natural tiene características ultravioletas, definidas de esta manera: como el conjunto de radiaciones del espectro electromagnético con longitudes de onda menores que la radiación visible (luz), desde los 400 hasta los 150 nm. (edunet, 2014)

Se suelen diferenciar tres bandas de radiación UV: UV-A, UV-B y UV-C.

A continuación, en la tabla 4, se encuentra la longitud de cada tipo de radiación.

Tabla 4

Tipos de banda UV

Banda de radiación	Longitud de onda [nm]
UV-A	320 a los 400
UV-B	280 a los 320
UV-C	menores de 280

Fuente: (edunet, 2014)

Los datos observados en la tabla 4 sirven para conocer en qué longitud de onda se capta la geometría del objeto con el uso del infrarrojo. Para un mejor entendimiento véase la figura 11 en donde se hace la comparativa de las bandas de radiación y el infrarrojo.

Una ventaja del uso de la luz natural es que se evita el consumo eléctrico, generando así un beneficio económico.

Además, en la figura 10a se encuentra el espectro de la luz natural, acompañado de otros tipos de iluminación, que van a ser descritos a continuación.

2.2.3 Luz artificial

Es un tipo de luz que es producida por humanos en lugar de fuentes naturales. A menudo se utiliza para iluminar áreas en donde se note la escasez de luz natural, como los espacios interiores. La luz artificial puede ser producida por una variedad de fuentes, como bombillas incandescentes, bombillas fluorescentes, luces LED y halógenas. (EDUTECHNE, 2018)

En la tabla 5 se observa las longitudes de ondas de los tipos de luces anteriormente descritos.

Tabla 5

Longitud de onda de los tipos de luces

Tipo de luz	Figura	Longitud de onda [nm]
Luz natural	10a	400 a 700
Luz incandescente	10b	360 a 930
Luz fluorescente	10c	500 a 650
Luz halógena	10d	400 a 700
Led Blanco	10e	400 a 680
Led cálido	10f	460 a 700

Fuente: (Light, 2021)

En la figura 10 se encuentran graficados los distintos espectros de luces naturales y artificiales. En donde en el apartado del eje X se observa la longitud de onda y en el eje Y se observa la intensidad de onda.

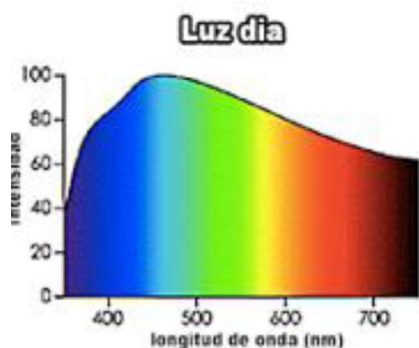


Figura 10a: luz día

Fuente: (Eductor, 2017)

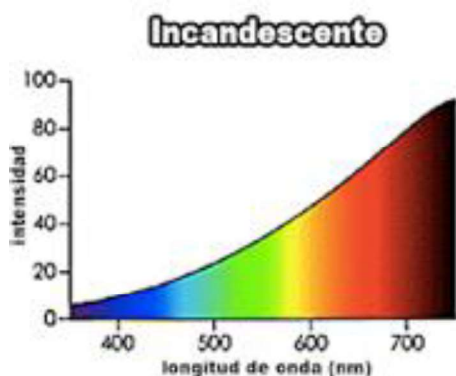


Figura 10b: luz incandescente

Fuente: (Eductor, 2017)

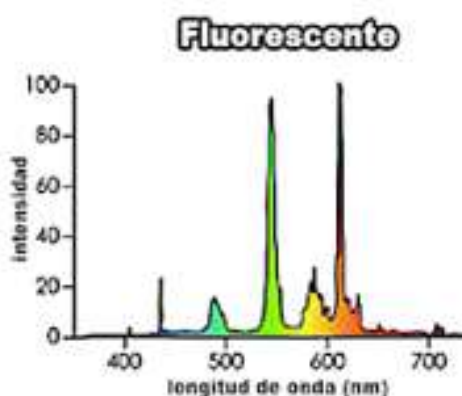


Figura 10c: luz fluorescente

Fuente: (Eductor, 2017)

