

IMPLEMENTACION Y ACEPTACION DE MLC DINAMICOS PARA IMRT y VMAT.

B. García; J. Marquina; J. Ramírez, A. Gonzales.

^aALIADA, Centro Oncológico de tratamiento Integral.

Lima, Perú

E-mail: bertha.garcia@aliada.com.pe

RESUMEN:

El uso de MLC (multiláminas) en IMRT (Radioterapia de Intensidad Modulada) para técnicas de tratamientos dinámicos como VMAT (Radioterapia volumétrica) hace que los controles de movimientos así como de velocidad de las MLC sean cuantificados mediante un test de aceptación. La determinación objetiva de las normas de funcionamiento del equipo de radioterapia requiere idealmente el establecimiento de la relación cuantitativa entre las desviaciones de rendimiento y los resultados clínicos o algún sustituto aceptable. Existen diferentes protocolos todos detallados con parámetros y rangos de aceptación según el espesor de las MLC. En nuestro caso se realizó el test de aceptación para 120MLC de un equipo Trilogy Marca Varian. Para todos los test se utilizó 300 – 200 UM por cada beamlets formado; distancia fuente – superficie (DFS) de 100cm. Se emplearon 9 Test de aceptación cada uno con diferentes propósitos como cuantificar sincronización, estabilidad, complejidad, precisión, posicionamiento, conformidad, movimientos dinámicos para el caso de cuñas dinámicas, movimientos consecutivos, entre otros, para las mediciones se utilizó placas dosimétricas Gafchromic EBT3 scanner EPSON expression 10000 XL; adicionalmente se compararon los resultados con un arreglo de diodos MapCheck 2 Marca SunNuclear; que consta de 1527 diodos dispuestos en un campo de 32 x 26 cm ubicados a una distancia de 1cm paralelamente 0.5cm diagonalmente. Todos los test desarrollados estuvieron dentro de los parámetros de tolerancia de aceptación al comparar lo obtenido con las placas y el Mapcheck hubo una discrepancia de resultados 0.01% esto da una certeza de tratamiento al momento de impartir dosis volumétricas en campos dinámicos a los pacientes.

Palabras clave: IMRT, VMAT, DMLC.

1. INTRODUCCION

Los tratamientos con técnicas de RapidArc en la cual se entregan dosis al paciente con la modulación de varios parámetros como velocidad de movimiento de gantry, movimiento de las DMLC, velocidad de las mismas, rotación de colimador y modulación de tasa de dosis hacen que las pruebas de aceptación sean más estrictas para lo cual hacemos uso de protocolos de aceptación para medir parámetros dinámicos llamados DMLC (Dynamic Multileaf Collimator), este trabajo tiene como finalidad proveer información de las pruebas de aceptación para las DMLC; que se realizaron en el Acelerador lineal Trilogy de 120 multilaminas (MLC), modelo Millenium, esto nos ayudan a verificar la óptima performance que existe entre el equipo y el software, son varios parámetros que se modulan simultáneamente es por eso que se debe realizar estas pruebas.

Cuando se realiza un plan de tratamiento RapidArc se entrega muchas unidades de monitor sin alterar las dosis, por lo que se debe ser estricto en realizar las pruebas de aceptación para DMLC. Estos procedimientos no forman parte del comisionamiento pero si ayudan en el proceso de aceptación de las DMLC. Las pruebas llamadas VARIS nos proporcionan los parámetros que se deben realizar.

2. MATERIALES Y METODOS

Se realizaron 9 pruebas: Todas las pruebas se realizaron en un Acelerador Lineal Trilogy, de 120DMLC, con gantry y colimador 0°, a una distancia fuente superficie (DFS) de 100 cm, Para comparar los datos y lecturas obtenidas se usó el sistema de arreglos de diodos MapCheck2 marca Sun Nuclear, adicionalmente se comparó los campos obtenidos mediante el uso de placas dosimétricas Gafchromic EBT3 las placas fueron escaneadas usando EPSON expression 10000 XL. Todos los test se realizaron en el planificador Eclipse versión 10. Las medidas de los parámetros se realizaron en el software de Mapcheck Sun Nuclear; Software Dose Lab 6.40, y para las placas dosimétricas se utilizó el scanner Epson Expression 10000 XL.

