

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE MODELOS TEXTURADOS

METHODOLOGY OF QUANTITATIVE EVALUATION OF TEXTURE MODELS

JORGE HERNANDEZ

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia- Manizales, jehernandezl@unal.edu.co

FLAVIO PRIETO

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia-Manizales, faprieto@unal.edu.co

Recibido para revisar 23 de Marzo de 2006, aceptado 20 de Junio de 2006, versión final 5 de Octubre de 2006

RESUMEN: En este artículo se presenta una metodología de evaluación y análisis de forma cuantitativa, la reconstrucción de modelos texturados a partir la aplicación de algún método de mapeo de texturas. La metodología consiste en la definición de cinco métricas, las cuales establecen la relación y correspondencia entre la información 3D y la textura. Las métricas presentadas son aplicadas a una sola imagen de rango o a un modelo texturado completamente reconstruido.

PALABRAS CLAVE: Métrica de evaluación, Mapeo de texturas.

ABSTRACT: In this paper we presented a quantitative evaluation methodology and analysis, the reconstruction of texture models, from some method of texture mapping. The methodology consists on the definition of five metrics, which establish the relationship and correspondence between the 3D information and the texture. The metric ones presented they are applied to a single range image or a totally reconstructed texture model.

KEYWORDS: Evaluation metric, Mapping texture.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la fusión de la información de rango y la información de texturas ha tomado relativa fuerza en el modelado de objetos computacionales del mundo real. Este proceso se divide en dos grupos principalmente: la asignación de color por cada vértice y el mapeo de texturas sobre la superficie del modelo [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. La primera aproximación depende de la resolución computacional del modelo, dado que si el modelo se encuentra muy decimado la representación con color no es muy buena. La segunda aproximación presenta una mejor representación de la fusión entre las imágenes de rango e intensidad. La ventaja de este acercamiento es que el nivel de realismo de las texturas es muy alto, puesto que se utilizan las

texturas reales de los objetos [7, 8]. Sin embargo, el mapeo de las texturas encontradas en las imágenes no es fácil de realizarse, especialmente cuando la adquisición de las imágenes de color y la construcción del modelo geométrico no se unen firmemente [16, 17].

Previamente se han desarrollado varias técnicas que tratan la reconstrucción del modelo 3D utilizando la textura. Sato, Wheeler y Ikeuchi en [1] reconstruyen las propiedades de reflectancia de los objetos del mundo real desde fotografías utilizando el modelo de *Torrance-Sparrow*. Ellos usan la misma cámara y la misma posición para adquirir las fotografías e imágenes de rango a partir de las cuales reconstruyen la geometría del modelo; por este motivo, un registro fotográfico no es necesario. De igual forma, Pulli en [2] presenta un sistema de visión estéreo para la

reconstrucción de la geometría y el color de una superficie desde un punto de vista determinado, adquiriendo la información de rango y la textura al mismo tiempo y de esta forma las imágenes de los dos sensores se encuentra alineadas completamente.

Muchos algoritmos intentan encontrar la mejor asignación de la textura minimizando el error entre el contorno de imagen de intensidad y el contorno del modelo 3D proyectado [3, 4, 5, 6]. El error se computa como la suma de distancias entre varios puntos de muestreo de un contorno más cercanos al otro [3, 4]. Otros acercamientos, se enfocan en el mapeo de textura a modelos de ambientes urbanos [9,10,11,12,13,14,15]. El problema del registro de imágenes de textura, consiste en encontrar los segmentos de líneas 3D en el modelo, proyectándolos e igualándolos con los segmentos de línea en las imágenes, las cuales son propias de la geometría en la representación de la ciudad. Estas medidas presentadas son funciones objetivos, las cuales son optimizadas para la asignación de la textura sobre el modelo.

Ninguna de las aproximaciones presentadas, evalúan formalmente la calidad de la representación final del modelo texturado de manera cuantitativa. Por este motivo, en este artículo se presenta una metodología de evaluación y análisis de forma cuantitativa en la reconstrucción de modelos texturados. La metodología consiste en la definición de cinco métricas, las cuales establecen la relación y correspondencia entre la información 3D y la textura. La primera métrica utilizada determina la relación de la resolución del modelo computacional con respecto a la textura asignada por medio de una medida de densidad. Las siguientes métricas establecen criterios para verificar la correcta asignación de una textura a una imagen de rango o a una proyección determinada cuya base fundamental es proyectar el modelo utilizando la parametrización de la superficie de un punto de vista o de una imagen de rango determinada. A partir de esta proyección, se compara con la textura preferiblemente segmentada. Por último, se estableció una métrica para cuantificar el mapeo

de las múltiples vistas de un modelo texturado reconstruido.

