

Isabella Salgado 201730418
Johan Hernández 201729696
Juan Pablo Naranjo 201730006

Tarea 5

1. Calibración de cámaras:

- a) Se construyó la siguiente malla de calibración:

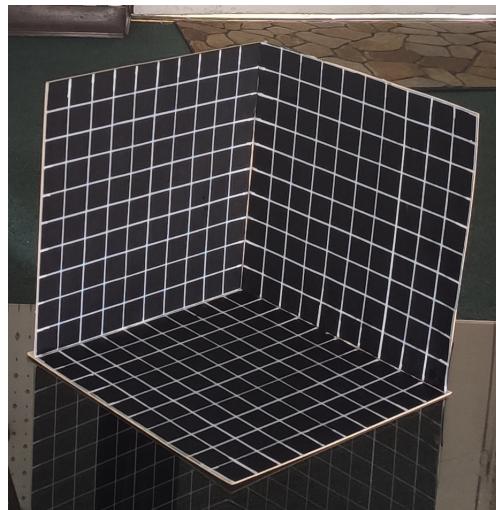


Figura 1: Malla de calibración con cámara en un punto fijo

- b) En la figura 2 se puede observar la malla y el plano de la ambientación que se usará para el resto de esta tarea.



Figura 2: Malla de calibración

Para la solución de este literal se tomaron en cuenta 11 puntos de coordenadas, distribuidos entre los tres planos de la malla de calibración. Los puntos seleccionados se pueden ver en la figura 3.

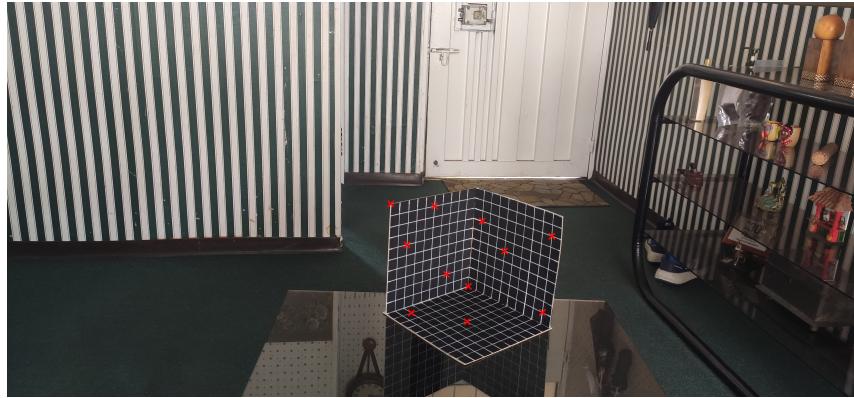


Figura 3: Puntos seleccionados de la malla para calibración

Una vez se seleccionaron los puntos en 3D se determinaron sus correspondientes coordenadas en los pixeles de la imagen. Estos puntos seleccionados junto con sus correspondientes pixeles se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1: Puntos 3D y Pixeles

Puntos 3D	Pixeles 2D
(0,0,0)	(2160,1330)
(4,0,5)	(2330,1163)
(9,0,1)	(2507,1451)
(0,5,9)	(2002,954)
(0,3,2)	(2085,1272)
(1,8,0)	(1893,1453)
(5,5,0)	(2154,1493)
(0,8,6)	(1873,1134)
(1,0,7)	(2225,1024)
(9,0,8)	(2551,1094)
(9,9,0)	(2148,1650)
(0,10,10)	(1798,944)

El siguiente paso consistió en crear la matriz W, la cual está dada por la ecuación 1.

$$W = \begin{bmatrix} P_1^T & 0^T & -U_1 P_1^T \\ 0^T & P_1^T & -V_1 P_1^T \\ \dots & \dots & \dots \\ P_n^T & 0^T & -U_n P_n^T \\ 0^T & P_n^T & -V_n P_n^T \end{bmatrix} \quad (1)$$

Aquí es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- W es una matriz de tamaño $[2n \times 12]$, donde n corresponde al número de puntos seleccionados.
- P_i corresponde al vector que contiene las coordenadas del punto seleccionado y una cuarta dimensión con un valor constante de 1, este último valor es debido a que se están utilizando coordenadas homogéneas.
- U_i corresponde a la coordenada en el eje horizontal del pixel correspondiente al punto seleccionado.
- V_i corresponde a la coordenada en el eje vertical del pixel correspondiente al punto seleccionado.

