

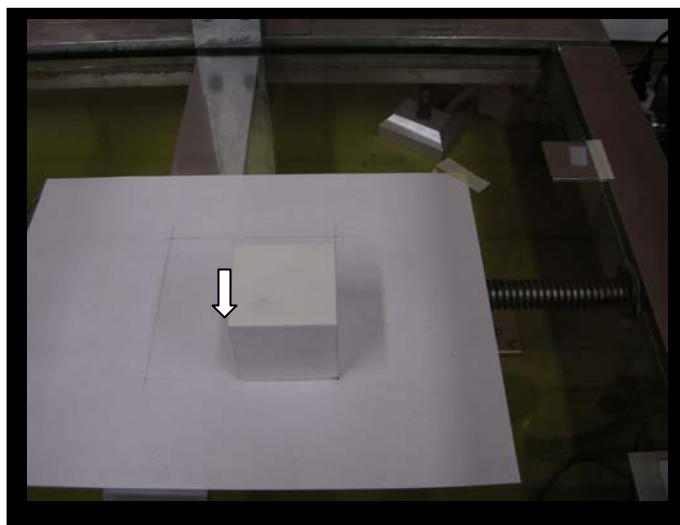
# **CAPÍTULO 6**

## **PRUEBAS Y RESULTADOS**

## 6.1 Pruebas y Resultados

Las pruebas que se generaron fueron tomando en cuenta tres parámetros importantes. El primero, la hora del día, ya que se ven afectados los resultados por la radiación solar externa al efectuar las mediciones. El segundo parámetro es el color de la superficie u objeto a rastrear por la intensidad en que se ve reflejada la señal al sensor. Y tercera, que el sensor solo permite tomar mediciones en unidades enteras, aunque estos datos son manipulados por ecuaciones para aproximar a su medición real.

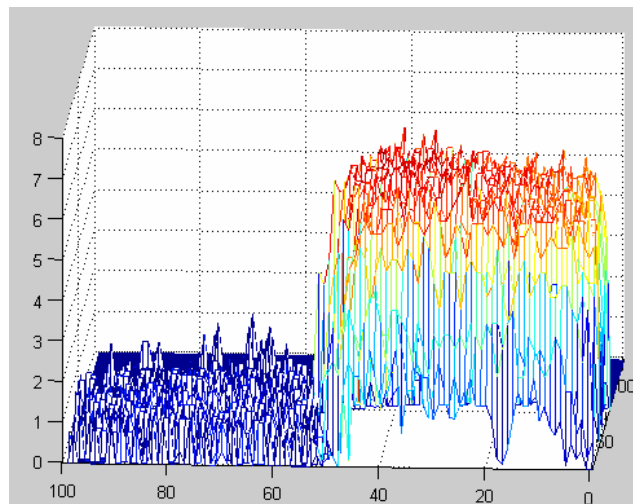
Se graficaron varios archivos que corresponden a diferentes figuras geométricas. La primera figura geométrica rastreada por el sistema fue el cubo que se posicionó esquinado a uno de los vértices de la superficie de rastreo. Cuya dimensión es de 5 cm. de alto por 5 cm. de ancho y 5 cm. de largo y su colocación se aprecia en la figura 6.21. Se indica con una flecha la sombra que crea la luz del medio exterior y que genera errores en la medición. Nota: Los ejes X y Y están escalados por un factor de diez para su mayor apreciación en todas las gráficas de resultados y las perspectivas en base al eje coordenado del sistema mecánico descrito en capítulos anteriores.



**Figura 6.21**  
**Cubo**  
**Esquinado**

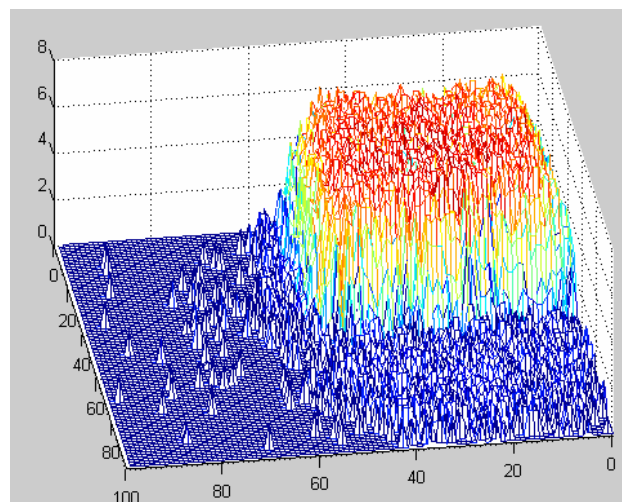
El resultado de la graficación se puede apreciar en las representaciones tridimensionales de las figuras 6.22 y 6.23 utilizando MATLAB en diferentes ángulos.

