

UNIVERSIDAD COMUNERA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA



TESIS

**Comparación de Métodos de Segmentación Automática
con Imágenes de Resonancia Magnética de Bajo Campo**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE ANALISTA DE
SISTEMAS**

ELABORADO POR:

**José Daniel Canclini
Fabio Enrico Acosta Mencia**

TUTOR:

**Prof. Christian E. Schaerer
Prof. Joshua Harper**

Asuncion - Paraguay

2024

ÍNDICE

Apéndice C: Resultado primer experimento	II
0.0.1 Primer experimento	II
Apéndice D: Resultado segundo experimento	XIV
0.0.2 Segundo experimento	XIV
Apéndice A: Primer experimento	XIX
0.0.3 Aplicación del Método BET2	XIX
0.0.4 Aplicación del Método DEEPBET	XLIV
0.0.5 Aplicación del Método SYNTHSTRIP	LXXIII
Apéndice B: Segundo experimento	C
0.0.6 Resultados de segmentación en Paciente 051	C
0.0.7 Resultados de segmentación en Paciente 054	CIII
0.0.8 Resultados de segmentación en Paciente 056	CV

Apéndice: Resultado Complementario de los Resultados del Primer Experimento

0.0.1 Primer experimento

0.0.1.1 BET2

BET 2 secuencia T1. En las secuencias T1 (véase Figura 0.1), el BET2 mostró extracciones parciales, con resultados inconsistentes. En algunos casos, como en la parte superior del paciente 051 con umbral de intensidad 0.6 (véase Figura 0.1d), se logró una segmentación efectiva, en el resto de las imágenes fueron nulas, poco efectivas o hasta errónea como la del paciente 051 con umbral de intensidad 0.7 (véase Figura 0.1g). En otras áreas, como las zonas laterales e inferiores, el cráneo quedó intacto o se logró una eliminación parcial, dejando estructuras no extraídas o incorrectamente procesadas.

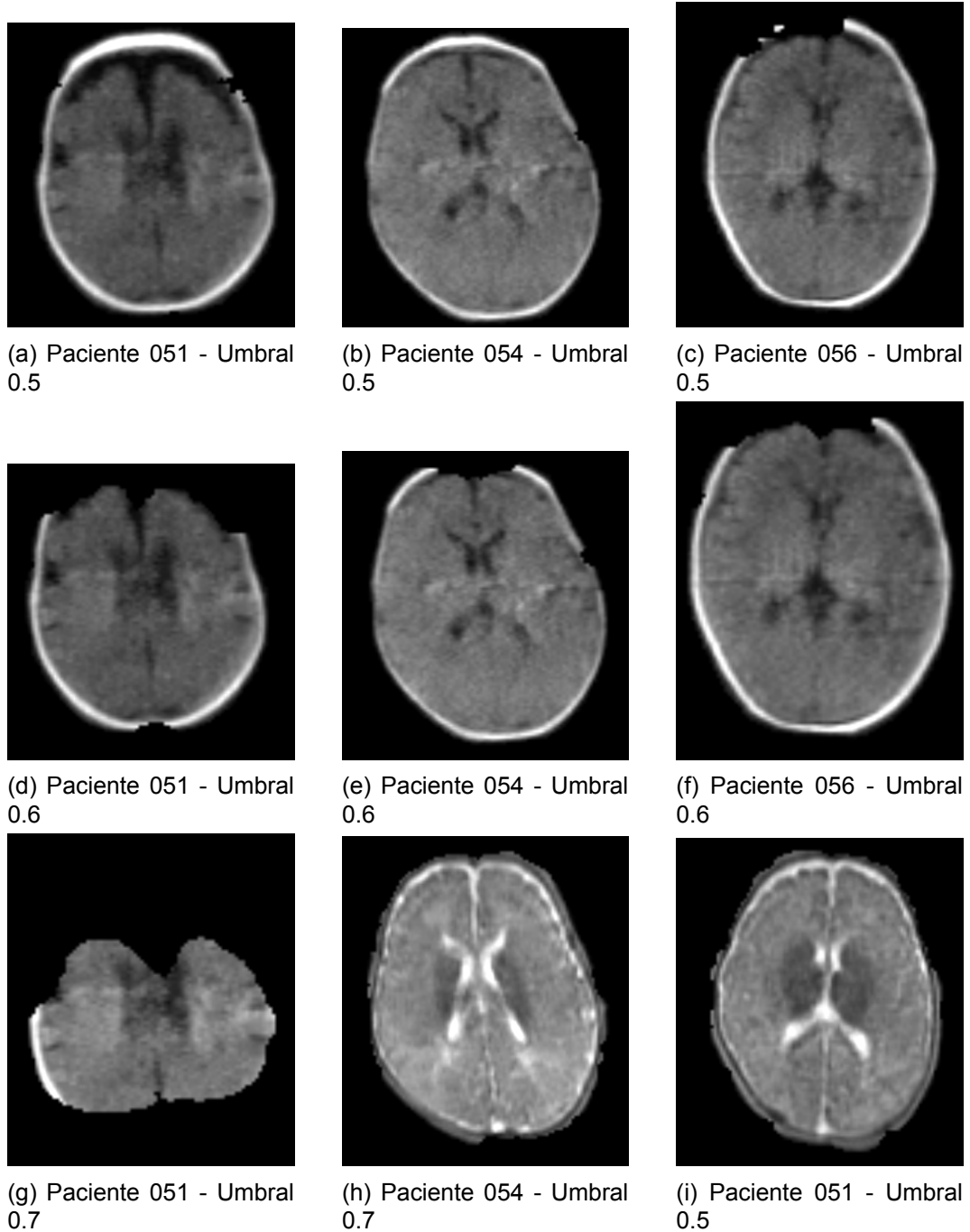


FIGURA 0.1: Resultado del experimento con **BET2** en imágenes **T1**.

BET 2 secuencia T2. En las secuencias T2, los resultados (véase Figura 0.2) fueron menos precisos. En general, se observó una extracción pobre a lo largo de la mayoría de las imágenes, con el cráneo intacto en muchas zonas, salvo pequeñas áreas de extracción exitosa, como en las zonas laterales o superiores. El BET2 no pudo manejar adecuadamente el bajo contraste y el ruido de las imágenes, resultando en segmentaciones incompletas y de mala calidad.