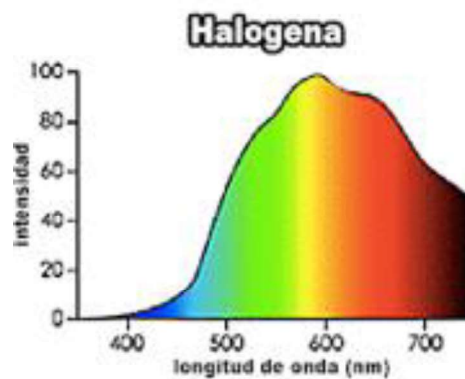


Figura 10d: luz halógena

Fuente: (Eductor, 2017)

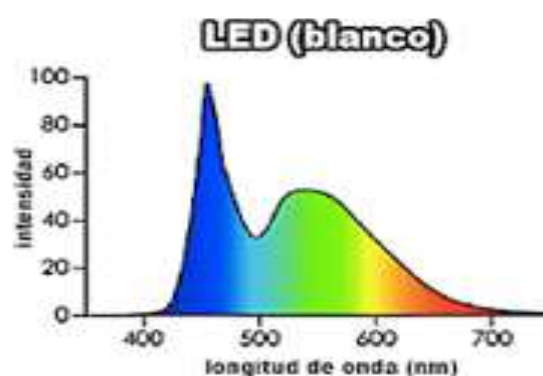


Figura 10e: LED blanca

Fuente: (Eductor, 2017)

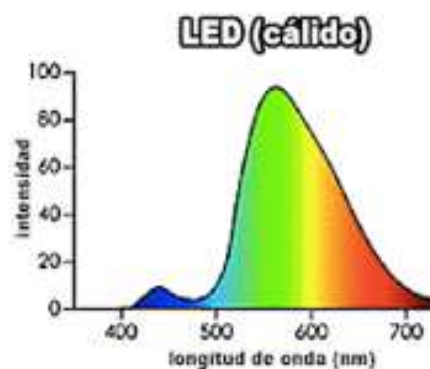


Figura 10f: LED cálida

Fuente: (Eductor, 2017)

Para hacer las comparativas con el infrarrojo se debe conocer sus tipos y los rangos de visión de los mismos. En la tabla 6 se detallarán las longitudes de onda y su visibilidad.

Tabla 6

Tipos de infrarrojos

Infrarrojo	Longitud [nm]	Visibilidad
Media	3.000 a 8.000	Luz invisible
Baja	1.400 a 3.000	Luz invisible
Cercana	750 a 1.400	Visibilidad de un color rojo cereza intensa

Fuente: (Light, 2021)

El Kinect emplea un sensor de infrarrojos, el cual se sitúa en el rango de captación del espectro electromagnético del infrarrojo cercano entre 780 y 1.400 [nm]. (Sebastián Magallón, 2010)

En base a lo descrito entre los tipos de luces se puede visualizar en las figuras 12 a 17 la comparativa de cada uno de ellos con la luz infrarroja.