Resultado de la graficación *Mesh* lateralmente a un ángulo de  $7^\circ$  en *X* y  $-11^\circ$  en *Y*:



**Figura 6.22**  
Cubo  
Esquinado  
Primer Ángulo

Resultado de la graficación *Mesh* del mismo archivo ahora de frente y a  $22^\circ$  en *X* y  $-33^\circ$  en *Y*:

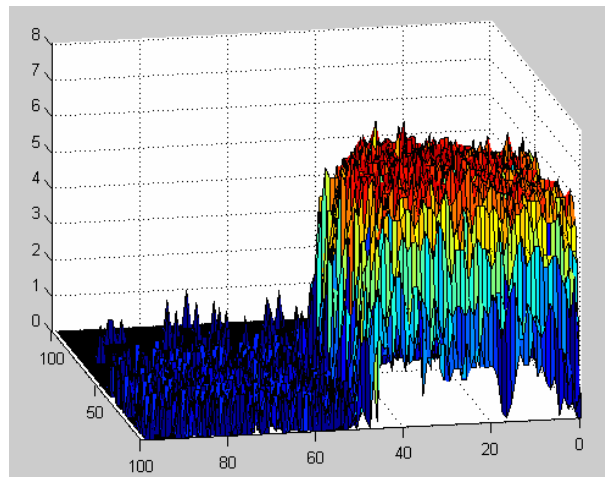


**Figura 6.23**  
Cubo  
Esquinado  
Segundo  
Ángulo

Se puede observar que existen ciertos números de imperfecciones en la superficie plana a un lado del cuadrado, esta última describe la sobra de la figura 6.1. Esta sombra se generó al no considerar las variaciones de luz en las ecuaciones iniciales. Se puede apreciar en la figura 6.22 que efectivamente la altura coincide con los 5 cm. así como en

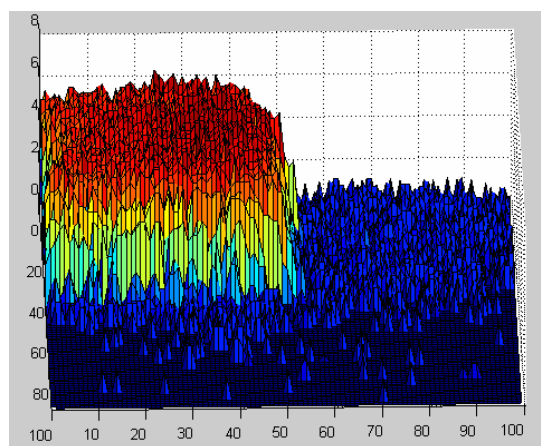
la figura 6.23 el ancho y largo de 5 cm. con un error de  $\pm 0.3$  cm. También se realizó la graficación tridimensional del objeto mediante la función *Surf* en MATLAB con los siguientes resultados.

Resultado de la graficación lateral con un ángulo de  $-16^\circ$  en X y  $-7^\circ$  en Y:



**Figura 6.24**  
Cubo  
Esquinado  
Tercer Ángulo

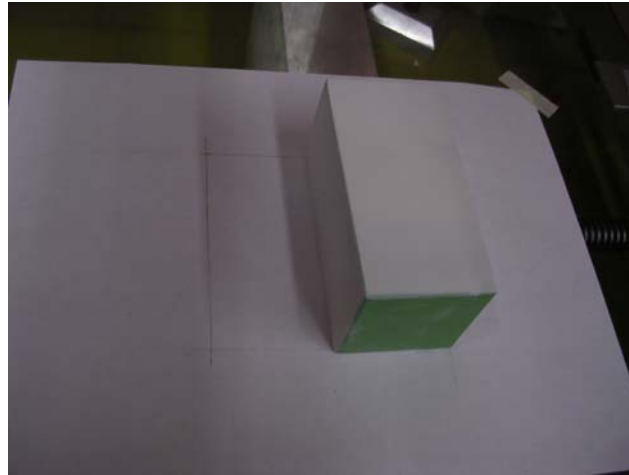
Se visualiza una superficie que describe al objeto con las medidas aproximadas de este en una perspectiva opuesta a la primera.



**Figura 6.25**  
Cubo  
Esquinado  
Cuarto Ángulo

Como resultado se muestra que las medidas obtenidas son muy aproximadas al cubo de con volumen de  $5 \text{ cm}^3$  como se aprecian en las diferentes figuras y en las diferentes perspectivas.

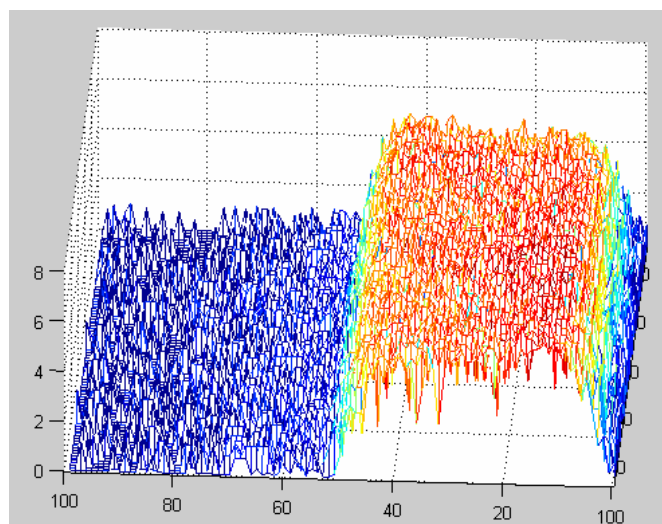
El segundo objeto graficado fue un paralelepípedo posicionado en uno de los lados de la superficie de rastreo. Con 10 cm. de largo por 5 cm. de ancho y alto. Su colocación se aprecia en la Figura 6.26.



**Figura 6.26**  
**Paralelepípedo**

De igual manera la graficación presenta el error de la sombra generada por la luz exterior hacia el objeto. Su representación se realizó mediante la función *Mesh* y *Surf*.

