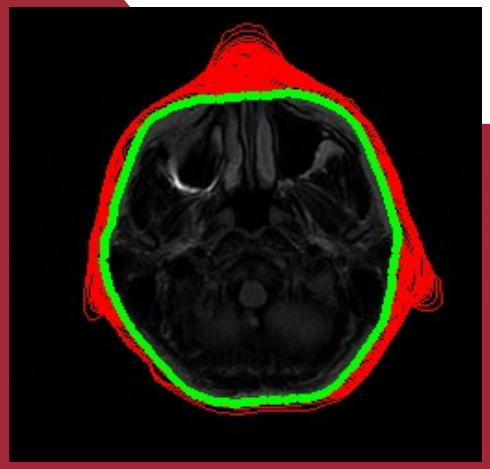
**Universidad Nacional Autónoma de México**
**Facultad de Ingeniería**

# Diseño e implementación eficiente de algoritmos de codificación y seguridad de los sistemas de información de alto desempeño: algunos resultados



**Presentan:**

Lorena Consuelo Hernández Olvera
Juan Carlos Nazario Alvarez
Francisco García Ugalde
Proyecto PAPIIT IN102410

# Contenido

1) Objetivos de la presentación.
2) Alternativas de solución y selección del método.
3) El método de contornos activos *Snake* tradicional.
4) El método Snake con Flujo del Vector Gradiente (*Snake GVF).*
5) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM.
6) Procedimiento de transformación de intensidad.
7) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM pre-procesadas.
8) Conclusiones

# Contenido

1) **Objetivos de la presentación.**
2) Alternativas de solución y selección del método.
3) El método de contornos activos *Snake* tradicional.
4) El método Snake con Flujo del Vector Gradiente (*Snake GVF).*
5) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM.
6) Procedimiento de transformación de intensidad.
7) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM pre-procesadas.
8) Conclusiones

# Objetivos

- Estudio y prueba práctica del método de segmentación llamado Contornos Activos (Snake tradicional y Snake GVF), sobre imágenes medicas.

- Comprobar la mejora en el desempeño de dicho método, al aplicar un pre-procesamiento a la imagen, con base en una transformación de intensidad.

# Contenido

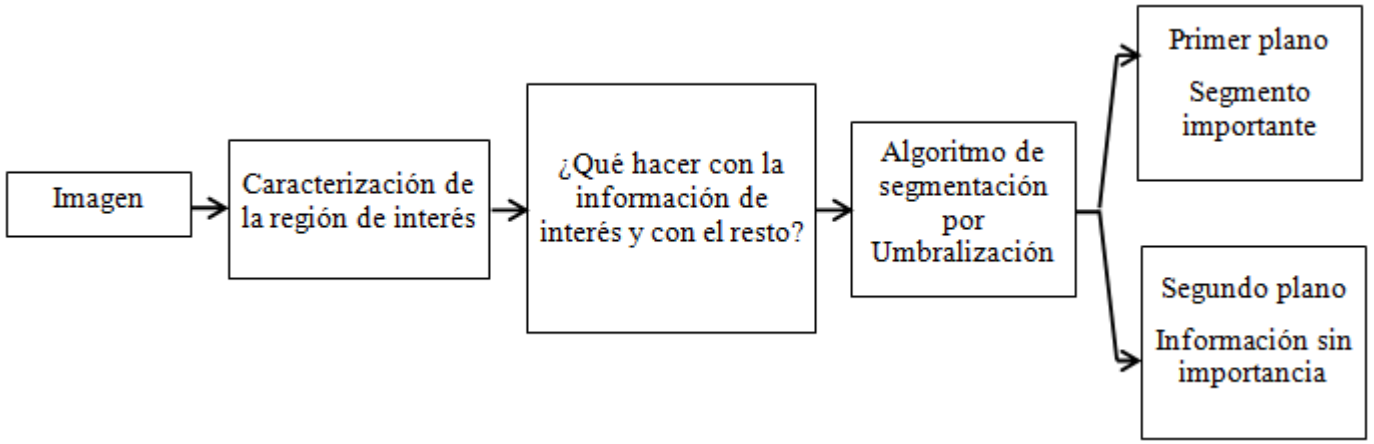
1) Descripción del problema.
2) **Alternativas de solución y selección del método.**
3) El método de contornos activos *Snake* tradicional.
4) El método Snake con Flujo del Vector Gradiente (*Snake GVF).*
5) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM.
6) Procedimiento de transformación de intensidad.
7) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM pre-procesadas.
8) Conclusiones.

# Posibles soluciones

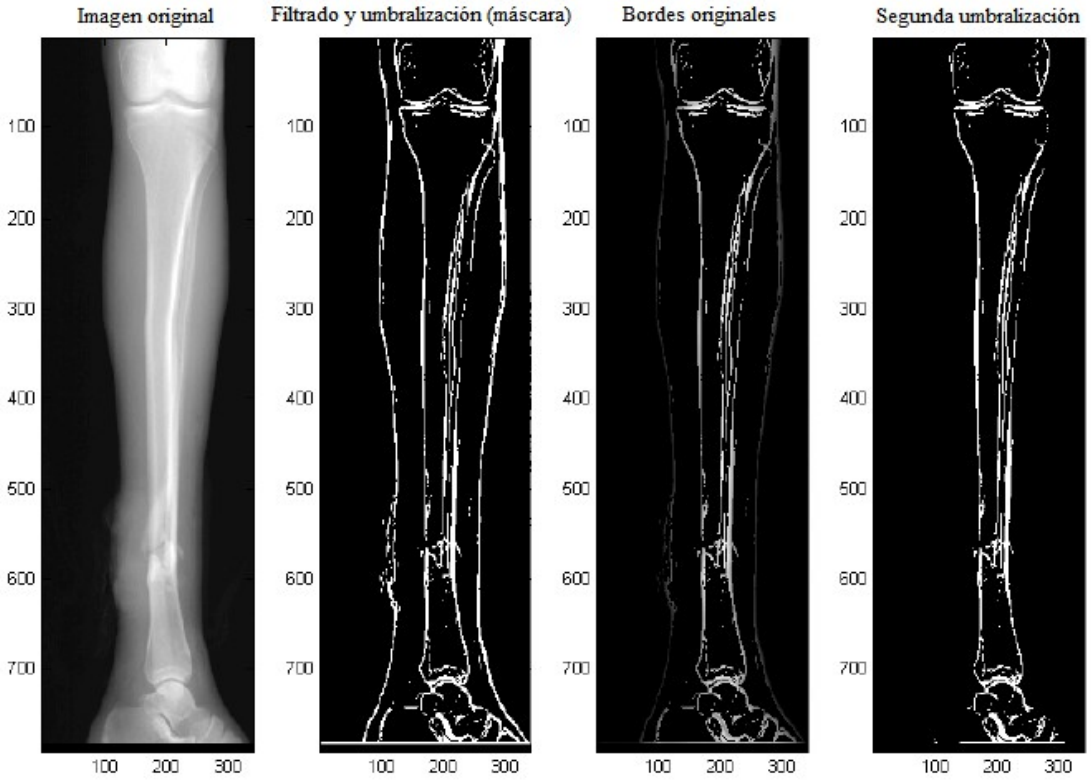
- Umbralización (*Thresholding*)
- Crecimiento de región (*Region Growing*)
- Detección de borde
- Modelos activos deformables

# Umbralización

Es una comparación de nivel de intensidad píxel a píxel con un determinado umbral.

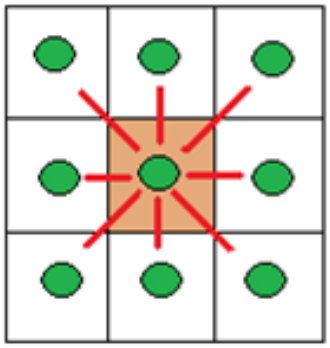


En imágenes médicas la Umbralización es útil cuando se combina con un Detector de bordes.

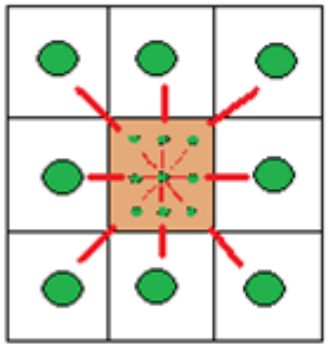


# Crecimiento de región

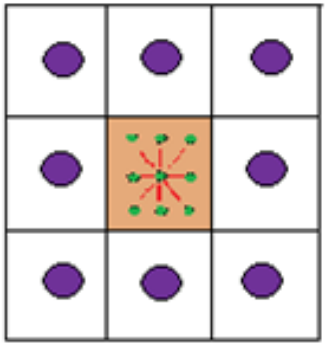
Es una agrupación de píxeles, que comienza con puntos semillas, los cuales representan el criterio de similitud que deberán cumplir los píxeles vecinos para ser agregados a las semillas y formar la región.



(a) Semilla inicial.

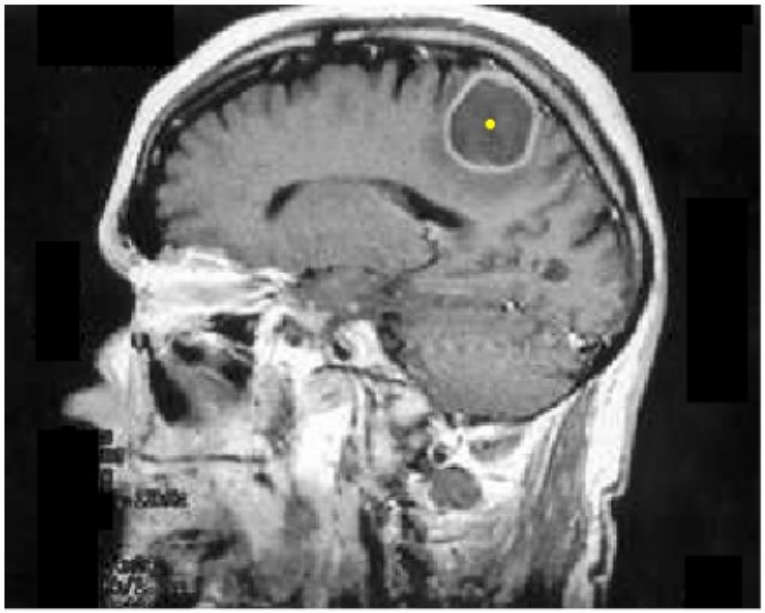


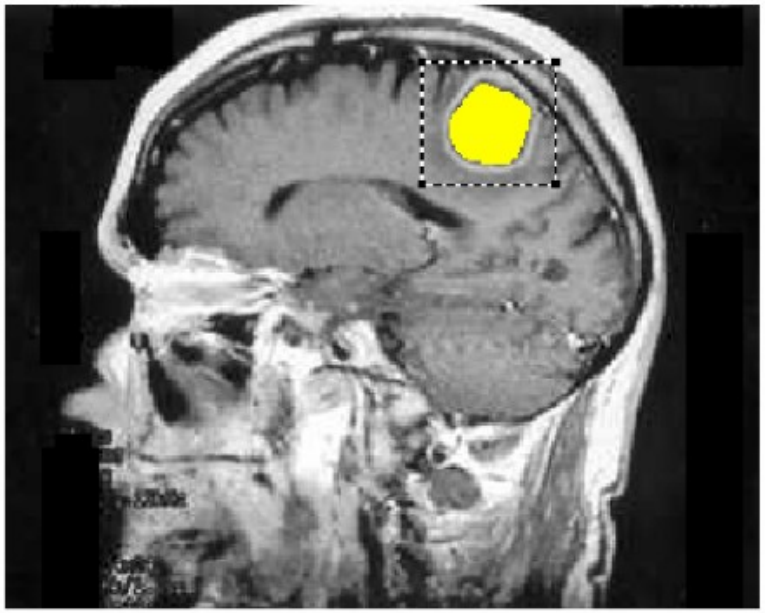
(b) Nueva semilla en la siguiente iteración.



(c) Fin del crecimiento de la región.

El Crecimiento de región es un método utilizado en imágenes médicas bajo la hipótesis de que los píxeles pertenecientes a un mismo tejido u órgano presentan características similares.