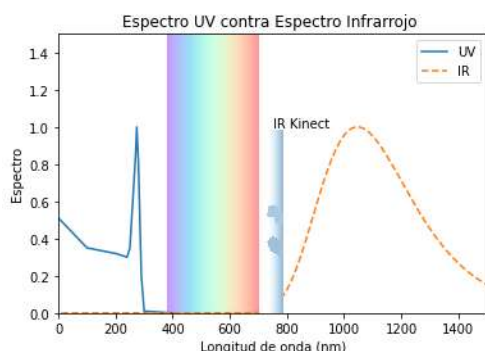


Figura 11: Espectro UV vs Infrarrojo

Fuente: propia

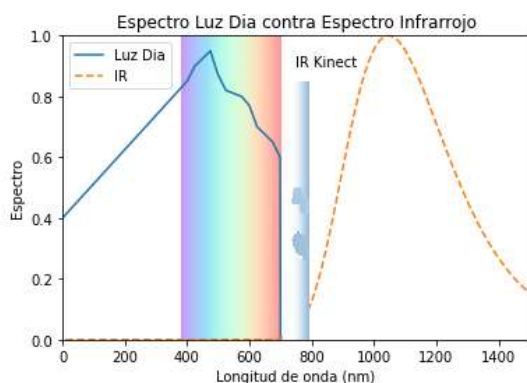


Figura 12: luz natural vs infrarroja

Fuente: propia

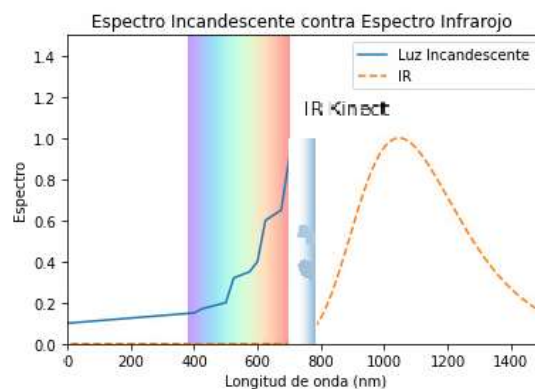


Figura 13: luz incandescente vs infrarroja

Fuente: propia

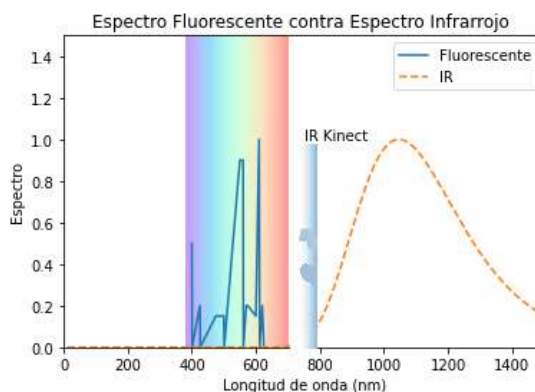


Figura 14: luz fluorescente vs infrarroja

Fuente: propia

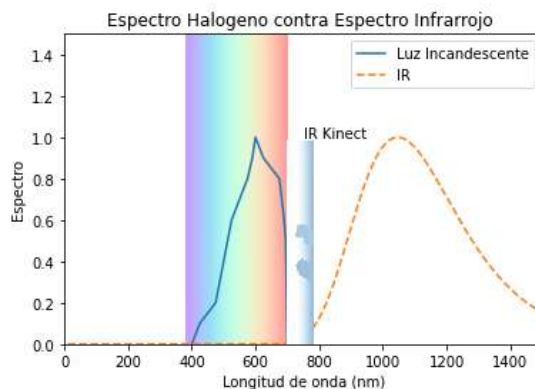


Figura 15: luz halógena vs infrarroja

Fuente: propia

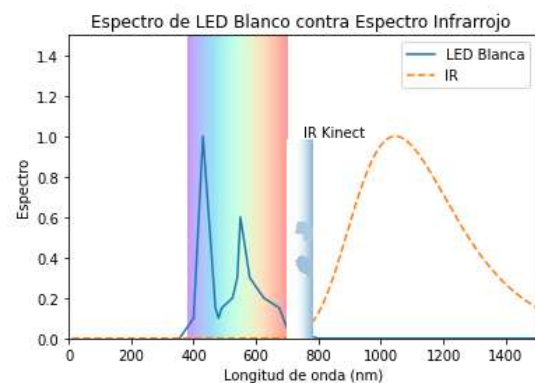


Figura 16: LED blanco vs infrarroja

Fuente: propia

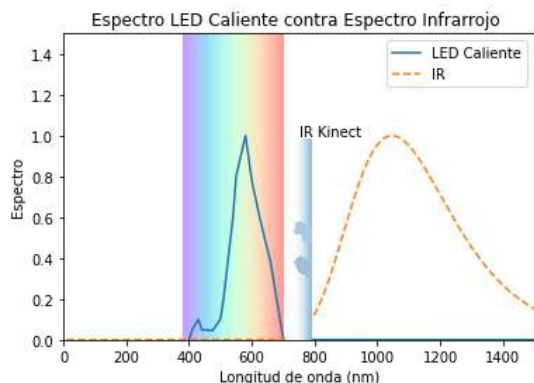


Figura 17: LED cálida vs infrarroja

Fuente: propia

2.3. Color del fondo para el ambiente del escaneo

El fondo es una herramienta que permite afinar el detalle que se genera al momento de la toma de datos, evitando que el escáner desenfoque. El color de fondo para escanear es importante debido a que afecta la calidad de detalles de la imagen. Los diferentes colores que se utilizan son: verde, negro, azul y blanco. (Félix Galindo Marín, 2014)

A continuación, en la tabla 7, se encuentra la aplicación de cada color usado para el fondo.