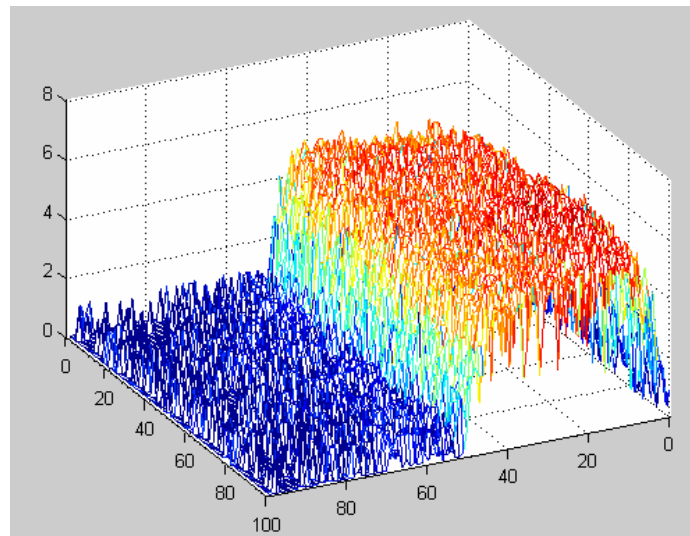
Resultado de la graficación *Mesh* en un ángulo lateral de  $6^\circ$  en X y  $-48^\circ$  en Y:



**Figura 6.27**  
**Paralelepípedo**  
**Lado Primer**  
**Ángulo**

Las sombras que generó la luz exterior y que afectó las mediciones iniciales fueron atenuadas un 50% con la aplicación de un sistema de luces cruzadas, sin embargo no fue la mejor opción como se aprecia en las figuras 6.27 y 6.28.

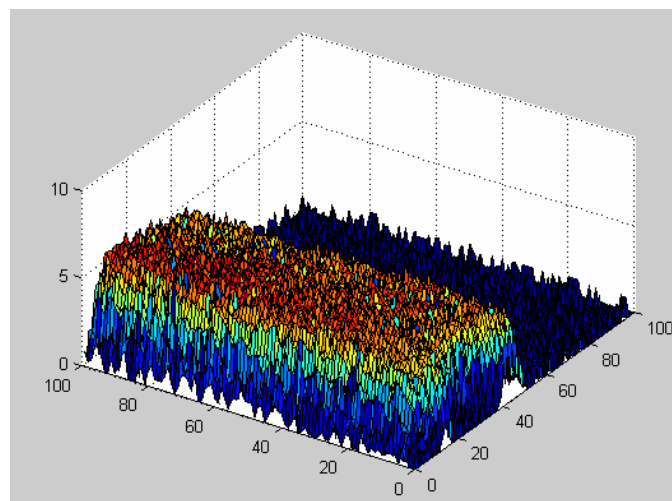
Resultado de la graficación *Mesh* de frente en un ángulo de  $78^\circ$  en *X* y  $-4^\circ$  en *Y*:



**Figura 6.28**  
Paralelepípedo  
Lado Segundo  
Ángulo

Se observa en la figura 6.28 una altura de  $5 \pm 0.2$  cm. y un ancho de  $5 \pm 0.2$  cm. y de largo 10 cm. aproximándose a las originales generadas por las mediciones.

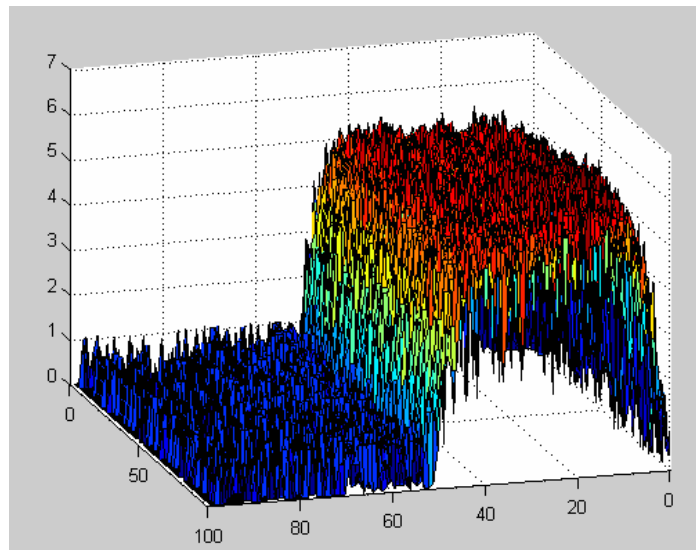
Resultado de la graficación *Surf* en perspectiva lateral con un ángulo de  $41^\circ$  en *X* y  $-8^\circ$  en *Y*:



**Figura 6.29**  
Rectángulo Lado  
Tercer Ángulo

De la misma forma pero mucho más claro se limita la superficie del paralelepípedo mostrada en la figura 6.29, con 5 cm. de altura y de 5 cm. de ancho y 10 cm. de largo.

