

# Evaluación del error y la incertidumbre del sistema de detección de esferas Navar QA

Laura López and Luis Bautista

No Institute Given

**Abstract.** Este documento describe los hallazgos de la evaluación de error en la precisión y exactitud del sistema de rastreo NavarQA. Se aplica el protocolo de medición ASTM de error para el sistema de rastreo que permite llevar el registro de posición de esferas detectadas dentro del campo de observación de un par de cámaras Optitrack. Se establece una etapa de captura de datos mediante la localización de un conjunto de esferas que pertenecen a un apuntador el cual va recorriendo posiciones dentro de un aparato de calibración llamado Phantom. Se compararon cuarenta coordenadas estándar del Phantom con las coordenadas generadas por NavarQA. Finalmente se establece el modelo de medición en donde se identifican errores de distancia y se obtienen niveles de error bajos en comparación con Motive.

**Keywords:** Sistema de Rastreo · ASTM · NavarQA.

## 1 Introducción

El sistema de tracking NavarQA permite llevar el registro de las esferas detectadas dentro del campo de observación de las cámaras. Como objetivo principal se lleva cabo la medición de error del sistema a través del uso de un dispositivo llamado Phantom, el cual trae posiciones de referencia dentro del espacio  $(x,y,z)$  por cada punto dentro de él, las cuales comparamos con los puntos obtenidos mediante el sistema NavarQA por medio de la localización del Pointer o apuntador y la calibración del mismo dentro del espacio teniendo en cuenta el centroide de sus esferas, longitud y rotaciones para así sacar conclusiones del error de distancias entre la observación y los datos teóricos.

## 2 Metodología

### 2.1 Sistema de navegación NavarQA

NavarQA es un sistema de tracking o rastreo que permite obtener información real de las posiciones de los objetos rígidos detectados en escena (figura 2). Consta de un software de rastreo con interfaz gráfica que permite visualizar la información detectada por medio de un par de cámaras Optitrack de referencia Flex 13 (figura 1), con capacidad de 30 hasta 120 FPS a alta velocidad permitiendo rastrear objetos que se mueven rápidamente, con una forma rectangular

de 53.8 mm  $\times$  81mm y con una profundidad de 42.4 mm e iluminación IR invisible de 850nm. Posee un tamaño de imagen de 6.144 mm 4.9152 mm y 1280 1024 de resolución de imagen. Este sistema envía datos mediante protocolo UDP Unicast a cualquier dispositivo conectado a la misma red, estos datos contienen información de los marcadores, objetos rígidos, los IDs de los objetos rígidos, las posiciones y orientaciones.



Fig. 1: Cámaras Flex 13.

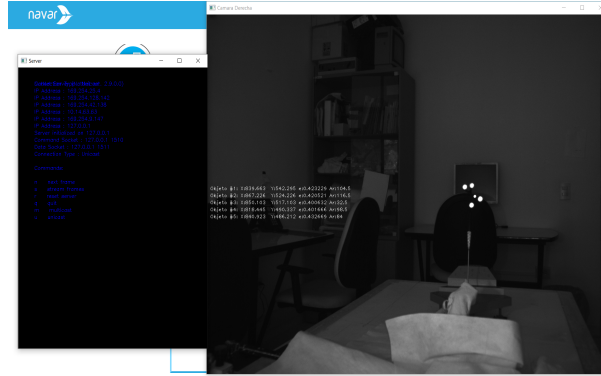


Fig. 2: Visualización del sistema NavarQA

## 2.2 Phantom

El Phantom es un aparato de medición estandarizado y es utilizado para evaluar la precisión del sistema de seguimiento según indica el documento ASTM F2554[1]. Este dispositivo contiene cuarenta y siete ranuras ubicadas a diferentes distancias una de la otra y a diferentes orientaciones cómo se observa en la figura 4. Este sistema se usa para evaluar la precisión de algún subsistema de rastreo y usa el sistema internacional de medida en milímetros.

### 2.3 Pointer

El Pointer es una guía o apuntador el cual contiene esferas ubicadas a distancias determinadas para garantizar su identificación por parte del sistema NavarQA, (figura 3), después de ser calibrado se usa para evaluar la precisión del subsistema de seguimiento.

La calibración del Pointer, se hace calculando el centroide dentro de las posiciones de las esferas y estableciendo un ángulo que permita obtener la posición de la punta  $P(x, y, z)$  dentro del espacio.