Tabla 7

Colores usados en fondos

Color	Aplicación
Verde	Contraste de color
Negro	Evitar sombras
Azul	Tomas nocturnas
Blanco	Calidad de detalles

Fuente: (Yeager, 2020)

2.4. RANGO DE VISIÓN

El campo de visión de un escáner, también llamado rango de escaneo es fijo en algunos dispositivos y ajustable en otros a través de una configuración del hardware. A menos que sea necesario en función de la aplicación requerida. El rango de escaneo, generalmente se expresa en tres dimensiones. Largo x ancho x alto. (SICNOVA, 2019)

Es por este motivo que el enfoque para la realización de pruebas es el Kinect, debido a que ofrece un mayor rango de visión, en donde la distancia máxima de 3

metros permite que la toma de datos para digitalización 3D sea eficiente, ya que se evita perder detalles de la geometría y tiene un costo accesible. (Microsoft, 2013)

A continuación, en la tabla 8 se encuentra las especificaciones del sensor Kinect.

Tabla 8

Especificación del campo de visión sensor Kinect

Especificaciones	
Campo de visión	*Vertical: 43 grados
	*Horizontal: 57 grados
	*Inclinación física: +/- 27 grados
	*Profundidad: 1.2 -3.5 metros

Fuente: (Nuño, 2012)

El dispositivo cuenta con: una cámara RGB en resoluciones de 640x480 (VGA) y 1280x1024 píxeles, sensor de profundidad (proyector IR + cámara IR) en resoluciones de 640x480 (VGA), 320x240 (QVGA) y 80x60 píxeles; un motor para controlar la inclinación del dispositivo y un arreglo de cuatro micrófonos distribuidos a lo largo del sensor, estos componentes se pueden observar en la figura 18. (Microsoft, 2013)



Figura 18: sensor Kinect

Fuente: (Diego, 2015)

Cámara RGB: Dependiendo del SDK (Software Development Kit) utilizado, esta cámara es capaz de operar con dos formatos de imagen: formato RGB y formato YUV. En formato RGB (red, green, blue), cuenta con un sensor que mide la capacidad de luz dentro del espectro visible de los tres colores primarios, permite hasta treinta imágenes pueden ser generadas por

segundo, (30fps). (Microsoft, 2013)

YUV es un modelo de color que se utiliza normalmente como parte de una canalización de imágenes en color. Codifica una imagen o video en color teniendo en cuenta la percepción humana, lo que permite un ancho de banda reducido para los componentes de crominancia (es la señal utilizada en los sistemas de video para transmitir la información de color de la imagen, por separado de la señal de lumen que la acompaña), en comparación con una representación RGB "directa". Se usa comúnmente en la industria informática para describir formatos de archivo (formatos de píxeles) que se codifican utilizando YCbCr. (Mouser, 2015)

El modelo YUV define un componente de luminancia (Y) que significa brillo físico del espacio lineal, y dos componentes de crominancia, llamados U (proyección azul) y V (proyección roja) respectivamente. Se puede utilizar para convertir hacia y desde el modelo RGB, y con diferentes espacios de color. Sólo están disponibles en una resolución de 640x480 píxeles y a solo 15fps. (Microsoft, 2013)

Sensor de profundidad: el algoritmo comienza calculando la profundidad de un plano de referencia a partir de los nueve puntos que aparecen muy marcados y guarda el patrón para ese plano. Posteriormente, la profundidad para cada píxel se calcula eligiendo una ventana de correlación pequeña (9x9 o 9x7) [m] y se compara el patrón local en ese píxel con el patrón memorizado en ese píxel y los 64 píxeles vecinos en una ventana horizontal. (Lucero, 2012)

2.4. ESTABILIDAD

En la digitalización tridimensional la estabilidad que interviene para la captación de detalles, siendo éstos: el uso de un brazo articulado fijo y la rotación del objeto o cuerpo.