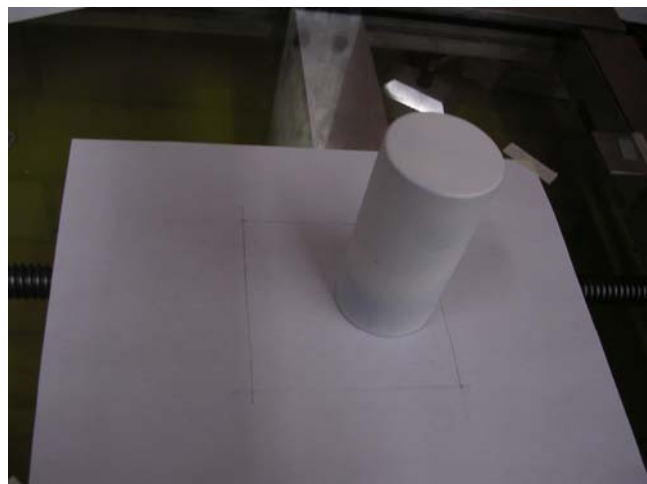
Resultado de la graficación *Surf* de lado a  $4.5^\circ$  en  $X$  y  $-3^\circ$  en  $Y$ :



**Figura 6.30**  
Paralelepípedo de Lado  
Cuarto Ángulo

Se nota que en las figuras 6.30 y 6.29 se presenta una superficie generada por puntos los cuales son alineados e interpolados por programa para poder representar un volumen. Por otra parte, las diferentes perspectivas utilizadas en las gráficas nos sirven para visualizar las medidas de altura, ancho y largo que corresponden a la superficie.

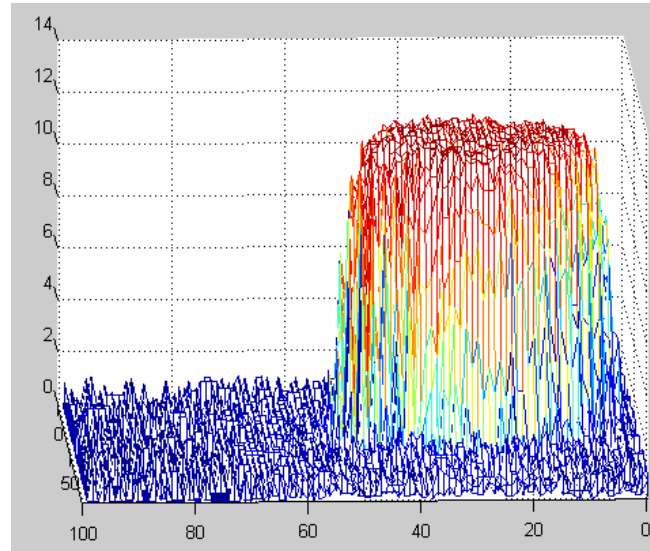
Otro prueba se realizó con un cilindro de 10.5 cm. de largo y un diámetro de 5 cm. de diámetro como se muestra en la figura 6.31.



**Figura 6.31**  
Cilindro

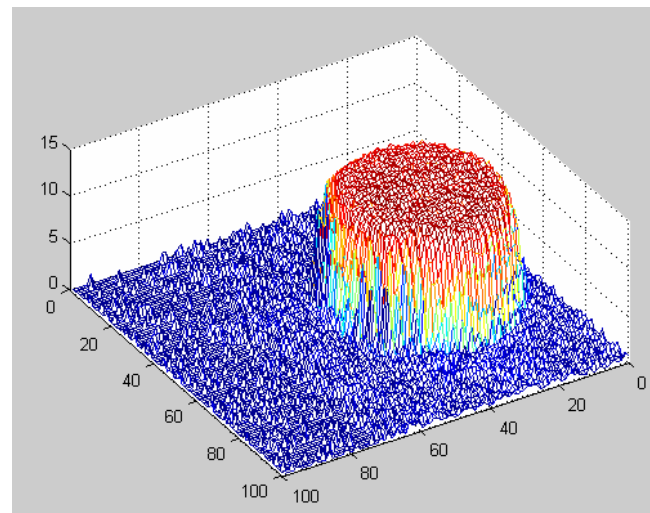
Sus representaciones tridimensionales siguientes fueron hechas utilizando las funciones predeterminadas de *Mesh* y *Surf*.

Resultado de la graficación *Mesh* de forma lateral con un ángulo de  $-4^\circ$  en *X* y  $-24^\circ$  en *Y*:



**Figura 6.32**  
**Cilindro**  
**Primer Ángulo**

Resultado de la graficación *Mesh* en otro ángulo de  $-37^\circ$  en *X* y  $-53^\circ$  en *Y*:

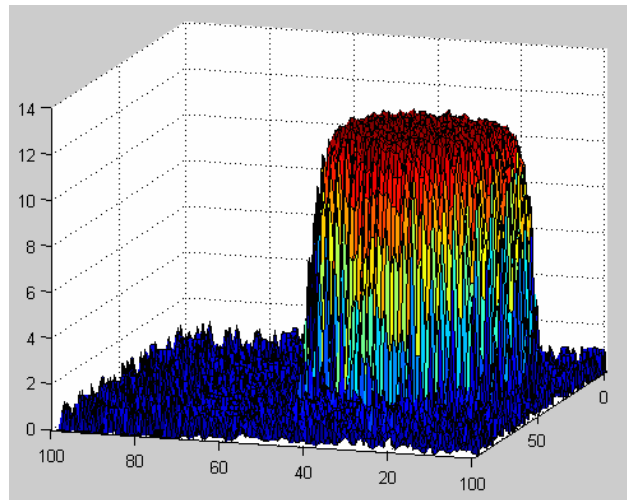


**Figura 6.33**  
**Cilindro**  
**Segundo**  
**Ángulo**

Se observan en ambas gráficas que uno de los errores constantes es la sombra obtenida alrededor del objeto. El color rojo corresponde a una altura máxima de  $10 \pm 0.2$  cm. y que coincide aproximadamente al objeto original.