2. MÉTRICAS DE EVALUACIÓN

2.1 Densidad

La densidad está definida por el número de píxeles de una imagen que se encuentran sobre el área de un triángulo en el espacio (Ecuación 1). Esta métrica determina el nivel de detalle que aporta la textura sobre el modelo. Cuando el valor de la densidad se encuentra entre 1 y 3, los efectos del mapeo de textura son muy parecidos a la asignación de color por cada vértice del modelo, es decir, la resolución del modelo es igual a la resolución de la imagen. Cuando el valor de la densidad es menor a 1, la textura no aporta nada al modelo y de esta forma carece de sentido haber aplicado el método de mapeo de texturas. Por último, entre mayor sea el valor de la densidad mucho más alta es la información (nivel de detalle) que aporta la textura al modelo.

$$Density = \frac{Area_{Texel}}{Area_{Triangle}} \quad (1)$$

2.2 Número de Texturados sobre Número de Puntos Visibles

Esta métrica cuantifica el número de puntos proyectados sobre la imagen de intensidad, utilizando la matriz de cámara ya definida para un determinado punto de vista; y compara cuantos de estos puntos pertenecen a la textura. Este número de puntos proyectados es igual al número de puntos visibles desde un punto de vista determinado. Esta métrica está descrita por la Ecuación 2 y toma valores entre 0% y 100%; donde, 0% significa que la textura no corresponde para nada al punto de vista del modelo o no hay textura y 100% significa que la textura cubre completamente a la superficie del punto de vista del modelo.

$$N_{T \in V} [\%] = \frac{N_{T \in V}}{N_V} \times 100\% \quad (2)$$

En conclusión, esta métrica es una condición necesaria, más no suficiente para garantizar que la textura está bien mapeada sobre ese punto de vista del modelo; es decir, si el valor de esta métrica es muy bajo la matriz de cámara que representa la textura a mapear no corresponde a esa determinada textura.

2.3 Diferencia de Formas y Comparación de Contornos con Medida de Distancia

Esta métrica es aplicada a modelos de objetos que tienen formas y contornos bien definidos. El objetivo es proyectar el modelo utilizando el modelo de cámara o la función de parametrización a evaluar. La forma resultante, se compara con la forma de la textura segmentada; la comparación se realiza utilizando la diferencia absoluta de las dos formas. Después de determinar cada una de las formas, se calcula los contornos seguido de una transformación de distancia de los mismos [18, 19]. Al realizar la diferencia de las transformaciones de distancia de los contornos se establece la distancia entre cada uno de los contornos. Este proceso se describe en la Figura 1.

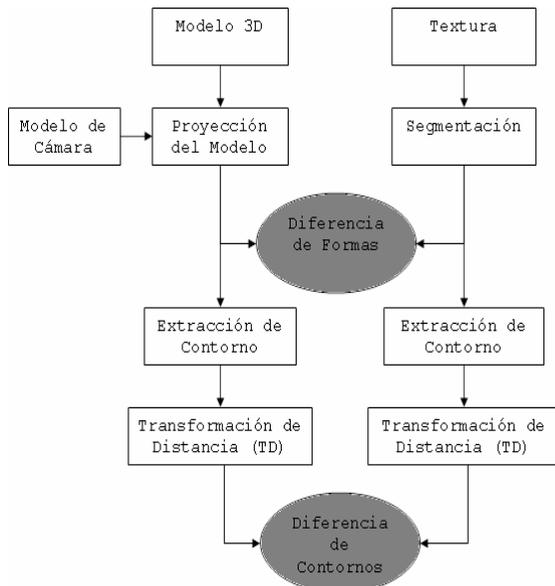


Figura 1. Métrica de forma y contorno.
Figure 1. Shape and outline metric.

2.4 Comparación de Variación de la Curvatura del Modelo con los Bordes de la Textura utilizando Medida de Distancia

Como la métrica anterior sólo es aplicada a modelos de objetos que tienen contornos bien definidos, se diseñó otra métrica para modelos que fueran ricos en la variación de la curvatura. Normalmente, esta variación se presenta en la textura como variación en la iluminación y por consiguiente cambios de color, los cuales pueden ser hallados utilizando un filtro pasa altos.