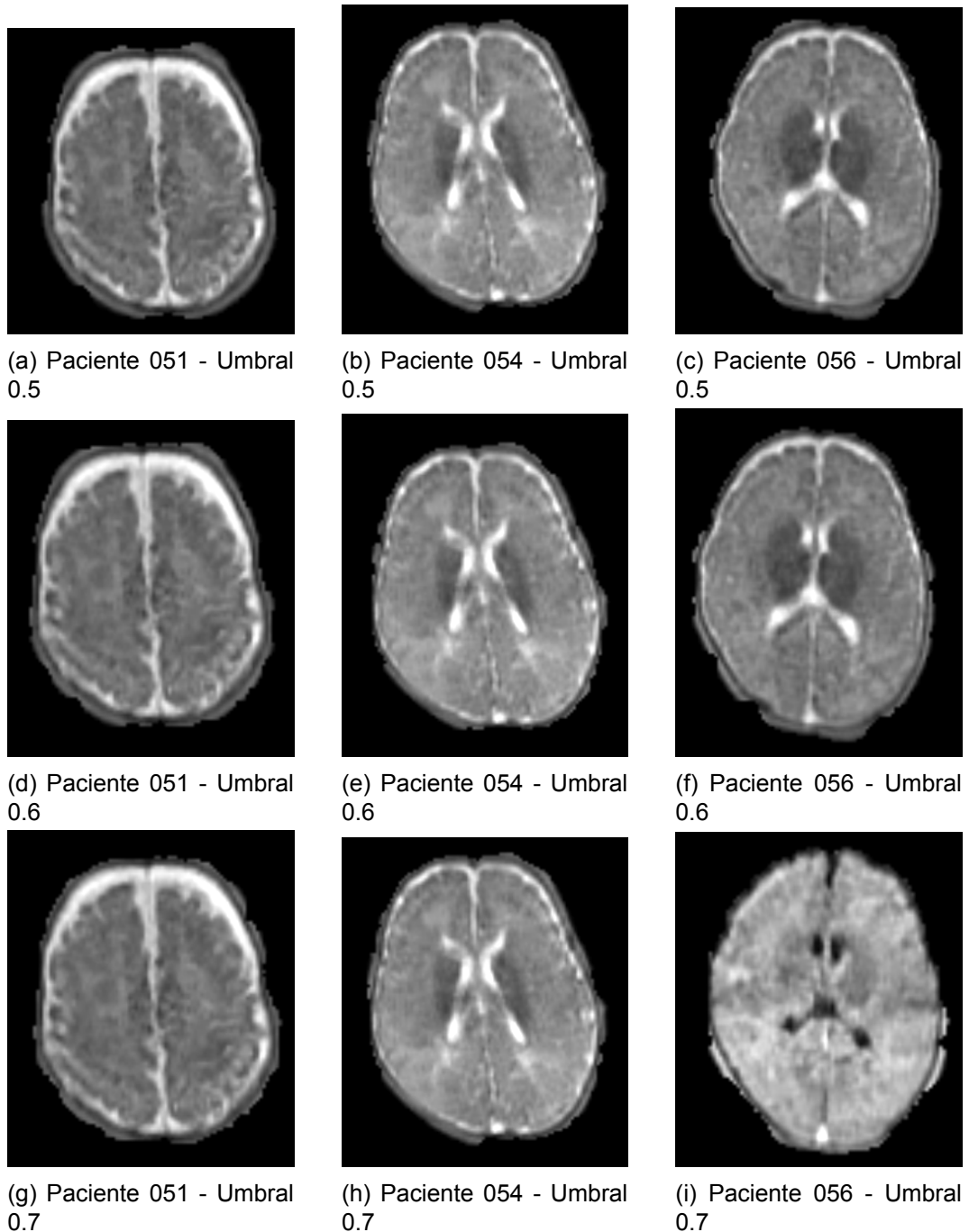


FIGURA 0.2: Resultado del experimento con **BET2** en imágenes **T2**.

BET 2 secuencia FLAIR. En las imágenes FLAIR, los resultados fueron correctos en las zonas superiores, pero mostraron dificultades en las áreas inferiores y laterales. Aunque se observaron extracciones correctas en partes específicas, el rendimiento fue inconsistente y dejó zonas significativas sin procesar en todos los umbrales de intensidad. La Figura 0.3, muestra un compendio