2.4.1 Brazo articulado

Es una cadena cinética que consta de una serie de segmentos que se unen mediante articulaciones. Trabaja estancado en una posición fija, o montado en un trípode de peso, y se mantiene estático durante el proceso, y además el sensor debe estar también fijado.

(AsorCad, 2019)

2.4.2 Rotación del cuerpo

La rotación del cuerpo provee una cierta ventaja que beneficia al escaneo cuando las condiciones de luz afectan la digitalización, permitiendo al escáner tener una toma de datos más regular debido a que se mantiene la cantidad de luz en la dirección en que se realiza el escaneo y solo cambia la posición del cuerpo. También simplifica el desarrollo del controlador y reduce los costos de fabricación, al contar con un sistema de un solo grado de libertad. (Bravo & Zambrano, 2004)

2.4.3 Velocidad

Para determinar la velocidad a la que debe girar el motor, se debe tener en cuenta el peso que debe soportar la base giratoria que será controlada por dicho motor.

Aproximadamente el peso promedio de los ecuatorianos es de 75 [kg] (INEC, 2015). Es por ese motivo que se realizan pruebas a bajas velocidades recomendadas en la tesis de (Bravo & Zambrano, 2004) los datos se observan en la tabla 8.

Tabla 9

Velocidad de rotación

Velocidad [rpm]	Tiempo de escaneo [min]
1 a 3	15

Fuente: (Bravo & Zambrano, 2004)

3. RESULTADOS

3.1. PROPUESTA DE DISEÑO

Debido a la toma de detalles que debe tener el escáner y la influencia de los FPS, es de importancia la implementación de una plataforma giratoria que permita la rotación de cuerpo dentro de su mismo eje, esto se hace con la ayuda de un motor, que en este caso se usa el de un taladro de 850 [W], el cual viene incorporado con una perilla regulable, lo que resulta necesario debido a que se ubica en la velocidad necesaria para el movimiento de la base y así el escáner pueda realizar la digitalización

tridimensional sin ningún tipo de problema.

Para la elaboración de la base giratoria se emplea una mesa redonda que soporte toda la estructura interna y el peso del objeto. Es por esa razón que un material recomendado por su resistencia a la flexión de 30 [N/mm²] es el MDF (tablero de fibra de densidad media) . (Santana, 2014)

Esto ayuda que el objeto esté de manera estable, segura y evite generar discontinuidades por movimientos innecesarios. El diseño de la base se muestra a continuación en la figura 19



Figura 19: base giratoria en MDF

Fuente: propia

La estructura de soporte está constituida por varios ejes cuadrados de acero con un diámetro de 30 [mm] ensamblados entre sí mediante soldadura por arco, tal cual se muestra en la figura 20.

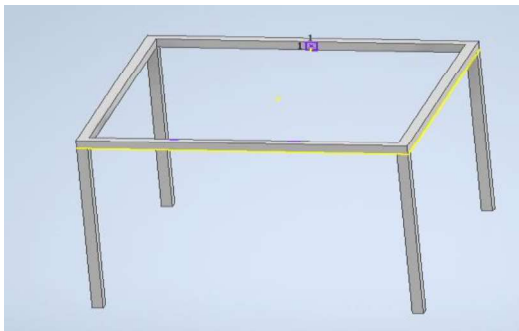


Figura 20: soporte

Fuente: propia

La estructura interna está compuesta por una manzana de auto y el taladro anteriormente mencionado. El taladro se soporta con una base triangular con 3 ejes de 30 [mm]. Por otro lado, la manzana se emperna en la base externa, y así se une al taladro por medio de un eje.

La estructura en donde se sujeta el escáner está compuesta por un trípode y un eje regulable a lo largo hasta una altura de 1.80 [m] para así captar los detalles superiores del cuerpo.

Por otro lado, el eje regulable cuenta con tres marcas para la colocación del escáner, debido a que la toma de datos debe realizarse en la parte inferior, media y alta

Para la movilidad del escáner en el eje se emplea dos soportes diseñados e impresos en 3D. En el caso de la base del escáner se tiene en cuenta un diseño predefinido e igualmente impreso en 3D, dicha base va sujeta con un solo perno a los soportes anteriormente descritos. Los diseños se pueden observar a continuación en las figuras 21 y 22.

