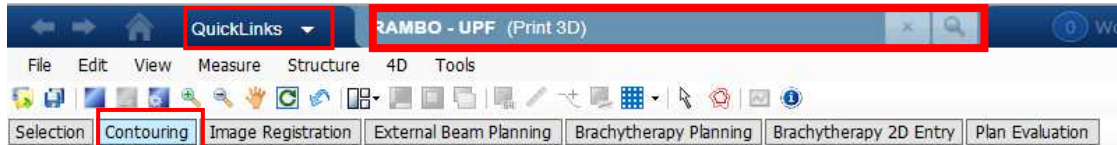


# CREACION DE MOLDES 3D PARA BRAQUITERAPIA

## 1. ARIA

### 1.1. Contouring

#### 1. *Quicklinks > Contouring*



1.1. También se puede buscar un paciente directamente en **Search Patient**.

## 2. Buscar y cargar paciente

Doble clic CT\_1,\_2... para visualizar el CT que queremos. Aquí podemos ver todos los sets de CT que tenemos.



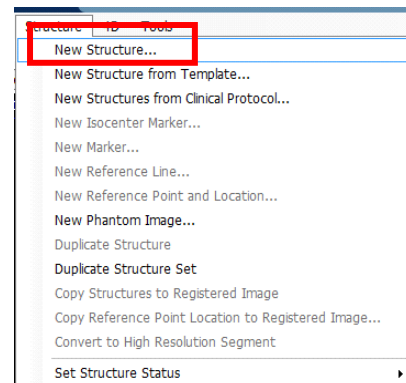
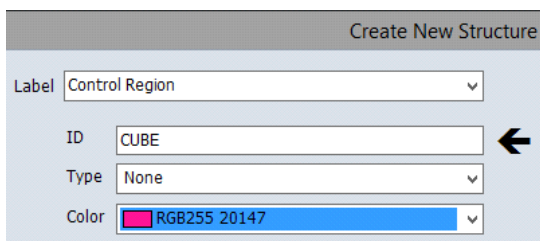
Para crear una copia: **Structure > Duplicate structure Set**

## 3. Crear las distintas estructuras (contorno, tumor, molde, ojos, cristalinos). Para cada uno creamos una nueva estructura: **Structure > New structure**

**Label** → seleccionar región de interés (ej. *contorn region*)

**ID** → Nombre de la estructura creada (ej. *CUBE*)

**TYPE** → *None*



### 3.1 **Contorno** (normalmente hecho y aprobado, no se puede modificar).

Queremos seleccionar el contorno del paciente (piel) mediante la aplicación de un umbral de intensidades de tonos grises:



→ **Search Body Ranger** (Lower threshold (HU)) : **-350 HU**

Podemos modificar la estructura seleccionada con herramientas : *brush 2D adaptive* y *erase* -usando la herramienta *brush* y clicando la flecha hacia arriba-.

### **3.2 Ojos** (normalmente hecho y aprobado, no se puede modificar).

Usando la herramienta de medir distancias, nos situamos en la *slice* del centro del ojo y medimos su diámetro. A continuación vamos a la herramienta *Brush*, seleccionamos ese mismo diámetro para la esfera que vamos a crear y clicamos en medio del ojo para seleccionarlo. Automáticamente se seleccionará la estructura del ojo en todos los *slices*.

→ **Brush** (*3D adaptative*)

Repetimos este proceso para los dos ojos, creando dos estructuras diferentes, ojo derecho e izquierdo.

### **3.3 Tumor** (normalmente hecho y aprobado, no se puede modificar).

Seleccionamos el volumen tumoral gracias a la estructura usada para marcarlo en el CT (aparece como una estructura blanca a lo largo de la región cancerosa).

Para que nos seleccione sólo el cáncer en la parte de la nariz (que no seleccione el aire o parte del molde), usamos la opción:

→ **Brush** – *mínimo diámetro = 0.5* – **Avoid painting over: MOLDE** (*opcional*)

### **3.4 Molde**

Para crear el molde, queremos creamos un margen paralelo a la piel de unos 2,5 cm (paralelo a la estructura de contorno) y así reducimos la cantidad de material a la hora de la impresión, en lugar de generar un molde cuadrado como veremos más tarde.

→ **Margin for structure** → *Create margin from [estructura contorno]* → *Create outer margin* → *Use symmetrical margin (valor de 2.5)* → *Target structure [AUX\_2.5]* → Seleccionar VOI (para generar un volumen y no un margen).