# Detección de bordes

Son algoritmos que tratan de rescatar y sobresaltar las zonas de la imagen donde el nivel de intensidad varía bruscamente.

Imagen de Rayos X.

Bordes obtenidos por el detector de Canny.

# Contornos Activos

Modelo de detección de fronteras, conocido como *Snakes* para imágenes 2D, incorpora información a *priori*.

Los *Snakes* son curvas paramétricas, deformables en el tiempo, cuya forma y posición final, son determinadas por la minimización de un funcional de energía.

# Elección del método

Dado que no existe un método que funcione para todo tipo de imágenes, la selección del método no fue una tarea sencilla, y estuvo en función de la aplicación (imágenes RM). Se eligió a los contornos activos por las ventajas que presentan sobre los métodos anteriormente expuestos:

- Incluir información a *priori*.
- Ser robustos frente al ruido y bordes falsos.
- Ser curvas cerradas y suaves.
- el contorno trata de adaptarse a cualquier forma.

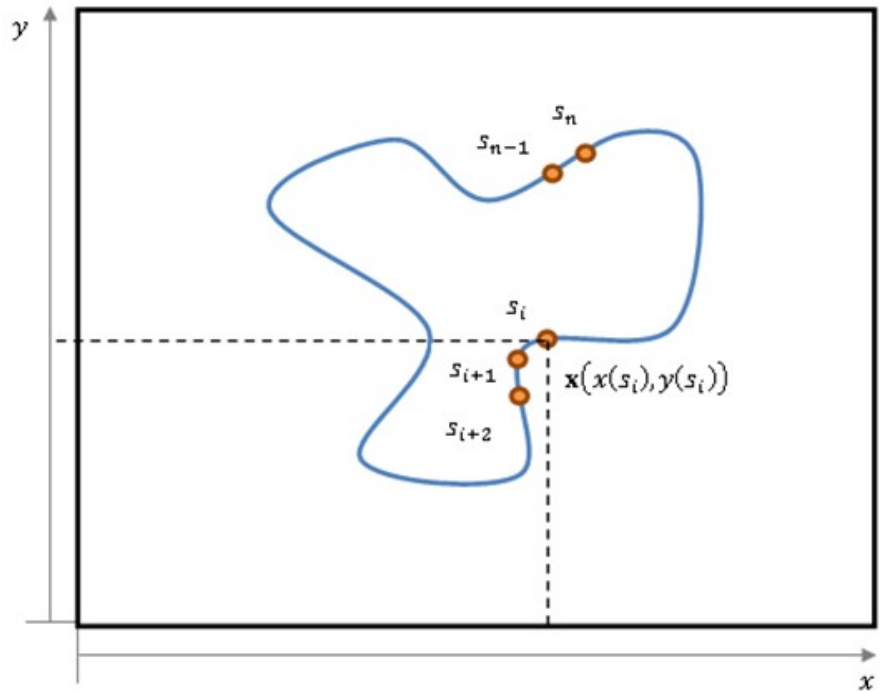
# Contenido

1) Objetivos de la tesis.
2) Alternativas de solución y selección del método.
3) **El método de contornos activos Snake tradicional.**
4) El método Snake con Flujo del Vector Gradiente (*Snake GVF).*
5) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM.
6) Procedimiento de transformación de intensidad.
7) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM pre-procesadas.
8) Conclusiones

# Descripción matemática

Matemáticamente un *Snake* se define como una curva paramétrica:

$$\mathbf{x}(s) = [x(s), y(s)], \quad s \in [0,1]$$



Esta curva se desplaza sobre el espacio de la imagen para minimizar el siguiente funcional de energía:

$$E^*_{snake} = \int_0^1 E_{snake}(\mathbf{x}(s))ds$$

$$E_{snake} = E_{interna} + E_{externa}$$

$$E^*_{snake} = \int_0^1 E_{interna}(\mathbf{x}(s))ds + \int_0^1 E_{externa}(\mathbf{x}(s))ds$$

$$E_{interna} = E_{elastica} + E_{rigidez}$$

$$E_{interna} = \frac{1}{2}\left[\alpha(s)\left|\frac{d\mathbf{x}(s)}{ds}\right|^2 + \beta(s)\left|\frac{d^2\mathbf{x}(s)}{ds^2}\right|^2\right]$$

$$E_{externa} = E_{imagen} + E_{externa\ restrictiva}$$

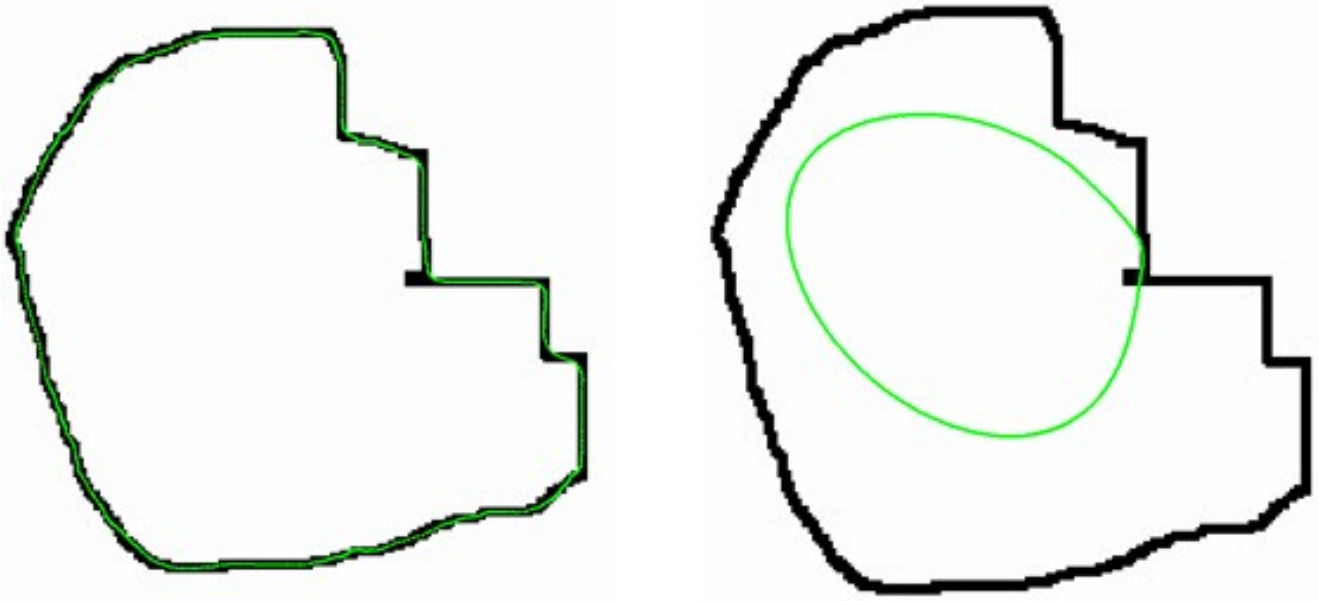
# Energía interna

Es la energía de la curva que controla sus características intrínsecas, las cuales definirán la deformación y capacidad del contorno para adaptarse a la forma de la frontera de interés. Y esta compuesta:

$$E_{interna} = E_{elastica} + E_{rigidez}$$

$$E_{interna} = \frac{1}{2}\left[\alpha(s)\left|\frac{d\mathbf{x}(s)}{ds}\right|^2 + \beta(s)\left|\frac{d^2\mathbf{x}(s)}{ds^2}\right|^2\right]$$

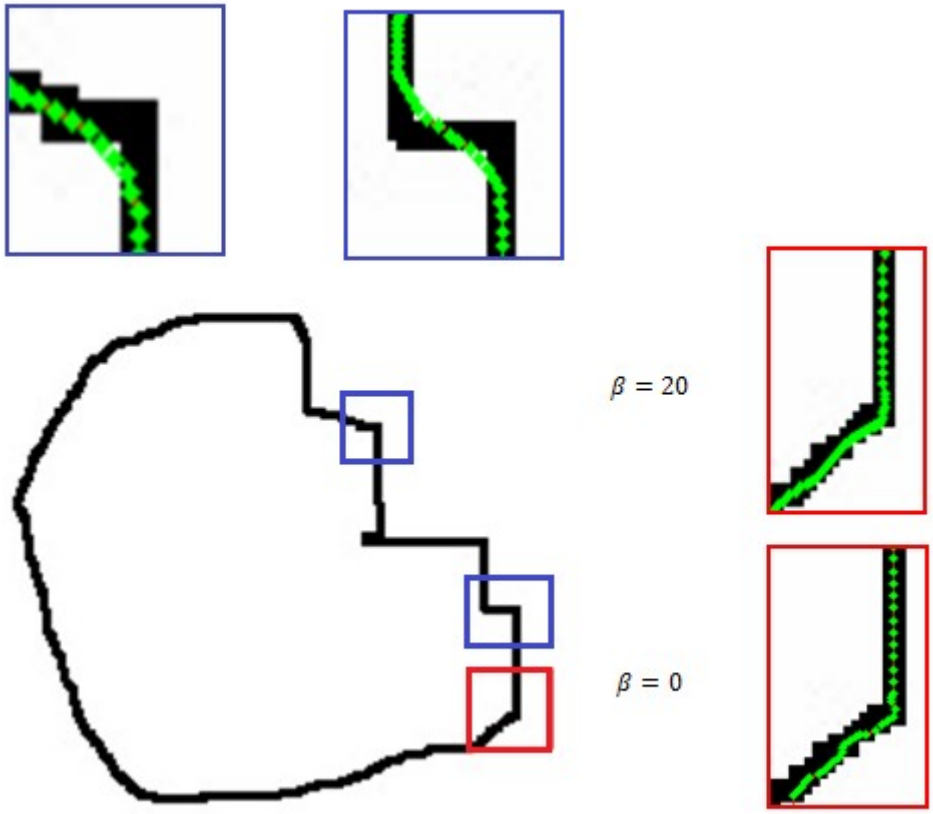
Comportamiento de la energía elástica al variar su peso (α):



(a) $\alpha = 1$

(b) $\alpha = 10$

Comportamiento de la energía de rigidez al variar su peso (β):



# Energía externa

Es la energía que guía o “empuja” al *Snake* hacía la frontera de interés. Y se encuentra compuesta por:

$$E_{externa} = E_{imagen} + E_{externa\ restrictiva}$$

Restrictiva

- Energía de muelle:

$$E_{restrictiva} = E_{muelle} + \boxed{E_{muelle} = k|x_1 - x_2|^2}$$
$$+ E_{volcán} \quad \boxed{E_{volcán} = \frac{k}{|x_1 - x_2|^2}}$$

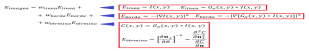
- Energía de volcán:

$$E_{restrictiva} = E_{muelle} + \boxed{E_{muelle} = k|x_1 - x_2|^2}$$
$$+ E_{volcán} \quad \boxed{E_{volcán} = \frac{k}{|x_1 - x_2|^2}}$$

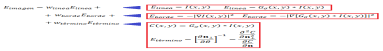
# Imagen

$$E_{imagen} = w_{linea}E_{linea} + w_{borde}E_{borde} + w_{término}E_{término} \qquad (2.8)$$

- Funcional de línea:



- Funcional de borde:



- Funcional de termino:

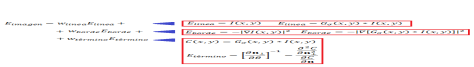
$$E_{imagen} = w_{linea}E_{linea} + \quad E_{linea} = I(x,y) \quad E_{linea} = G_\sigma(x,y) * I(x,y)$$

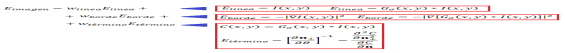
$$+ w_{borde}E_{borde} + \quad E_{borde} = -|\nabla I(x,y)|^2 \quad E_{borde} = -|\nabla [G_\sigma(x,y) * I(x,y)]|^2$$

$$+ w_{término}E_{término} \quad C(x,y) = G_\sigma(x,y) * I(x,y)$$

$$E_{término} = \left[\frac{\partial \mathbf{n}_\perp}{\partial \theta}\right]^{-1} = \frac{\partial^2 C}{\partial \mathbf{n}_\perp^2} \Big/ \frac{\partial C}{\partial \mathbf{n}}$$

- Incremento del rango de captura:





# Minimización de energía.

Hablar de *Snakes* es hablar de minimización de un funcional de energía, lo que consiste en encontrar la curva **x**(s) que genere un valor mínimo del funcional de energía.

$$\alpha \frac{d^2\mathbf{x}(s)}{ds^2} - \beta \frac{d^4\mathbf{x}(s)}{ds^4} - \nabla E_{ext} = 0$$

$$F_{interna} + F^{(p)}_{externa} = 0$$

Comportamiento dinámico:

$$\mathbf{x}(s,t)$$

$$\alpha \mathbf{x}''(s,t) - \mathbf{x}''''(s,t)\beta - \nabla E_{ext} = -\frac{\partial \mathbf{x}(s,t)}{\partial t}$$

Para la implementación la ecuación se discretiza:

$$\mathbf{Ax} + \boldsymbol{F_{externa}} = \mathbf{0}$$

Al introducir nuevamente la variable tiempo, la ecuación se transforma en:

$$\mathbf{Ax_t} + \boldsymbol{F_{externa_{t-1}}} = -\frac{\mathbf{x_t} - \mathbf{x_{t-1}}}{\tau}$$

Se obtiene el contorno de la ecuación anterior:

$$\mathbf{x_t} = (\mathbf{A} + \gamma \boldsymbol{I})^{-1}\left(\gamma \mathbf{x_{t-1}} - \boldsymbol{F_{externa_{t-1}}}\right)$$

# Ventajas

.