2.4.1. Estimación de la Variación de la Curvatura

Para estimar el valor aproximado de la variación de la curvatura de un punto del modelo, se considera la región de interés como la vecindad del punto o región *sombrilla* compuesta por el punto y los triángulos que los tienen como vértice, con sus respectivos vectores normales (Figura 2).

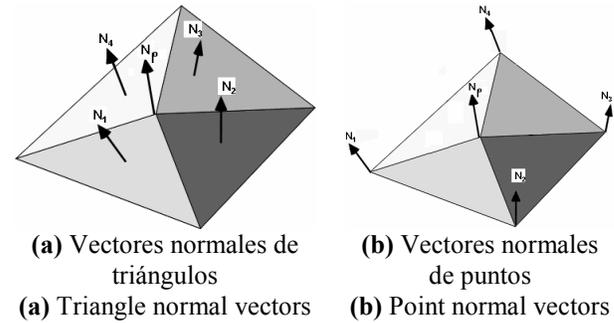


Figura 2. Región sombrilla.
Figure 2. Umbrella region.

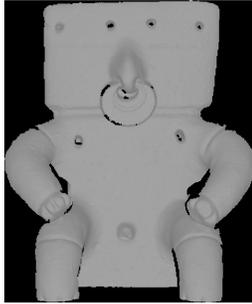
Un primer acercamiento de la variación de la curvatura es el promedio de la magnitud de las diferencias entre el vector normal del punto (\vec{N}_p) con los vectores normales de los triángulos vecinos (\vec{N}_{t_i}); como se expresa en la Ecuación 3 (Figura 2(a)).

$$\Delta C = \frac{\left\| \sum_{i=0}^{N_{neighborhood}} (\vec{N}_p - \vec{N}_{t_i}) \right\|}{N_{neighborhood}} \quad (3)$$

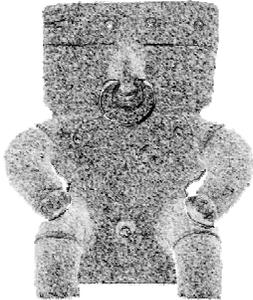
No obstante, esta aproximación es muy sensible a pequeñas variaciones en el modelo y por consiguiente al posible ruido que tiene el modelo en el proceso de adquisición. Por este motivo, la variación de la curvatura se estimó utilizando el promedio de la magnitud de las diferencias entre el vector normal del punto (\overline{N}_p) con los vectores normales de los puntos vecinos (\overline{N}_{p_i}); como se expresa en la Ecuación 4 (Figura 2(b)).

$$\Delta C = \frac{\left\| \sum_{i=0}^{N_{neighborhood}} (\overline{N}_p - \overline{N}_{p_i}) \right\|}{N_{neighborhood}} \quad (4)$$

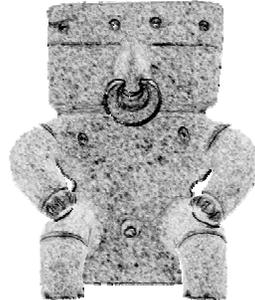
En la Figura 3 se muestran los resultados del cálculo de la variación de la curvatura utilizando las normales de los triángulos (Figura 3(b)) y las normales de los puntos (Figura 3(c)); donde se observa el mayor realce de los puntos de mayor variación con el criterio de las normales de los puntos.



(a) Imagen de rango
(a) Range image



(b) Diferencia de triángulos



(c) Diferencia de puntos

(b) Triangles difference (c) Points difference

Figura 3. Cálculo de la Variación de la Curvatura.

Figure 3. Variation of the Curvature Calculation.

Después de múltiples pruebas se consideró que un punto presenta una *alta curvatura* cuando su valor es mayor a la media más tres veces la variación estándar de todos los valores de la curvatura del modelo.

2.4.2 Definición de la Métrica

Luego de estimar la curvatura de todos los puntos del modelo y de filtrar la textura con un filtro pasa altos, se procede a calcular la métrica propuesta. Inicialmente, se busca relacionar cada punto que cumpla con la condición de alta curvatura, con el resultado del filtro pasa altos de la textura. Esta relación se determina con el píxel del filtrado con la mínima distancia al punto evaluado (Figura 4)

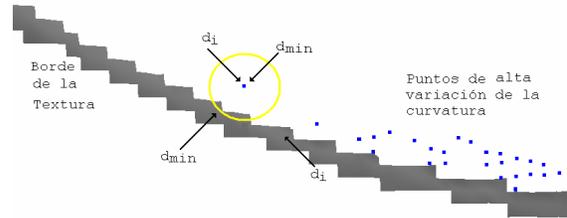


Figura 4. Definición de la métrica.