#### **3.4.1 Opción B)**

Primero seleccionamos un recuadro con el tamaño que queremos del molde, asegurándonos de que ocupe la nariz (si queda demasiado grande puede cortarse más adelante con *Meshmixer*). A continuación aplicamos un umbral de intensidades y decimos que las coja todas para crear una estructura entera:

→ **Search Body** → **THRESHOLD (-1000 HU)** → **select VOI**

Para generar la forma sin la nariz y sin esquinas (gastan mucho material innecesario), creamos un contorno de 2.5 cm (igual que el paso anterior, pero no usamos la opción VOI ya que no queremos un volumen) y finalmente usamos operaciones booleanas:

→ **Margin for structure (AUX\_2.5)**

→ **Boolean operators**

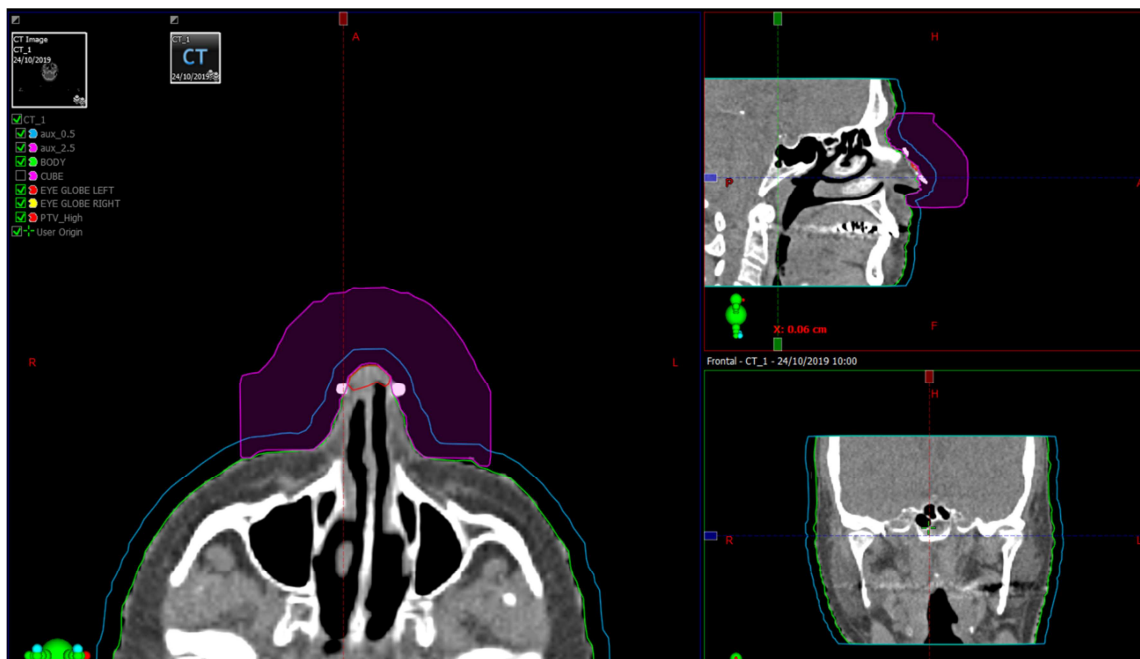
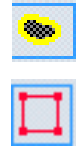
a. **MOLDE = MOLDE – (SUBTRACT) – CONTORN (BODY)** : *forma cuadrada sin la nariz*

**b. MOLDE = MOLDE – (UNION) – AUX\_2.5 : forma de contorno sin la nariz**

### **3.5 Contorno 0.5 (AUX\_0.5)**

Para añadir un margen que nos sirva de guía a la hora de colocar los aplicadores (deben estar siempre a 0.5 cm de la piel), seguimos los mismos pasos que para generar el molde pero sin usar la opción VOI.

→ **Margin for structure** → Create margin from [estructura contorno] →  
Create outer margin → Use symmetrical margin (valor de 0.5) → Target structure [AUX\_0.5]



Molde : región lila ; Tumor : región roja ; Contorno del paciente : línea verde ;  
Contorno de 0.5 cm (AUX\_0.5) : línea azul

## **4. Post procesado**

Una vez generado nuestro molde, podemos usar varias herramientas de post-procesado para mejorar su calidad. Un problema habitual es la generación de pequeñas estructuras en forma de puntos que se reconocen como parte del molde y después de la exportación, al generar el molde en *Matlab*, este tiene formas muy extrañas.