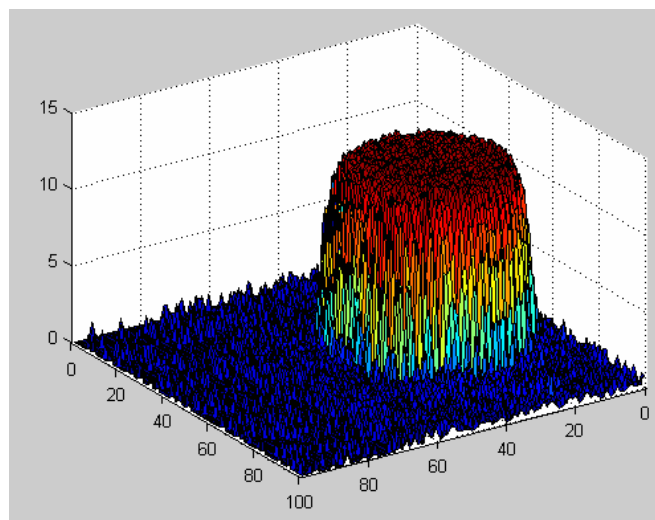


Resultado de la graficación *Surf* en ángulo de  $13^\circ$  en *X* y  $5^\circ$  en *Y*:



**Figura 6.34**  
Cilindro  
Tercer Ángulo

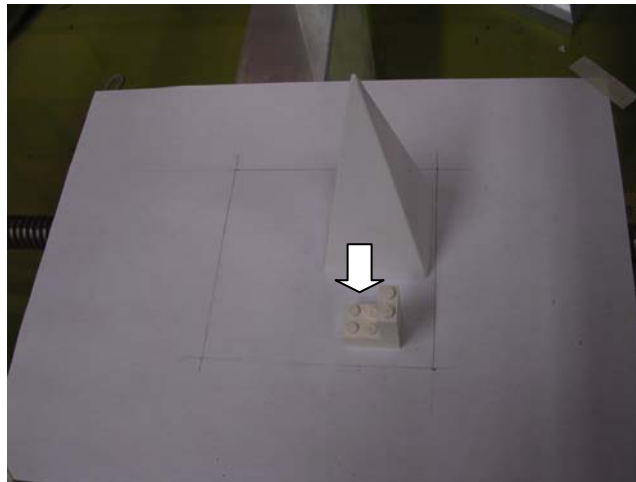
De la misma forma pero con el ángulo original de la figura 6.31 con rotación al frente de  $32^\circ$  en *Y*:



**Figura 6.35**  
Cilindro  
Cuarto Ángulo

En la figura 6.35 se aprecia que el elemento graficado tiene una base inferior mayor a la de la base superior, esto se debe a los errores generados en el desplazamiento total de la superficie.

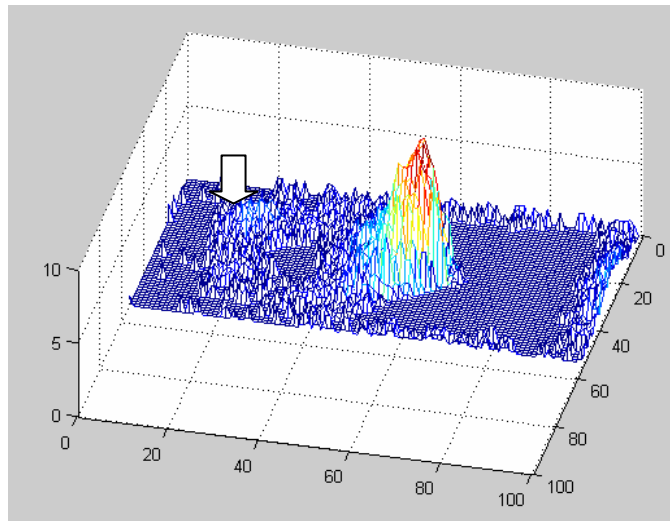
También se trató de graficar una pirámide de base cuadrada junto con una figura lego cuyas medidas son: 10 cm de alto con una base triangular de 5 cm por lado (ver figura 6.36) y la figura lego escalera de 1 cm. por 2 cm. de base con 2 cm. y .5 cm. de alto por centímetro.



**Figura 6.36**  
Pirámide y  
lego

Para la figura 6.36 se graficó utilizando las funciones *Mesh* y *Surf* respectivamente como se aprecia a continuación. La flecha indica donde se encuentra el objeto de Lego típico en forma de escalera en ambas figuras 6.36 y 6.37.

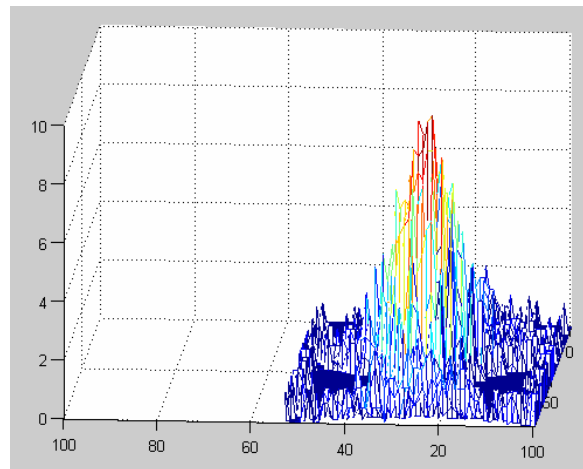
Resultado de la graficación *Mesh* de frente a  $24^\circ$  en *X* y  $-51^\circ$  en *Y*:



**Figura 6.37**  
Pirámide y  
Lego Primer  
Ángulo

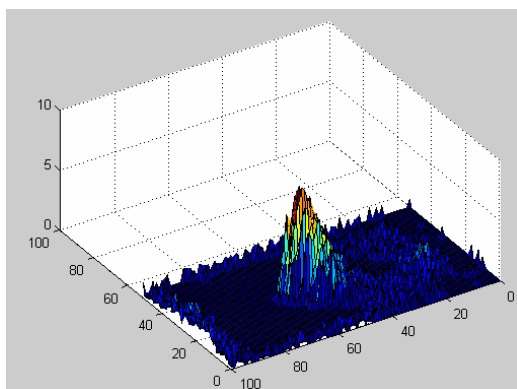
Se observa que solo se graficó la mitad de la superficie de rastreo porque la superficie faltante es un plano. También se aprecia que la figura Lego se presenta como ruido ya que no se había implementado una mejor resolución en las ecuaciones matemáticas comprendidas en diferentes rangos.

Resultado de la graficación *Mesh* en el ángulo original de la figura 6.36:

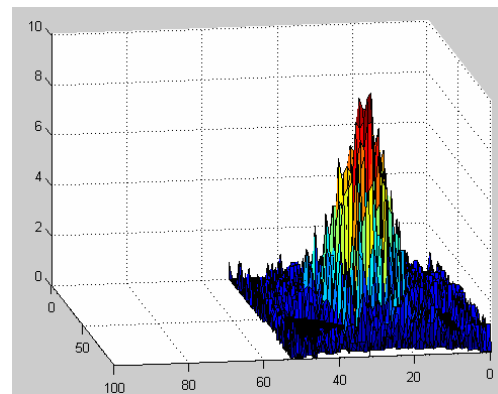


**Figura 6.38**  
Pirámide y  
Lego Segundo  
Ángulo

Graficas con la función *Surf* para:  $76^\circ$  en  $X$ ,  $27^\circ$  en  $Y$  y  $-6$  en  $X$ ,  $-3^\circ$  en  $Y$  respectivamente:



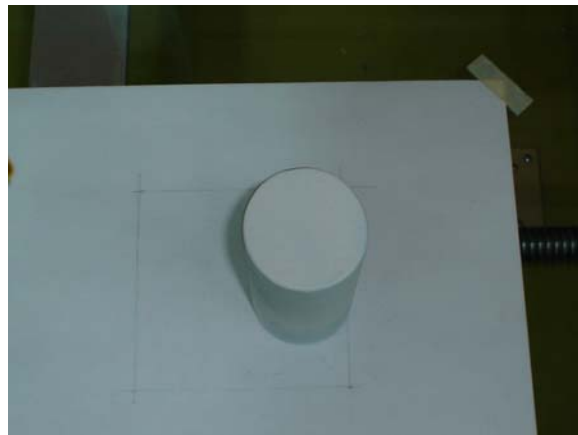
**Figura 6.39**  
Pirámide y  
Lego Tercer  
Ángulo



**Figura 6.40**  
Pirámide y  
Lego Cuarto  
Ángulo

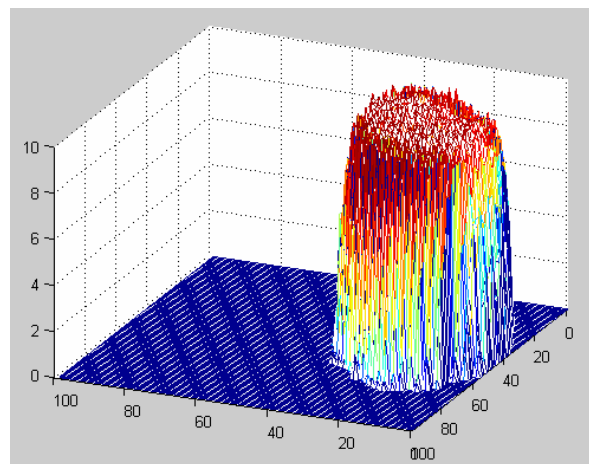
Una de las mayores problemáticas es la graficación de figuras con superficies agudas y casi paralelas al sensor óptico por la dispersión de la señal transmitida y el uso de un sistema mecánico no tan exacto para relieves de este tipo.

Ahora el mismo cilindro utilizado anteriormente pero aplicando la detección de errores en el desplazamiento y una mejor resolución matemática.



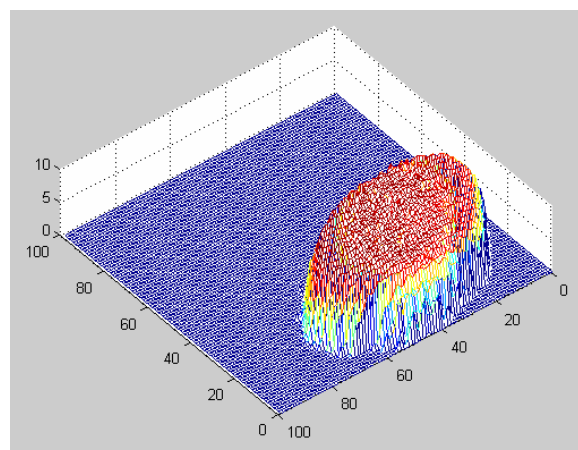
**Figura 6.41**  
**Cilindro 2**

Resultado de la graficación *Mesh* en un ángulo de  $37^\circ$  en  $X$  y  $-4.5$  en  $Y$ :