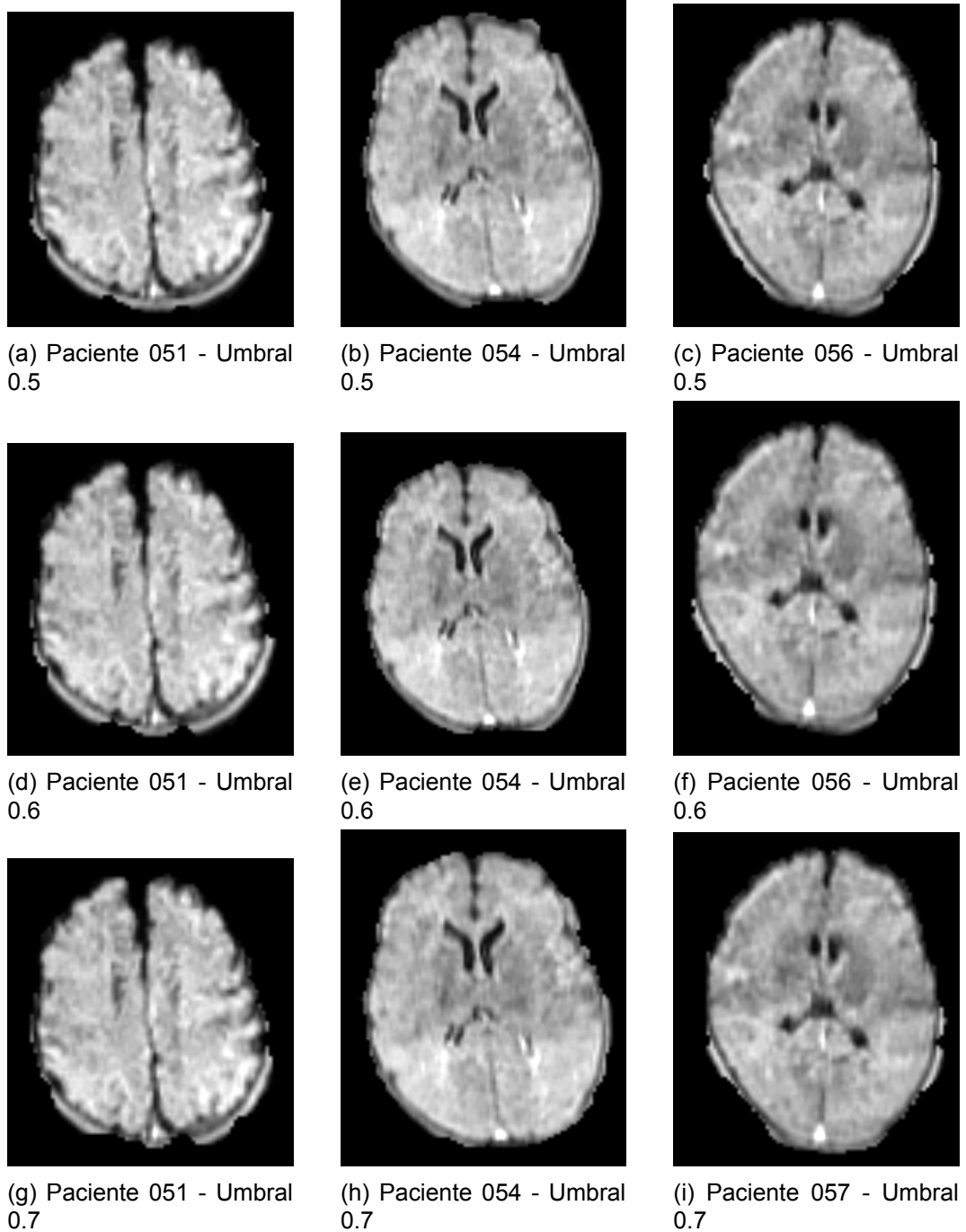


FIGURA 0.3: Resultado del experimento con **BET2** en imágenes **FLAIR**.

0.0.1.2 DEEPBET

DEEPBET secuencia T1. En general, las imágenes T1 véase **Figura 0.4**, el método logró una extracción adecuada del cráneo en la zona superior, con resultados más precisos y consistentes en los pacientes 051 (véase **Figura 0.4a**) y 056 (véase **Figura 0.4h**), donde las segmentaciones fueron claras y bien definidas. in embar-

go, en el caso del Paciente054, el rendimiento fue menos consistente, mostrando problemas importantes en la zona inferior izquierda y en una sección de la zona lateral derecha, donde la segmentación fue incompleta (véase Figura0.4e).

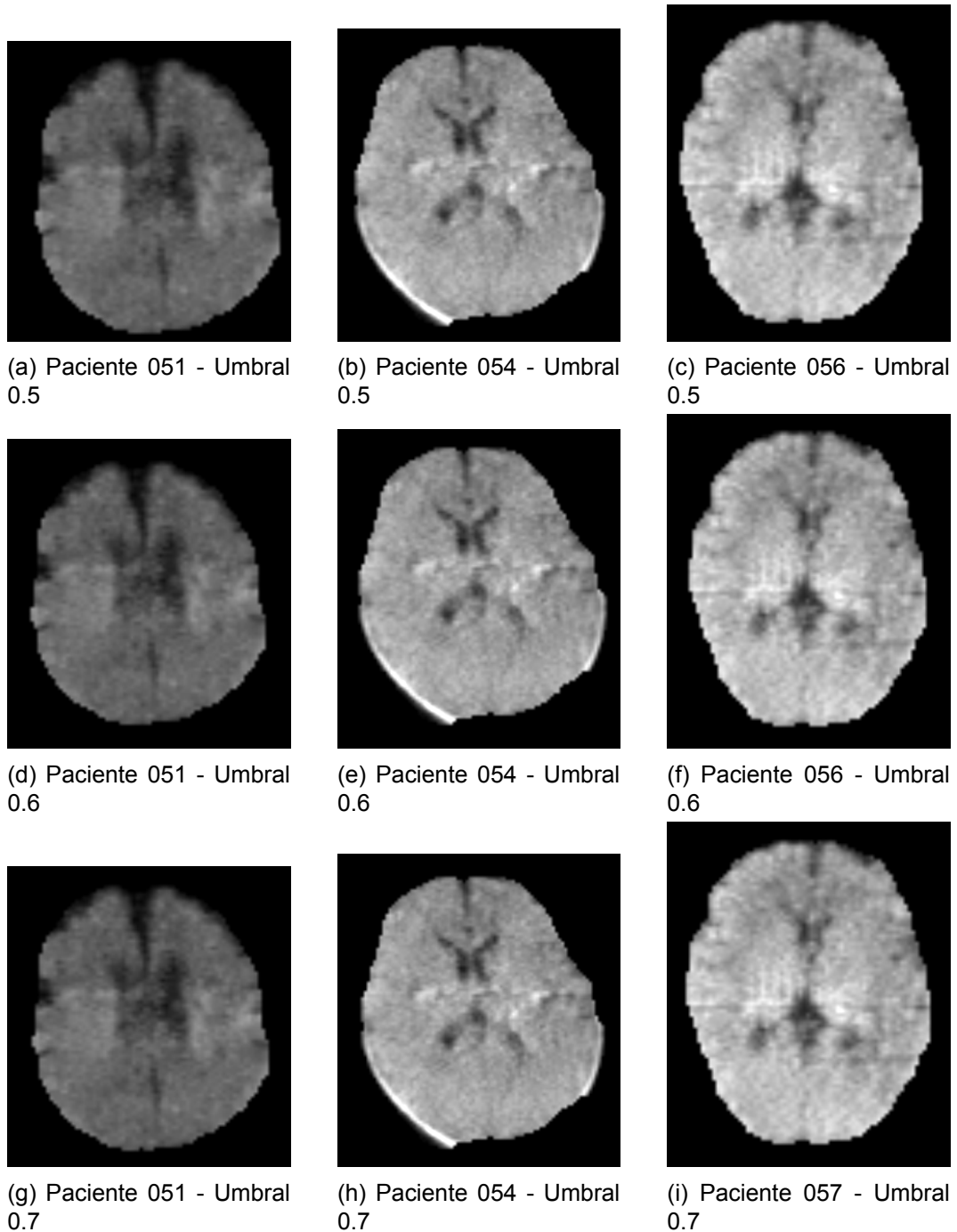


FIGURA 0.4: Resultado del experimento con **DEEPBET** en imágenes **T1**.

DEEPBET secuencia T2. En las imágenes T2 (véase Figura 0.5), se logró un rendimiento poco consistente con resultados que variaron significativamente entre

los diferentes pacientes. Con extracciones incompletas, bordes imprecisos y estructuras óseas afectadas (**véase Figura 0.5g**). En general tuvo un rendimiento deficiente mostrando dificultades para extraer correctamente las imágenes T2.