Figure 4. Metric definition.

Este proceso de cálculo de la mínima distancia se realiza para cada uno de los puntos del modelo que cumplan con el criterio de la alta curvatura. De esta forma, la métrica está descrita como la sumatoria de todas las mínimas distancias, como lo expresa la Ecuación 5.

$$V_C vs T_B = \frac{\sum_{i=0}^{N_{P_{highcur}}} d_{i\min}}{N_{P_{highcur}}} \quad (5)$$

No obstante, todos los puntos que presentan una alta curvatura son puntos que se correlacionan con la textura. A partir de este concepto y múltiples ensayos, se determinó un muestreo del 50% con las mínimas distancias.

2.5 Correlación de Têxeles de Múltiples Vistas

La mayoría de los modelos computacionales a la hora de ser reconstruidos completamente, requieren la información de varios puntos de vista.

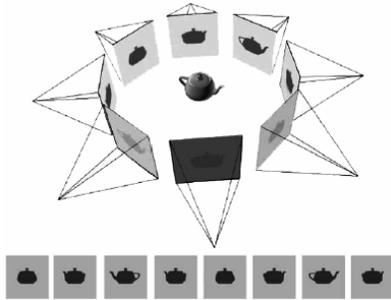


Figura 5. Adquisición de Múltiples Vistas.
Figure 5. Multi-Views acquisition.

Al tener la información de todas las vistas, estas se registran e integran en una sola malla. Cuando se tiene la fusión general de cada una de las vistas sobre la malla general, se observa que hay puntos o triángulos de la malla que pertenecen a dos o más puntos de vistas y por consiguiente a dos o más texeles en las imágenes de la textura.

A partir de este concepto se propone como métrica que calcule la correlación entre los diferentes puntos de vista que pertenecen a un mismo triángulo. El valor de la métrica toma valores entre 0 y 1; donde, si el valor es muy cercano a 0, significa que hay un problema entre las texturas y el modelo como tal. En caso contrario, si el valor es muy cercano a 1 las posibilidades de que la textura se encuentre bien registrada sobre el modelo son muy altas.

3. RESULTADOS

La escena de adquisición está constituida por el escáner de rango, la cámara CCD y el objeto a digitalizar, como se observa en la Figura 6. El escáner de rango que posee la Universidad Nacional de Colombia, es el digitalizador 3D no invasivo VIVID 9i de Konica Minolta. El VIVID 9i es basado en la triangulación de un láser. Una cámara CCD recibe la luz reflejada desde la superficie. Las medidas de la superficie del objeto son obtenidas mediante triangulación y convertidas a una malla de polígonos. El VIVID 9i obtiene máximo 640×480 puntos por cada rastreo, adquiriendo simultáneamente la superficie y los datos de color de los puntos. Aunque el VIVID puede producir las imágenes de color así como la geometría 3D, se utilizó la cámara CCD digital Sony DSC - F717 para adquirir imágenes de alta calidad y resolución.

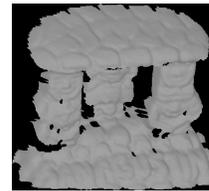
La resolución de las imágenes adquiridas es de 2560×1920 .



Figura 6. Configuración de la adquisición.
Figure 6. Data acquisition setup.

3.1 Densidad

El objeto rastreado con la textura es una figura precolombina (Figura 7(a)). La textura es adquirida con la cámara CCD del escáner de rango y con la cámara CCD SONY, usando una resolución de 640×480 y de 2560×1920 , respectivamente. Los resultados del mapeo utilizando los dos tipos de cámara se observan en las Figuras 7(b) y 7(c) respectivamente.



(a) Imagen de rango
(a) Range image



(b) Modelo texturado CCD escáner
(b) Texture model CCD scanner



(c) Modelo Texturado CCD SONY
(c) Texture model CCD SONY

Figura 7. Análisis de densidad.
Figure 7. Density analysis.

Las métricas de densidad (Tabla 1) muestran el nivel de detalle, 30 veces mayor utilizando la textura de la cámara SONY con su máxima resolución, comparada con la textura obtenida con la cámara del escáner. Esto se puede observar en la Figura 7(b) contra la Figura 7(c).

Tabla 1. Métricas de densidad.
Table 1. Density metrics.