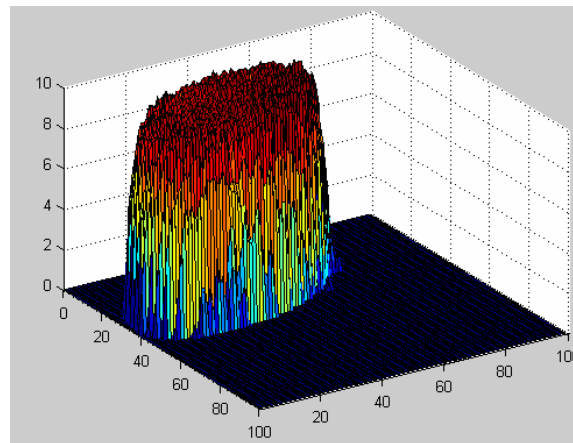
**Figura 6.42**  
**Cilindro 2**  
**Primer Ángulo**

Resultado de la graficación *Mesh* en un ángulo donde se muestra la base superior:



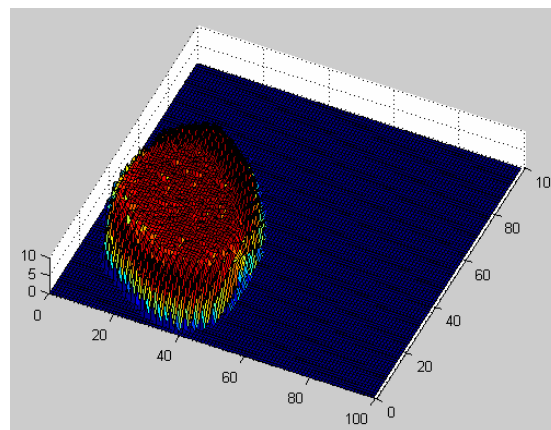
**Figura 6.43**  
**Cilindro 2**  
**Segundo**  
**Ángulo**

Ahora con la graficación *Surf* en otro ángulo frontal de  $95^\circ$  en  $X$  y  $2^\circ$  en  $Y$ :



**Figura 6.44**  
**Cilindro 2**  
**Tercer Ángulo**

Resultado de la graficación *Surf* en otro ángulo superior:



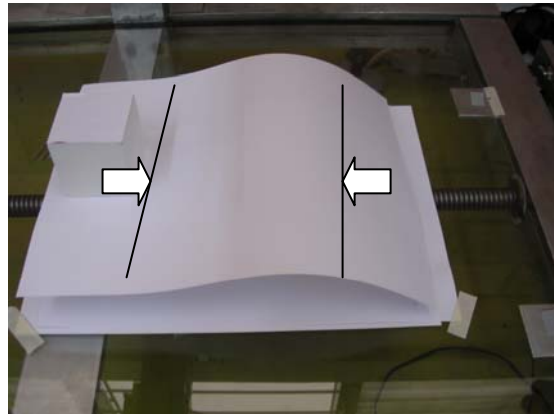
**Figura 6.45**  
**Cilindro 2**  
**Cuarto Ángulo**

En las figuras anteriores se muestra una mejoría en cuanto al error generado por las sombras y la anterior asimetría de las bases, sin embargo todavía presenta errores del rastreo por eso se nota un alargamiento de la figura.

Como resultado tenemos la representación tridimensional del cubo, del paralelepípedo y del cilindro de manera muy aproximada a sus medidas reales. Claro está, que por errores de captura en las mediciones las superficies por parte del sensor y el error generado por el desplazamiento del sistema mecánico, no corresponden exactamente a las figuras.

Por ahora se realizaron las pruebas con figuras geométricas a continuación se muestran las gráficas con algunas superficies. Por ejemplo una superficie ondular y una media parábola descritas en las figuras 6.46 y 6.49 respectivamente.

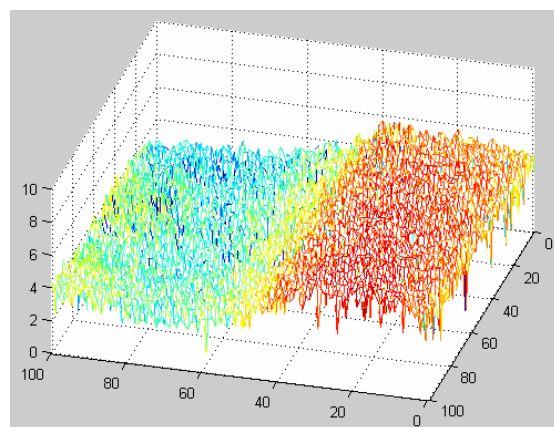
La primera superficie inicia y termina como se indica en las flechas:



**Figura 6.46**  
**Superficie1**

Superficie Ondular con de 10cm de largo por 10cm. de ancho, altura mínima de 3 cm., altura máxima de 5.5 cm. e intermedia de 4 cm. (hechas las mediciones con regla para poderlas comparar con las gráficas en MATLAB).

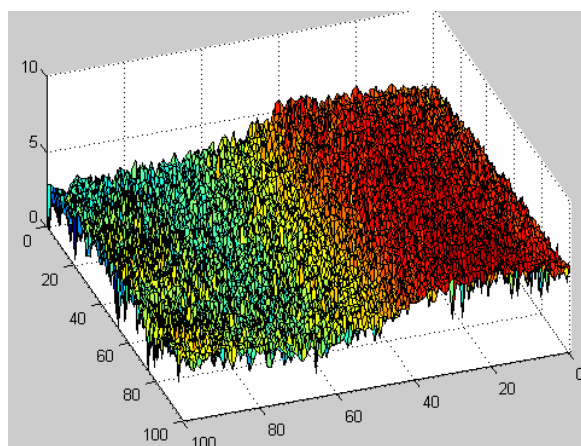
Gráfica de la primera superficie utilizando la función *Mesh* para  $X$  a  $23^\circ$  e  $Y$  a  $-26^\circ$ :



**Figura 6.47**  
**Superficie1**  
**Mesh**

La figura 6.47 muestra la ondulación que presenta la superficie por medio de las distintas coloraciones.