1. **Picket Fence:** este test comprende 8 movimientos consecutivos de las DMLC de 5 cm de ancho (FIG.1), para un campo rectangular, verifica el match line entre las bandas. Esta prueba nos permite verificar la precisión y movimiento del carruaje que contiene las DMLC

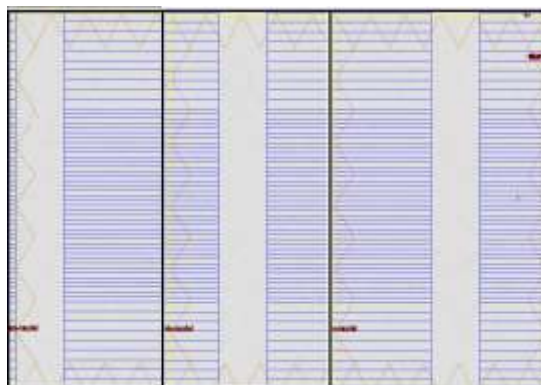


Figure 1.- movimientos DMLC para test Pinket Fence

2. **Synchronized Segmented Stripes (sss):** Permite verificar la precisión y calibración de las DMLC, detecta los posibles efectos fricción de inter-laminas así como el posicionamiento y la habilidad de las láminas de interdigitalizarse en forma sincronizada. Consta de 6 movimientos (fig.2) consecutivos dentro de un campo de 4x24cm², cada campo es dividido en series originando bandas horizontales, se crea bandas de 4 cm de ancho y un match line de 0.5mm creados por el desplazamiento de las DMLC.

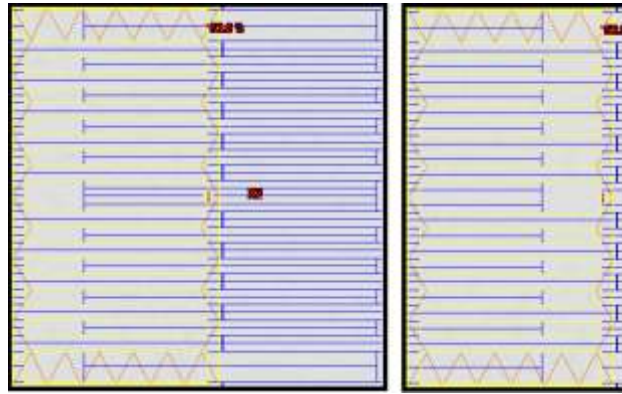


Fig 2.- Movimiento de DMLC Para test Synchronized Segmented Stripes

3. **Nonsynchronized Segmented Stripe (no sss):** Presenta los mismos parámetros de la prueba anterior, Permite verificar la precisión y calibración de las DMLC, detecta los posibles efectos fricción de inter-laminas así como el posicionamiento y la habilidad de las láminas de interdigitalizarse en forma no sincronizada.

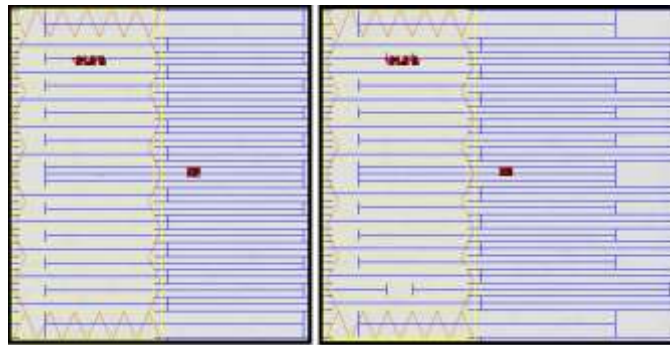


Figura 3.- Esquema de movimiento de prueba no sss.