MÉTRICA	CÁMARA CCD	
	Escáner	SONY
$\mu_{\text{Densidad}}[\text{pix}]$	1.03093	36.9913
$\sigma_{\text{Densidad}}[\text{pix}]$	0.311469	11.8776
$\text{Max}_{\text{Densidad}}[\text{pix}]$	1.53302	56.9233

3.2 Número de Texturados sobre Número de Puntos Visibles

Esta métrica se analizó utilizando los modelos texturados de la pieza precolombina de la Figura 8. La Figura 8(a) y la Figura 8(b) son el resultado del mapeo de textura del modelo con cada una de la texturas de las diferentes cámaras y su respectiva parametrización. La Figura 8(c) y la Figura 8(d) utilizaron las mismas parametrizaciones de la prueba anterior, pero aplicando las texturas equivocadas, es decir, la textura de cámara del escáner se aplicó con la parametrización de la cámara SONY y viceversa.

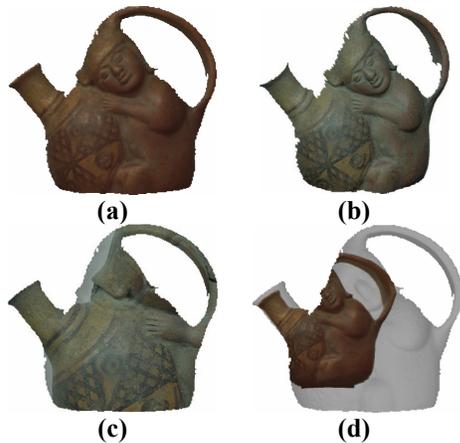


Figura 8. Análisis de número de texturados sobre número de puntos visibles.

Figure 8. Analysis of texture points number on visible points number.

Al observar cada uno de los modelos texturados, se puede decir que los modelos de las Figuras 8(a) y 8(b) se encuentran bien mapeados, a diferencia de los modelos de las Figuras 8(c) y 8(d). A cada uno de los modelos texturados se les aplicó el criterio de número de puntos texturados sobre número puntos visibles. Los resultados se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Métricas de número de texturados sobre número de puntos visibles.

Table 2. Texture points number on visible points number metrics.

MÉTRICA	Figura 8			
	(a)	(b)	(c)	(d)
Nº Puntos Visibles	19622	19596	19622	19596
Nº Puntos Visibles y Texturados	19616	19346	18651	8327
$N_{T \in V} [\%]$	99.969	98.724	95.051	42.493

Los modelos texturados en los que la textura se asignó correctamente (Figuras 8(a) y 8(b)), son los modelos que presentan los valores más altos en esta métrica. Para el modelo de la Figura 8(c) el valor de la métrica disminuye pero no considerablemente. Por último, el valor de la métrica de la última prueba, se disminuye hasta en un 50 %, lo cual determina que la textura se encuentra mal rastreada.

3.3 Diferencia de Formas y Comparación de Contornos con Medida de Distancia

La proyección del modelo utilizando la función de parametrización determinada se observa en la Figura 9(a). La imagen de textura segmentada se observa en la Figura 9(b).

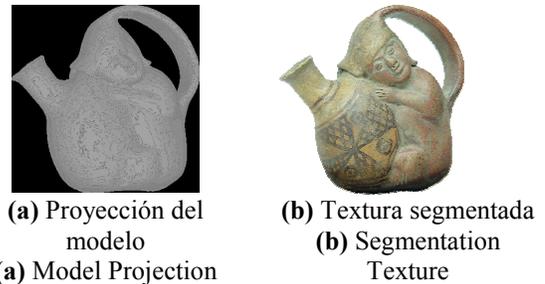


Figura 9. Análisis de la Comparación de Formas y Contornos con Medida de Distancia.

Figure 9. Analysis of Comparison of Shapes and Contours with Distance Measure.

Con el punto de vista del modelo y la textura se procede a realizar el proceso descrito en la Figura 1; es decir, se extrae la forma de cada una de las imágenes de la Figura 9.

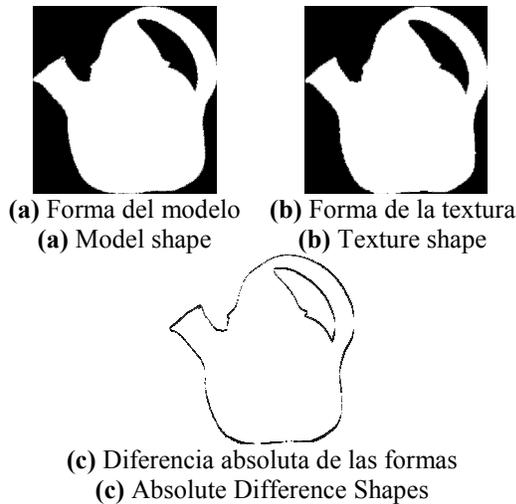


Figura 10. Análisis de la Comparación de Formas.
Figure 10. Analysis of Comparison of Shapes.

