



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**  
FACULTAD DE MEDICINA

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO  
PROFESIONAL DE LICENCIADO EN  
TECNOLOGIA MÉDICA EN LA  
ESPECIALIDAD DE RADIOLOGIA**

**SETUP ERROR EN RADIOTERAPIA DE  
PROSTATA CON CORRECCION ONLINE**  
**SETUP ERROR IN PROSTATE RADIOTHERAPY WITH  
ONLINE CORRECTION**

**ALUMNA:**

**PALACIOS CANORIO, IRINA ADRIANA**

**ASESORES:**

**CADENAS DE LA CRUZ, YENI FRIDA  
ROJAS VILCA, JOSE LUIS**

**LIMA - PERÚ**

**2019**

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	4
INTRODUCCIÓN .....	6
OBJETIVOS .....	10
MATERIAL Y MÉTODOS .....	11
- DISEÑO DEL ESTUDIO .....	11
- POBLACIÓN .....	12
- MUESTRA.....	13
- PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS.....	13
o RECOLECCIÓN DE DATOS .....	13
o PROCESAMIENTO DE DATOS.....	13
- PLAN DE ANÁLISIS .....	13
- ASPECTO ÉTICO .....	13
RESULTADOS .....	14
DISCUSIÓN .....	16
CONCLUSIONES .....	19
DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERES .....	20
REFERENCIAS BLIBLIOGRÁFICAS .....	20
TABLAS, GRAFICOS Y FIGURAS .....	31

## RESUMEN

**ANTECEDENTES:** La radioterapia externa de intensidad modulada en cáncer de próstata con la radioterapia guiada por imagen (IGRT) y una corrección online diaria del volumen tumoral planificado (PTV) permiten entregar una adecuada dosis de radiación al PTV sin sobre irradiar los tejidos sanos adyacentes. La discrepancia de la posición del PTV es el setup error y depende del reposicionamiento diario del paciente. **OBJETIVO:** Identificar el setup error en radioterapia externa de próstata por intensidad modulada tratada con corrección online en el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN). **MATERIALES Y MÉTODO:** Estudio observacional descriptivo transversal que evaluó imágenes tomográficas por haz cónico (CBCT) adquiridas y corregidas desde julio de 2017 a julio de 2018 en el departamento de radioterapia del INEN que cumplan con los criterios de inclusión. **RESULTADOS:** La variación de los 3 ejes traslacionales fue: X (D-I):  $0.37 \pm 0.31$  mm, Y (S-I):  $0.27 \pm 0.30$  mm, Z (A-P):  $0.27 \pm 0.22$  mm, y de los 3 ejes rotacionales fue: X (pitch):  $1.31^\circ \pm 0.70^\circ$ , Y (roll):  $0.83^\circ \pm 0.52^\circ$  y Z (yaw):  $0.54^\circ \pm 0.37^\circ$ . Los errores sistemáticos ( $\Sigma$ ) y aleatorios ( $\sigma$ ) poblacionales fueron, en X:  $\Sigma$ : 0.15 y  $\sigma$ : 0.50, en Y:  $\Sigma$ : 0.12 y  $\sigma$ : 0.48, en Z:  $\Sigma$ : 0.18 y  $\sigma$ : 0.33. **CONCLUSIONES:** El procedimiento de corrección online diaria es eficiente porque reduce el error sistemático y aleatorio al corregir la posición de la próstata en relación con el llenado del recto y la vejiga. Los resultados obtenidos se encuentran por debajo del límite de corrección en nuestra institución. **PALABRAS CLAVE:** IGRT, IMRT, CBCT.

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Intensity Modulated External Beam Radiotherapy (IMRT) with image guided radiotherapy (IGRT) and a daily online correction of the planned tumoral volumen (PTV) allow to deliver an accurate radiation dose to the PTV without giving an overdose to the healthy tissue around cancer cells. The discrepancy of the PTV position is known as setup error and it depends on the daily reposition of the patient. **OBJECTIVE:** To identify the setup error in external beam radiotherapy of prostate cancer treated with IMRT with online correction at INEN Radiation therapy department. **MATERIAL AND METHOD:** Observational descriptive transverse study which evaluated all the Cone Beam Computed Tomography (CBCT) images acquired and corrected since July 2017 to July 2018 by the medical technologists in radiology of the department of radiotherapy at INEN. The CBCT must accomplish the inclusion criteria. **RESULTS:** The variation of the 6 axes of movement, 3 translational axes and 3 rotational axes were the following: X translational (right-left)  $0.37 \pm 0.31$  mm, Y translational (cranio-caudal)  $0.27 \pm 0.30$  mm, Z translational (antero-posterior)  $0.27 \pm 0.22$  mm; in the X rotational (pitch)  $1.31^\circ \pm 0.70^\circ$ , in the Y rotational (roll)  $0.83^\circ \pm 0.52^\circ$  and in the Z rotational (yaw)  $0.54^\circ \pm 0.37^\circ$ . Setup errors of the population were the following: X (L-R) Systematic error ( $\Sigma$ ): 0.15 and the random error ( $\sigma$ ): 0.50; Y (S-I)  $\Sigma$ : 0.12 y  $\sigma$ : 0.48 and Z (A-P)  $\Sigma$ : 0.18 y  $\sigma$ : 0.33. **CONCLUSION:** The procedure of daily online correction is efficient because it lets decrease the systematic error due to the daily acquisition of images during all the treatment and to decrease the random error correcting the position of the prostate according to its relationship with the volume

of the rectum and the bladder. The results obtained are below the setup margin and threshold in the institution.

**KEYWORDS:** IGRT, IMRT, CBCT

## **INTRODUCCION**

El cáncer de próstata es la segunda neoplasia maligna diagnosticada con mayor frecuencia en varones y la quinta causa de muerte por cáncer a nivel mundial (1,2). teniendo un 7.1% de casos nuevos en el 2018 según Globocan 2018 (3). A nivel de America Central y Sudamerica es la neoplasia más común diagnosticada en hombres (4) con una incidencia de 14.9% (3) En el Peru es el cáncer mas frecuente en hombres y la primera causa de muerte por cáncer con una incidencia anual de 48.6% entre el 2010 y 2012 (3,5,6,7).

Existen diferentes formas de tratamiento disponibles para esta neoplasia, que se eligen dependiendo de factores propios del paciente o de la enfermedad, las cuales son: la vigilancia activa, cirugía y radioterapia; la radioterapia por haz externo es considerada la base para el tratamiento de cáncer de próstata debido a que las complicaciones que conlleva son menores que con la prostactectomia radical (5,8,9,10).

La radioterapia por haz externo usa rayos X de alta energía que eliminan las células cancerígenas, sin embargo, este haz también daña las células sanas conforme va atravesando el tejido circundante al tumor (11). El desarrollo de la tecnología ha permitido implementar nuevas técnicas de radioterapia por haz externo que permiten modular y conformar la radiación, estas son: la radioterapia por intensidad modulada (IMRT), la radioterapia guiada por imagen (IGRT) y la arcoterapia volumétrica de intensidad modulada (VMAT), asociados o no a Braquiterapia según sea el riesgo de cada paciente; las cuales permiten un escalamiento de dosis, que hace que los haces de radiación conformen y traten con suma precisión el

tumor, disminuyendo a la vez el daño hacia los órganos en riesgo adyacentes (12,13).

IMRT y VMAT son técnicas avanzadas de radioterapia 3D conformacional (14) que son más precisas debido a que con una adecuada delimitación de volúmenes tumorales y órganos en riesgo permiten que la conformación de la distribución de dosis sea mejor usando altas gradientes de dosis entre los tejidos tumorales y los sanos (próstata, recto y vejiga), incrementando el control local tumoral (15) con altas dosis al tumor sin sobre irradiar los tejidos sanos (16,17), lo que conlleva a la utilización de márgenes más estrechos que permitan que el volumen tumoral planificado (PTV) reciba por lo menos el 85-90% de la dosis prescrita manteniendo la restricción de dosis de los órganos en riesgo (OAR) (18). Además, IMRT y VMAT utilizan un método de planificación inversa, que trabaja desde la distribución de dosis deseada en cada volumen para que, a partir de esto, se creen campos de tratamiento con intensidades de radiación diferentes, (9,19) la intensidad modulada permite entregar altas dosis al PTV reduciendo las mismas a los OAR (10,20). Sin embargo, la diferencia entre ambos es que VMAT disminuye el tiempo de entrega de tratamiento debido a que reduce el número de unidades monitor entregadas y puede distribuir la dosis con una rotación de 360° del gantry en uno o múltiples arcos (13).

Al usar las altas gradientes de dosis es importante recordar el movimiento de los órganos internos, ya que este puede ocasionar infra dosis al tumor y/o sobredosis al órgano en riesgo. Para la próstata, son importantes las condiciones de llenado de la vejiga y del recto; pues estos influyen significativamente en la posición de la misma y por ende en la precisión del tratamiento con intensidad modulada; el movimiento

involuntario del recto produce modificaciones considerables de la distribución de la dosis en el volumen tumoral y los órganos sanos (15,17,21). En este sentido es necesario que el paciente cumpla una dieta y una preparación previos al tratamiento que permitan mantener las mismas condiciones diariamente, y que los tecnólogos médicos cumplan con un adecuado reposicionamiento del paciente.