4. **X Wedges:** Consiste en crear una cuña dinámica moviendo las DMLC,(Fig.4); en dirección al eje X en diferentes momentos, el segundo paso del proceso se realiza de forma del sentido contrario. Y se obtiene un campo homogéneo. Las bandas creadas incrementan de 2cm hacia el eje central



Figura 4.- Movimientos de DMLC para el test 4 simulando una cuña dinámica en dirección eje X.

5. **Y Wedges:** Esta prueba es similar al test anterior, el movimiento de las DMLC se realiza en dirección al eje Y, el segundo paso se realiza el movimiento en forma invertida. Otorgando un campo con intensidad uniforme.



Figura 5.- Movimientos de DMLC para el test 5 simulando una cuña dinámica en dirección eje Y.

6. **Pyramids:** Se elabora un campo complejo de tratamiento de tal forma que las DMLC se mueven formando una pirámide (fig 6). De afuera hacia adentro, en el segundo paso la pirámide se crea de adentro hacia afuera obteniendo al final un campo con intensidad homogénea. Este test permite verificar la precisión de las láminas produciendo un campo complejo en forma de pirámide. Esta prueba permite evaluar el rendimiento del sistema en producir la intensidad del patrón deseado.



Figura 6.- Movimientos de las DMLC formando un campo complejo en forma de pirámide.

7. **Complex Field A:** Se evalúa la habilidad de las DMLC de crear un campo complejo con diferentes patrones de modulaciones (Fig. 7). Examinar los bordes del campo así como la simetría del mismo.



Figura 7.- Movimientos de las DMLC formando un campo complejo con diferentes intensidades.

8: **Complex Field B:** Esta prueba permite verificar la precisión de las láminas y evaluar la habilidad de las DMLC de producir campos con intensidades complejas verificando los bordes y simetría de los mismos, se producen patrones complejos de intensidad.



Figura 8.- Grafico indicando el movimiento de las DMLC formando un campo complejo con diferentes intensidades.

9: **Continuous Stripes:** el test permite analizar el posicionamiento, estabilidad y velocidad de las láminas, así como los posibles efectos de fricción entre láminas, analiza la aceleración y desaceleración de las láminas entre los segmentos que se forman. El test se realiza en un campo de $10 \times 40 \text{ cm}^2$. Todas ellas comprueban mediante diferentes test el posicionamiento, velocidad, precisión de las DMLC,

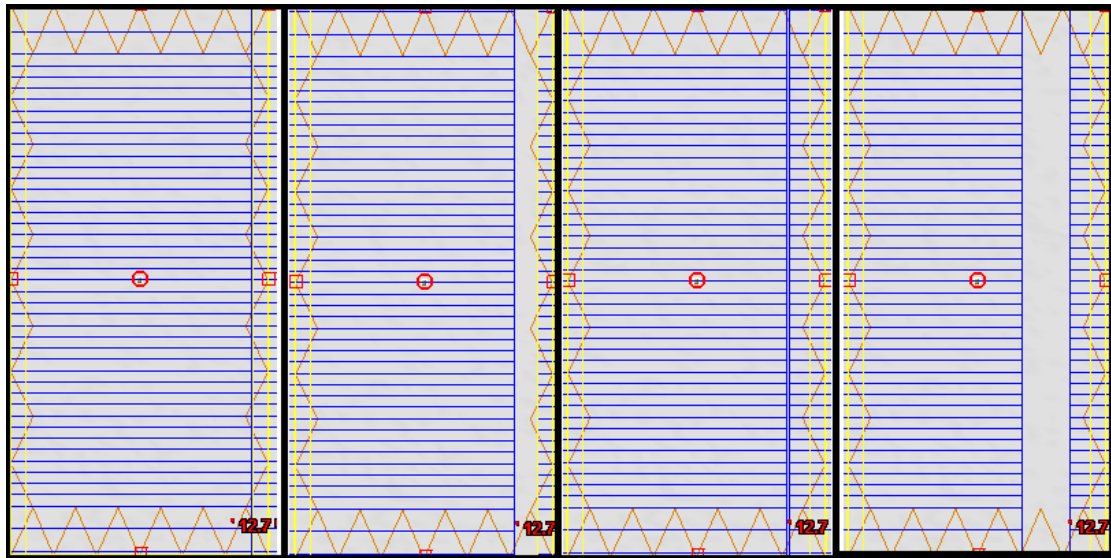


Figura 9.- Movimientos de las DMLC formando las bandas del gap propias de las MLC