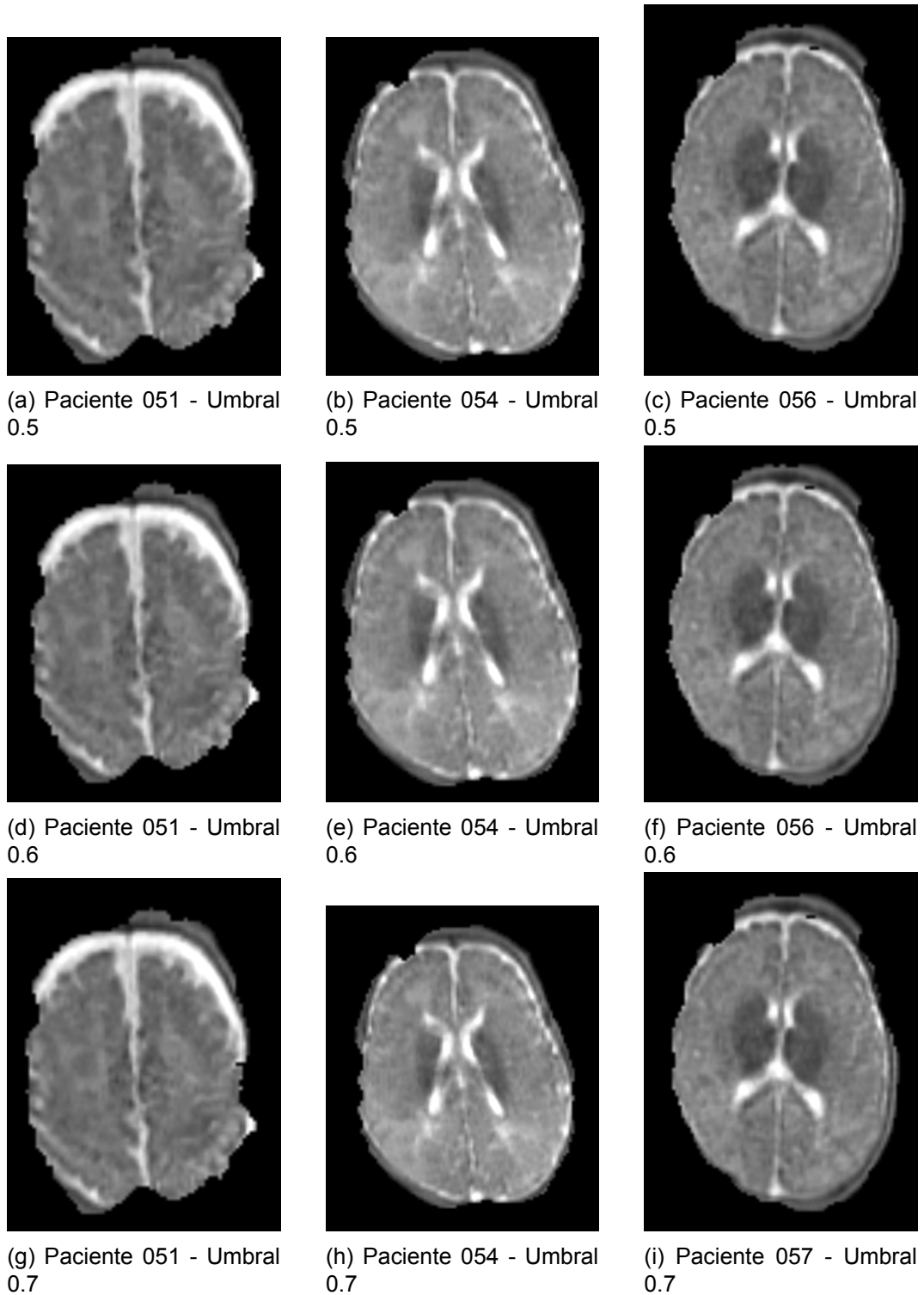


FIGURA 0.5: Resultado del experimento con **DEEPBET** en imágenes T2.

DEEPBET secuencia FLAIR En las secuencias FLAIR, se logró un desempeño razonable, logrando una extracción precisa del cráneo en las zonas superiores de la mayoría de las imágenes procesadas (**véase Figura 0.6**). A medida que se incrementó el umbral de intensidad, se observó una mejora en la calidad de la segmentación. Sin embargo, en las zonas inferiores y laterales (**véase Figura 0.6e**), el algoritmo presentó segmentaciones incompletas. El método demostró ser efectivo en general, con un rendimiento aceptable en la mayoría de los casos.