*4.1 Eliminar estructuras de tamaño inferior a [ 1 cm]*

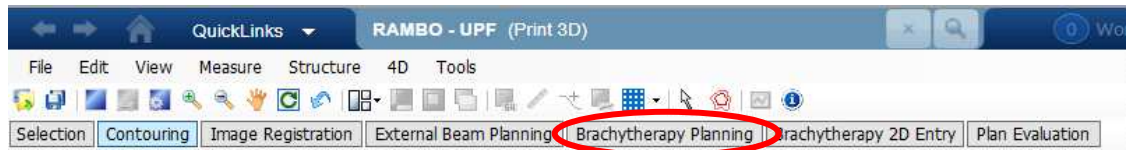
*4.2 Seleccionar una única estructura de tamaño superior a [ 1 cm]*

*4.3 Smoothing*

## **5. Guardar cambios**

## 1.2. Brachytherapy Planning

### 1. Quicklinks > Brachytherapy Planning



### 2. Crear los aplicadores de uno en uno mediante:

→ **Insert > New applicator**. En *applicator properties* dejar las propiedades por defecto y seleccionar OK.

**IMPORTANTE:** Deben respetarse las siguientes restricciones a la hora de colocar los aplicadores:

- Los aplicadores no pueden tener grandes curvaturas.
- Deben tener entradas y salidas lo más rectas posible.
- La separación entre aplicadores debe de ser entre 0.8 y 1 cm. (entre fuente y fuente).
- No pueden sobrepasar el límite creado en el Contouring de 0.5 cm.
- Los aplicadores deben estar colocados de forma paralela.

### 3. Una vez creados, debemos generar la forma de los aplicadores:

→ **Contour editor, Rotate applicators y Move applicators**.

Añadir todos los aplicadores usando este método.

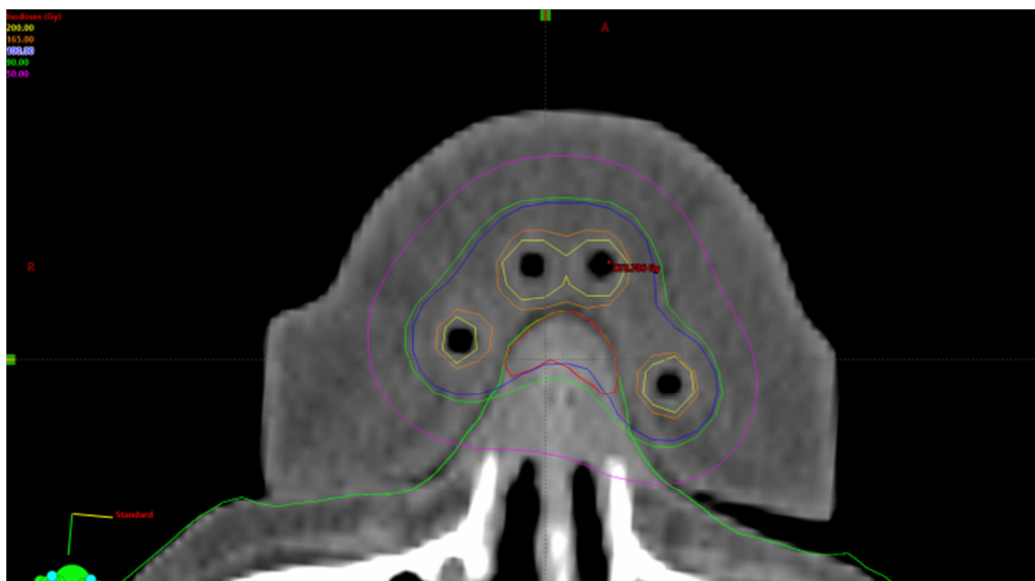


### 4. Una vez ya tenemos definida la forma y posición de los aplicadores, debemos definir las posiciones virtuales de las fuentes que seguirán el recorrido de los puntos creados anteriormente (solo colocarlos en los lugares donde haya tumor).



### 5. Control de dosis. Una vez creados los aplicadores (tubos por donde pasará la fuente de radiación) debemos usar la herramienta ---- (dosis profile?) para ver la dosis aplicada al paciente. Debemos ajustar los tiempos de exposición de forma local de cada una de las fuentes para crear un perfil uniforme de distribución de modo que se aplique la radiación únicamente en la región del cáncer y no en el resto de estructuras. Queremos aplicar una radiación entre el 90-100% en la región tumoral y que ninguna región de la piel del paciente reciba más del 165%. Para ello vemos el plan dosimétrico en barras de isodosis por porcentajes:

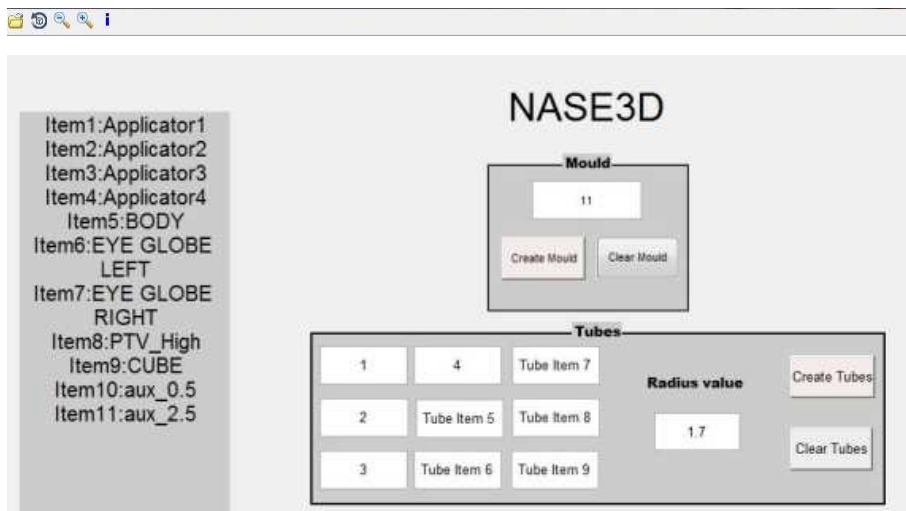
- Zona amarilla (200% de dosis) → ninguna línea debe tocar al paciente, lo más alejado posible.
- Zona naranja (165% de dosis) → máxima dosis. Limite de contacto, debe recorrer el contorno del paciente.
- Zona azul (100% de dosis) → toda la dosis aplicada debe estar en la parte del tumor.
- Zona verde (90% de dosis) → mínima dosis. Limite del tumor hacia el cuerpo del paciente.
- Zona lila (50% de dosis) → proporciona una referencia de la mitad de la dosis aplicada.



### 1.3. Guardar y exportar. Cuando todo está planificado, guardamos:

→ **File > Export > DICOM media file Brachy** → Seleccionamos las opciones : *Maintain radiograph set geometry* y *A qualified person has...* → Warnings: Do you want to continue? **YES** → *Change for all objects* (seleccionar el directorio donde guardar el archivo) → *Finish*

## 2. MATLAB



1. Abrir archivo *NASE3D.m* y ejecutar desde MATLAB (*Run*). Se abrirá el archivo *NASE3D.fig*

2. **Cargar archivo DICOM** que hemos generado anteriormente (clicando el icono de la carpeta).

- Si en la caja de Información (**Info ítems**) no aparece nada al cargar el archivo, vamos al icono “i”. Veremos el listado de ítems.

3. **Mould.** Buscar el número del fichero correspondiente al molde en *Info items* (en nuestro caso es el número 11).

- *Mould item* → [NUMERO] → **Create Mould**

- Si no es el número correcto → **Clear mould** → [Nuevo numero]

Aparecerá una ventana emergente que nos pregunta si la figura está bien cerrada → **YES/NO** (en caso de no estarlo se cierra automáticamente al clicar NO). Para estar seguros utilizar las herramientas para mover el molde.

Cuando el molde es correcto :

→ **Save Mould** (Indicar el nombre del archivo en el que guardamos el molde, se guardan en el directorio en el que está el programa).