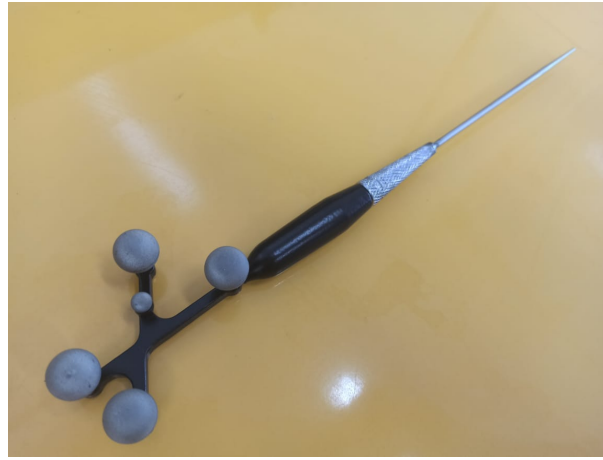


Fig. 3: Pointer

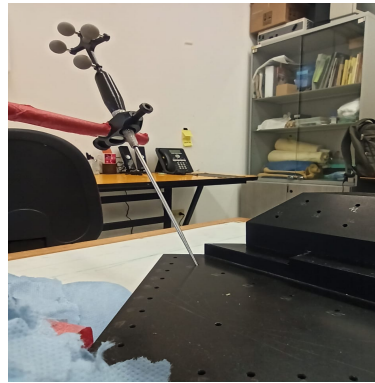
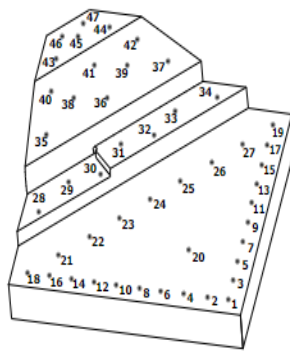


Fig. 4: Phantom.

## 2.4 Generación de puntos

El procedimiento se realiza en tres fases con el objetivo de analizar la precisión y exactitud de las posiciones generadas por NavarQA respecto a la punta del Pointer, se dividen en:

- Medición de puntos únicos: Se realiza un recorrido en conjunto con el Pointer por cada ranura del Phantom cómo se muestra en la figura 4, variando las posiciones y orientaciones dentro de éste. Se realiza un recorrido en conjunto con el Pointer por cada ranura del Phantom cómo se muestra en la figura 4, variando las posiciones y orientaciones dentro de éste. El sistema NavarQA guarda treinta datos por cada ranura de posiciones tridimensionales y se promedia cada conjunto de datos de cada ranura para obtener una posición final por cada una. El objetivo de este paso es cuantificar la precisión de los puntos únicos y el efecto de la orientación de la herramienta.
- Angulación: Se evalúa la precisión de las coordenadas obtenidas en la punta del Pointer, son afectadas por la posición angular en el plano perpendicular y paralelo a las cámaras.
- Rotación: Se evalúa la precisión de las coordenadas obtenidas en la punta del Pointer, son afectadas por el ángulo de rotación de la herramienta sobre su eje.

## 2.5 Errores de medición

Evaluar los errores de medición, permite establecer distintas características del software como la precisión, la exactitud, la imprecisión o la media con el fin de analizar, corregir o disminuir errores del mismo sistema [2].

Para esta evaluación se elige calcular el error de distancias, la desviación, la imprecisión, el rango y la media, con el fin de evaluar la precisión de la herramienta.

## 2.6 Método de medición

- Puntos únicos:

Una vez calibrado el Pointer, se toma todas las posiciones medidas de la punta de la herramienta por cada punto y se promedia para obtener la posición media de la punta del Pointer. Se calcula la diferencia de distancias respecto a un punto elegido al azar haciendo uso del teorema de pitágoras para un espacio tridimensional. Suponiendo que  $P_1(x_1, y_1, z_1)$  es un punto obtenido con la posición de la punta del Pointer y  $P_2(x_2, y_2, z_2)$  es un punto de referencia del Phantom, la distancia entre ellos se puede expresar como en la ecuación 1 y finalmente se obtiene la diferencia del error teniendo en cuenta la tabla de referencia de posiciones del Phantom [3].

$$|P_1P_2| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad (1)$$

Este paso se hace con los dos conjuntos de datos; los datos obtenidos con NavarQA de las posiciones captadas por la punta del Pointer, y los datos predeterminados de las posiciones del Phantom, para posteriormente obtener la diferencia entre los dos conjuntos, lo cual corresponderá al

La precisión de las evaluaciones se hace a través de la desviación estándar del error cómo en la ecuación 2

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (2)$$

Se procede a calcular la media, desviación máxima y la desviación estándar de las diferencias calculadas y rangos de distancia para los datos obtenidos.