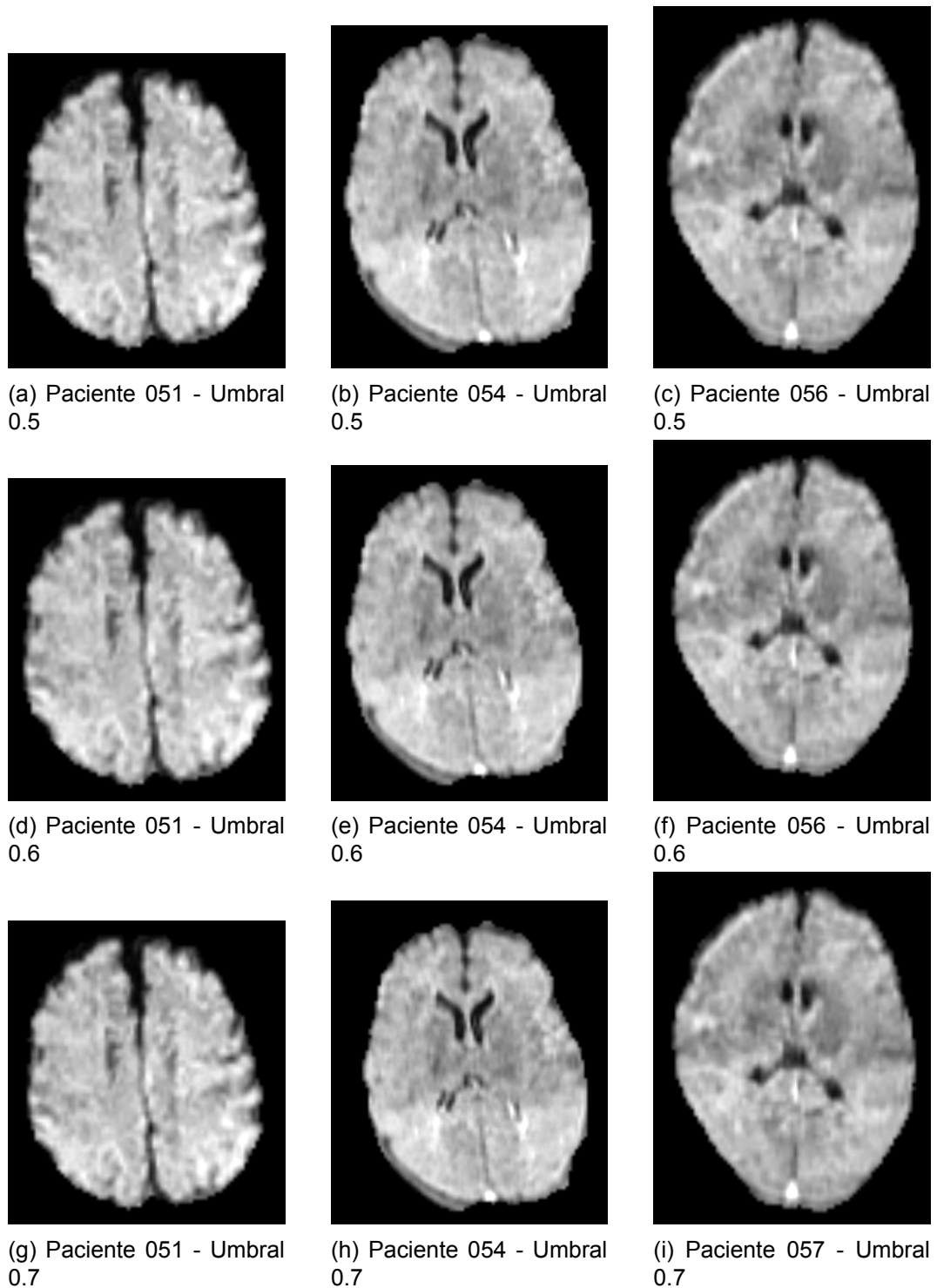


FIGURA 0.6: Resultado del experimento con **DEEPBET** en imágenes **FLAIR**.

0.0.1.3 SYNTHSTRIP

SYNTHSTRIP secuencia T1. En las imágenes T1 (véase **Figura 0.7**), se observa un rendimiento consistente, logrando una extracción precisa del cráneo en

casi todas las secuencias. A medida que el umbral de intensidad aumentaba, los resultados mejoraron en términos de definición y precisión, con una extracción clara y efectiva del cráneo sin afectar el tejido cerebral. Aunque en algunos casos, como en las imágenes de los pacientes 051 (véase **Figura 0.7a**) y 054 (véase **Figura 0.7e**), se observaron detalles menores que podrían optimizarse en las zonas inferiores o laterales.

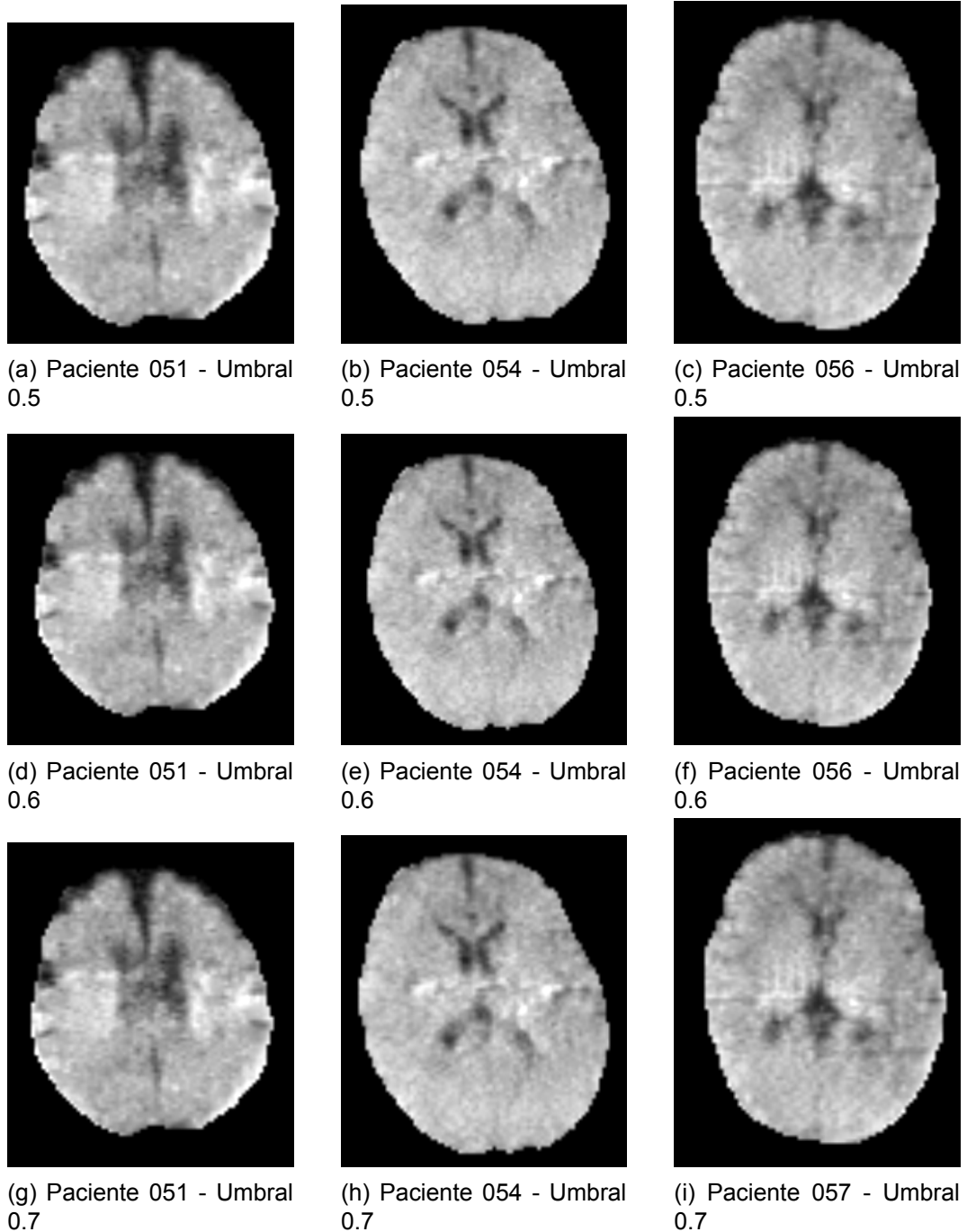


FIGURA 0.7: Resultado del experimento con **SYNTHSTRIP** en imágenes **T1**.

SYNTHSTRIP secuencia T2. En las imágenes T2 (véase Figura 0.8), se logró un rendimiento muy efectivo en la extracción del cráneo, con segmentaciones precisas y sin errores significativos en la mayoría de los casos. En general, el algoritmo fue capaz de diferenciar claramente el cráneo del tejido cerebral. Aunque en algunos casos, como en la zona lateral izquierda del Paciente051 (véase Figura 0.8a), se identificaron detalles menores que podrían beneficiarse de un ajuste fino.