Debido a la importancia que cobra el movimiento de la próstata inter e intrafracción, y a las altas gradientes de dosis con los pequeños márgenes de tratamiento que utiliza la intensidad modulada, se ha vuelto una necesidad el utilizar IGRT para cumplir con la precisión que se requiere evitando la pérdida geométrica del PTV (13,22,23). La forma de IGRT, que permite observar tejidos blandos, así como estructuras óseas, es la tomografía por haz cónico (CBCT) (22). En CBCT la adquisición de las imágenes es volumétrica en solamente una revolución del gantry, la calidad de las imágenes es por ende menor a la de un tomógrafo helicoidal, pero es adecuado para realizar una correcta fusión de imágenes y corregirla; lo que permite reducir la incertidumbre de la posición del paciente y del PTV interfacción, sobretodo porque nos permite verificar tejidos blandos como la próstata, el recto y la vejiga (17,24,25).

La precisión del tratamiento en el cáncer de próstata debe verificarse diariamente con IGRT para asegurar la máxima dosis posible a la próstata disminuyendo la toxicidad aguda de la vejiga y recto (26,27); y debido a que con la intensidad modulada se manejan márgenes reducidos y altas dosis de radiación, la radioterapia se vuelve más sensible a incertidumbres geométricas, y en este caso en particular las mismas se introducen por el movimiento de la próstata interfacción, llamándose error por setup (18,28). Los errores por setup son la diferencia en posición del PTV



entre la planificación y el tratamiento luego del reposicionamiento basado en marcas externas (tatuajes), los cuales son hechos al momento de la adquisición de la tomografía de planificación en donde se ubica al paciente en una posición reproducible con accesorios de inmovilización adecuados al tipo de lesión que se vaya a tratar; dicha posición idealmente debería ser exacta al momento del tratamiento, por lo que se verifica, emparejando la imagen de verificación (CBCT) empareja con la de referencia (tomografía de planificación), existiendo una diferencia entre las coordenadas de posición (29,38). Los errores por setup y los márgenes geométricos se interconectan probando que la cobertura adecuada del CTV y PTV se ve afectada por los errores sistemáticos y aleatorios (28,29), por esto existen fórmulas de márgenes de PTV que se han desarrollado tomando en cuenta la incertidumbre geométrica, las cuales deben desarrollarse de acuerdo a los resultados obtenidos en cada institución y para cada población con que se cuente (30,31). La corrección de los errores por setup debe ser diaria; la corrección y el registro debe hacerse inmediatamente antes de la entrega del tratamiento, a lo que se le llama corrección online (17,21,28,29,38).

Las incertidumbres geométricas como el error por setup o movimiento de órganos puede reducir la eficacia de la radioterapia, IGRT corrige incertidumbres, resultando en una mejor cobertura del tumor; sin embargo, el movimiento del OAR y tumor están íntimamente relacionados. En la radioterapia externa de próstata, el llenado del recto es el principal factor que determina el movimiento de esta (32), lo que significa que la pared rectal anterior recibe una diferente dosis con y sin IGRT (9,29,33,34) y puede variar entre 50 y 300% de la planificación (35) y se ha observado una significativa reducción en la toxicidad urinaria tardía con IGRT en

comparación a pacientes tratados sin IGRT (36) debido a estas razones, el tipo de corrección del error por setup en el cáncer de próstata es la corrección online, esta corrección online reduce los errores sistemáticos y aleatorios (24,37). Diversos estudios han demostrado la importancia de la corrección online debido a las grandes correcciones que se realizan en los ejes anteroposterior y craneocaudal (31,38), también se ha demostrado que con IGRT online se puede lograr un máximo incremento de dosis del 13% con respecto a la limitante de dosis del recto (39).

Los errores sistemáticos son desviaciones que ocurren entre la planificación y el tratamiento diario, en estas desviaciones, la dirección y magnitud serán iguales en cada fracción; se conocen como errores de preparación de tratamiento, pueden ser introducidos en la fase de localización, planificación o entrega de tratamiento (28,29,38). Los errores aleatorios son desviaciones diarias que varían en dirección y magnitud en cada fracción, ocurren con el reposicionamiento diario del paciente por cambios anatómicos de la morfología o movimiento interno de los órganos; se introducen en la etapa de entrega de tratamiento, por lo que también se llaman errores de ejecución o diarios (28,29,38).

## **OBJETIVOS**

General: Determinar el *Setup Error* en las imágenes CBCT de pacientes con cáncer de próstata que reciben radioterapia externa en técnica VMAT.

Específicos:

- Determinar el error aleatorio individual y el error aleatorio de la población en las imágenes CBCT de pacientes con cáncer de próstata que reciben radioterapia externa en técnica VMAT

- Determinar el error sistemático individual y el error sistemático de la población en las imágenes CBCT de pacientes con cáncer de próstata que reciben radioterapia externa en técnica VMAT.
- Determinar la variación de la posición del isocentro en los 3 ejes traslacionales y los 3 ejes rotacionales.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **- DISEÑO DEL ESTUDIO**

El estudio fue observacional transversal descriptivo; participaron profesionales tecnólogos médicos en radiología del departamento de Radioterapia del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas encargados de la adquisición de imágenes Cone Beam Computed Tomography y de la corrección online de la posición del isocentro al realizar los tratamientos de radioterapia. La investigadora realizó la recolección de datos a partir de las correcciones online que se habían hecho a lo largo de un año. Se incluyeron las mediciones de los desplazamientos diarios de los isocentros de las imágenes CBCT de pacientes con cáncer de próstata que recibieron tratamiento con radioterapia externa en técnica VMAT, en el periodo de julio de 2017 a julio de 2018.

Se incluyeron las imágenes de pacientes que hayan terminado su tratamiento o que tengan al menos un 80% de imágenes adquiridas, excluyéndose aquellas que no cumplieron con este criterio.

La recolección de información se realizó durante 3 semanas en el equipo Elekta Infinity del Departamento de Radioterapia del Instituto Nacional de Enfermedades

Neoplásicas. La recolección de los datos se realizó en las tablas 3 y 4, incluyendo tanto los desplazamientos traslacionales (3) como los rotacionales (3).

El equipo en el que se realizó la recolección de datos es un acelerador lineal de la marca Elekta modelo Infinity, equipado con un CBCT cuyo software para la adquisición y corrección de imágenes es el XVI versión 5.0

El proyecto de investigación fue revisado y aprobado por el comité institucional de ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (SIDISI: 104088) y del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas.

Se empleó el programa Microsoft Excel para la construcción de la base de datos del estudio. Los datos fueron analizados usando el programa estadístico STATA versión 15.0; las variables principales y secundarias se describen en las tablas 1 y 2.

#### **- POBLACIÓN**

La población accesible comprende a imágenes CBCT de pacientes con cáncer de próstata tratados con radioterapia externa en técnica VMAT con corrección online en el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas durante el periodo de julio de 2017 a julio de 2018; el número de pacientes atendidos fue de 61. Los criterios de inclusión comprenden a los pacientes que hayan terminado el tratamiento, y a los que se les haya adquirido por lo menos el 80% de adquisiciones de imágenes CBCT.

- **MUESTRA**

La muestra censal incluye 1020 imágenes CBCT adquiridos a 46 pacientes que recibieron tratamiento de radioterapia externa bajo la técnica VMAT verificados con IGRT online en el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas.

- **PROCEDIMIENTO: Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

1. **Recuperación y selección de imágenes:** Se recuperaron y observaron los CBCT adquiridos y corregidos por tecnólogos médicos en radiología en el software XVI 5.0 en el Acelerador Lineal Elekta Infinity del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas durante el periodo de julio de 2017 a julio de 2018.
2. **Recolección de otras variables:** Recolección de datos demográficos consignados en la historia clínica de los pacientes.

- **RECOLECCIÓN DE DATOS:** Los datos requeridos para la investigación serán recogidos del software, la información obtenida se irá recopilando en la ficha de adquisición de datos previamente diseñada.

- **PLAN DE ANÁLISIS:**

○ **ASPECTO ÉTICO:**

El proyecto se basó en el análisis de datos previamente medidos a partir de la revisión de imágenes y base de datos. Los datos usados fueron anónimos y sin información que permita individualizar a los pacientes. Se obtuvo la aprobación del comité institucional de ética

en investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y del Comité Revisor de Protocolos de Investigación del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas antes del inicio del estudio.

Las imágenes se visualizaron solamente en la estación de trabajo del acelerador lineal Elekta Infinity en el servicio de Radioterapia del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas sin posibilidad de crearse copias de las mismas.

○ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO:**

Los datos se almacenaron en una hoja de cálculo Excel y exportados a Stata v15.

Los datos de variables categóricas se presentarán en tablas de frecuencia absoluta y relativa, y las variables numéricas serán descritas mediante medidas de tendencia central (promedio y mediana) y de dispersión (desviación estándar y rango intercuartílico) según su distribución sea normal o no.

**RESULTADOS:**

Se seleccionaron las imágenes CBCT de 61 pacientes con cáncer de próstata que fueron tratados en el departamento de Radioterapia del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas, los cuales recibieron Radioterapia Externa en Técnica VMAT, con corrección online, de los cuales se excluyeron las imágenes de 15 pacientes por tener menos del 80% de imágenes CBCT adquiridas. El número final

de imágenes adquiridas fue de 1020 imágenes CBCT en pacientes cuyo promedio de edad fue 68.4 (DE=7.6) siendo la edad mínima 48 y la máxima 86 años.