En la Figura 10(c) se observa la diferencia absoluta de las formas. Esta imagen contiene 29818 píxeles negros sobre 1986310 píxeles totales.

Al establecer una relación entre estos valores se tiene una diferencia promedio del 1.5011 %. Ahora con las formas (Figura 10) se extrae el contorno con algún método de bordes y luego la transformación de distancia (Figura 11).

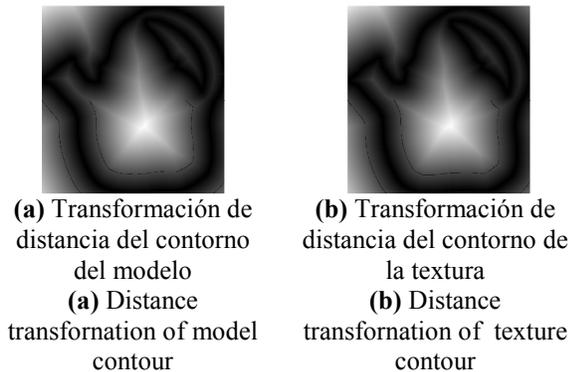


Figura 11. Análisis de la Comparación de Contornos.
Figure 11. Analysis of Comparison of Contours.

La diferencia absoluta promedio de las transformaciones de distancia, cuyo resultado no se muestra gráficamente por ser una figura muy oscura, es igual a 2.0367 píxeles o un 0.7987 % sobre 255 que es la máxima distancia posible.

3.4 Comparación de Variación de la Curvatura del Modelo con los Bordes de la Textura utilizando Medida de Distancia

El modelo rastreado con la textura es el modelo del rostro de la Figura 12.



Figura 12. Imagen de Rango Texturada.
Figure 12. Texture Image Range.

Inicialmente se extrae el contorno de la forma del modelo y de la textura (Figura 13). De esta forma, se corrobora que sobre este modelo no se puede aplicar la métrica de comparación del contorno debido a que el cabello no tiene información de rango.

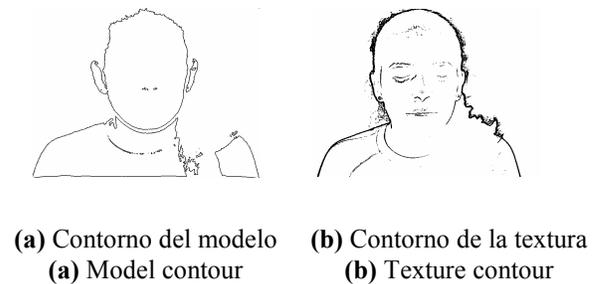


Figura 13. Comparación de Contornos.
Figure 13. Contours Comparison.

Después de verificar los contornos, se procede con la extracción de los puntos que presentan los valores de la curvatura más alta (Figura 14(a)) y al mismo tiempo a proyectar la imagen resultante del filtro pasa altos (Bordes) de la textura sobre el modelo (Figura 14(b)).

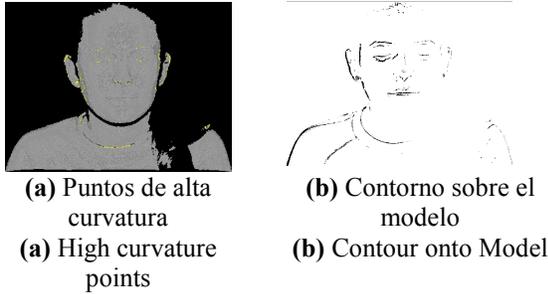


Figura 14. Cálculo de la Curvatura y Proyección de la imagen de Bordes sobre el Modelo.
Figure 14. Calculation of the curvature and projection of contour image onto model.

Luego se procede a comparar la información de la Figura 14(a) y la Figura 14(b) utilizando la métrica de la distancia mínima. El resultado de esta comparación se observa en la Figura 15, donde la distancia mínima promedio del 50% de los puntos que presentan alta curvatura con el borde de la textura es igual a 0.75099 píxeles o un 2.9450×10^{-3} sobre 255 que es la máxima distancia posible.



Figura 15. Comparación de curvatura con bordes de textura.
Figure 15. Comparison curvature with edges texture.

3.5 Correlación de Téxeles de Múltiples Vistas

Para analizar esta métrica se seleccionaron dos puntos de vistas de una figura precolombina (Figura 16).