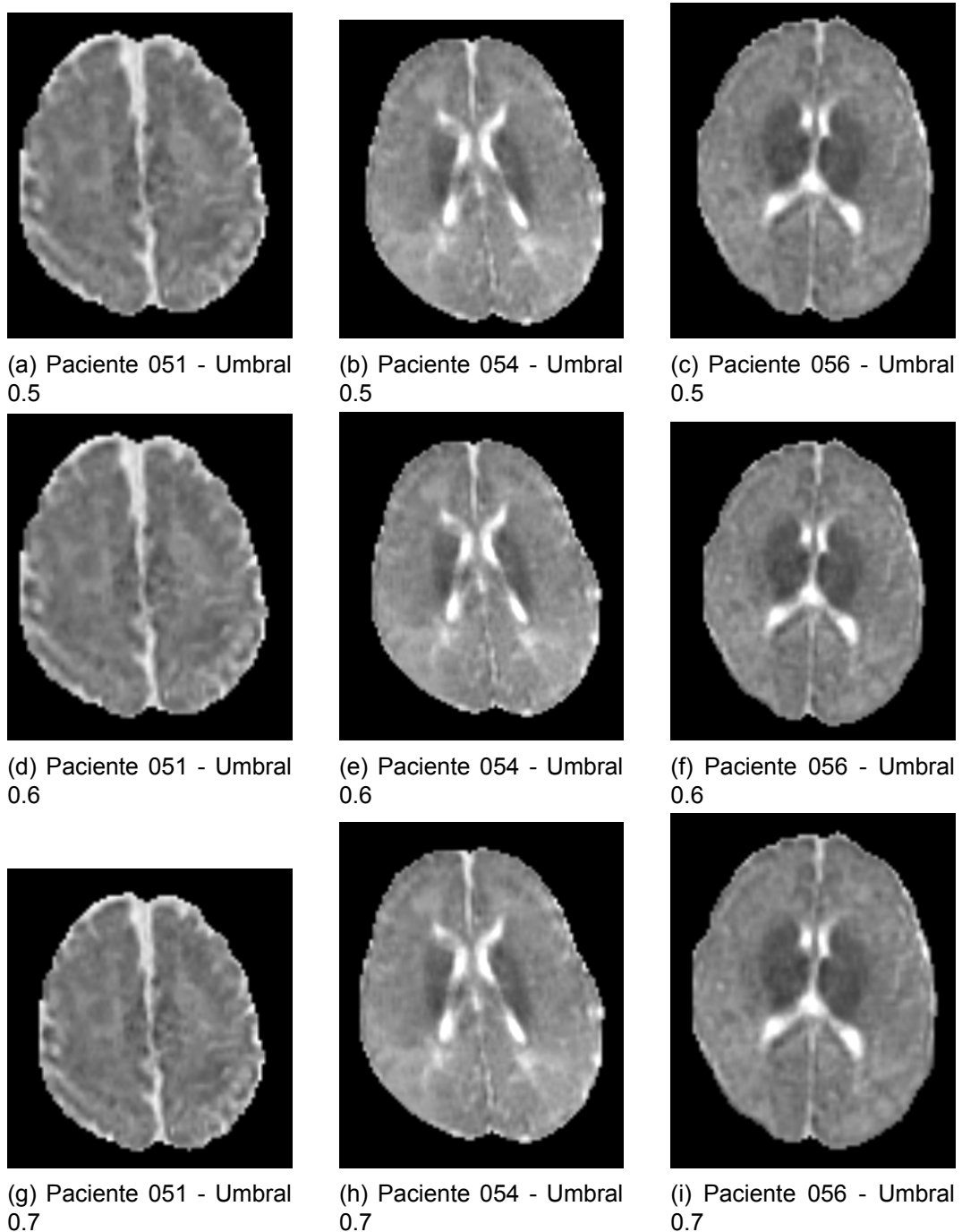


FIGURA 0.8: Resultado del experimento con **SYNTHSTRIP** en imágenes T2.

SYNTHSTRIP secuencia *FLAIR*. En las imágenes *FLAIR* (**véase Figura 0.9**), se logró una segmentación precisa y consistente del cráneo en todas las secuencias procesadas. El algoritmo mejoró progresivamente a medida que se incrementaba el umbral, alcanzando excelentes resultados con los valores más altos (**véase Figura 0.9i**). Las segmentaciones fueron claras y bien definidas, preservando el tejido cerebral y eliminando completamente el cráneo en todas las áreas, incluidas las regiones inferiores y laterales, que suelen ser más problemáticas.