Los pacientes fueron tratados con 5 diferentes esquemas de fraccionamientos de radioterapia: el 34.8% recibieron fraccionamiento de 7000 cGy / 28, el 21.7% fraccionamiento de 6000 cGy/20, el 19.6% fraccionamiento de 6250 cGy / 25, el 17.3% fraccionamiento de 7000 cGy /35 y solo el 6.5% fraccionamiento de 5400 cGy /18.

El mayor porcentaje de pacientes tenían Gleason 7 (52.2%); con respecto al riesgo, el 65.2% de los pacientes tratados eran de alto riesgo y de acuerdo al estadio clínico, el mayor porcentaje de pacientes tratados pertenecieron al estadio clínico III (43.5%) y al estadio clínico IV (32.6%)

Los pacientes fueron atendidos en un promedio de 37.5 días, siendo el tiempo más corto de atención el de 22 días y el más largo de 77.

Se analizaron 6 ejes de movimiento, 3 traslacionales y 3 rotacionales, la variabilidad en el eje traslacional X (derecha-izquierda) fue de  $0.37 \pm 0.31$  mm, en el eje traslacional Y (supero-inferior) fue de  $0.27 \pm 0.30$  mm, en el eje traslacional Z (anteroposterior) fue de  $0.27 \pm 0.22$  mm, en el eje rotacional X (pitch) fue de  $1.31^\circ \pm 0.70^\circ$ , en el eje rotacional Y (roll) fue  $0.83^\circ \pm 0.52^\circ$  y en el eje rotacional Z (yaw) fue de  $0.54^\circ \pm 0.37^\circ$ .

Las máximas correcciones individuales fueron en el eje traslacional X (-2.69 cm, 2.70 cm), en el eje traslacional Y (-4 cm, 5.19 cm), en el traslacional Z (-2.94 cm, 1.43 cm). Si bien no se hicieron las correcciones en los ejes rotacionales los máximos valores que se registraron en el sistema fueron los siguientes, en el eje

rotacional X (-4.10°, 4.30°), en el eje rotacional Y (-3.30°, 3.00°) y en el eje rotacional Z (-2.50°, 2.60°)

Mediante la fórmula de cálculo de errores sistemáticos y aleatorios (40) se obtuvieron los siguientes resultados, en el eje traslacional X de la población, el error sistemático ( $\Sigma$ ) fue de 0.15 y el aleatorio ( $\sigma$ ) fue de 0.50, en el eje traslacional Y de la población, los errores fueron  $\Sigma$ : 0.12 y  $\sigma$ : 0.48, en el eje traslacional Z de la población  $\Sigma$ : 0.18 y  $\sigma$ : 0.33.

### **DISCUSIÓN:**

La mayor variación de desplazamiento observada en los ejes traslacionales fue en el eje X, eje relacionado a la marca referencial anterior ubicada en la piel de la región púbica del paciente, marca que tendría mayor incertidumbre de posición con el movimiento lateral del abdomen lo cual se presenta sobretodo en pacientes con mayor diámetro abdominal.

La variación del desplazamiento en el eje traslacional Y estaría relacionada principalmente a la contracción y relajación de los músculos de la región, lo cual explica una variación mínima.

La variación del desplazamiento en el eje traslacional Z está explicada debido al volumen rectal, Pinkawa et al (41) en su estudio sobre la variabilidad de la posición de la próstata con vejigas llenas y vacías, demuestran que el llenado de vejiga no es significativo para la variación en ningún eje traslacional, pero que la próstata tendía a desplazarse hacia la dirección posterior debido a la disminución del volumen rectal durante la radioterapia. Kasibhalta et al (42) demuestran en sus resultados que la mayor corrección que tienen con CBCT es en la dirección anteroposterior,



debido también a los volúmenes de llenado de recto y vejiga. Clancy et al (43) a pesar de realizar correcciones con imágenes ortogonales seguidas de CBCT también muestra que la mayor corrección es en el eje Z (5.5 mm con imagen ortogonal y superposición de fiduciaros y en adición 0.6 mm luego del CBCT). Nuestra corrección demuestra que instruir de forma correcta al paciente sobre su preparación y evacuación intestinal previa al tratamiento conlleva a disminuir la variación en este eje y con ello disminuir la irradiación hacia el recto disminuyendo a la vez los efectos adversos de este órgano en riesgo. El límite de corrección en nuestra institución es de 5 mm y 3° para los desplazamientos traslacionales y rotacionales. En caso se tenga desviaciones más grandes, se reposiciona al paciente previo a identificar la causa de esta desviación, si el problema es el llenado rectal se evalúa la edad del paciente y colaboración previa, ya que enviar al paciente a evacuar las heces o gases no siempre resulta en el volumen rectal esperado, esto por el peristaltismo, con lo que el recto puede volver a llenarse.

Para corregir los desplazamientos en los ejes rotacionales, el personal tecnólogo médico en base a su experiencia y evaluando los volúmenes tumorales y su relación con los órganos en riesgo, convierte los valores de los ejes rotacionales a 0° y reevalúa las correcciones traslacionales tomando en cuenta los valores rotacionales inicialmente propuestos por el software; es decir, los valores traslacionales se corregirán de acuerdo al criterio y experticia del tecnólogo médico encargado de la corrección online del CBCT. Se registraron los valores rotacionales para tener en cuenta cual era la variación de los ejes, se observó que el eje rotacional X muestra valores altos debido al volumen del recto y a pesar de que los pacientes son instruidos desde el primer día, es muy difícil mantener el mismo volumen rectal

durante todo el tratamiento. Los resultados de Graf et al (44) y de Huang et al (45) demuestran que la mayor corrección rotacional es en el eje X, tal cual como en los resultados de esta investigación debido que pequeñas cantidades de heces o gases afectarían sobre todo a la parte superior del recto, sin producir deseos inminentes de defecación, sin embargo podrían ser suficientes para lograr un ligero desplazamiento rotacional posteroanterior de la próstata; sin embargo nuestros valores se encuentran dentro de los estándares de corrección.

En el eje z e y rotacional no se registraron altos valores de variación debido al adecuado sistema de inmovilización con el que cuenta la institución.

Tamponi et al (46) usaron una corrección offline con imágenes portales ortogonales que mostraron los siguientes resultados, en X ( $\Sigma$ : 1.3  $\sigma$ : 1.9), Y ( $\Sigma$ : 1.5  $\sigma$ : 1.8) y Z ( $\Sigma$ : 1.7  $\sigma$ : 1.8). Ludbrook et al (47) mencionan que cuantas más imágenes se adquieran el error sistemático se disminuye, tal y como sucede al realizar una corrección online.

Osei et al (48) con 118 pacientes y midiendo el desplazamiento de las semillas radiopacas implantadas y utilizando imágenes portales ortogonales para la verificación online diaria nos demuestra que sus errores sistemáticos y aleatorios son los siguientes: X ( $\Sigma$ : 1.7  $\sigma$ : 1.9), Y ( $\Sigma$ : 1.9  $\sigma$ : 2.1) y Z ( $\Sigma$ : 2.7  $\sigma$ : 3.2). Para Giordani et al (49) que usaron imágenes ortogonales. la variación de los desplazamientos en los 3 ejes fueron los siguientes X ( $1.37 \pm 0.84$  mm) Y ( $1.99 \pm 1.25$  mm) Z ( $1.94 \pm 1.10$  mm). Ye et al (50) también usan fiduciaros, imágenes ortogonales, pero también se adquirieron CBCT, y la variación en los 3 ejes traslacionales fue baja X ( $0.46 \pm 0.02$ ) Y ( $0.26 \pm 0.02$ ) Z ( $0.37 \pm 0.02$ ).

Se han probado diversas técnicas de posicionamiento para mejorar la posición del paciente, como White (51) et al con 40 pacientes, que utilizó dos sistemas de inmovilización diferentes, mostrando los siguientes errores: con el sistema de inmovilización alpha cradle X ( $\Sigma$ : 0.92  $\sigma$ : 1.5), Y ( $\Sigma$ : 0.48  $\sigma$ : 1.2) y Z ( $\Sigma$ : 0.42  $\sigma$ : 1) y con el hipfix X ( $\Sigma$ : 0.44  $\sigma$ : 1.1), Y ( $\Sigma$ : 2.13  $\sigma$ : 4.2) y Z ( $\Sigma$ : 0.58  $\sigma$ : 1.2). La variación en los tres ejes traslacionales con el alpha cradle fue de: X ( $1.8 \pm 0.9$ ), Y ( $1.3 \pm 0.5$ ), Z ( $0.8 \pm 0.4$ ) y con el hipfix fue de X ( $1.3 \pm 0.4$ ), Y ( $4.3 \pm 2.1$ ), Z ( $1.0 \pm 0.6$ ). Nuestro sistema de posicionamiento mostró mayor precisión en el reposicionamiento diario del paciente.

Nuestros datos pueden ser comparados con el estudio de Oh et al, quienes trataron pacientes en técnica VMAT, con corrección CBCT online diaria, sus resultados fueron los siguientes: X ( $\Sigma$ : 1.6  $\sigma$ : 2.8), Y ( $\Sigma$ : 1.1  $\sigma$ : 1.8) y Z ( $\Sigma$ : 1.9  $\sigma$ : 2.4) (52); Palombarini (38) et al, quienes contaban con una mesa robótica y con un protocolo de corrección diaria online, cuyos resultados fueron: X ( $\Sigma$ : 2.6  $\sigma$ : 2.9), Y ( $\Sigma$ : 2.4  $\sigma$ : 2.5) y Z ( $\Sigma$ : 4.7  $\sigma$ : 4.1), y finalmente Dolezel et al (31) con un análisis de 11726 imágenes CBCT online nos muestra lo siguiente: X ( $\Sigma$ : 3.5  $\sigma$ : 4.5), Y ( $\Sigma$ : 3.2  $\sigma$ : 3.6) y Z ( $\Sigma$ : 3.4  $\sigma$ : 4.3) y su variación de X ( $0.1 \pm 5.6$  mm) Y ( $1.3 \pm 4.8$  mm) Z ( $0.8 \pm 5.4$  mm).