- 0^T corresponde a un vector de ceros de 4 posiciones.

Después de obtener la matriz W se procedió a obtener el vector propio correspondiente al menor valor propio de la matriz $W^T \cdot W$. Con esto se obtuvo el vector mostrado en la ecuación 2.

$$VP = \begin{bmatrix} 0,0023 \\ -0,0229 \\ -0,0032 \\ 0,8520 \\ 6,0939 \times 10^{-5} \\ -0,0011 \\ -0,0200 \\ 0,5226 \\ -4,9156 \times 10^{-6} \\ -4,2588 \times 10^{-6} \\ -2,0815 \times 10^{-6} \\ 3,9303 \times 10^{-4} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Finalmente, para obtener los vectores de la matriz de calibración, m_1 , m_2 y m_3 que mapea puntos 2D a 3D, basta con descomponer el vector mostrado en la ecuación 2, en tres vectores diferentes obteniendo los siguientes vectores:

$$m_1 = \begin{bmatrix} 0,0023 \\ -0,0229 \\ -0,0032 \\ 0,8520 \end{bmatrix} \quad m_2 = \begin{bmatrix} 6,0939 \times 10^{-5} \\ -0,0011 \\ -0,0200 \\ 0,5226 \end{bmatrix} \quad m_3 = \begin{bmatrix} -4,9156 \times 10^{-6} \\ -4,2588 \times 10^{-6} \\ -2,0815 \times 10^{-6} \\ 3,9303 \times 10^{-4} \end{bmatrix}$$

- c) Se creó una malla 3D de 3 planos, cada uno de 10×10 , la cual coincide con la malla de calibración construida (figura 1). En las siguientes imágenes se pueden observar diferentes vistas de esta malla 3D.

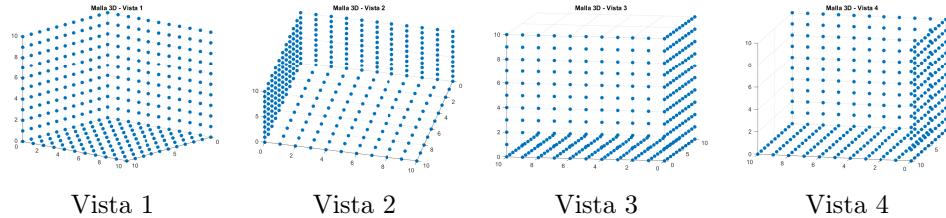


Figura 4: Construcción malla 3D

- d) Con el objetivo de determinar si la cámara quedó correctamente calibrada, se procedió a proyectar las coordenadas de la malla 3D construida en el literal anterior a los píxeles de la imagen de la figura 2, es decir, la malla de calibración. El resultado del mapeo se puede ver en la figura 5.



Figura 5: Mapeo de malla 3D sobre la foto de la malla de calibración

Como se puede notar, la calibración de la cámara resultó exitosa, pues todos las coordenadas de la malla 3D generada en MATLAB se mapearon a su respectiva posición de la malla física a la perfección.

- e) Ahora bien, se toma una foto sosteniendo un objeto 3D inexistente manteniendo la cámara en la misma posición.



Figura 6: Imagen sosteniendo objeto 3D inexistente

- f) Se procederá a incluir una esfera 3D sobre la figura 6, para que se genere la ilusión de que el sujeto de dicha figura la está sosteniendo. Para esto, primero se generó una esfera 3D con sus respectivas coordenadas en MATLAB. El resultado se puede ver en las figura 7.