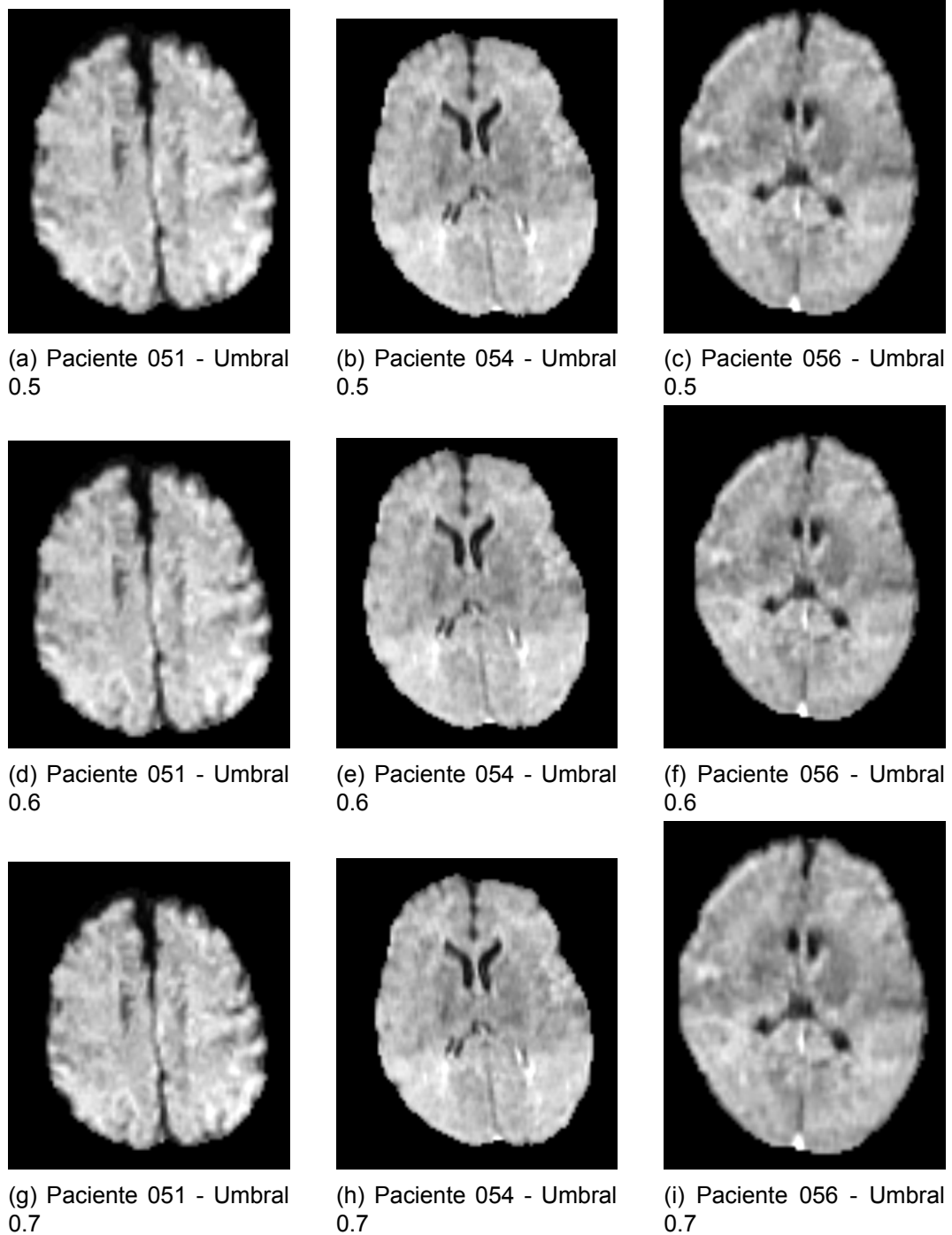


FIGURA 0.9: Resultado del experimento con **SYNTHSTRIP** en imágenes **FLAIR**.

Apéndice: Resultado Complementario de los resultados del segundo Experimento

0.0.2 Segundo experimento

0.0.2.1 FAST

La técnica FAST mostró un desempeño general satisfactorio en las imágenes de los tres pacientes analizados (véase Figura 0.10), con diferencias en la calidad de segmentación según la secuencia utilizada.

En el caso del Paciente051, se observa una clara diferenciación de tejidos en las regiones central superior e inferior del cerebro, destacando la materia gris y blanca. En la secuencia T1, aunque de menor calidad, se logró una segmentación precisa en la zona central media y en la lateral izquierda. Por otro lado, en la secuencia T2, se logró segmentar adecuadamente los tejidos, aunque presentó ciertas imprecisiones en la zona central del cerebro (**véase Figura 0.10c**), comprometiendo parcialmente los resultados.

Para el Paciente054, mantuvo un rendimiento consistente en las tres secuencias. En FLAIR, la segmentación fue adecuada, permitiendo distinguir los principales tejidos, aunque no de forma perfecta. En T1, la técnica segmentó correctamente las áreas de mayor contraste. En T2, FAST destacó especialmente en los bordes internos (**véase Figura 0.10f**, donde mostró una segmentación consistente).

Por último, con el Paciente056, la técnica demostró un rendimiento razonable en FLAIR, diferenciando adecuadamente las áreas cerebrales. En T1, los resultados fueron satisfactorios y consistentes, mientras que en T2 (**véase Figura 0.10i**, algunas áreas complejas presentaron dificultades).

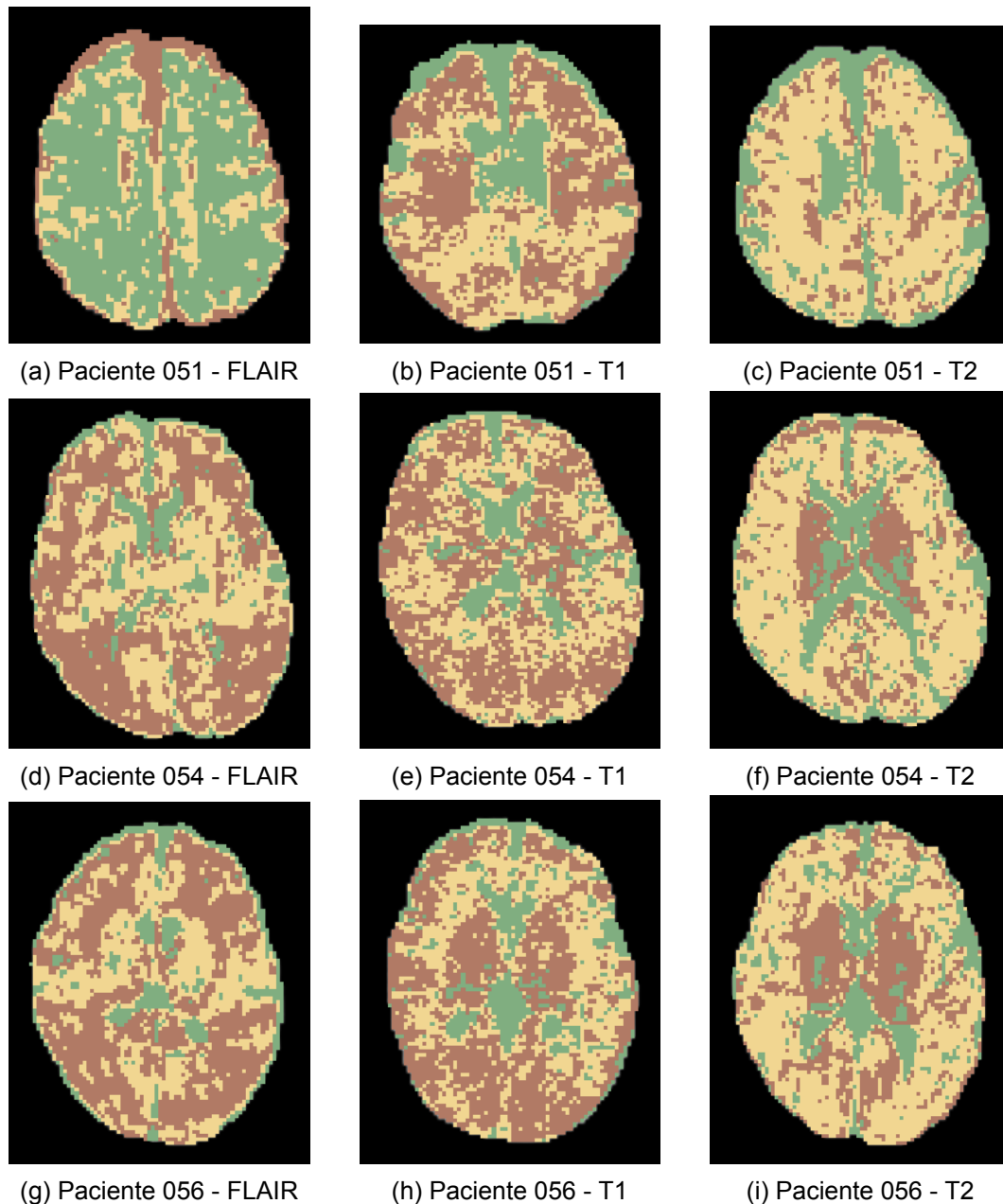


FIGURA 0.10: Resultado del experimento con **FAST**

0.0.2.2 KNN++

El método KNN++ mostró resultados variables en las pruebas realizadas con las tres modalidades de imágenes de RM de los pacientes. Con limitaciones generales en su capacidad para mantener la precisión en toda la imagen.