## **CONCLUSIONES:**

Los sistemas de inmovilización que se utilizan en el INEN (fijación o indexación a la mesa de tratamiento del acelerador de la misma forma en que se hicieron al momento de la simulación), la corrección online diaria del isocentro con CBCT y la educación del paciente sobre el control de llenado de vejiga y recto han mostrado

buenos resultados en el posicionamiento y reposicionamiento cuyos valores de setup error fueron: los errores sistemáticos poblacionales obtenidos en los 3 ejes traslacionales menores a 0.2 mm mientras que los errores aleatorios poblacionales fueron menores a 0.50 mm.

Se recomienda que cada institución tenga sus propios márgenes de volumen tumoral planificado (PTV) en base a los setup error de su población y que se realice un estudio prospectivo similar al presente teniendo en cuenta la implementación de un protocolo piloto de IGRT en la institución y la adecuada capacitación del personal tecnólogo médico del departamento de radioterapia.

#### **DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERES:**

Ninguno

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

1. Graf et al. Appropriate patient instructions can reduce prostate motion. Radiation Oncology [Internet] 2012; 7(125) [Fecha de Consulta: 20 de Mayo de 2018] Disponible en: <http://www.ro-journal.com/content/7/1/125>
2. Luján P, Villaseñor L. Radioterapia con intensidad modulada (IMRT): fundamentos físicos y clínicos. Gaceta Mex de Oncología [Internet] 2008; 7(4):118- 132. [Fecha de consulta: 05 de Mayo de 2018] Disponile en: [http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id\\_articulo=53745&id\\_seccion=2291&id\\_ejemplar=5442&id\\_revista=139](http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id_articulo=53745&id_seccion=2291&id_ejemplar=5442&id_revista=139)
3. Ferlay J, Colombet M and Bray F. Cancer Incidence in Five Continents, *CI5plus*: IARC CancerBase No. 9

[Internet].

Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2018. [Fecha de consulta: 07/11/18] Disponible en: <http://ci5.iarc.fr>

4. Bashir MN. Asian Pac J Cancer Prev [Internet] 2015;19(13):5137-41. [Fecha de consulta: 07/08/18] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26225642>
5. Ramos W. Vigilancia epidemiológica de cáncer basada en registros hospitalarios. Año 2016. Boletín Epidemiológico del Perú Semana Epidemiológica [Internet] 2017; 26 (21): 706-708. [Fecha de consulta: 10 de Setiembre de 2018] Disponible en: <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2017/21.pdf>
6. Ministerio de Salud. Análisis de la situación del cáncer en el Perú 2013. 2013. [http://www.dge.gob.pe/portal/docs/asis\\_cancer.pdf](http://www.dge.gob.pe/portal/docs/asis_cancer.pdf)
7. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas Registro de cáncer de Lima Metropolitana. Incidencia y mortalidad 2010-2012. 2016; 5: 78-82
8. Davda R. Advances in external beam radiotherapy for prostate cancer. Trends in Urology & Men's Health [Internet] 2016 Jul; 7(4):13-16 [Fecha de consulta: 30 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/tre.530>
9. Nona Duma M, Kupelian P. igrt: How and When. En: Geinitz H, Roach III M, Van As N. Radiotherapy in Prostate Cancer Innovative Techniques and Current Controversies. Berlin: Springer; 2015. p: 103 – 110.

10. Tree A, Khoo V. Treatment of early prostate cancer: Radiotherapy, including brachytherapy. Trends in Urology Gynaecology & Sexual Health [Internet] 2009 Sep/Oct; 14(5): 18-23 [Fecha de consulta: 15 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/tre.119>
11. Zlotecki, RA. Cancer Control [Internet] 2001; 8(6): 503-510. [Fecha de Consulta: 02 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11807420?dopt=Abstract&holding=npg>
12. Evans M., Mason M.D. (2005) Radical Radiotherapy for Prostate Cancer. In: Waxman J. (eds) Urological Cancers. Springer, London
13. Vanneste BG et al. Prostate Cancer Radiation Therapy: What Do Clinicians Have to Know?. Biomed Research International. [Internet] 2016(1):1-14. [Fecha de Consulta: 02 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28116302>
14. Shang et al. Prostate rotation detected from implanted markers can affect dose coverage and cannot be simply dismissed. Journal of Applied Clinical Medical Physics [Internet] 2013 May; 14(3): 177-191 [Fecha de Consulta: 10 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5714427/>
15. Li et al. A comparative assessment of prostate positioning guided by 3D ultrasound and CBCT. Radiation Oncology [Internet] 2015 Abr; 10:82 [Fecha de Consulta: 20 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25890013>

16. Kupelian P, Meyer J. Prostate Cancer: Image Guidance and Adaptive Therapy. En: Meyer, J. IMRT IGRT SBRT Advances in the Treatment, Planning and Delivery of Radiotherapy. Vol 40. Switzerland: Karger; 2007. p: 289 – 314.
17. Boydev et al. Development of CBCT-based prostate setup correction strategies and impact of Rectal Distension. Radiation Oncology [Internet] 2015 Abr; 10(83) [Fecha de Consulta: 20 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4465160/>
18. Evans M, Mason M. Radical Radiotherapy for Prostate Cancer. En: Wanxman, J. Urological Cancers in Clinical Practice. Springer; 2007. p: 1-23
19. Mason M. IMRT, Hypofractionated Radiotherapy and Stereotactic Radiotherapy: Technique, Indications and Results. En: Bolla M, Van Poppel H. Management of Prostate Cancer A multidisciplinary approach. Switzerland: Springer; 2017. p: 203 – 216.
20. Mendenhall WM, Nichols RC, Henderson R, Mendenhall NP. Is radical prostatectomy the “gold standard” for localized prostate cancer? American Journal of Clinical Oncology [Internet] 2010 Oct; 33(5) 511-5 [Fecha de Consulta: 15 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20010078>
21. Li T. Towards clinical implementation of online adaptive radiation therapy for prostate cancer. [Tesis doctoral]. Durham: Duke University; 2013
22. Wong J, Jaffray D, Siewerdsen J, Yan D. Cone Beam CT: Transforming radiation treatment guidance, planning and monitoring. En: Shaw Chris.

- Cone Beam Computed Tomography. Florida: Taylor & Francis Group; 2014. p. 223 – 234.
23. Zhang M, Zhou S-M, Qu T. What Do We Mean When We Talk about the Linac Isocenter? *International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology* [Internet] 2015 Ago; 4: 233-242 [Fecha de consulta: 21 de Mayo de 2018] Disponible en: [http://file.scirp.org/pdf/IJMP\\_CERO\\_2015080413290500.pdf](http://file.scirp.org/pdf/IJMP_CERO_2015080413290500.pdf)
24. Boda-Heggemann, J., Lohr, F., Wenz, F. et al. Strahlenther und Onkologie [Internet] 2011 Abr; 187: 284-291 [Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00066-011-2236-4>
25. Rijkhorst EJ et al. Strategies for online organ motion correction for Intensity Modulated Radiotherapy of prostate cancer: Prostate, rectum and bladder dose effects. *International Journal of Radiation Oncology , Biology, Physics* [Internet] 2009 Nov; 75(4); 1254 – 1260 [Fecha de consulta: 10 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19857789>
26. Ballard A. How IGRT Better Targets the Prostate. 2008 [Fecha de Consulta: 15 de Mayo de 2018]; disponible en: <https://www.itnonline.com/article/how-igrt-better-targets-prostate>
27. 73. Gill et al. Acute toxicity in prostate cancer patients treated with and without image-guided radiotherapy. *Radiation Oncology* [Internet] 2011 Oct 28;6:145 [Fecha de consulta: 03 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22035354>



28. The Royal College of Radiologists, Society and College of Radiographers, Institute of Physics and Engineering in Medicine. On target: ensuring geometric accuracy in radiotherapy. London: The Royal College of Radiologists, 2008
29. Xu F et al. Interfractional and intrafractional setup errors in Radiotherapy for tumors analyzed by Cone-beam Computed Tomography. Chinese Journal of Cancer [Internet] 2008 Oct; 27(10): 372-376 [Fecha de consulta: 22 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18851794>
30. Bujold, A et al. Image-Guided Radiotherapy: Has it Influenced Patient Outcomes? Seminars in Radiation Oncology [Internet] 2012 Jan 22(1): 50-61 [Fecha de consulta: 03 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22177878>
31. Dolezel, M et al. Interfraction Variation in Prostate Cancer: Analysis of 11726 Cone Beam CT and Implication for Treatment Planning. International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics [Internet] 2014 90(1): S428 - S429 [Fecha de Consulta: 03 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360301614020069>
32. Hoogeman MS, van Herk M, de Bois J, et al. Strategies to reduce the systematic error due to tumor and rectum motion in radiotherapy of prostate cancer. Radiother Oncol [Internet] 2005 Feb;74(2):177-85. [Fecha de consulta: 03 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15734206>