·Comportamiento autónomo durante la minimización de energía.
·Constante minimización.
·Reconstruye partes del contorno del objeto de interés.

# Desventajas.

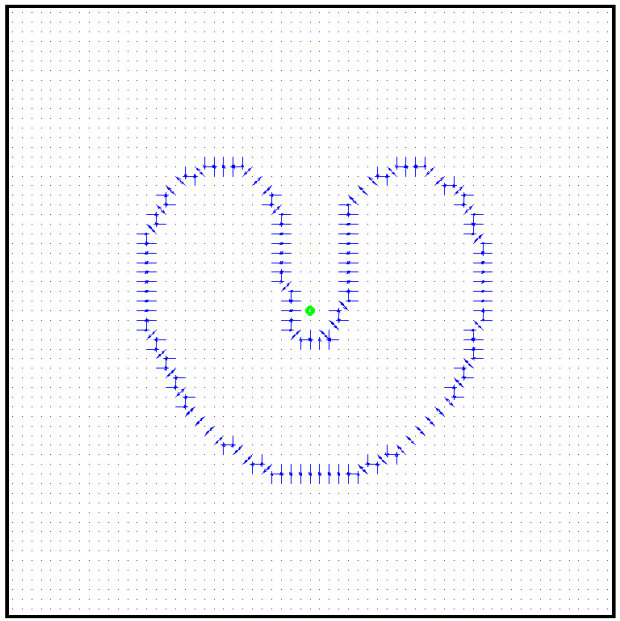
·Rango reducido .
·Dificultad para converger a concavidades.
·Necesita asistencia manual.

# Contenido

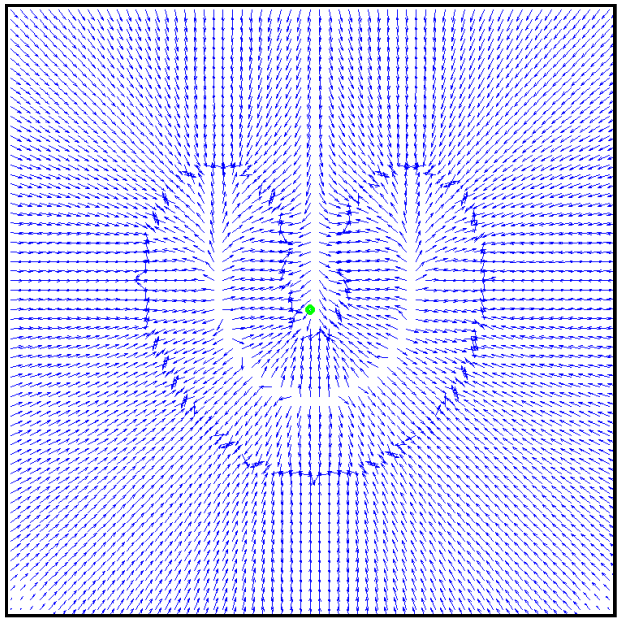
1) Objetivos de la tesis.
2) Alternativas de solución y selección del método.
3) El método de contornos activos *Snake* tradicional.
4) **El método Snake con Flujo del Vector Gradiente (Snake GVF).**
5) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM.
6) Procedimiento de transformación de intensidad.
7) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM pre-procesadas.
8) Conclusiones

# Snake GVF

Una variación del *Snake* tradicional que introduce un nuevo campo de fuerzas externas, conservando las fuerzas internas.

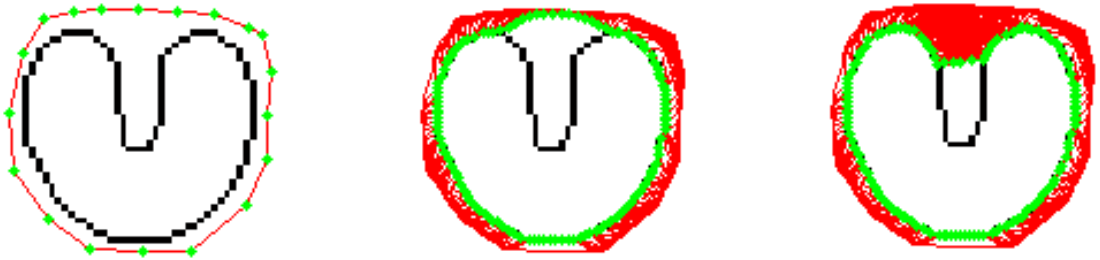


Campo externo del *Snake* tradicional



Campo externo del *Snake GVF.*

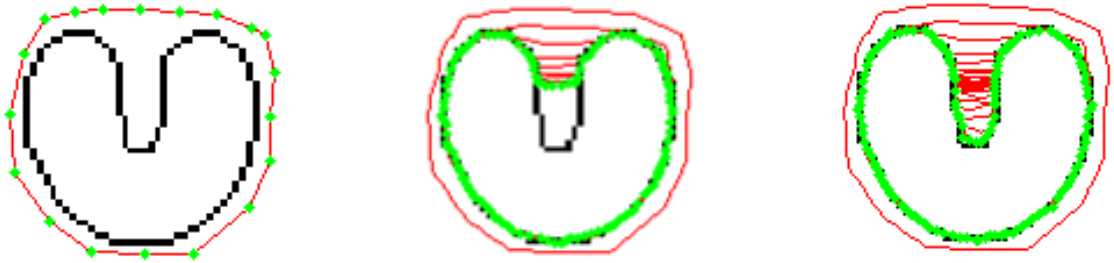
· *Snake* tradicional.



Posición inicial del *Snake*

Minimización del funcional de energía

· *Snake GVF*.



Posición inicial del *Snake*

Minimización del funcional de energía

# Descripción matemática

La fuerza particular se reemplaza por una general en el balance de fuerzas:

$$F_{interna} + F^{(g)}_{externa} = 0$$

$$F^{(g)}_{externa} = \mathbf{v}_{GVF}\,(x, y)$$

La ecuación que permite el cálculo de campo GVF es:

$$\varepsilon_{GVF} = \iint \mu\left(u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2\right) + |\nabla f|^2 |\mathbf{v}_{GVF} - \nabla f|^2 dx\, dy$$

## Análisis de la ecuación anterior

Si $|\nabla f| \cong 0$:

$$|\nabla f|^2 |\mathbf{v}_{GVF} - \nabla f|^2 \approx 0$$

- Provoca la aparición de un campo de variación lenta.

Si $|\nabla f|$ es grande:

$$\text{para que } |\mathbf{v}_{GVF} - \nabla f|^2 = 0$$

$$\mathbf{v}_{GVF} = \nabla f$$

- Conserva las características del gradiente de un mapa de bordes.

# Ventajas.

·Independencia respecto a la inicialización del contorno.
·Capacidad de detectar bordes cóncavos.
·Rango de captura amplio.

# Desventajas.

·Requiere de una gran cantidad de operaciones para encontrar solución .

# Contenido

1) Objetivos de la tesis.
2) Alternativas de solución y selección del método.
3) El método de contornos activos *Snake* tradicional.
4) El método Snake con Flujo del Vector Gradiente (*Snake GVF).*
5) **Pruebas del método Snake sobre imágenes RM.**
6) Procedimiento de transformación de intensidad.
7) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM pre-procesadas.
8) Conclusiones

# Imágenes RM

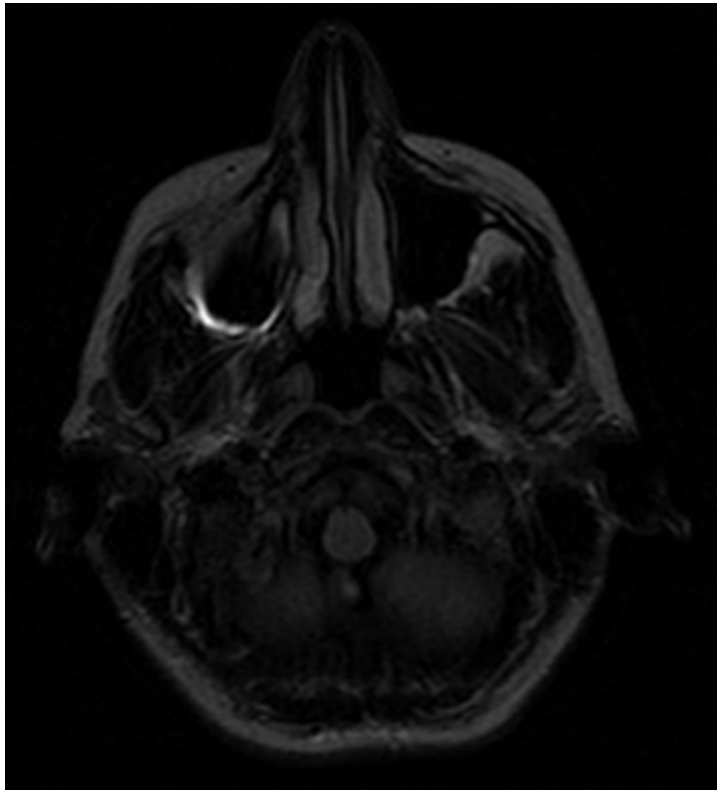


Imagen RM1.

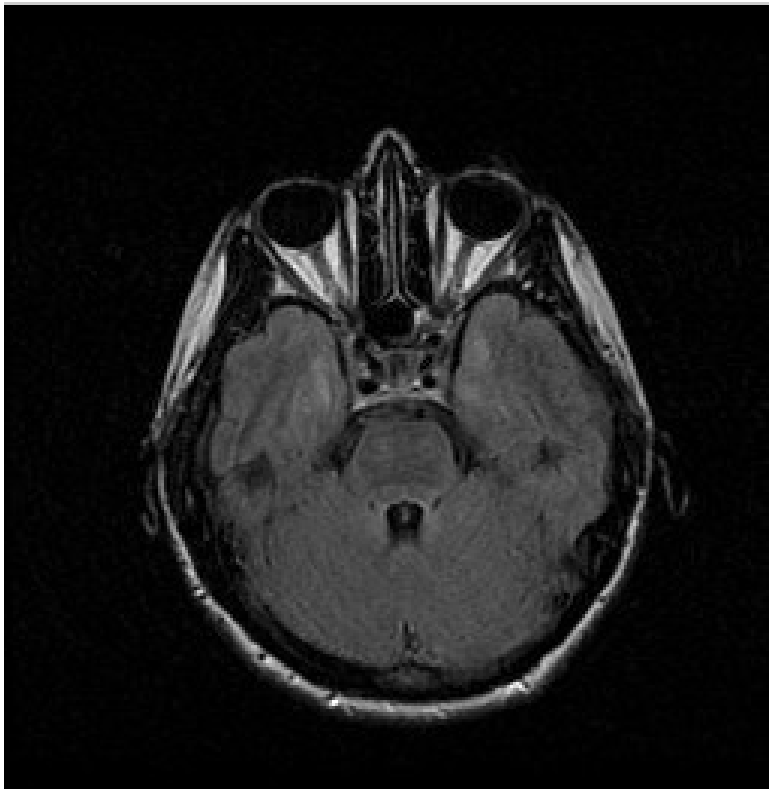
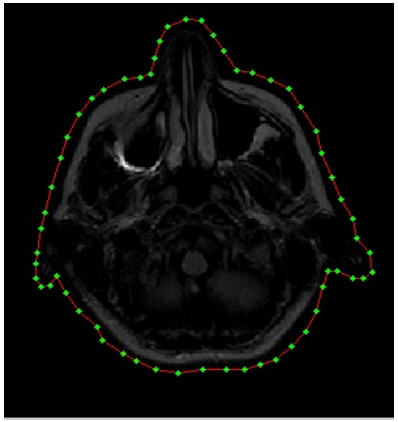
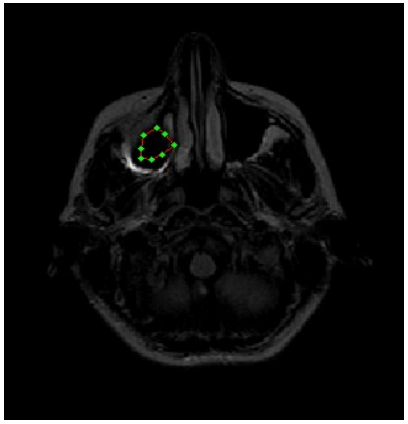


Imagen RM2.