RESULTADOS:

Se corroboraron los parámetros obtenidos con el uso de placas dosimétricas y el arreglo de diodos Map check, lo que permitió comparar los valores obtenidos y verificar los parámetros de tolerancia, en todas las pruebas la referencia es de $\pm 0.1 \text{ mm}$, para las 6 primeras pruebas donde se analiza precisión, estabilidad, posicionamiento, y velocidad de las DMLC, se obtiene los siguientes resultados:

Picket Fence:

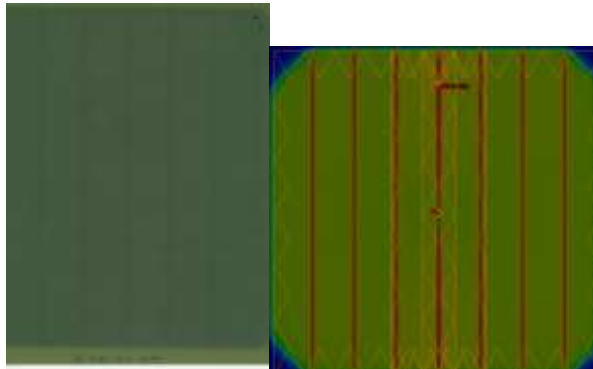


Fig 10: A la izquierda: placaRBT3 irradiada para la prueba Picket Fence a la derecha: imagen obtenida en el arreglo de diodos Map Check 2

Synchronized Segmented Stripes (sss):

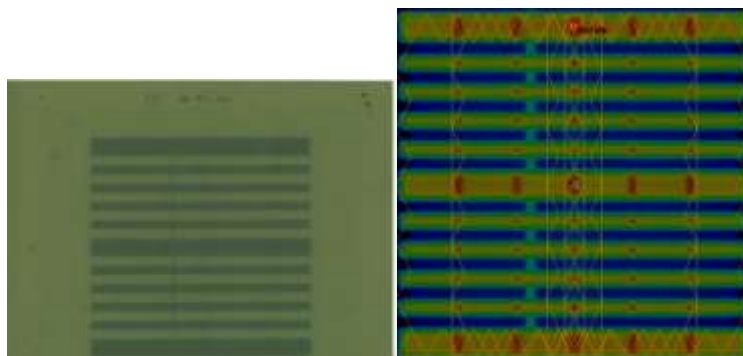


Fig 11: A la izquierda: placaRBT3 irradiada para la prueba SSS a la derecha: imagen obtenida en el arreglo de diodos SSS

Nonsynchronized Segmented Stripe (no sss):

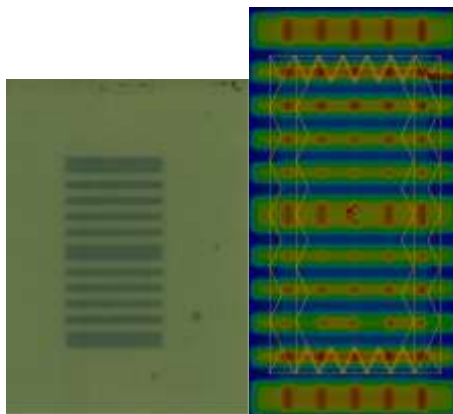


Fig 12: A la izquierda: placaRBT3 irradiada para la prueba no SSS a la derecha: imagen obtenida en el arreglo de diodos no SSS

X Wedges:

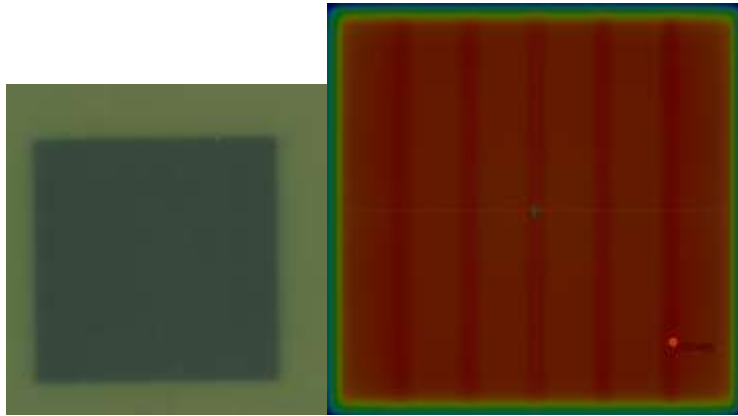


Fig 13: A la izquierda: placaRBT3 irradiada para la prueba X Wedges a la derecha: imagen obtenida en el arreglo de diodos.

Y Wedges:

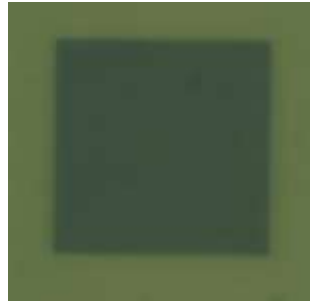


Fig 14: A la izquierda: placaRBT3 irradiada para la prueba Y Wedges a la derecha: imagen obtenida en el arreglo de diodos

Pyramids:

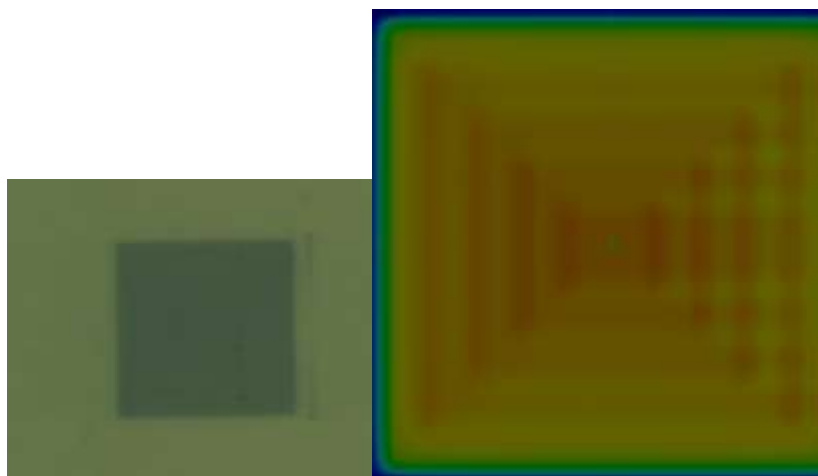


Fig 15: A la izquierda: placaRBT3 irradiada para la prueba Pyramids a la derecha: imagen obtenida en el arreglo de diodos

Complex Field A

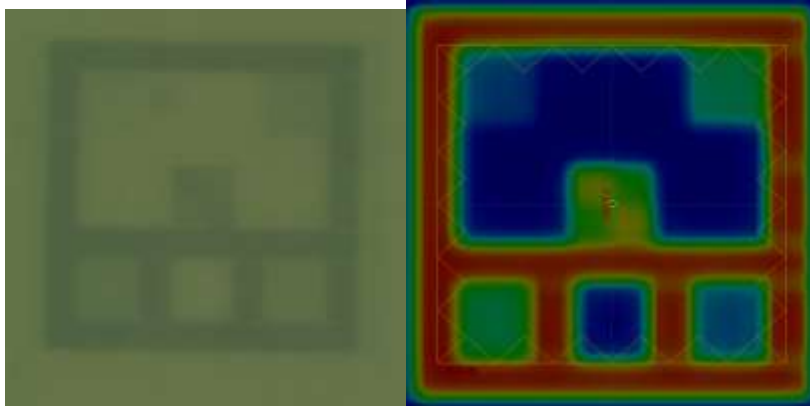


Fig 16: A la izquierda: placaRBT3 irradiada para la prueba Complex A a la derecha: imagen obtenida en el arreglo de diodos. Estas pruebas se realiza mediciones de intensidad.