- Angulación: Se eligen puntos extremos del Phantom para llevar a cabo la medición: 1, 18, 19 y 43. La angulación se divide en dos medidas (paralelo y perpendicular) respecto a la vista del instrumento a las cámaras y se recorre de a  $10^\circ$  hasta  $30^\circ$  en saltos de a  $10^\circ$  respecto al eje central.
- Rotación: Se elige el punto 20 para medir la posición de la punta de  $10^\circ$  hasta  $30^\circ$  en saltos de  $10^\circ$  respecto al eje central.

### 3 Resultados

La gráfica 5 y la tabla 1, muestran los resultados de la diferencia de las distancias medidas a las teóricas del Phantom diferenciando por color cada sección dentro de él, la cual se puede observar que el error medio es de 0.8564 mm con tendencia a variar por debajo o por encima de dicha medida en 0.7384 mm con un rango de  $R[0.0381 \ 3.3352]$ , siendo 0.0381 mm el error mínimo y 3.3352 mm el error máximo.

Table 1: Estadísticos descriptivos para las tomas de puntos únicos

Variable	Datos	Media	stDev	Min	Max
Error	40	0.8564	0.7384	0.0381	3.3352

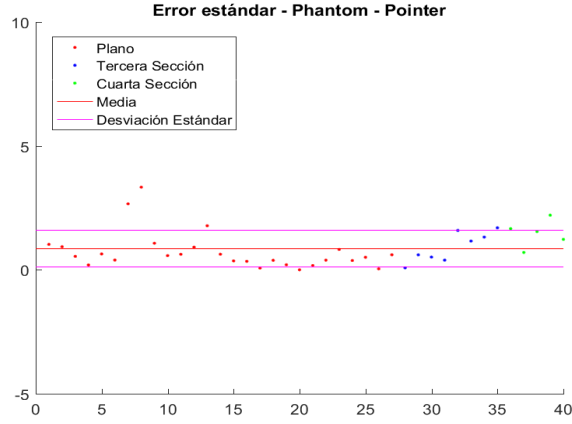


Fig. 5: Resultados error de distancias.

La gráficas 6 al 9 muestran la diferencia de la estimación de la posición de la punta a medida que va cambiando el ángulo de inclinación en cada punto. El punto central representa la sumatoria de datos tomados en el eje perpendicular a las cámaras, el cual representa el punto inicial a comparar los ángulos medidos. Se puede verificar que mientras mas se aleja del eje central, aumenta el error de distancia.

En la gráfica 9 existen datos que no aparecen en la gráfica, esto es porque al intentar detectar el Pointer, el sistema confunde la esfera pequeña con alguna de las adyacentes y la entiende como una sola