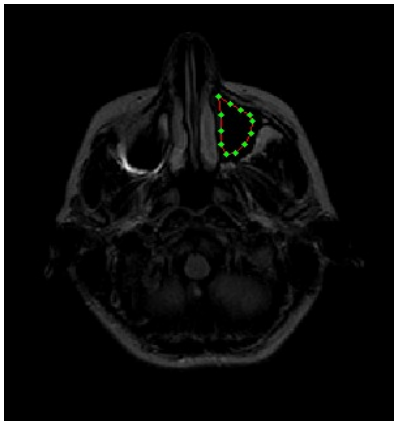
# Contornos iniciales RM1



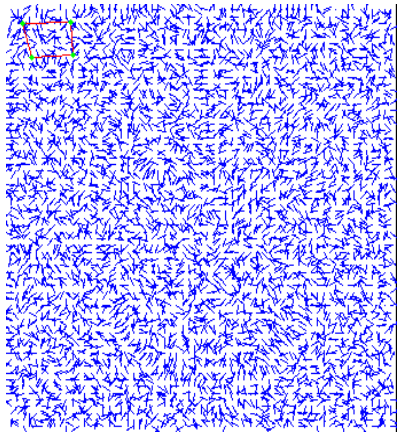
Contorno exterior.



Ojo izquierdo.

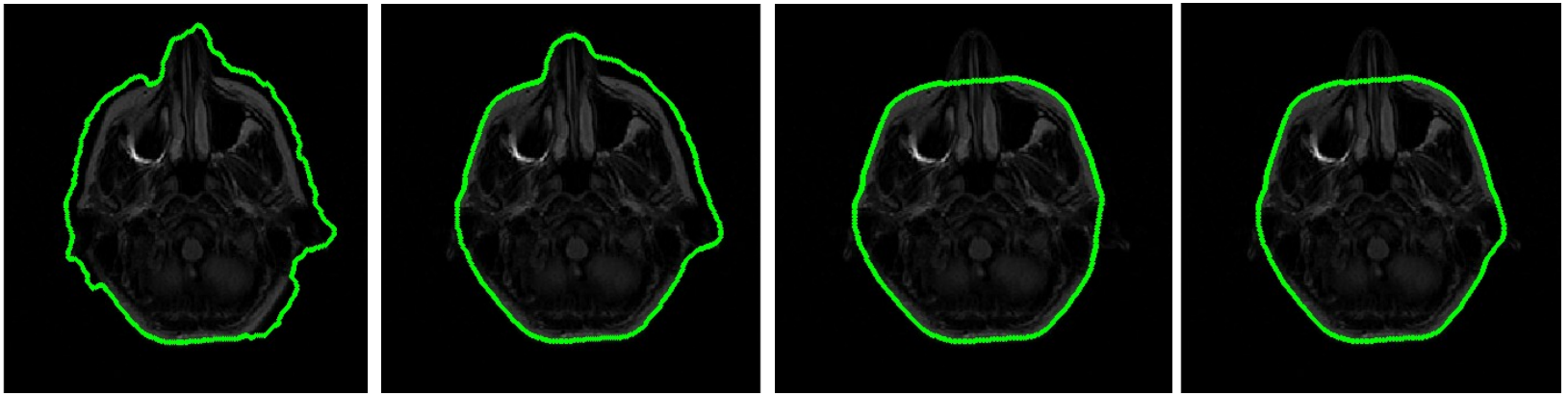


Ojo derecho.



Campo de fuerza externo tradicional.

A continuación se presenta la secuencia de pruebas que fueron necesarias para segmentar el borde exterior de RM1:



(a) (b) (c) (d)

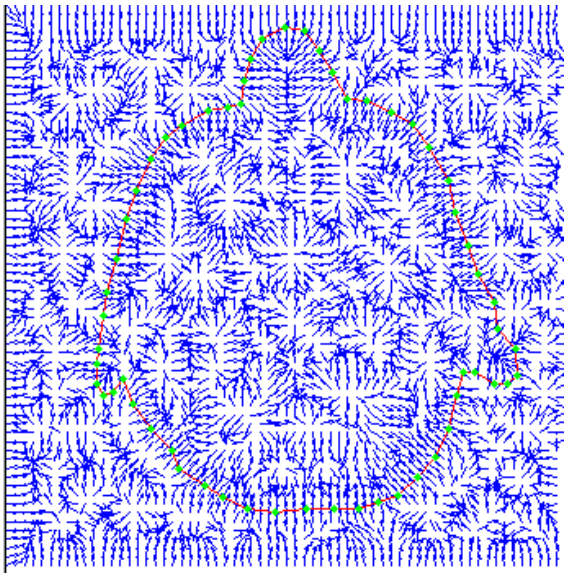
(a) Parámetros iniciales:
$\alpha = 1, \beta = 0$ *e iteraciones* $= 600$.

(b) Primer ajuste de parámetros:
$\alpha = 3, \beta = 1$ *e iteraciones* $= 1100$.

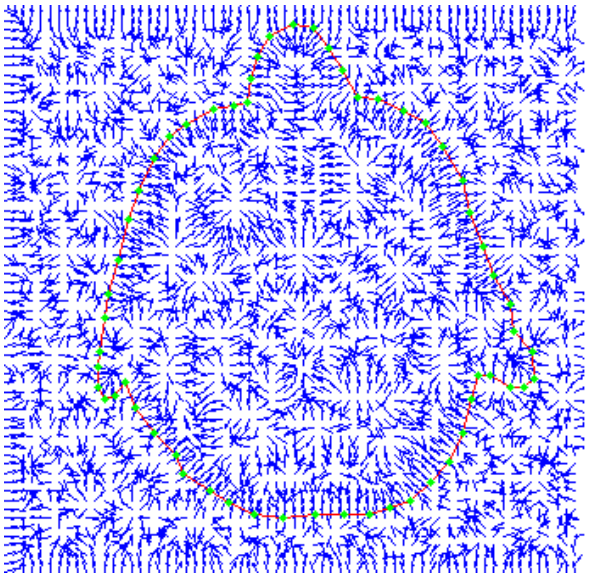
(c) Segundo ajuste de parámetros:
$\alpha = 7, \beta = 1$ *e iteraciones* $= 900$.

(d) Reinicio de *Snake* con los parámetros:
$\alpha = 7, \beta = 1$ *e iteraciones* $= 1000$.

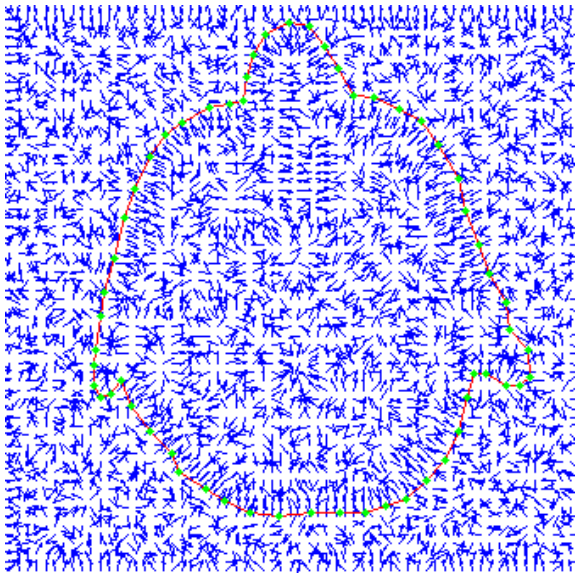
# Campo externo GVF al variar μ



$\mu = 0.1$ *e iteraciones* $= 80.$

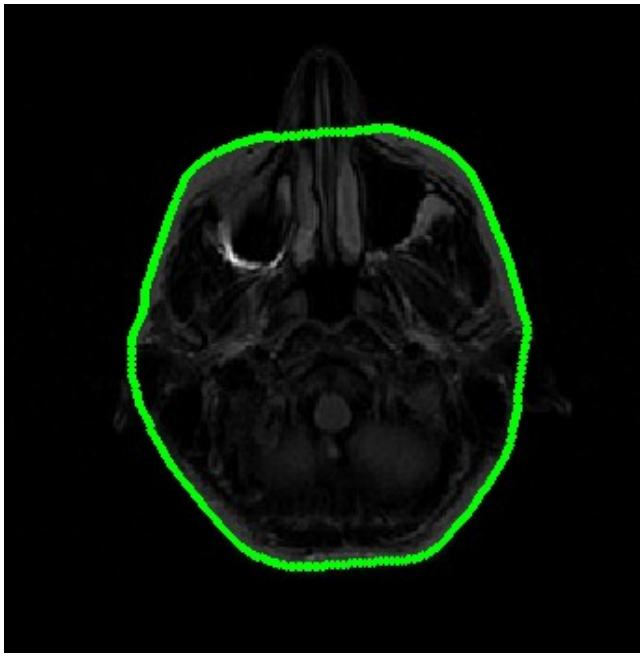


$\mu = 0.05$ *e iteraciones* $= 80.$

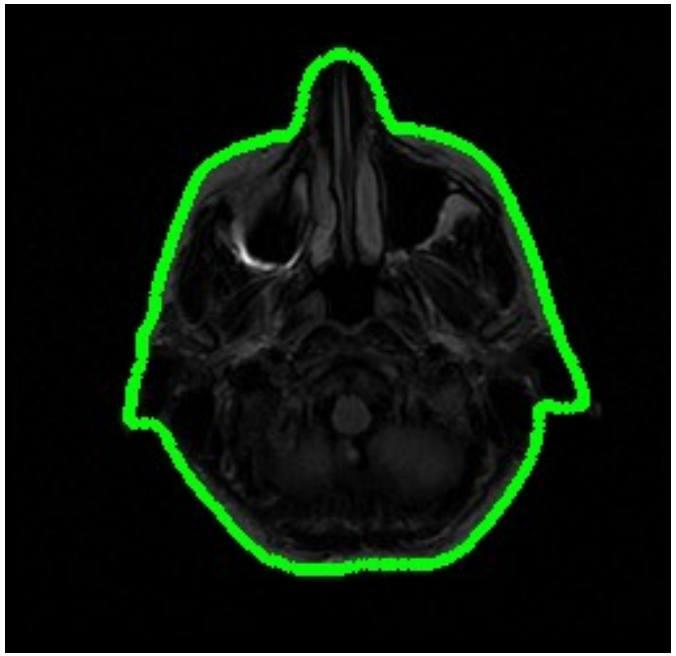


$\mu = 0.02$ *e iteraciones* $= 80.$

Mejor segmentación lograda con *Snake* tradicional y *GVF* en el borde exterior de RM1:



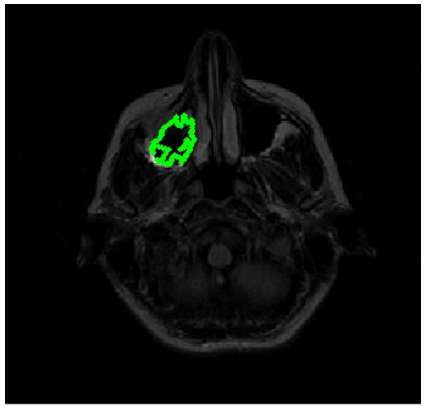
*Snake* tradicional.