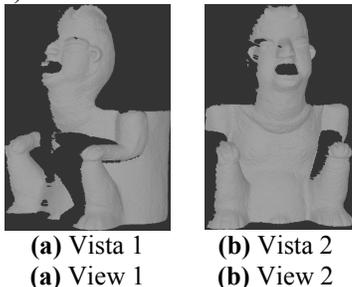


Figura 16. Dos puntos de vistas.
Figure 16. Two view points.

La textura sobre cada una de las vistas se observa en la Figura 17.

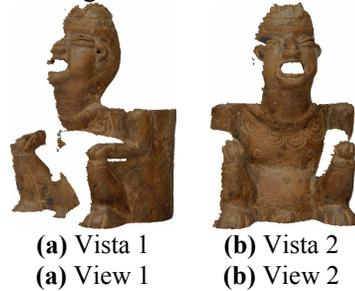


Figura 17. Dos puntos de vistas texturados.
Figure 17. Two texture view points.

Estas dos vistas son registradas e integradas en una sola malla; a esta malla, se le calcula la visibilidad con respecto a cada una de las cámaras o puntos de vista (Figura 18). En la Figura 18(b) se observa dicha visibilidad; donde, los puntos azules (*) son los puntos que hacen parte de los dos puntos de vista.

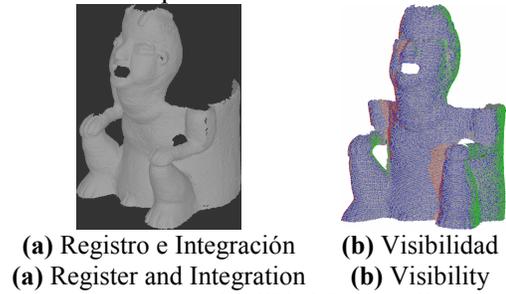


Figura 18. Visibilidad de la Malla.
Figure 18. Mesh Visibility.

Después de establecer la región de traslape (Figura 19(a)), para cada uno de los téxeles correspondientes (Figura 19(b) y Figura 19(c)), se le calcula su correlación.

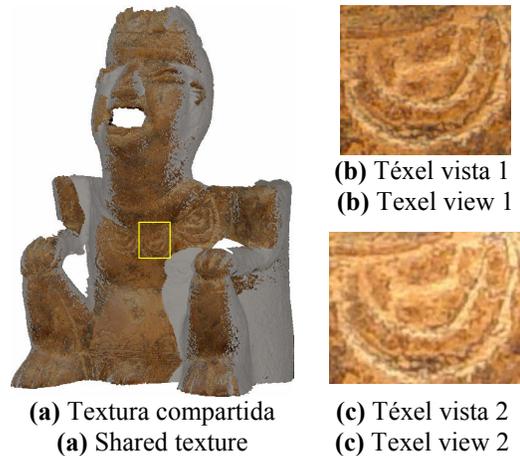


Figura 19. Textura vista 1 y vista 2.
Figure 19. Texture view 1 and view 2.

La correlación entre estos la región compartida para este modelo es igual 0.964916 , lo cual es alta para el caso de estudio.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las métricas están definidas en las diferentes etapas de reconstrucción, desde la simple imagen de rango hasta el modelo reconstruido a partir de múltiples vistas. La definición de las métricas de evaluación representa una parte muy importante y fundamental en la representación de modelos texturados.

Para cada uno de los resultados presentados los valores de las métricas son muy buenos con respecto a cada una de sus definiciones. Por ejemplo, el valor óptimo para una modelo texturado utilizando la métrica de *comparación de variación de la curvatura del modelo con los bordes de la textura utilizando medida de distancia* es cero píxeles; el valor obtenido con el modelo de prueba es 0.75099 píxeles.

La gran diferencia en la métrica de densidad entre las imágenes de las dos cámaras utilizadas, muestra el alto nivel de detalle en la textura del objeto reconstruido que se obtiene utilizando la cámara SONY (30 veces aprox.).

Es de aclarar que la métrica de múltiples vistas está sujeta a la reconstrucción del modelo completo, directamente al proceso de registro. Si el algoritmo de registro utilizado presenta un gran error en la aproximación, no se puede esperar un buen resultado en la métrica de múltiples vistas. Además, presenta una dependencia adicional en las condiciones de iluminación en la adquisición de las diferentes texturas.