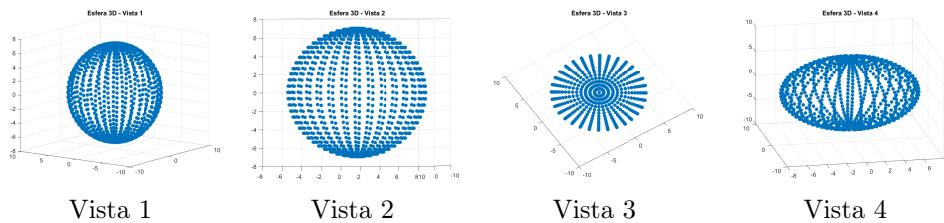


Figura 7: Construcción esfera 3D

- g) Teniendo la esfera 3D construida en Matlab, se procedió a realizar un mapeo de los puntos de esta esfera sobre la foto mostrada en la figura 6, para así tener como resultado que la mano esté sosteniendo la esfera. Lo anterior se realizó utilizando la misma matriz de calibración obtenida en el punto b.



Figura 8: Imagen sosteniendo esfera 3D

- h) Por último, se realizó una nueva calibración tal como se explica en el punto b, pero utilizando únicamente los puntos del plano $z = 0$. Estos se muestran en la siguiente imagen.



Figura 9: Puntos seleccionados de la malla para calibración

Se realizó el proceso pertinente y se encontraron los valores de m_i :

$$m_1 = \begin{bmatrix} 3,5561e - 7 \\ -1,7098e - 6 \\ -1,1102e - 16 \\ 7,0565e - 5 \end{bmatrix} \quad m_2 = \begin{bmatrix} 1,0756e - 7 \\ 4,7204e - 8 \\ 8,74e - 9 \\ 4,3450e - 5 \end{bmatrix} \quad m_3 = \begin{bmatrix} -3,5021e - 10 \\ -2,5996e - 10 \\ 1 \\ 3,2669e - 8 \end{bmatrix}$$

Luego de haber encontrado los nuevos valores de la matriz de calibración, se realizó el mismo proceso de mapeo de la malla 3D en Matlab (figura 4) hacia la foto de la malla de calibración (figura 2).

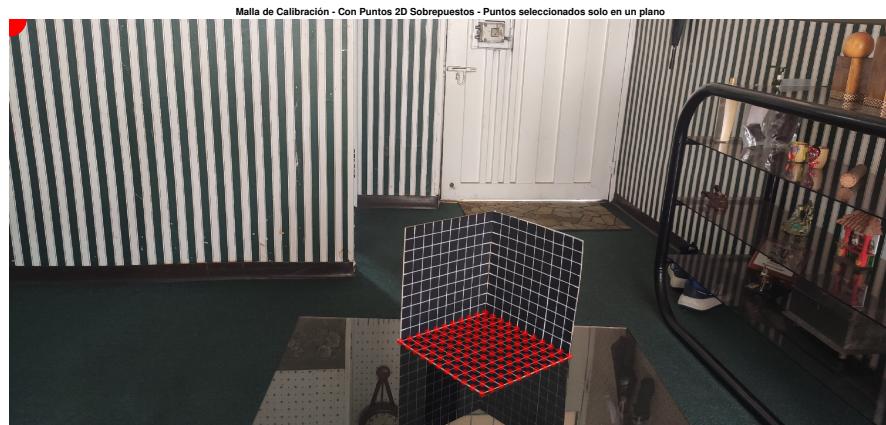


Figura 10: Mapeo de malla 3D sobre la foto de la malla de calibración

Se puede evidenciar que los puntos de la malla 3D están situados de manera correcta sobre la malla de calibración en el plano inferior, mientras que en los otros planos no se observan puntos de la malla 3D. Lo anterior se debe a que se escogieron puntos únicamente en el plano inferior, por lo que la malla de calibración tiene valores adecuados para este plano. Sin embargo, en la esquina superior izquierda se muestran una serie de puntos agrupados, los cuales corresponden a los otros dos planos, los cuales resultan en esta posición incorrecta ya que la matriz de calibración no tiene en consideración estos dos planos verticales.