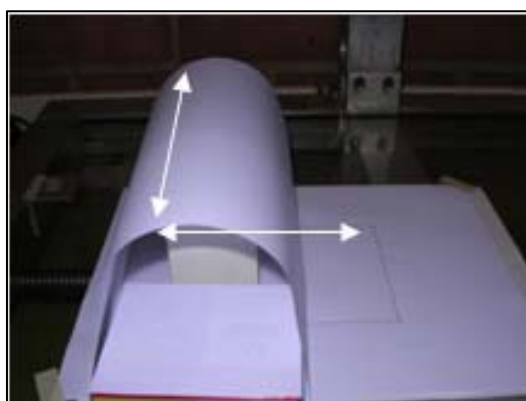
Gráfica de la primera superficie utilizando la función *Surf* para  $X$  a  $23^\circ$  e  $Y$  a  $-26^\circ$ :



**Figura 6.48**  
**Superficie1**  
**Surf**

Las medidas de la superficie real corresponden a las descritas por la gráfica en los diferentes modos de graficación. En la figura 6.48 se ve como la altura máxima es 5.5 cm. y la mínima 2.5 a 3 cm.

El siguiente volumen es una parábola la cual es graficada solo una parte por su posicionamiento en la superficie de rastreo.



**Figura 6.49**  
**Parábola**

Media parábola descrita por la superficie de las flechas con una altura máxima de 12 cm. y ancho máximo de 6 cm.

Gráfica de la parábola utilizando la función *Mesh* con una rotación en *Y* de  $40^\circ$  y  $6^\circ$  en *X*:

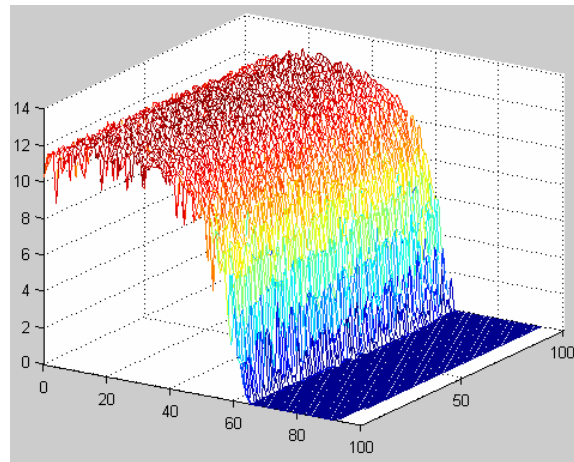


Figura 6.50  
Parábola Primer  
Ángulo

Gráfica de la primera superficie utilizando la función *Surf* ahora con una rotación de  $96^\circ$  en *Y* y  $5^\circ$  en *X*:

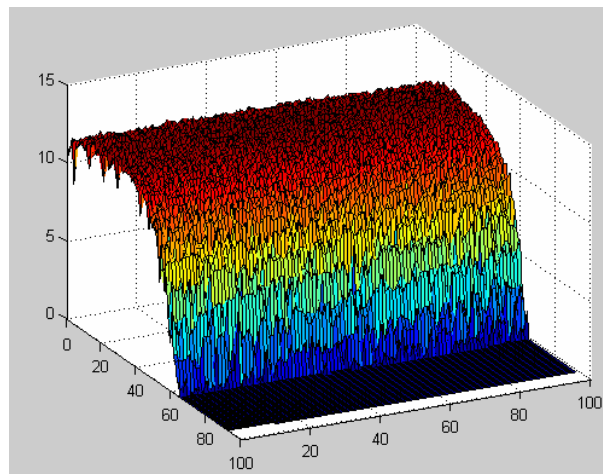


Figura 6.51  
Parábola Segundo  
Ángulo

Las figuras anteriores la 6.51 y 6.50 muestran que exactamente las mediciones efectuadas para este volumen representan la media parábola perfectamente dibujada en la figura 6.49.

El uso de la función probabilística de interpolación de puntos sirvió para descartar del plano errores mayúsculos en zonas inaceptables y que no son permisibles para una buena exactitud en la graficación. Con esto quiero decir que si el sensor por razones



externas al medio en una zona plana donde no existe objeto alguno identifica un punto de 3 cm. Por aproximación ese punto queda afinado al plano en relación a los puntos adjuntos. Sin embargo, sin tomar este tipo de recursos las gráficas se aprecian de la misma forma pero con errores en puntos aleatorios de la superficie.

También se genera un error al haber sombras alrededor de los objetos rastreados. El sensor toma en cuenta estas variaciones de luz como diferentes mediciones por la absorción de la luz y su poca reflexión. Por eso se trataron de quitar esas sombras mediante luces externas pero fue imposible matar todos los ángulos de proyección. En las gráficas se pueden observar esas sombras como superficies alrededor del objeto. Fue entonces que se pensó en quitar este tipo de errores, mediante una mejor caracterización de la ecuación original y una calibración por rangos (ver Capítulo 4).