Como trabajo futuro, se pretende la utilización de dichas métricas para el mapeo de la textura cuando la imagen de rango y la imagen de intensidad no se empalman completamente, al ser adquiridas desde diferentes puntos de vista.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolló durante la tesis de maestría del primer autor, quien fue beneficiario del *Programa de Becas para Estudiantes Sobresalientes de Posgrado*, de la Universidad Nacional de Colombia. La investigación se enmarca en el proyecto *Modelado de superficies de forma libre empleando técnicas de visión artificial* financiado por la Dirección Nacional de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia (DINAIN).

REFERENCIAS

- [1] WHEELER MARK D., SATO YOICHI AND IKEUCHI YOICHI. August 1997. Object shape and reflectance modeling from observation. pp. 379–388. Proceedings Computer Graphics (SIGGRAPH'97).
- [2] PULLI KARI. 1997. Surface Reconstruction and Display from Range and Color Data, Ph.D. thesis, University of Washington.
- [3] NEUGEBAUER PETER J. and KLEIN KORAND. 1999. Texturing 3d models of real world objects from multiple unregistered photographic views. Proceedings Euographics '99, vol. 18.
- [4] MATSUSHITA KENJI and KANEKO TOYOHISA. 1999. Efficient and handy texture mapping on 3d surfaces. Proceedings Euographics '99, vol. 18.
- [5] HENDRIK WOLFGANG HEIDRICH P. A. LENSCH and SEIDEL HANS-PETER. 2000. Automated texture registration and stitching for real world models. Págs. 317–326. Proceedings 8th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications.
- [6] HENDRIK WOLFGANG HEIDRICH P. A. LENSCH and SEIDEL HANS-PETER. 2001. A silhouette-based algorithm for texture registration and stitching. Págs. 245–262 No. 63 Graphical Models – IDEAL.

- [7] SUBBARAO MURALI and PARK SOON YONG. 2004. Automatic 3d model reconstruction based on novel pose estimation and integration techniques. Págs. 623–635 No. 22 Image and Vision Computing – ELSEVIER.
- [8] SCHMITT F. Y. YEMEZ. 2004. 3d reconstruction of real objects with high resolution shape and texture. Págs. 1–17. Image and Vision Computing – ELSEVIER.
- [9] STAMOS IOANNIS and ALLEN PETER K. 2000. 3d model construction using range and image data. Págs. 531–536 vol. I. Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'00).
- [10] FRÜH CHRISTIAN and ZAKHOR AVIDEH. 2001. 3d model generation for cities using aerial photographs and ground level laser scans. Proceedings IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '01).
- [11] LEE JUNG S. K. S.C. and NEVATIA R. 2002. Automatic pose estimation of complex 3d building models. Workshop on Application of Computer Vision.
- [12] STAMOS IOANNIS and ALLEN PETER K. 2002. Geometry and texture recovery of scenes of large scale. Págs. 94–118, vol. 8. Computer Vision and Image Understanding (CVIU).
- [13] SAMMON RUSSELI, FRUEH CHISTIAN and ZAKHOR AVIDEH. 2004. Automated texture mapping of 3d city models with oblique aerial imagery. IEEE Proceedings of the 2nd International Symposium on 3D Data Processing, Visualization, and Transmission (3DPVT'04).
- [14] DAY A. M. and LAYCOCK R.G. 2004. Automatic techniques for texture mapping in virtual urban environments. Págs. 586–589. Proceedings of the Computer Graphics International (CGI'04),
- [15] WILLIAMS NATHANIEL, LOW KOK-LIM, HANTAK CHAD, POLLEFEYS MARC, and LASTRA ANSELMO. 2004. Automatic image alignment for 3d environment modelling. Págs. 388–395. Proceedings of the Computer Graphics and Image Processing, XVII Brazilian Symposium on (SIBGRAP'04). Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.
- [16] BERTRAND NATHALIE, LAURENDEAU DENIS and HOUDE RÉGIS. 1999. The mapping of texture on vr polygonal models. Págs. 332. Second International Conference on 3-D Imaging and Modelling (3DIM '99).
- [17] ZHENG JIN JIN and ZHANG JIAN J., 2002. Texture mapping on irregular topology surface. IEEE Proceedings of the Sixth International Conference on Information Visualization (IV02).
- [18] BORGEFORS GUNILLA. 1988. Hierarchical chamfer matching: A parametric edge matching algorithm. Págs. 849–865 vol. 10, No. 6, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.
- [19] FELZENSZWALB PEDRO F. and HUTTENLOCHER DANIEL P. 2004. Distance transforms of sampled functions. Tech. Rep., The University of Chicago, Cornell University.