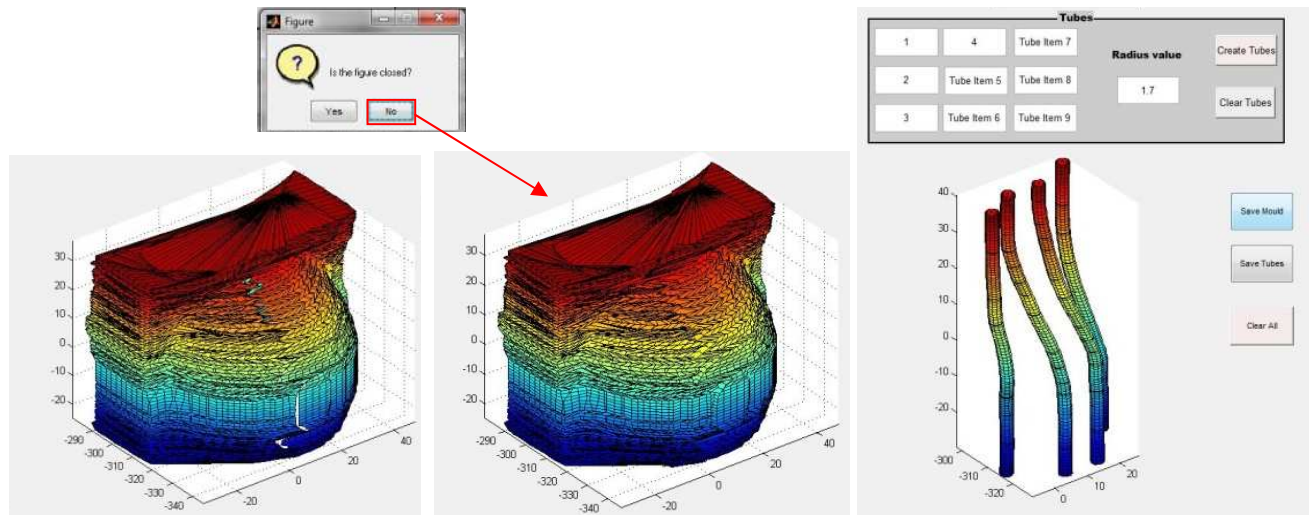
→ **Clear all**

4. **Tubes.** Introducir los números correspondientes a los tubos en *Tubes Item* (dejamos los otros ítems sin rellenar) y fijarles un *Radius Value* de **1.7** : → **Create Tubes**

- Si no son los archivos correctos → **Clear Tubes**

→ **Save Tubes.** Los guardamos de uno en uno en el directorio del programa *NASE3D*.





### 3. MESHMIXER

#### 1. Importar archivo .stl del molde

#### 2. Arreglar el molde

Clicar en el icono "Select" y doble clicar por encima del molde para seleccionarlo todo:

**1. Edit > Make solid → Accept**

**2. Analysis → Inspector (Hole fill Mode: Smooth fill → Autorepair all)**

**3.** Realizar un **smooth** o **remesh** para un mejor acabado (sin pasarse para no estropear la especificidad del molde). *Para seleccionar todo el molde hacer doble click sobre éste.*

**3.1 Select > Deform > Smooth → Accept**

- Superficie exterior lisa : aumentar *smoothing scale*.

- Superficie interior (contacto con la nariz) : *smoothing scale* mínima, para evitar cambiar la forma de la malla bruscamente. de todas formas no pueden haber salientes e irregularidades que puedan incomodar al paciente.

**3.2 Select > Edit > Remesh → Accept**

**NOTA:** El molde no puede quedar con márgenes muy bruscos, porque sino el sólido no se creará bien. Si una vez aplicada un *Smooth* hay zonas que aun son bruscas, seleccionar esa zona y aplicar otro *smooth*. También hemos de tener en cuenta que aplicar demasiado *smoothing* puede eliminar los detalles del molde específicos para el paciente.

**4. Edit > Plane cut.** Realizamos un corte en la superficie inferior (también podemos hacerlo en la superior) para conseguir una base plana y fácil de imprimir.

### 3. Importar los *tubes*

1. Importar los archivos de los aplicadores de uno en uno.

→ Marcar **NO** en el aviso *shift position*.

2. Seleccionar todos los tubos en *Object Browser* (si no sale ir a *view, show object Browser*). Seguidamente, ir a **Edit** → **Combine** → **Accept**

3. **Edit** > **Make Solid** → **Accept**

### 4. Generación del molde con los tubos vacíos

Abrir la visualización de la ventana *Object Browser*. Seleccionar el Molde sólido, mantener pulsado la tecla "Ctrl" y seleccionar los aplicadores sólidos.

→ **Edit** > **Boolean Difference** → **Accept**

Comprobación: **Analysis** > **Mesh Query** (Color mode → **Aspect Ratio**) → **Accept**

5. **Exportar** el molde definitivo en formato *.stl* para el procesamiento final en Cura y en *.MIX* para poder modificarlo en caso de algún error.

## 4. CURA

### 1. Cargar el archivo

2. Elegir el material y los parámetros de impresión:

- Molde de prueba (PLA), *Infill density* 5-10% , lo imprimimos en *Ultimaker 3 extended*.

Usamos este molde para comprobar que la sonda radioactiva pasa perfectamente por los tubos generados. Si pasan bien, imprimimos el molde definitivo en ABS, pero si no pasan tenemos que regresar al primer paso y modificar la forma del aplicador que dé problemas [1.2. Brachytherapy Planning y todos los pasos posteriores].

- Molde definitivo (ABS), *Infill density* 100% , lo imprimimos en *Ultimaker 2*.

3. Seleccionar la orientación de impresión:

- Sin estructuras de soporte en el interior de los tubos.
- Menor o ninguna estructura de soporte.
- Colocar el molde siempre de pie.

Para visualizar las estructuras de soporte internas: **View mode** --> (*Solid*, *X-Ray*, **Layers**)