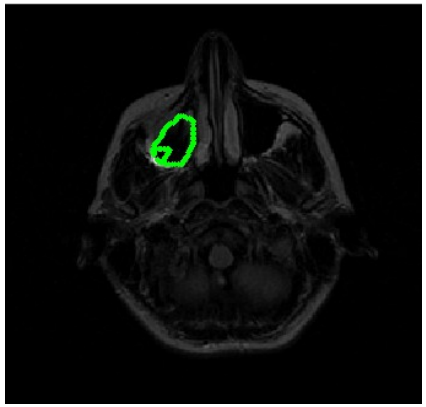
*Snake GVF*.

$\alpha = 3, \beta = 0$ *e iteraciones* $= 100$.

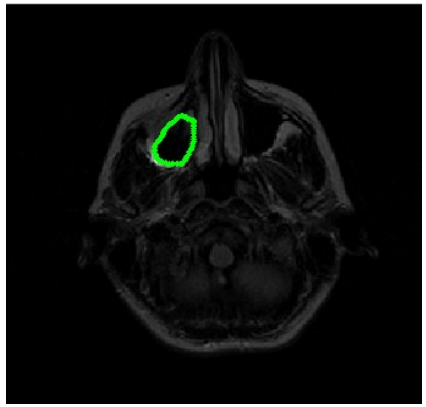
A continuación se presenta la secuencia de pruebas que fueron necesarias para segmentar el ojo izquierdo de RM1:



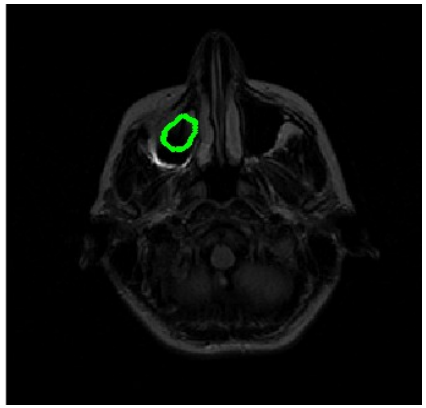
(a) Parámetros iniciales: $\alpha = 0.05, \beta = 0$ *e iteraciones* $= 300$.



(b) Primer ajuste de parámetros: $\alpha = 0.05, \beta = 1$ *e iteraciones* $= 100$.

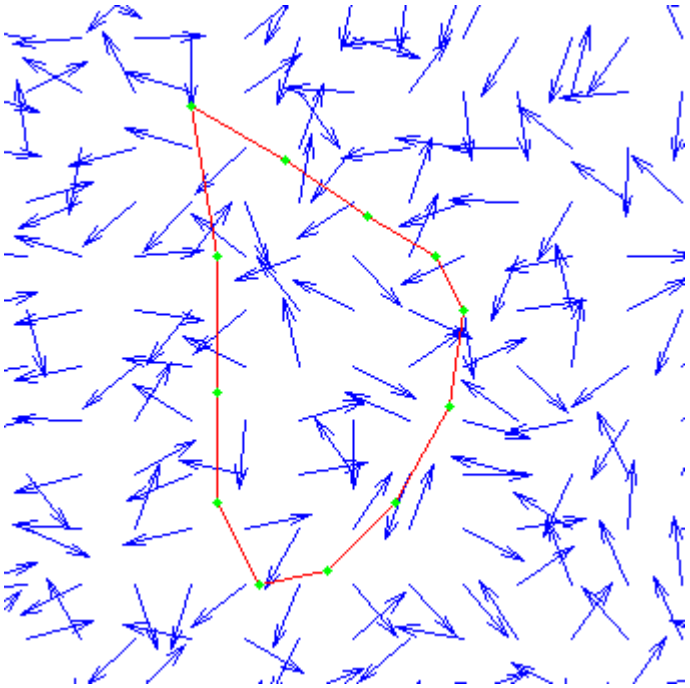


(c) Segundo ajuste de parámetros: $\alpha = 1, \beta = 1$ *e iteraciones* $= 100$.

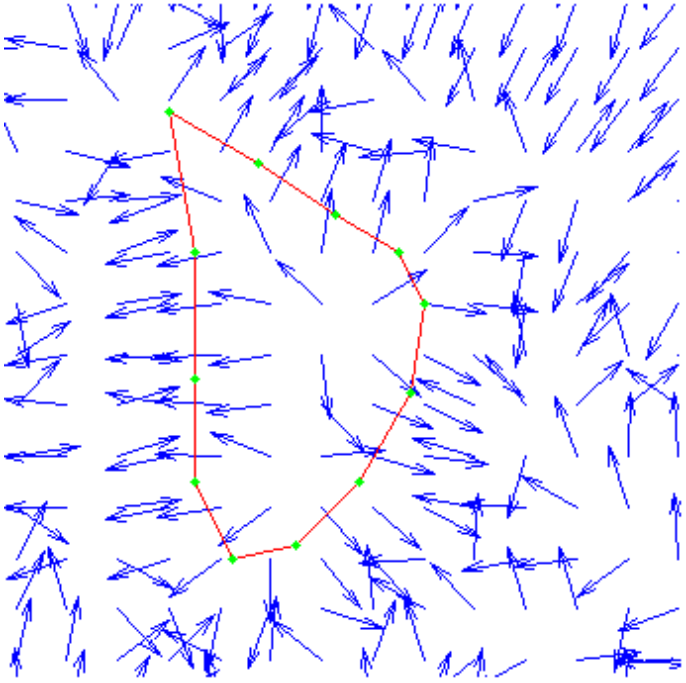


(d) Reinicio de *Snake* con los parámetros: $\alpha = 1, \beta = 1$ *e iteraciones* $= 300$.

Campo externo del ojo derecho de RM1:



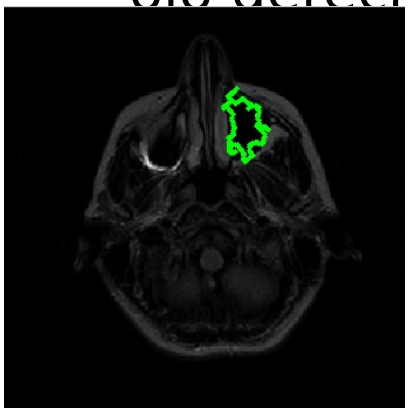
*Snake* tradicional.



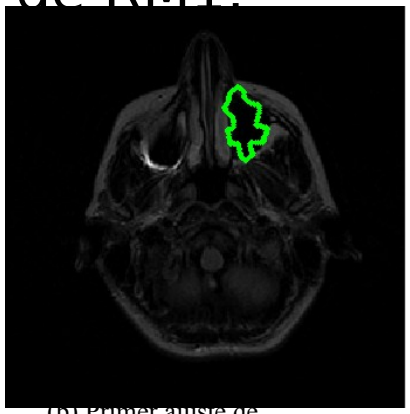
*Snake GVF*.

$\mu = 0.05$ *e iteraciones* $= 80$.

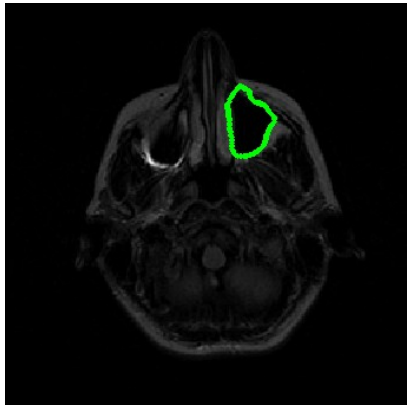
A continuación se presenta la secuencia de pruebas que fueron necesarias para segmentar el ojo derecho de RM1:



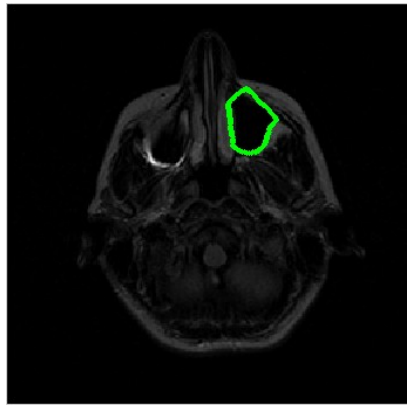
(a) Parámetros iniciales: $\alpha = 0.05, \beta = 0$ *e iteraciones* $= 100$.



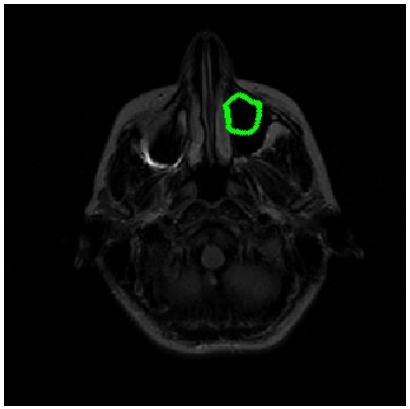
(b) Primer ajuste de parámetros: $\alpha = 0.05, \beta = 1$ *e iteraciones* $= 100$.



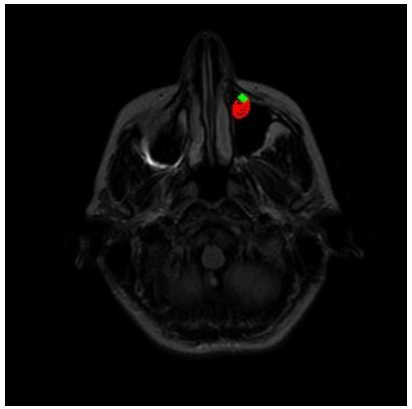
(c) Segundo ajuste de parámetros: $\alpha = 1, \beta = 1$ *e iteraciones* $= 100$.



(d) Tercer ajuste de parámetros: $\alpha = 2, \beta = 1$ *e iteraciones* $= 200$.

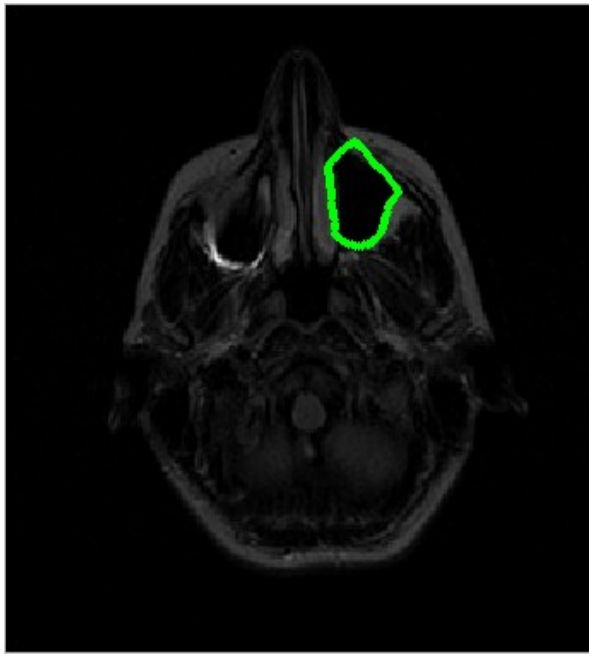


(e) Reinicio de *Snake* con los parámetros:: $\alpha = 2, \beta = 1$ *e iteraciones* $= 200$.