Complex Field B:

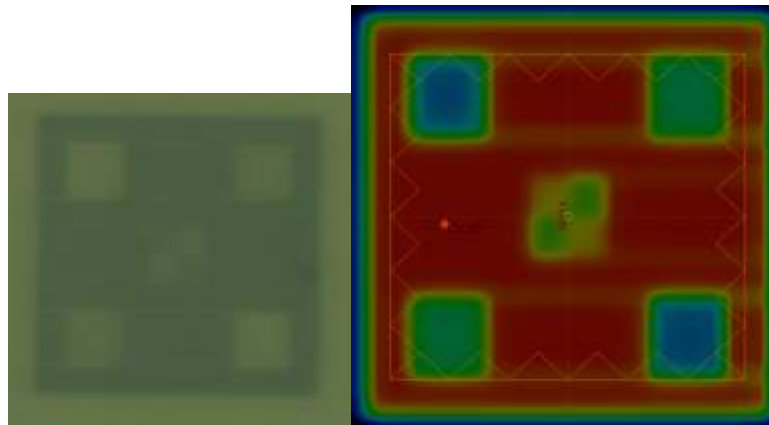


Fig 17: A la izquierda: placaRBT3 irradiada para la prueba Complex B a la derecha: imagen obtenida en el arreglo de diodos. Estas pruebas se realiza mediciones de intensidad.

Continuous Stripes

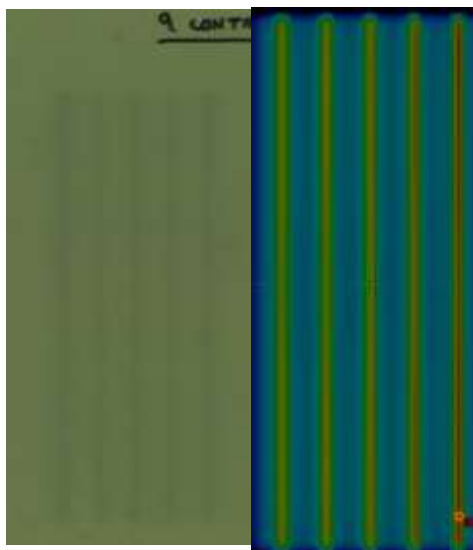


Fig 18: A la izquierda: placaRBT3 irradiada para la prueba de bandas continuas a la derecha: imagen obtenida en el arreglo de diodos.

Cuadro1: Medidas realizadas para las pruebas del 1 al 6 se muestra el promedio en mm, la desviación y desviación prom.

PRUEBAS CON TOLERANCIA DE $\pm 0.1\text{mm}$			
1:PICKET FENCE			
	ECLIPSE	placas	map check
promedio (cm)	5.03	5.07	5.01
TOLERANCIA ± 0.1	0.03	0.07	0.01
DESVIACION	0.04	0.04	0.02
DESVIACION PROM	0.03	0.03	0.02
2:SYNCHRONIZED SEGMENTED STRIPES			
	ECLIPSE	placas	map check
promedio (cm)	4.03	4.06	4.05
TOLERANCIA ± 0.1	0.03	0.06	0.05
DESVIACION	0.04	0.06	0.06
DESVIACION PROM	0.03	0.03	0.03
3:NONSYNCHRONIZED SEGMENTED STRIPES			
	ECLIPSE	placas	map check
promedio (cm)	2.03	2.03	2.01
TOLERANCIA ± 0.1	0.02	0.03	0.01
DESVIACION	0.02	0.03	0.02
DESVIACION PROM	0.02	0.03	0.02
4:WEDGES X			
	ECLIPSE	placas	map check
promedio (cm)	1.99	2.04	1.99
TOLERANCIA ± 0.1	-0.01	0.04	-0.01
DESVIACION	0.07	0.06	0.07
DESVIACION PROM	0.05	0.04	0.05
5:WEDGES Y			
	ECLIPSE	placas	map check
promedio (cm)	1.97	2.03	1.97
TOLERANCIA ± 0.1	-0.03	0.03	-0.03
DESVIACION	0.05	0.05	0.02
DESVIACION PROM	0.02	0.05	0.01
6:PYRAMIDS (1cm)			
	ECLIPSE	placas	map check
promedio (cm)	0.99	1.03	0.98
TOLERANCIA ± 0.1	-0.01	0.03	-0.02
DESVIACION	0.05	0.05	0.05
DESVIACION PROM	0.04	0.04	0.04