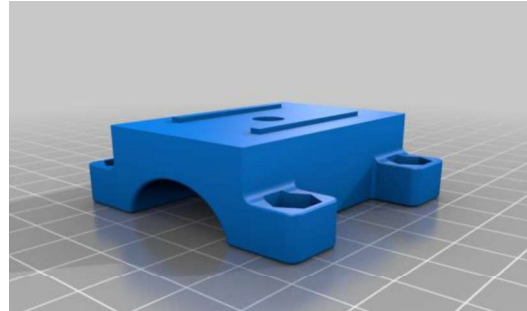


Figura 21: soporte Kinect

Fuente: (Deviantus, 2017)

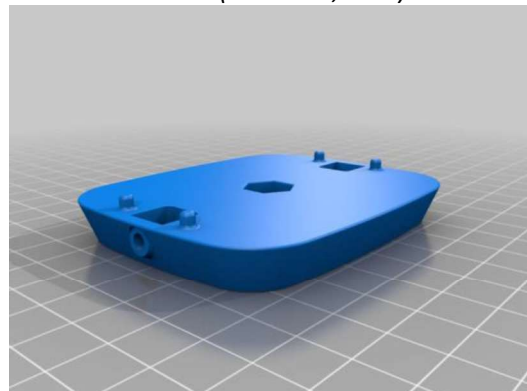


Figura 22: Base Kinect

Fuente: (Deviantus, 2017)

4. RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS

Como resultado de realizar un escaneo 3D a un cuerpo en diferentes fondos y variados tipos de luces, se procede a realizar la comparativa de cada uno de ellos y el porcentaje que beneficia los datos.

Como ejemplo de análisis se utiliza el mismo cuerpo que en este caso es el torso de un cuerpo humano, tal cual se puede apreciar en la figura 23.

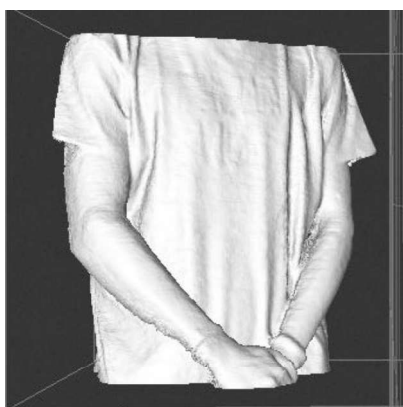


Figura 23: torso digitalizado

Fuente: propia

Los primeros valores obtenidos a comparar se aprecian en la tabla 10, la cual se muestra a continuación.

Tabla 10

Análisis de luces

Tipo de luz	Porcentaje de captación (%)
Natural	0
Incandescente	90
Fluorescente	80
Halógena	90
Blanca	90
Cálida	90
Ausencia de luz	90

Fuente: propia

En la tabla 11 se señala el porcentaje de captación de datos con un fondo verde y los tipos de luces: (natural, incandescente, fluorescente, halógena, blanca, cálida y ausencia de luz).

Tabla 11

Luces con fondo verde

Luz	Fondo	Porcentaje de captación [%]
Natural	Verde	0
Incandescente		70
Fluorescente		80
Halógena		75
Blanca		70
Cálida		65
Ausencia de luz		Ausencia de fondo

Fuente: propia

En la tabla 12 se señala el porcentaje de captación de

datos con un fondo verde y los tipos de luces: (natural, incandescente, fluorescente, halógena, blanca, cálida y ausencia de luz).

Tabla 12

Luces con fondo negro

Luz	Fondo	Porcentaje de captación (%)
Natural	Negro	0
Incandescente		70
Fluorescente		80
Halógena		90
Blanca		80
Cálida		80
Ausencia de luz		Ausencia de fondo

Fuente: propia

En la tabla 13 se señala el porcentaje de captación de datos con un fondo verde y los tipos de luces: (natural, incandescente, fluorescente, halógena, blanca, cálida y ausencia de luz).