33. Frank et al. Quantification of prostate and seminal vesicle interfraction variation during IMRT. *International Journal of Radiation Oncology , Biology, Physics* [Internet] 2008 Jul; 71(3): 813-820 [Fecha de consulta: 16 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18207664>
34. Nuer TT, Hoogeman MS, Remeijer P, et al. An adaptive offline procedure for radiotherapy of prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* [Internet] 2007 Apr 1;67(5):1559-67 [Fecha de consulta: 03 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17306934>
35. Schallenkamp JM et al. Prostate position relative to pelvic bony anatomy base don intraprostatic gold markers and electronic portal imaging. *International Journal of Radiation Oncology , Biology, Physics* [Internet] 2005 Nov; 63(3): 800-811 [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16199313>
36. Zelefsky, M et al. Improved Clinical Outcomes with High – Dose Image Guided Radiotherapy Compared with Non-IGRT for the Treatment of Clinically Localized Prostate Cancer. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics* [Internet] 2012 Sep 84(1): 125-129 [Fecha de Consulta: 03 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22330997>
37. Clinical Practice Guidelines in Oncology. Prostate Cancer. National Comprehensive Cancer Network [Internet] 2018 [Fecha de Consulta: 25 de Junio de 2018] Disponible en: [https://www.nccn.org/professionals/physician\\_gls/pdf/prostate.pdf](https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/prostate.pdf) pag 32

38. Palombarini et al. Analysis of inter-fraction setup errors and organ motion by daily kilovoltage cone beam computed tomography in intensity modulated radiotherapy of prostate cancer. *Radiation Oncology* [Internet] 2012 Apr, 7:56 [Fecha de consulta: 03 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22472040>
39. Ghilezan M, Yan D, Liang J, Jaffray D, Wong J, Martinez A: Online image-guided intensity-modulated radiotherapy for prostate cancer: How much improvement can we expect? A theoretical assessment of clinical benefits and potential dose escalation by improving precision and accuracy of radiation delivery. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* [Internet] 2004, 60:1602-1610. [Fecha de consulta: 03 de Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15590192?dopt=Abstract>
40. Stroom J C, Heijmen B J M. Geometrical uncertainties, radiotherapy planning margins, and the ICRU-62 report. *Radiotherapy and Oncology: Journal of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology* [Internet] 2002; 64: 75–83. [Fecha de Consulta: 24 de Setiembre de 2019] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12208578> }
41. Pinkawa et al. Prostate position variability and dose-volume histograms in radiotherapy for prostate cancer with full and empty bladder. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics* [Internet] 2006 Mar 1;64(3):856-61. [Fecha de Consulta: 12 de Octubre de 2019] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16243443>
42. Kasibhalta, M. et al. Assessment of Setup Accuracy for Prostate Radiotherapy using On-board Imaging and Cone Beam Computed

- Tomography. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics [Internet] 63,S535. [Fecha de Consulta: 13 de Octubre de 2019]. Disponible en: [https://www.redjournal.org/article/S0360-3016\(05\)02090-0/fulltext](https://www.redjournal.org/article/S0360-3016(05)02090-0/fulltext)
43. Clancy P.E. et al. Residual Patient Setup Error in Prostate Radiation Therapy using Cone-Beam CT after Fiducial-based Alignment with kV On-board Imaging. . International Journal of Radiation Oncology Biology Physics [Internet] 78(3), S343 [Fecha de Consulta: 13 de Octubre de 2019]. Disponible en: [https://www.redjournal.org/article/S0360-3016\(10\)01787-6/fulltext](https://www.redjournal.org/article/S0360-3016(10)01787-6/fulltext)
44. Graf et al. Interfraction rotation of the prostate as evaluated by kilovoltage X-ray fiducial marker imaging in intensity-modulated radiotherapy of localized prostate cancer. Medical Dosimetry [Internet] 37(4), 396 - 400 [Fecha de Consulta: 13 de Octubre de 2019]. Disponible en: [https://www.meddos.org/article/S0958-3947\(12\)00059-3/fulltext](https://www.meddos.org/article/S0958-3947(12)00059-3/fulltext)
45. Huang et al. Six Degrees-of-freedom prostate and lung tumor motion measurements using kilovoltage intrafraction monitoring. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics [Internet] 2015 Feb 1;91(2):368-375 [Fecha de Consulta: 13 de Octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25445555>
46. Tamponi M, Poggiu A, Dedola M. Random and systematic Set-up errors in three-dimensional conformal radiotherapy - Impact on planning target volume margins: The experience of the Radiation Oncology Centre of Sassari. Journal of Radiotherapy in Practice [Internet] 2014, 13(2):166-179. [Fecha de Consulta: 12 de Octubre de 2019] Disponible en:

<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-radiotherapy-in-practice/article/random-and-systematic-setup-errors-in-threedimensional-conformal-radiotherapy-impact-on-planning-target-volume-margins-the-experience-of-the-radiation-oncology-centre-of-sassari/7C115922F3CCD70630C6674A334CA298>

47. Ludbrook et al. Correction of systematic setup errors in prostate radiation therapy: how many images to perform?. *Medical Dosimetry* [Internet] 2005 Summer; 30(2): 76-84. [Fecha de Consulta: 12 de Octubre de 2019] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15922173>
48. Osei EK et al. Evaluation of daily online set-up errors and organ displacement uncertainty during conformal radiation treatment of the prostate. *The British Journal of Radiology*. [Internet] 2009, 82:49-61. [Fecha de Consulta: 12 de Octubre de 2019] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18955413>
49. Giordani Adelmo José, Dias Rodrigo Souza, Segreto Helena Regina Comodo, Segreto Roberto Araujo. Accuracy in the reproducibility of daily patients' setup in 3D conformal radiotherapy for prostate cancer. *Radiol Bras* [Internet]. 2010 Aug; 43( 4 ): 236-240 [Fecha de Consulta: 13 de Octubre de 2019]. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-39842010000400007&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842010000400007&lng=en).
50. Ye J et al. Daily patient setup error in prostate image guided radiation therapy with fiducial based kilovoltage onboard imaging and conebeam computed tomography. [Internet] 2015 Oct; 5(5):665-672. Fecha de

Consulta: 12 de Octubre de 2019] Disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4671976/>

51. White et al. A comparison of two systems of patient immobilization for prostate radiotherapy. *Radiation Oncology* [Internet] 2014, 9:29. [Fecha de Consulta: 12 de Octubre de 2019] Disponible en: <https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-717X-9-29>
52. Oh Y-K, Baek J-G, Kim O-B, Kim J-H. Assessment of setup uncertainties for various tumor sites when using daily CBCT for more than 2200 VMAT treatments. *Journal of Applied Clinical Medical Physics* [Internet] 15(2): 85-99. 240 [Fecha de Consulta: 13 de Octubre de 2019]. Disponible en: <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1120/jacmp.v15i2.4418>

**TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS:**

**TABLA 1:** Definición de variables operacionales principales

<b>NOMBRE</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>
<b>1. Error por Setup</b>	Movimiento del PTV que describe la discrepancia entre la posición deseada y la posición actual de tratamiento, comprende componentes sistemáticos y aleatorios, se calcula mediante la medición del desplazamiento del isocentro en 6 ejes	Mm / Grados	<b>Numérica</b>	Ficha N° 1
<b>1.1.Traslacional X</b>	Desplazamiento traslacional del eje X medido en mm(latero - lateral)	Mm	<b>Numérica</b>	Ficha N° 1
<b>1.2.Traslacional Y</b>	Desplazamiento traslacional del eje Y medido en mm (supero - inferior)	Mm	<b>Numérica</b>	Ficha N° 1
<b>1.3.Traslacional Z</b>	Desplazamiento traslacional del eje Z medido en mm(antero - posterior)	Mm	<b>Numérica</b>	Ficha N° 1
<b>1.4.Rotacional X</b>	Desplazamiento rotacional del eje X medido en grados (pitch)	Grados	<b>Numérica</b>	Ficha N° 1
<b>1.5.Rotacional Y</b>	Desplazamiento rotacional del eje Y medido en grados (roll)	Grados	<b>Numérica</b>	Ficha N° 1
<b>1.6.Rotacional Z</b>	Desplazamiento traslacional del eje Z medido en grados (yaw)	Grados	<b>Numérica</b>	Ficha N° 1

**TABLA 2:** Definición de variables operacionales secundarias:

<b>NOMBRE</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>
<b>1. Edad del paciente</b>	Años de vida que tiene el paciente al momento de realizarse la radioterapia externa en técnica VMAT, indicado según la fecha de nacimiento de su documento nacional de identidad.	>40 <50 >50 <60 >60 <70 >70 <80 >80	Cuantitativa discreta	Determinada mediante la fecha de nacimiento consignada en el documento nacional de identidad del paciente
<b>2. Fraccionamiento</b>	Fraccionamiento al que es tributario según evaluación del radioncologo	Dosis / Numero de fracciones	Cualitativa nominal	Determinado según la información que se consigna en la historia clínica
<b>3. Procedencia</b>	Lugar de procedencia del paciente	Región de procedencia	Cualitativa nominal	Determinado según la información que se consigna en la historia clínica
<b>4. Graduación Gleason</b>	Evaluación del tejido de la próstata biopsiado, analizado por el anatomopatologo, que asigna un grado a la arquitectura de las células tumorales	1 – 10 / 10	Cualitativa nominal	Determinado según la información que se consigna en la historia clínica
<b>5. Grupo de Riesgo</b>	Categoría de grupo de riesgo basado en el nivel de PSA, tamaño de próstata, estadio del cáncer y biopsia.	Riesgo muy bajo – Riesgo muy alto	Cualitativa nominal	Determinado según la información que se consigna en la historia clínica
<b>6. Estadio Clínico</b>	Descripción de los detalles del cáncer como su extensión por el cuerpo.	I – IV	Cualitativa nominal	Determinado según la información que se consigna en la historia clínica