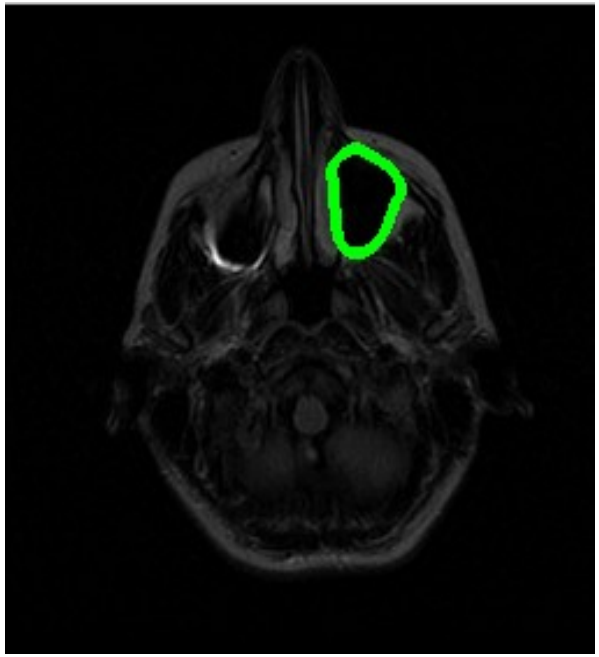


(f) Colapso del *Snake*.

Mejor segmentación lograda con *Snake* tradicional y *GVF* en el borde del ojo derecho de RM1:



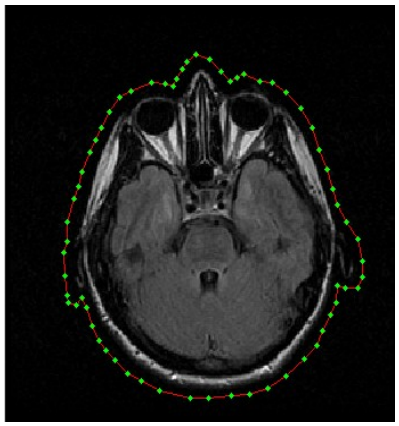
*Snake* tradicional.



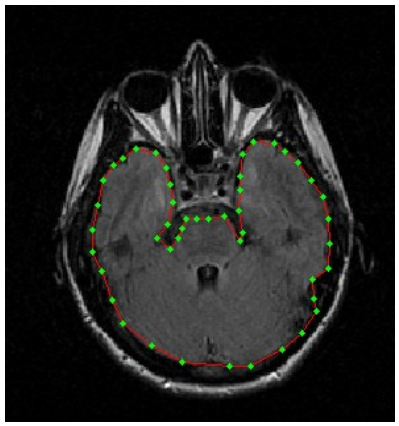
*Snake GVF*.

Primer ajuste de parámetros:
$\alpha = 4, \beta = 0$ *e iteraciones* $= 100$.

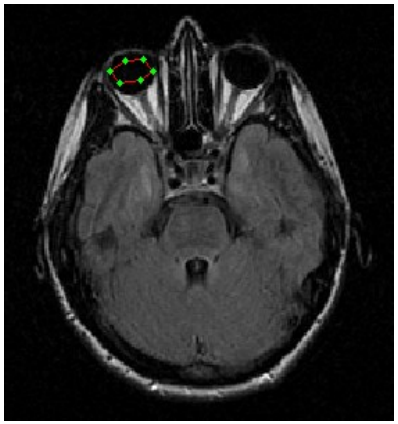
# Contornos iniciales



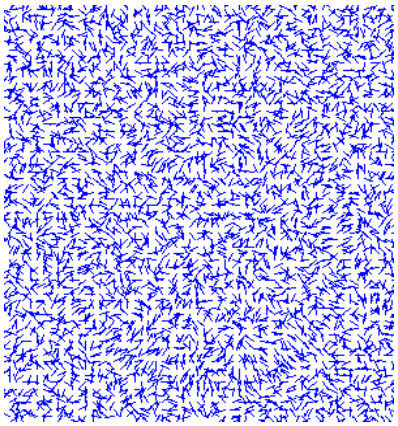
Contorno exterior.



Contorno del cerebro.

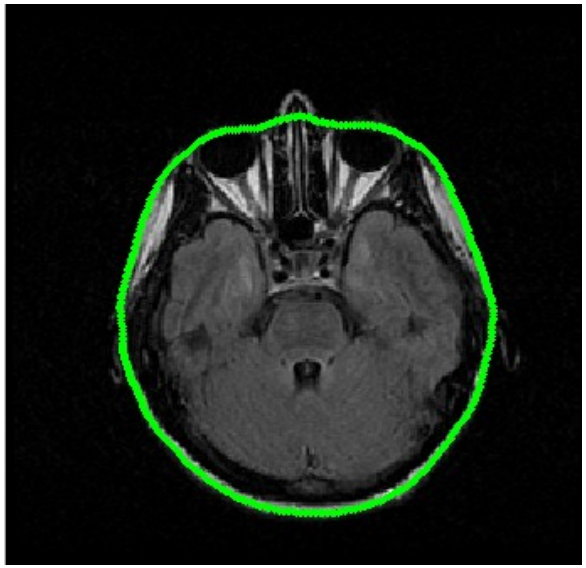


Ojo izquierdo

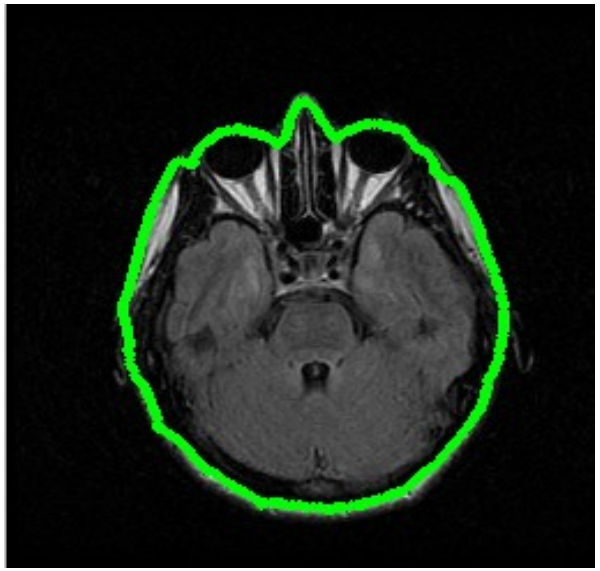


Campo de fuerza externo tradicional

Mejor segmentación lograda con *Snake* tradicional y *GVF* en el borde exterior de RM2:

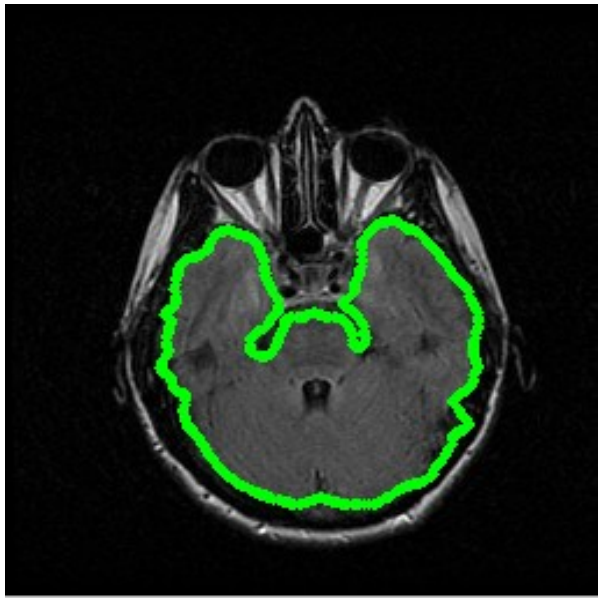


*Snake* tradicional.

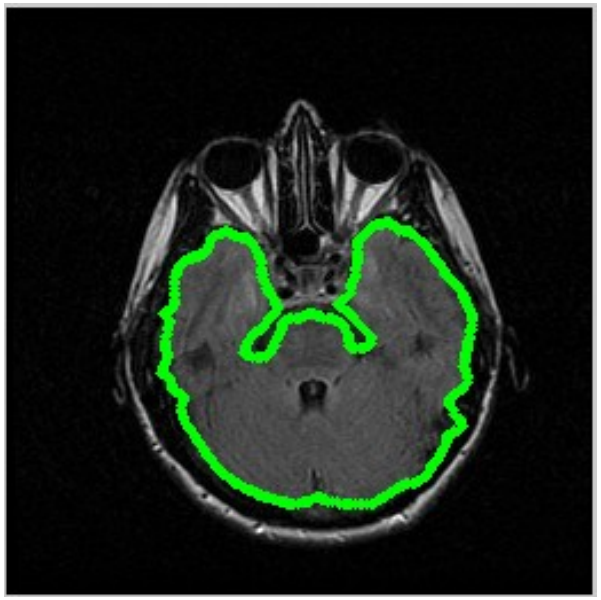


*Snake GVF*.

Mejor segmentación lograda con *Snake* tradicional y *GVF* en el borde del cerebro de RM2:

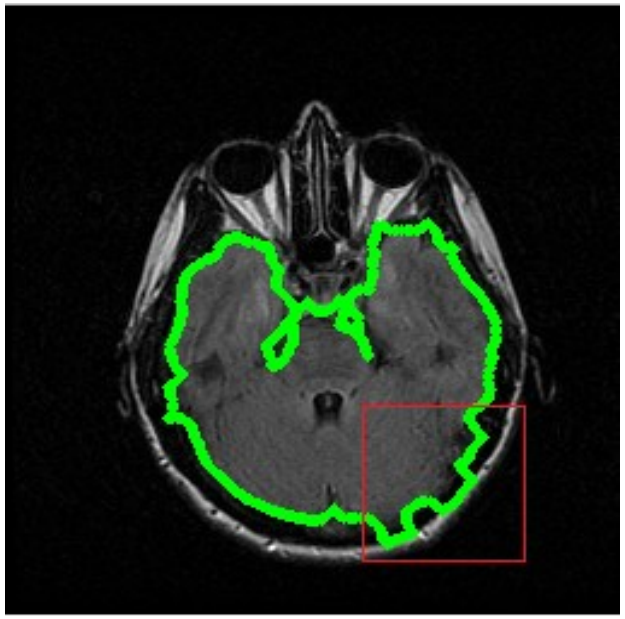


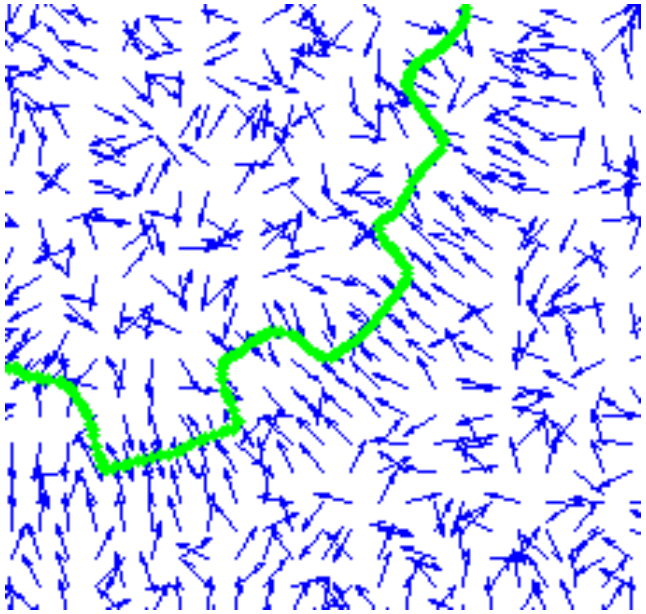
*Snake* tradicional.



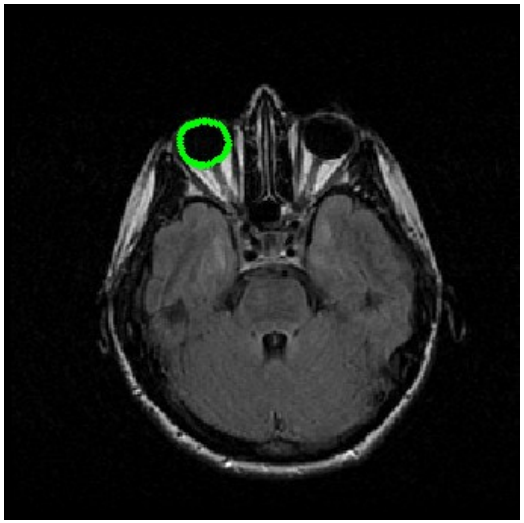
*Snake GVF*.