Tabla 13

Luces con fondo azul

Luz	Fondo	Porcentaje de captación (%)
Natural	Azul	0
Incandescente		75
Fluorescente		70
Halógena		75
Blanca		70
Cálida		70
Ausencia de luz		Ausencia de fondo

Fuente: propia

En la tabla 14 se señala el porcentaje de captación de datos con un fondo verde y los tipos de luces: (natural, incandescente, fluorescente, halógena, blanca, cálida y ausencia de luz).

Tabla 14

Luces con fondo blanco

Luz	Fondo	Porcentaje de captación (%)
Natural	Blanco	0
Incandescente		95
Fluorescente		95
Halógena		95
Blanca		95
Cálida		90
Ausencia de luz		Ausencia de fondo

Fuente: propia

En la figura 24 se observa el escaneo con un fondo de color azul y luz LED cálida.

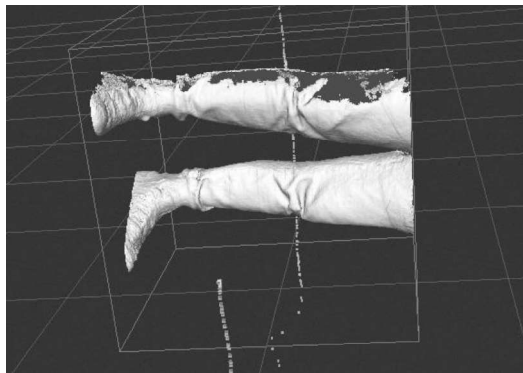


Figura 24: escaneo con luz LED cálida

Fuente: propia

En la figura 25, se observa la digitalización de un cuerpo sin tener el ambiente controlado



Figura 25 escaneo sin ambiente controlado

Fuente: propia

En la siguiente figura 26 se puede observar un escaneo con luz natural.



Figura 26 escaneo con luz natural

Fuente: propia

En la siguiente figura 27 se observa el resultado de una digitalización con fondo blanco.

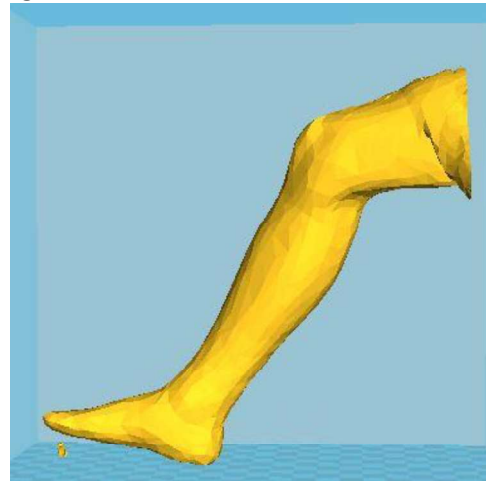


Figura 27 digitalización en software 3D

Fuente: propia

5. DISCUSIÓN

La implementación de un entorno controlado permite que se modifique los fondos y luces a emplear, dando así resultados favorables en comparativa a la tesis (Maydana & Mamani, 2019), en donde se realiza digitalizaciones tridimensionales sin un entorno controlado, en donde las geometrías captadas tienen falencias en los detalles.

El uso de una plataforma giratoria tal cual se indica en la investigación (Bravo & Zambrano, 2004) genera que el objeto se mantenga de manera estable con el uso de la plataforma pero requiere que el escáner tenga movimiento en su mismo eje para digitalizar el objeto. Como resultado de ello se implementa una base giratoria en donde se mueva el objeto y así evitar

movilizar el escáner en donde genera discontinuidades por interferencias del operario, dando a notar que las digitalizaciones son captadas en su totalidad

El haber implementado luz LED blanca, un fondo blanco y la base giratoria permite que el cuerpo se capte es un totalidad tal cual se puede observar en la figura 27.

Usar velocidades mayores a 3 rpm genera que el escáner digitalice discontinuidades en la geometría y por ende los resultados tienen distorsiones.

6. CONCLUSIONES

Tal cual como se puede observar en la figura 27, el escaneo es erróneo debido a que las tomas fueron realizadas en un ambiente con luz natural y con los fondo negro, blanco, verde y azul, sin embargo, en el resultado fue que los objetos aparecieron en color negro y no se logra captar la geometría.

Un entorno con ausencia de luz evita los fondos, debido a que el sensor toma el color del escenario como si fuera negro sin importar el color que se emplee, tal cual se aprecia en las tablas de la 11 a la 14.