**TABLA 3:** TABLA DE VARIACION, DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y ERRORES POBLACIONALES:



	<b>TRASLACIONAL X</b>	<b>TRASLACIONAL Y</b>	<b>TRASLACIONAL Z</b>	<b>ROTACIONAL X</b>	<b>ROTACIONAL Y</b>	<b>ROTACIONAL Z</b>
<b>Variación Población</b>	0.37	0.27	0.27	1.31	0.83	0.54
<b>Desviación Estandar Población</b>	0.31	0.30	0.22	0.70	0.52	0.37
<b>Error Sistemático Poblacional</b>	0.15	0.12	0.18	1.23	0.82	0.48
<b>Error Aleatorio Poblacional</b>	0.50	0.48	0.33	0.88	0.74	0.52

GRÁFICO 1:

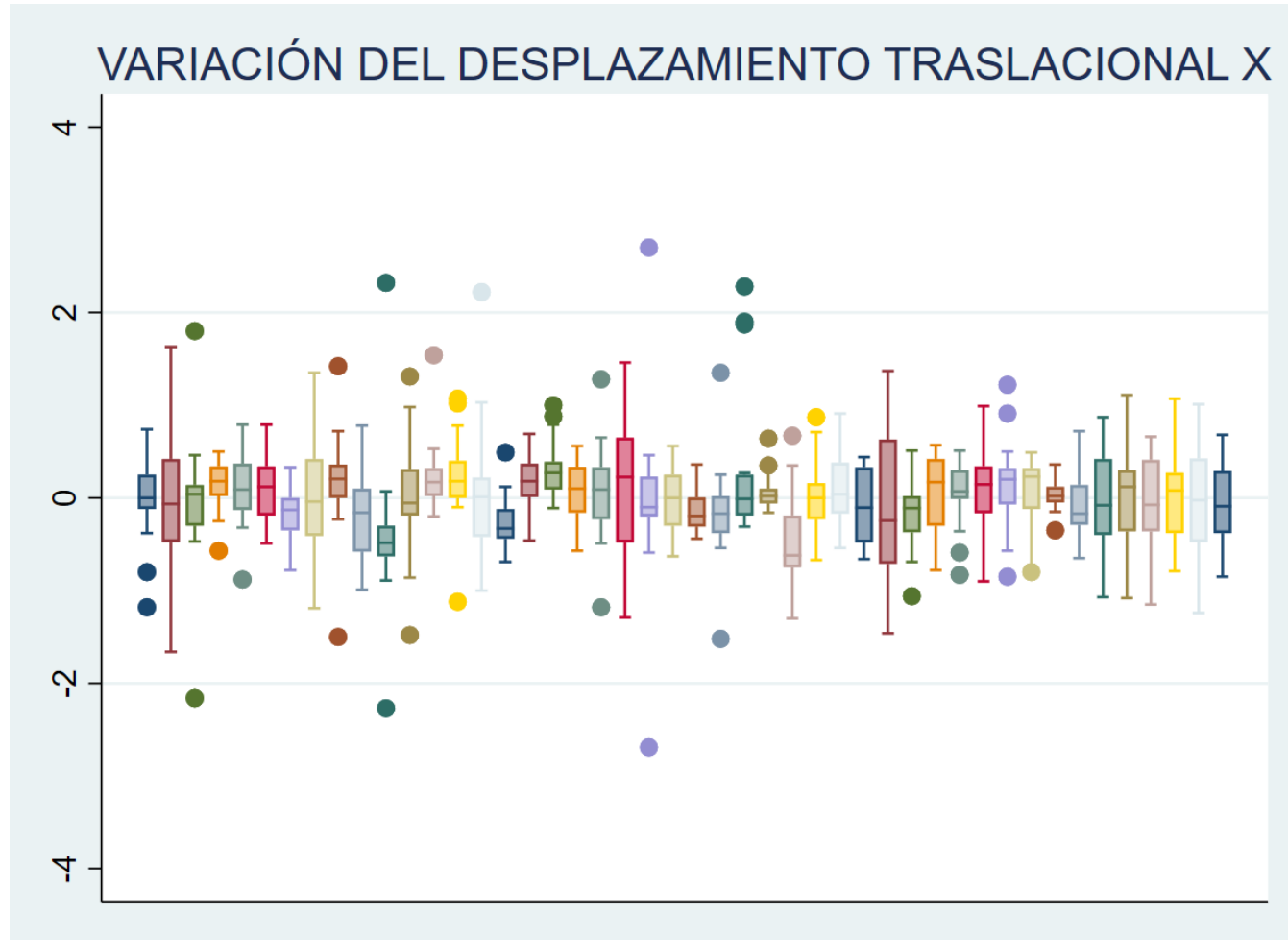


GRÁFICO 2:

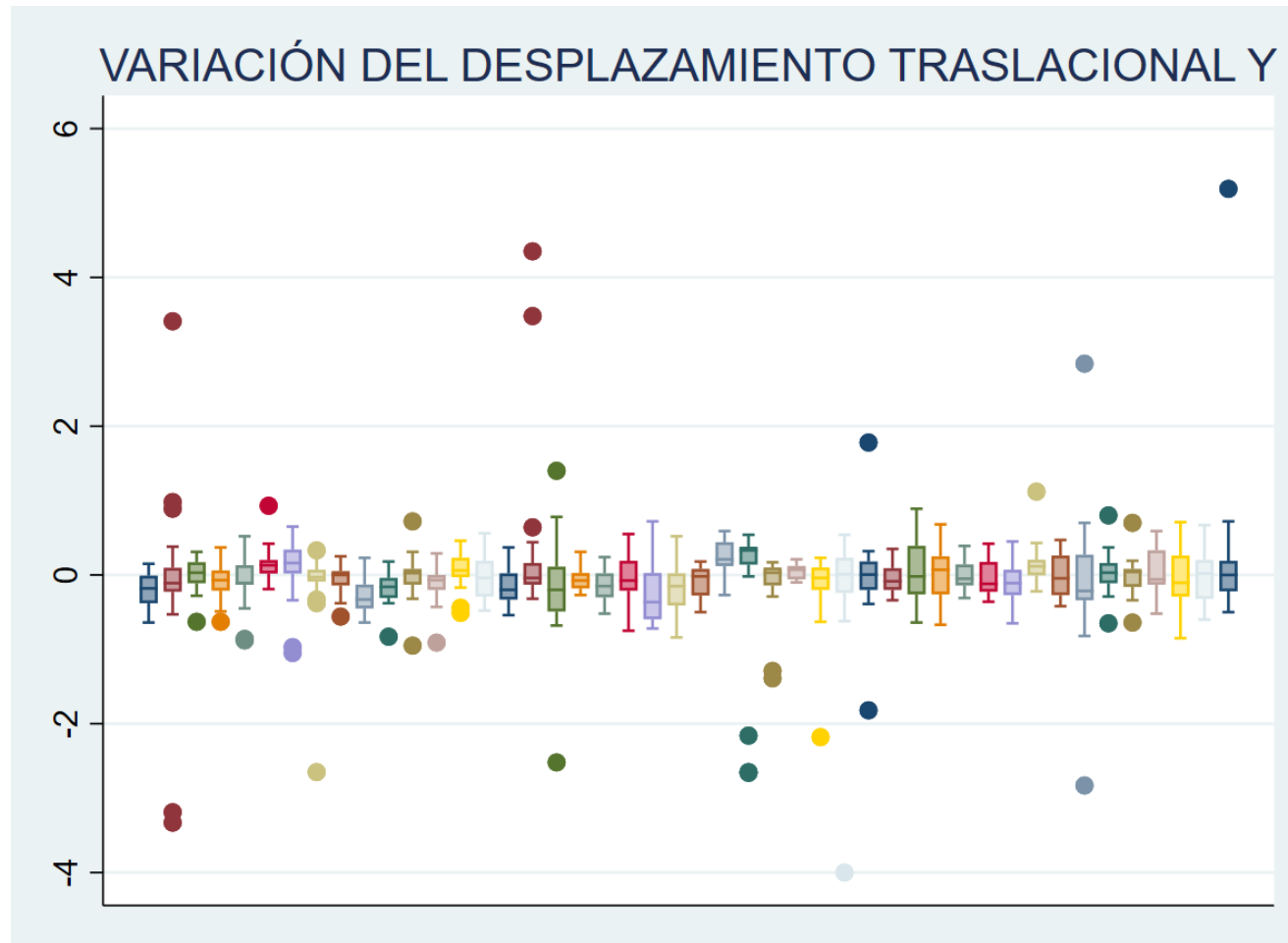


GRÁFICO 3:

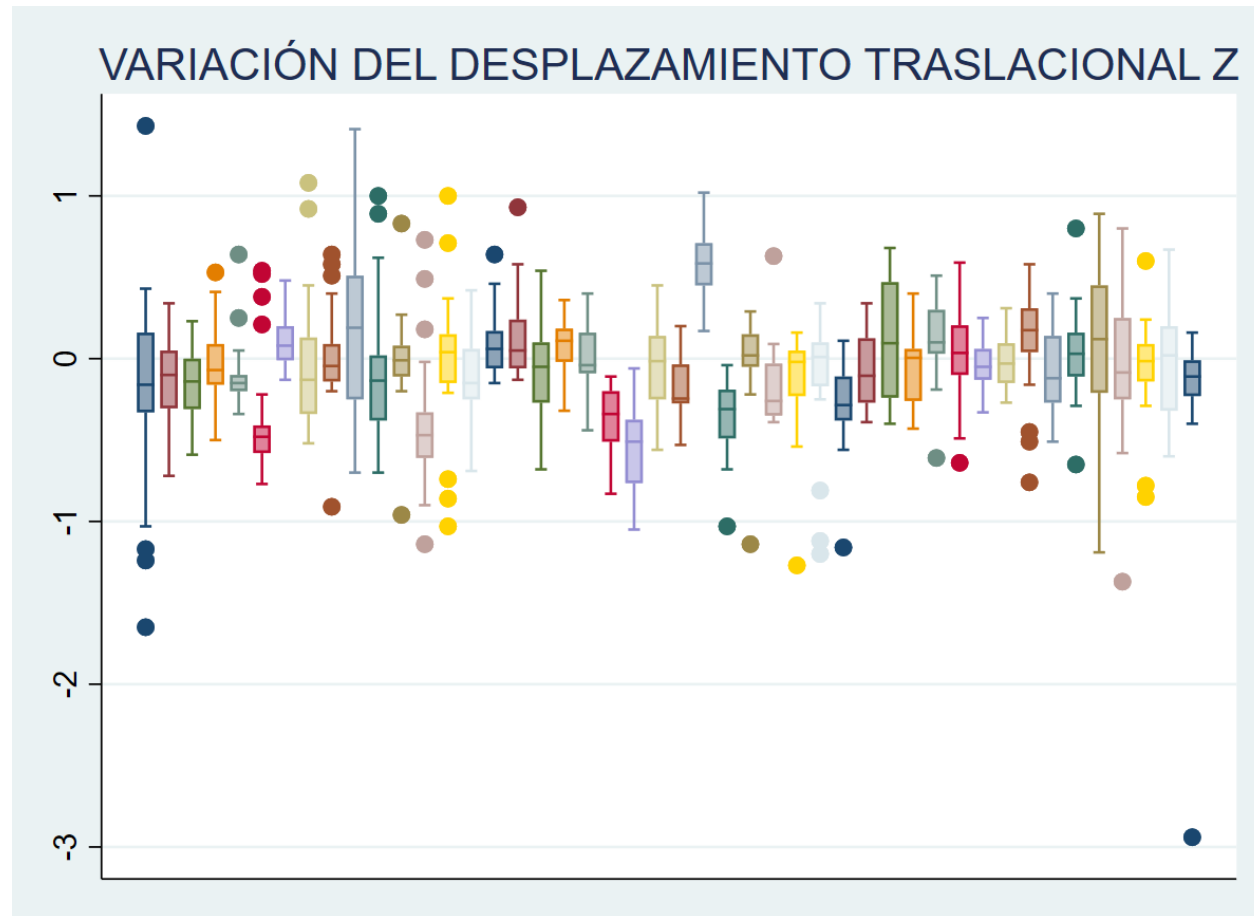


GRÁFICO 4:

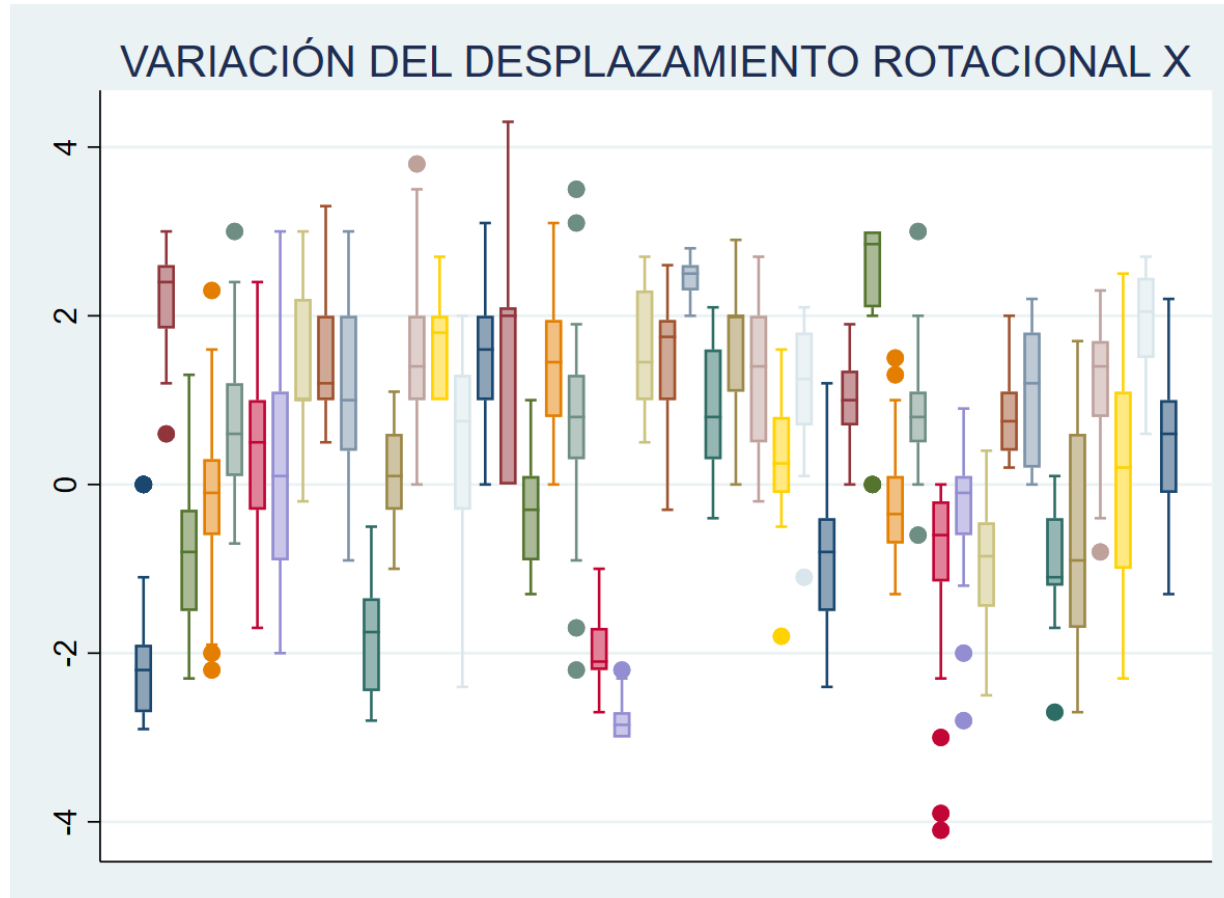


GRÁFICO 5:

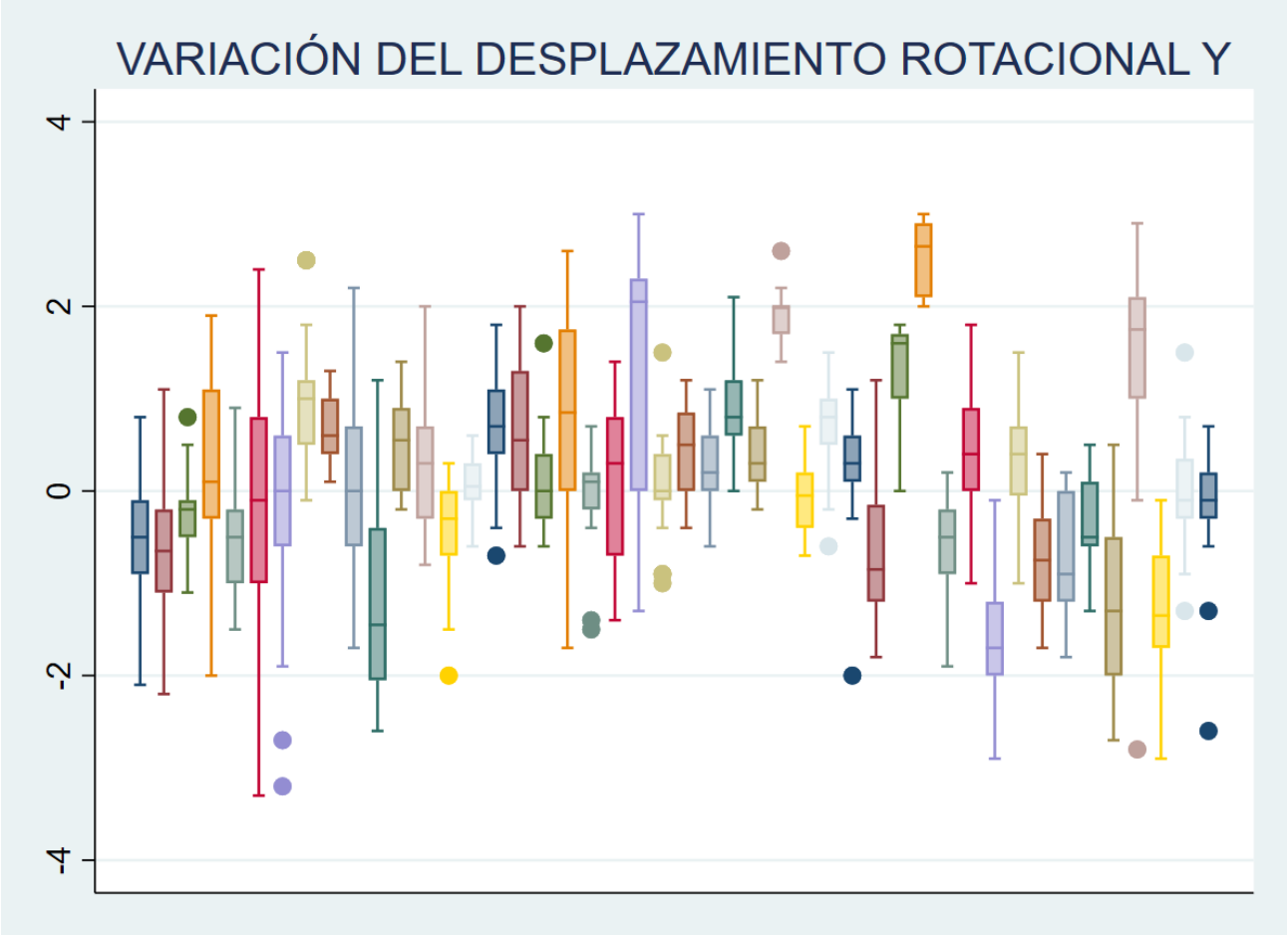
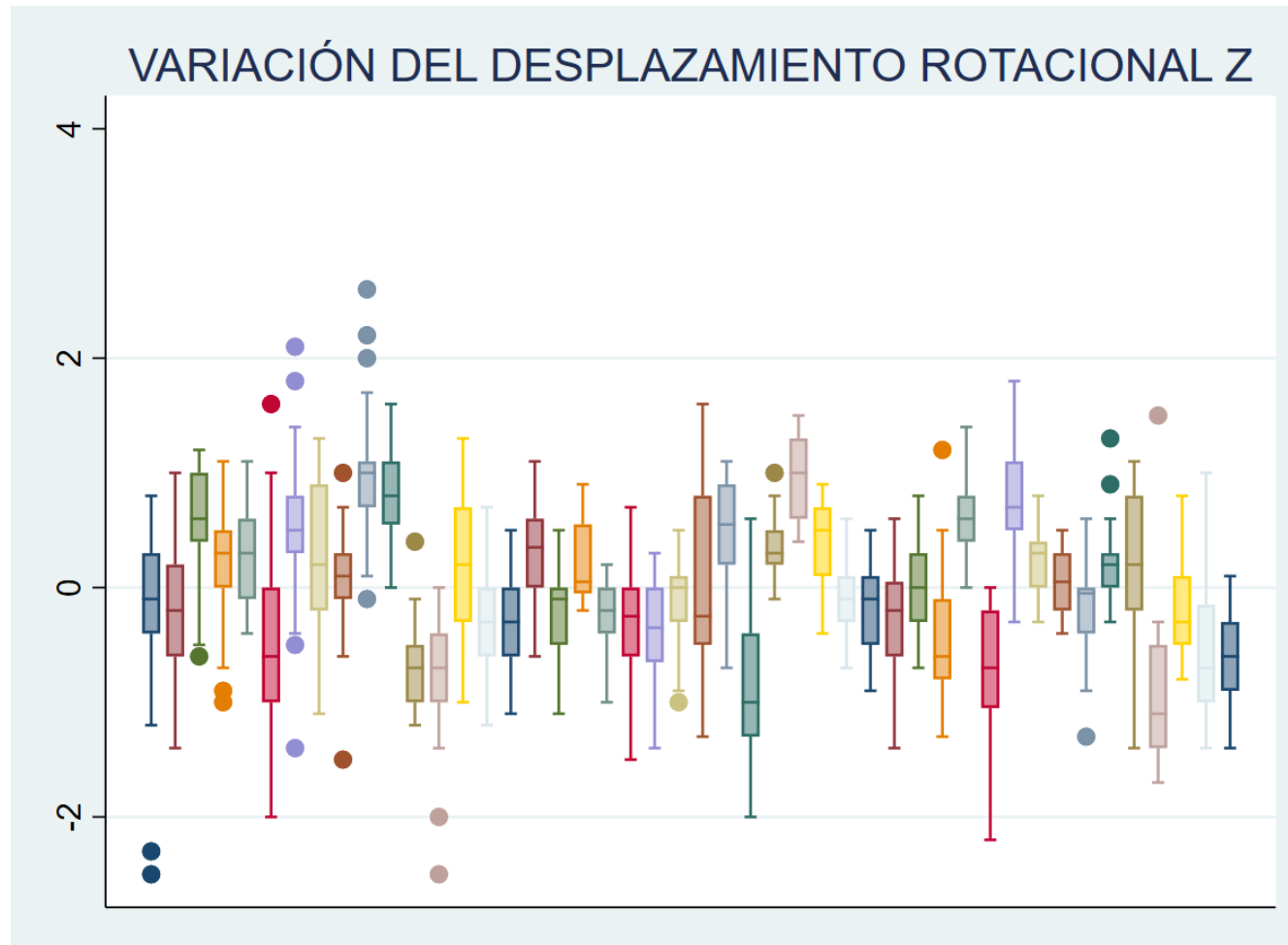
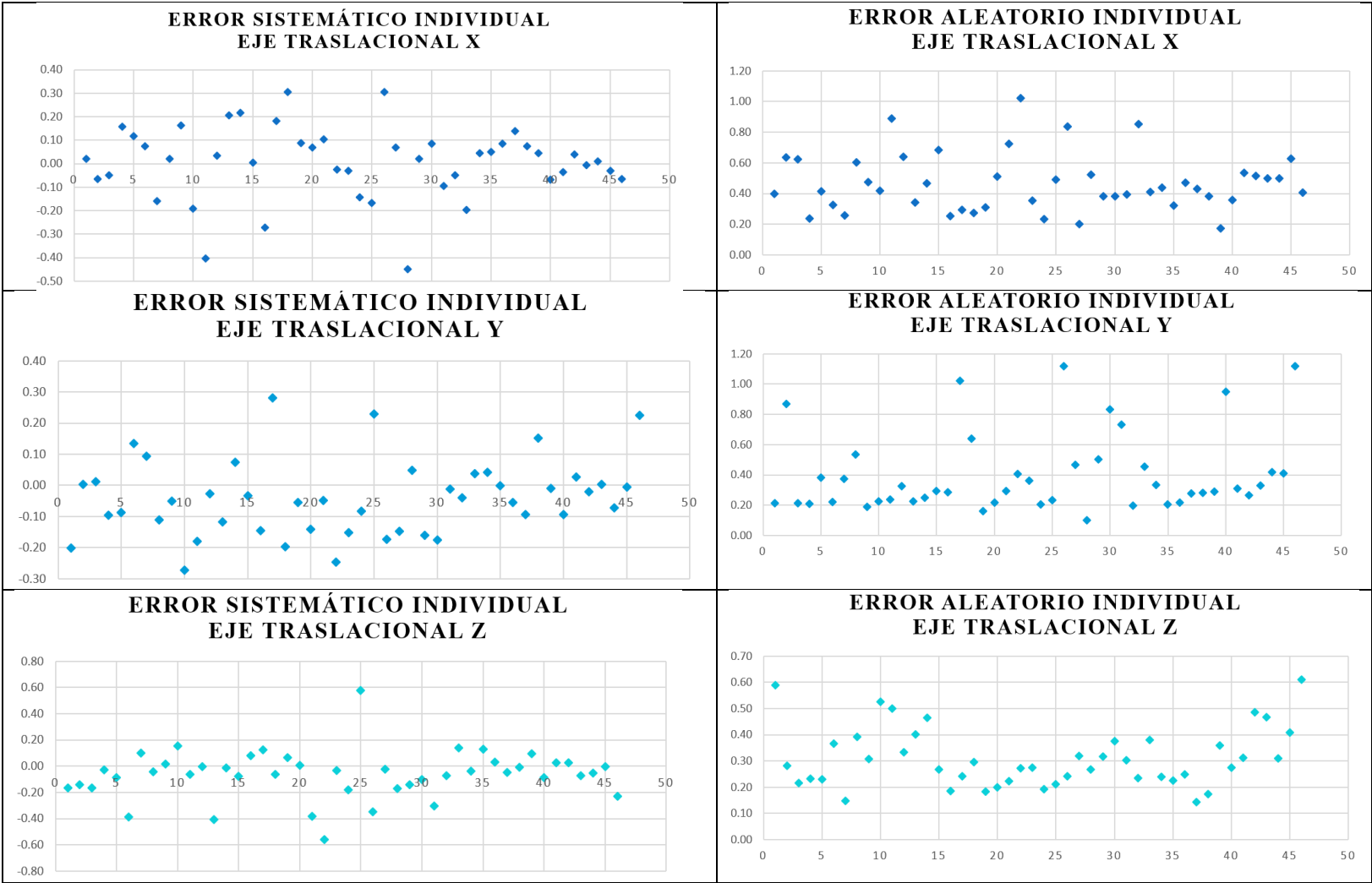


GRÁFICO 6:



**GRÁFICO 7:**





**GRÁFICO 8:**