Comportamiento del campo *GVF* entre dos bordes cercanos:

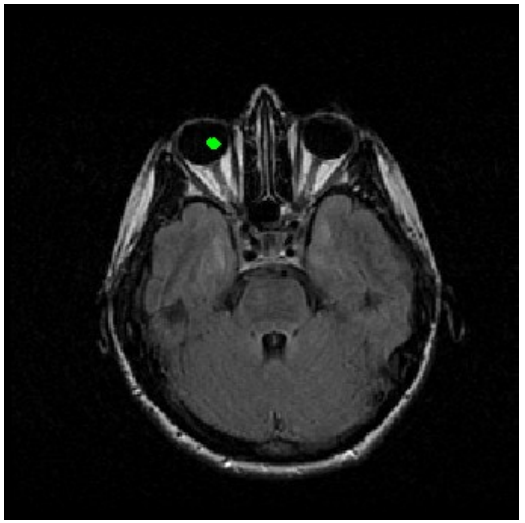




Segmentación del ojo izquierdo de RM2:



*Snake* tradiconal



Reinicio del *Snake*

## Identificación de problemas

Campo externo tradicional:

- Ausencia de homogeneidad de intensidad en la región de fondo en las imágenes RM.
- Bordes débiles y cóncavos.

Campo externo *GVF*:

- Los bordes débiles son removidos en el proceso de difusión.
- Los bordes débiles cercanos a un borde fuerte, son eliminados y reemplazados por un campo que apunta hacia el segundo.

# Contenido

1) Objetivos de la tesis.
2) Alternativas de solución y selección del método.
3) El método de contornos activos *Snake* tradicional.
4) El método Snake con Flujo del Vector Gradiente (*Snake GVF).*
5) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM.
6) **Procedimiento de transformación de intensidad.**
7) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM pre-procesadas.
8) Conclusiones

*logical*

El fondo oscuro en el que yace la información de interés no es homogéneo y se evidencia por:

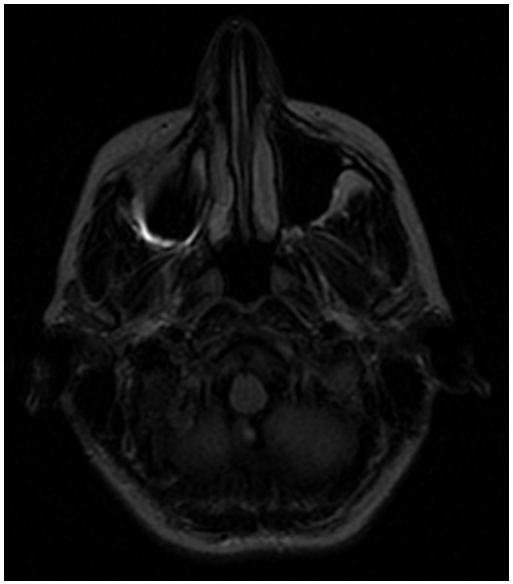
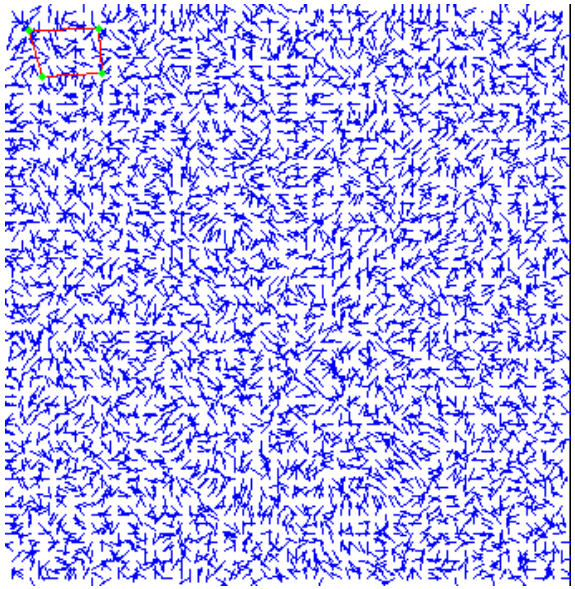
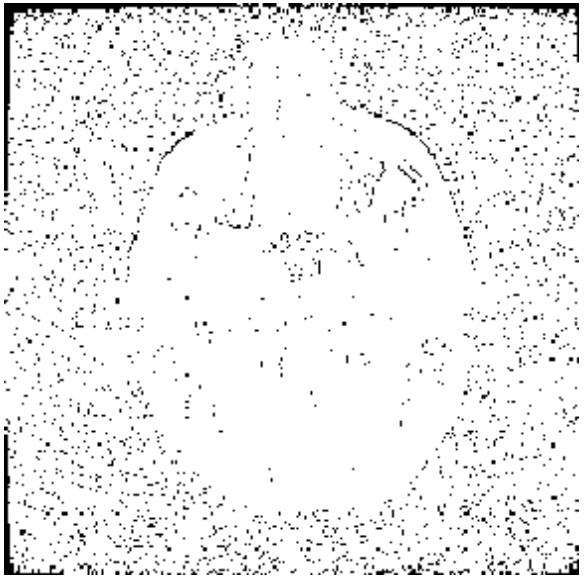


Imagen original.



Campo de fuerzas.



Binarización de la imagen original.

## *imadjust*

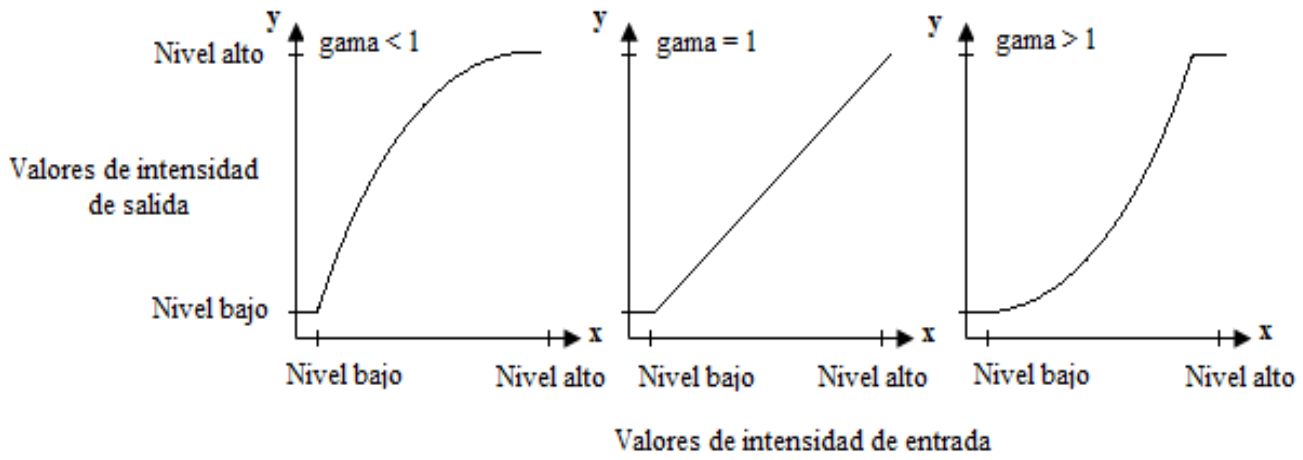
En Matlab la función se construye como:

Rango de valores de intensidad de entrada. Nuevo rango de valores de intensidad. Factor.

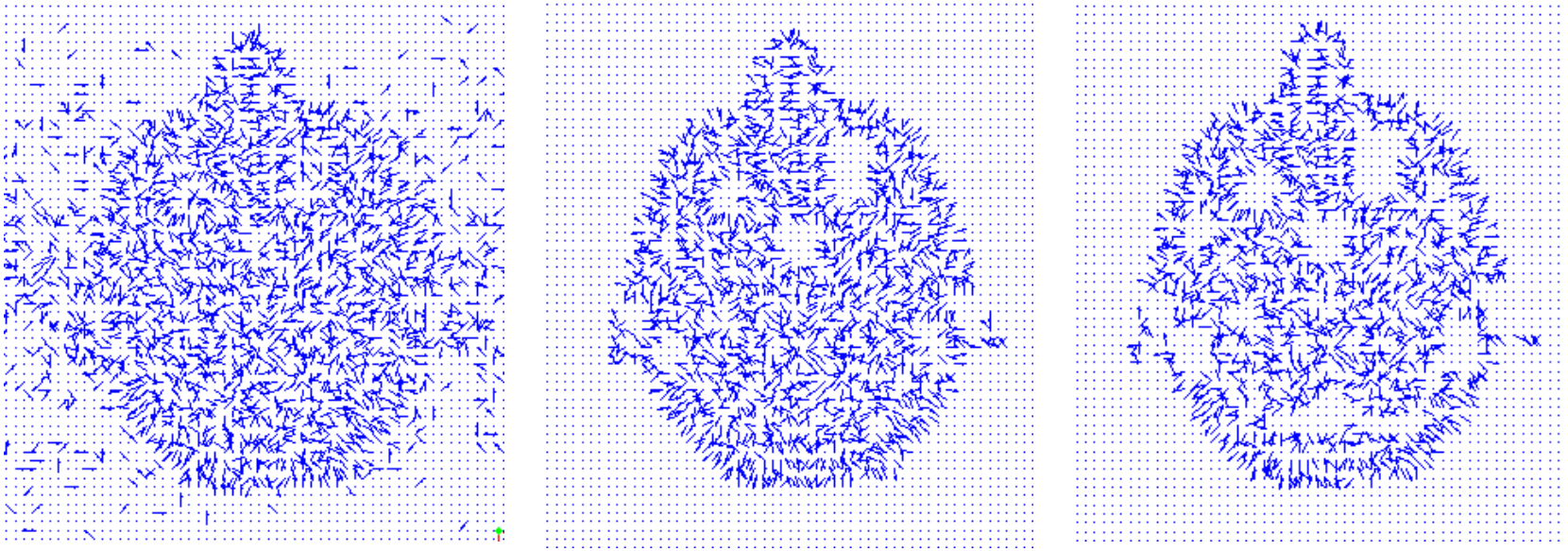
$$g = imadjust(Imagen_{entrada}, [nivel_{bajo}\ nivel_{alto}], [nivel_{bajo}\ nivel_{alto}], gamma)$$

La función de la transformación de intensidad que se utilizó es:

$$g(r) = r^{gamma}$$



Efecto de la transformación de intensidad sobre el comportamiento del campo externo:



(a) (b) (c)

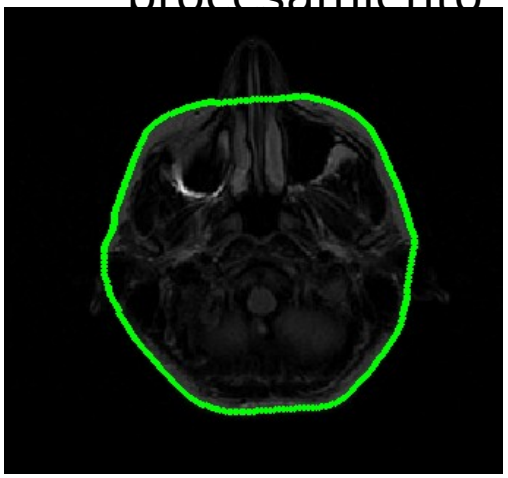
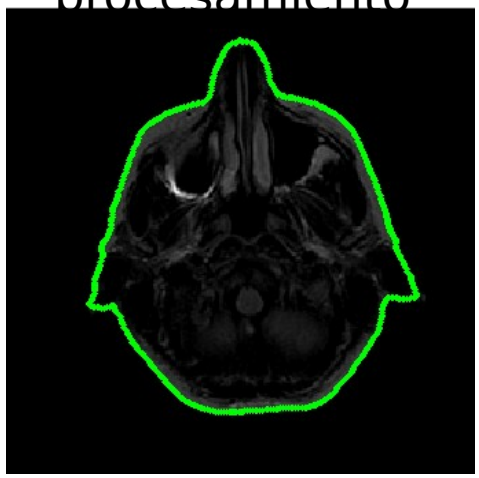
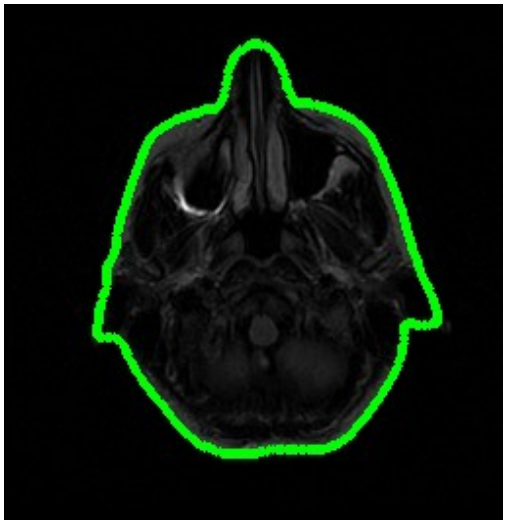
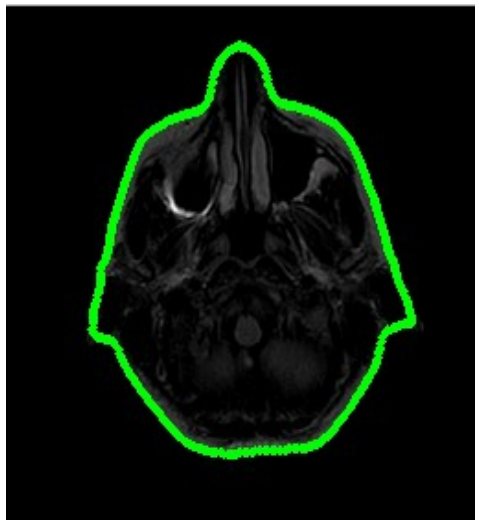
(a) $g = imadjust(j, [0.00023\ 0.6], [0\ 1], 0.9)$.