Referente a la comparación entre espectro UV y el infrarrojo, se demuestra que el escaneo es obsoleto debido a que las ondas tienen un punto de conexión distintas entre ellas y evita que el infrarrojo capte la geometría, lo mismo que sucede con la luz natural.

En base a las gráficas 11 a la 17 mostradas anteriormente, se evidencia que las luces que benefician al sensor para el escaneo son las que intersecan en el rango de los 700 [nm] y éstas son las luces: halógena, LED blanca, LED cálida e incandescente. La posición del escáner Kinect que mejora la toma de datos es de manera horizontal, es por este motivo que se implementa una sujeción que permita al escáner estar en dicha posición y para que se incline a distintos grados de apreciación.

En la comparativa de las tablas 11 a la 14, el fondo que arroja mejores resultados de un 95 [%] es el color blanco, debido a que es un color que está más presente en laboratorios para realizar digitalizaciones.

El software que recepta los datos del escáner permite trabajar a 30 fps, lo cual ayuda que el objeto no pierda su geometría y el operador pueda observar la digitalización y si existe alguna discontinuidad se pueda pausar el programa.

En la figura 24 se aprecia que implementar el fondo azul con luz LED cálida evita que la geometría se capte en su totalidad.

REFERENCIAS

- Félix Galindo Marín. (2014). Análisis del color como connotador. *Miguel Hernández Communication Journal*(5), 53-90. <https://doi.org/1989-8681>
- EDUTECNE. (15 de febrero de 2018). *Iluminacion Materialidad II*. <https://docplayer.es/52303353-Iluminacion-artificial-materialidad-ii-taller-di-bernardo.html>
- INEC. (19 de julio de 2015). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Revista_Estadistica/Revista_de_Estadistica_y_Metodologias-Tomo-I.pdf
- Eductor. (15 de enero de 2017). <https://acuariofiliamadrid.org/Thread-Sobre-la-variabilidad-del-espectro-de-la-luz-solar>
- AsorCad. (30 de octubre de 2019). <https://www.asorcad.es/blog/handyscan-700-versus-brazo-de-medicion/>
- Craftcloud. (27 de junio de 2019). *Craftcloud*. Craftcloud: <https://all3dp.com/es/1/escaner-3d-portatil-aplicacion-software-3d-scanner/>
- Deviantus. (14 de enero de 2017). <https://www.thingiverse.com/thing:2684374>
- edunet. (20 de diciembre de 2014). <https://acortar.link/aRWoyF>
- Gamerdic. (09 de octubre de 2013). *Gamerdic*. <https://acortar.link/q15nGk>
- Iluminet. (27 de Julio de 2022). *Oscurecer y distorsionar la realidad con luz*. Oscurecer y distorsionar la realidad con luz: <https://www.iluminet.com/iluminacion-cine-horror/>
- Light, V. (09 de septiembre de 2021). *Light Victor*. <https://es.light-victor.com/info/color-and-the-wave-length-of-led-lights-63044015.html>

Mesurex. (05 de marzo de 2018).
<https://acortar.link/f91zuf>
Microsoft. (13 de junio de 2013).
<https://blogs.windows.com/latam/2012/07/20/el-poder-de-kinect-para-windows/>
Mouser. (06 de septiembre de 2015). *Mouser*.
<https://www.mouser.ec/new/smart-wireless-computing/smart-wireless-computing-yuv-camera-module/>
Nakieken. (20 de febrero de 2020).
<https://www.nakieken.de/ein-3d-scanner-mit-der-kinect-v2-der-microsoft-xbox-one-selbst-gebaut/>
Santana, A. (27 de agosto de 2014). *Maderas Santana*.
<https://www.maderassantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/>
SICNOVA. (29 de noviembre de 2019).
<https://acortar.link/b4UZcY>
Talentum. (16 de agosto de 2016). *Talentum*.
<https://talentumdigital.cl/que-es-un-escaner-3d/work>, M. i. (20 de abril de 2021).
<https://www.youtube.com/watch?v=auukEFGqY9w&t=159s>
Yeager, C. (28 de enero de 2020).
<https://acortar.link/VDq8n>