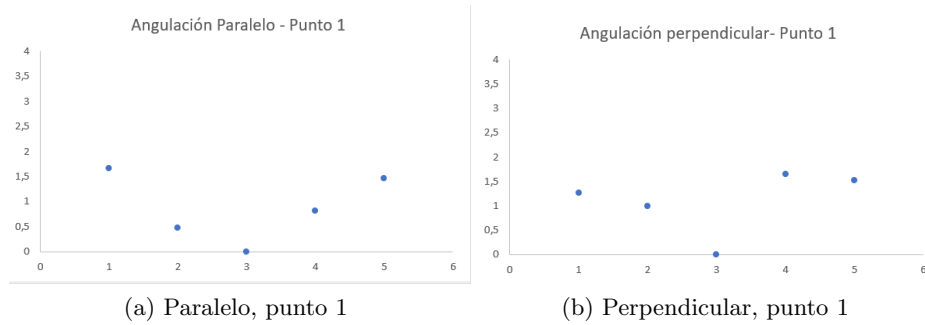


Fig. 6: Resultados medición de angulación punto uno

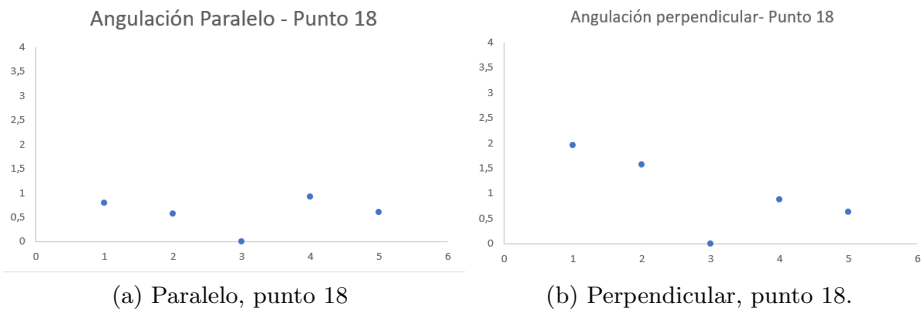


Fig. 7: Resultados medición de angulación punto dieciocho

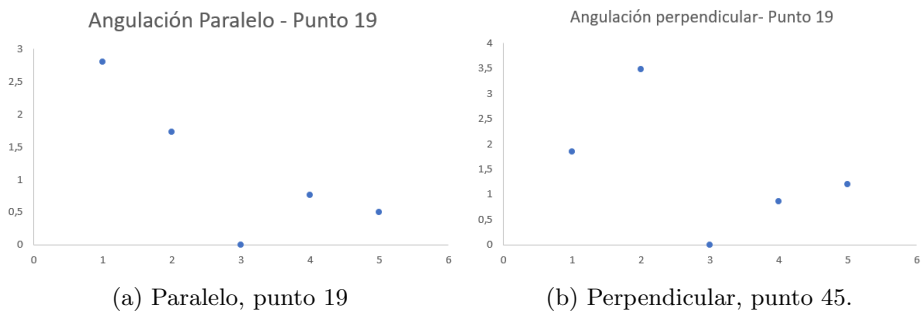


Fig. 8: Resultados medición de angulación punto diecinueve

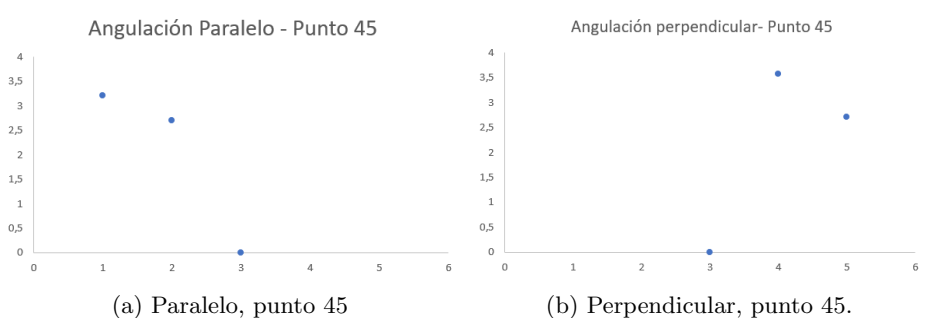


Fig. 9: Resultados medición de angulación punto cuarenta y cinco

## 4 Conclusiones

- La variación del error de distancias va a verse afectado por el punto inicial escogido, por lo que el resultado siempre va a variar.
- Es necesario mejorar el método de la calibración de la herramienta para mejorar la precisión.
- La precisión de la herramienta en cuánto a la posición dentro de espacio es de  $0.7384 \pm 0.7384mm$
- Se considera que se debe mejorar la distribución de las esferas en la estrella del Pointer, para que al hacer algún giro, no se confunda o entienda dos esferas cómo una sola.

## References

1. Author, F.: Article title. Journal **2**(5), 99–110 (2016)
2. Author, F., Author, S.: Title of a proceedings paper. In: Editor, F., Editor, S. (eds.) CONFERENCE 2016, LNCS, vol. 9999, pp. 1–13. Springer, Heidelberg (2016). <https://doi.org/10.1007/1234567890>
3. Author, F., Author, S., Author, T.: Book title. 2nd edn. Publisher, Location (1999)
4. Author, A.-B.: Contribution title. In: 9th International Proceedings on Proceedings, pp. 1–2. Publisher, Location (2010)
5. LNCS Homepage, <http://www.springer.com/lncs>. Last accessed 4 Oct 2017