(b) $g = imadjust(j, [0.0007\ 0.6], [0\ 1], 0.9)$.

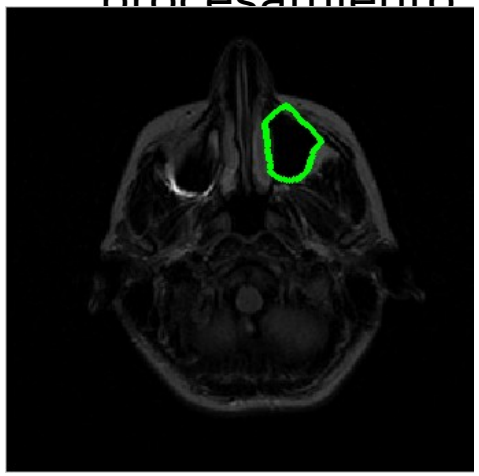
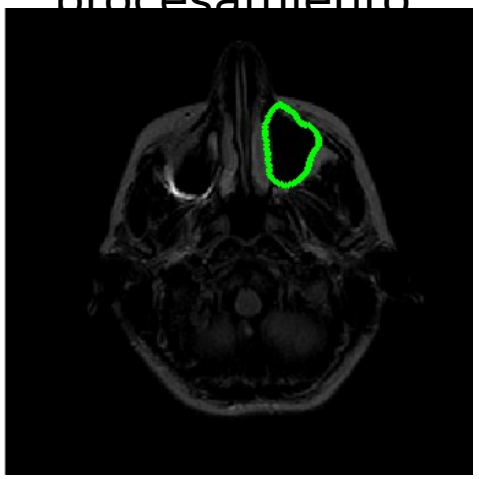
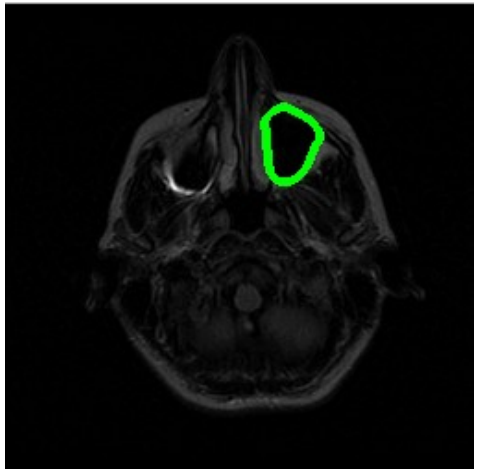
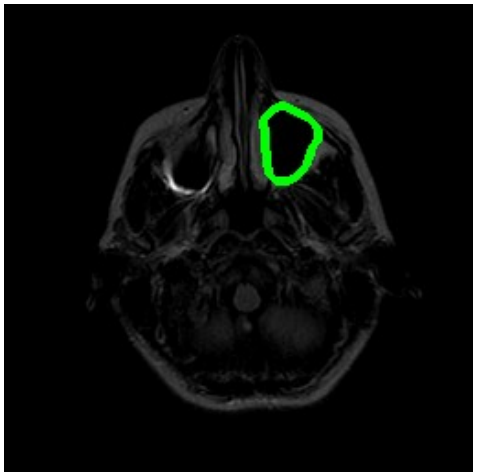
(c) $g = imadjust(j, [0.0011\ 0.6], [0\ 1], 0.9)$.

# Contenido

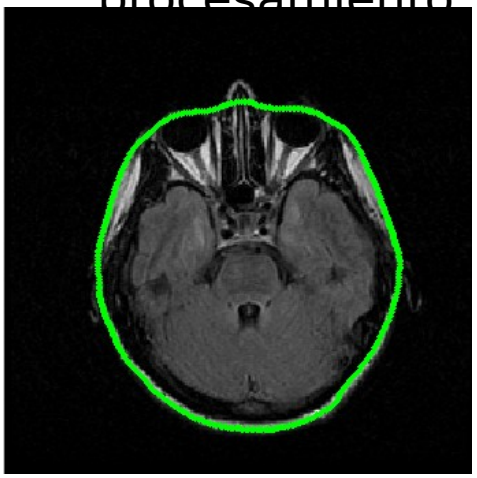
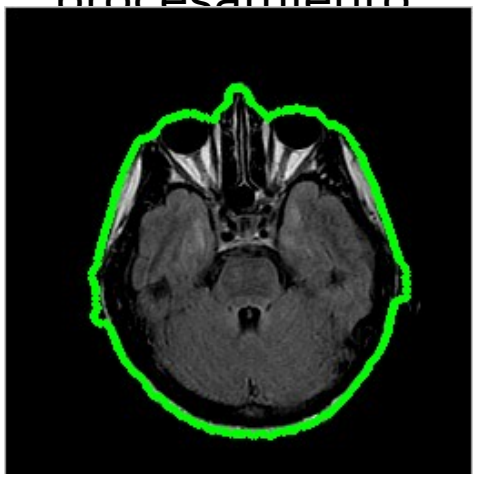
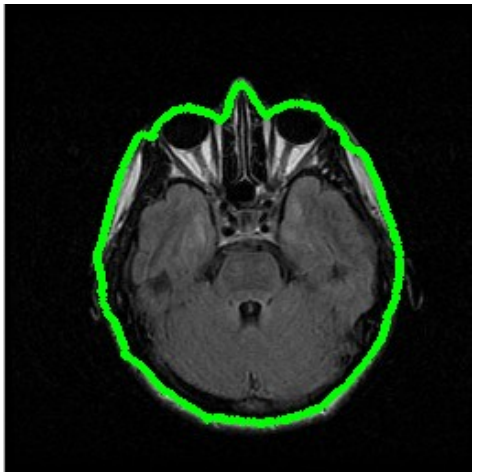
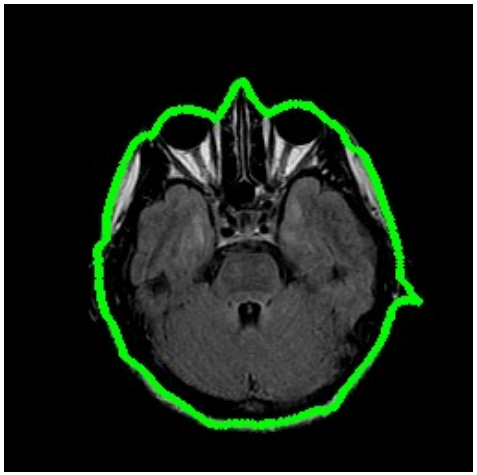
1) Objetivos de la tesis.
2) Alternativas de solución y selección del método.
3) El método de contornos activos *Snake* tradicional.
4) El método Snake con Flujo del Vector Gradiente (*Snake GVF).*
5) Pruebas del método *Snake* sobre imágenes RM.
6) Procedimiento de transformación de intensidad.
7) **Pruebas del método Snake sobre imágenes RM pre-procesadas.**
8) Conclusiones

| | Sin pre-procesamiento | Con pre-procesamiento |
|---|---|---|
| *Snake* tradicional |  |  |
| *Snake GVF* |  |  |

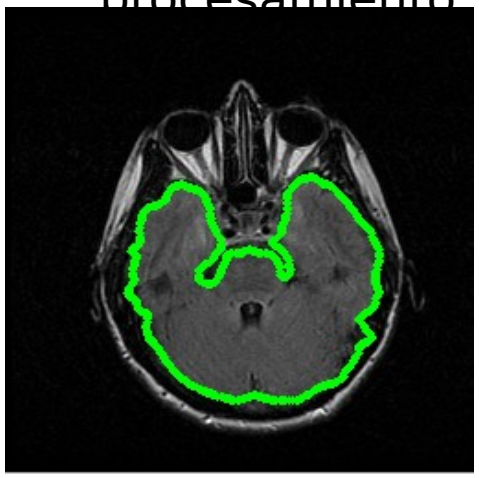
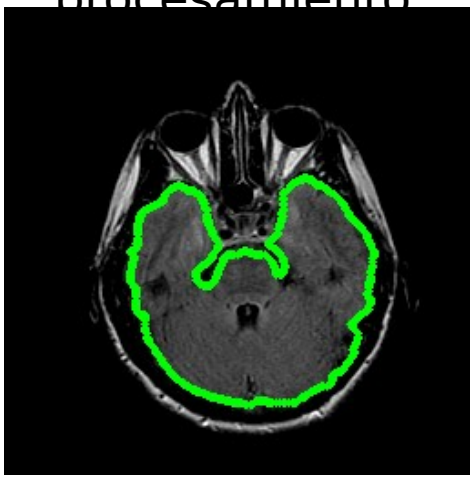
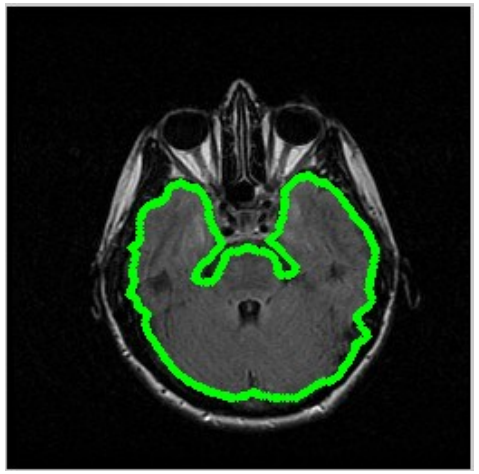
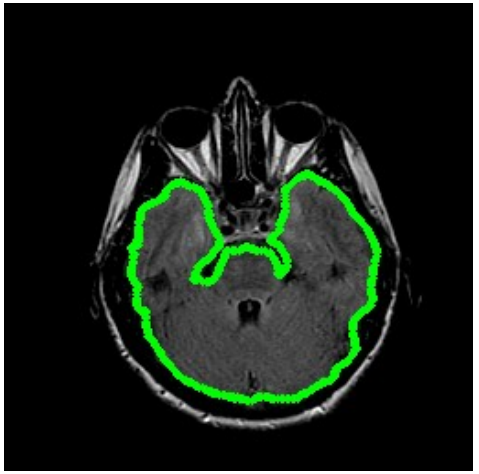
**Contorno externo de RM1.**

| | Sin pre-procesamiento | Con pre-procesamiento |
|---|---|---|
| *Snake* tradicional |  |  |
| *Snake GVF* |  |  |

**Contorno externo de RM1.**

| | Sin pre-procesamiento | Con pre-procesamiento |
|---|---|---|
| *Snake* tradicional |  |  |
| *Snake GVF* |  |  |

**Contorno externo de RM1.**

| | Sin pre-procesamiento | Con pre-procesamiento |
|---|---|---|
| *Snake* tradicional |  |  |
| *Snake GVF* |  |  |

**Contorno externo de RM1.**