En la segunda parte para las pruebas del 7 al 9 que son pruebas donde se analizan intensidad de dosis vs velocidad de movimiento de las DMLC se halló la va varianza según cuadro 2:

Cuadro 2: medidas de intensidad hallando la varianza para los promedios de cada área.

PRUEBAS CON MEDIDAS DE INTENSIDAD DE EXPOSICION				
7: COMPLEX FIELD A				
	ECLIPSE	PLACAS	MAP CHECK	VARIANZA
AREA 1	14.5	12.8	13.8	0.73
AREA 2	27.6	28	27.9	0.04
AREA 3	15.5	13.8	15.3	0.86
AREA 4	6.6	6.6	6.4	0.01
AREA 5	28.6	29	28	0.25
AREA 6	5.2	4.9	5.05	0.02
8: COMPLEX FIELD A				
	ECLIPSE	PLACAS	MAP CHECK	VARIANZA
AREA 1	24.5	23.3	24.2	0.39
AREA 2	43.5	42.5	43	0.25
AREA 3	24.4	23.5	25	0.57
AREA 4	43.8	42	43	0.81
9: CONTINUOUS STRIPE				
	ECLIPSE	PLACAS	MAP CHECK	VARIANZA
STRIPE 1	29.60	28.93	29.40	0.12
STRIPE 2	27.90	27.50	27.60	0.04
STRIPE 3	28.80	28.10	28.90	0.19
STRIPE 4	30.30	29.80	30.50	0.13
STRIPE 5	31.90	30.90	31.60	0.26

3. CONCLUSIONES

En todas las pruebas de aceptación de DMLC se observa que los parámetros son estrechos $\pm 0.1\text{mm}$ esto es debido a la reproducibilidad, precisión y rendimiento que debe existir entre un planificador y las DMLC del acelerador lineal.

En las 6 primeras pruebas como se mencionó se analiza parámetros de precisión se observa que usando placas dosimétricas los valores de tolerancia hallados son mayores en referencia a los hallados con el planificador Eclipse y el map check, que presentan valores cercanos.

En las pruebas 7 al 9 en todos los casos la varianza medidas con el planificador, placas, y map check no exceden del 0.1, teniendo el valor de varianza más alto 0.81 en la prueba 8.

Esto nos permite verificar que si realizamos los test de aceptación con placas dosimétricas o con arreglo de diodos ambas presentan los niveles de aceptación muy cercanos semejándose más el uso de arreglo de diodos.

Referencias Bibliograficas:

1. Xiangyang Mei, Ian Nygren and J. Eduardo Villarreal-Barajas. (2011). Med. Phys.**38**: 246.

2. Alejandra Rangel and Peter Dunscombe. (2009). Tolerances on MLC leaf position accuracy for IMRT delivery with a dynamic MLC. Med. Phys. **36**: 3304.
3. Thomas A. Simon, Darren Kahler, William E. Simon, Christopher Fox, Jonathan Li, Jatinder Palta and Chihray Liu. (2009). An MLC calibration method using a detector array. Med. Phys., **36**: 4495.
4. QA Test Patterns and Procedures DMLC Varis setup. Varian Medical System September 2001.