Los problemas más recurrentes incluyeron segmentaciones imprecisas, dificultades en la clasificación de los tejidos y un desempeño insuficiente en las zonas periféricas. En general, el desempeño fue mejor en las zonas superiores y centrales.

de las imágenes, logrando una segmentación aceptable en regiones específicas, especialmente en la secuencia FLAIR del Paciente051 (**véase Figura 0.11a**) donde se observó una diferenciación básica de tejidos en las zonas medias. Sin embargo, en las demás secuencias, el rendimiento fue irregular. En la secuencia T1 del Paciente054 (**véase Figura 0.11e**), logró distinguir adecuadamente los tejidos en algunas áreas superiores, pero presentó problemas significativos en las zonas inferiores y laterales, comprometiendo la calidad general de la segmentación. En la secuencia T2 del Paciente056 (**véase Figura 0.11i**), el desempeño fue similar, con segmentaciones aceptables en la zona media interior, pero con una baja calidad en el resto de las regiones.

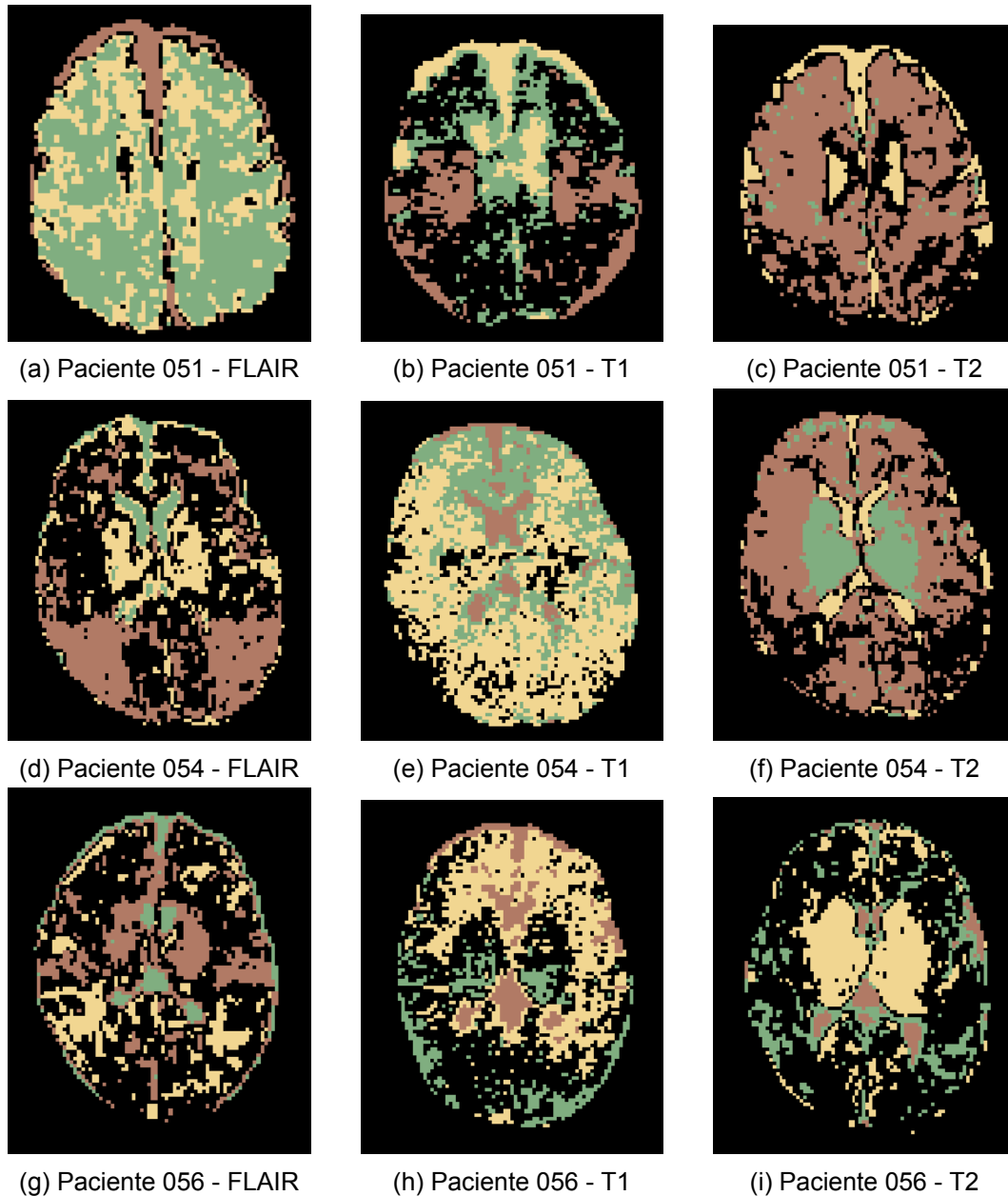


FIGURA 0.11: Resultado del experimento con **KNN++**

0.0.2.3 SynthSeg

El método SynthSeg mostró un desempeño limitado en la segmentación de tejidos cerebrales, con resultados inconsistentes entre secuencias y pacientes. En las imágenes FLAIR, aunque en algunos casos (**véase Figura 0.12a**) logró segmentar los bordes y áreas periféricas con precisión, presentó errores significativos en la clasificación de tejidos, especialmente en las zonas interiores. Este problema fue más evidente en las secuencias T1 del Paciente054 (**véase Figura 0.12e**), donde el rendimiento general fue deficiente. En las imágenes T2, aunque mostró cierta ca-

pacidad para delinear bordes periféricos, las zonas interiores también presentaron problemas similares de clasificación incorrecta (**véase Figura 0.12i**), comprometi-
tiendo la utilidad de las segmentaciones.

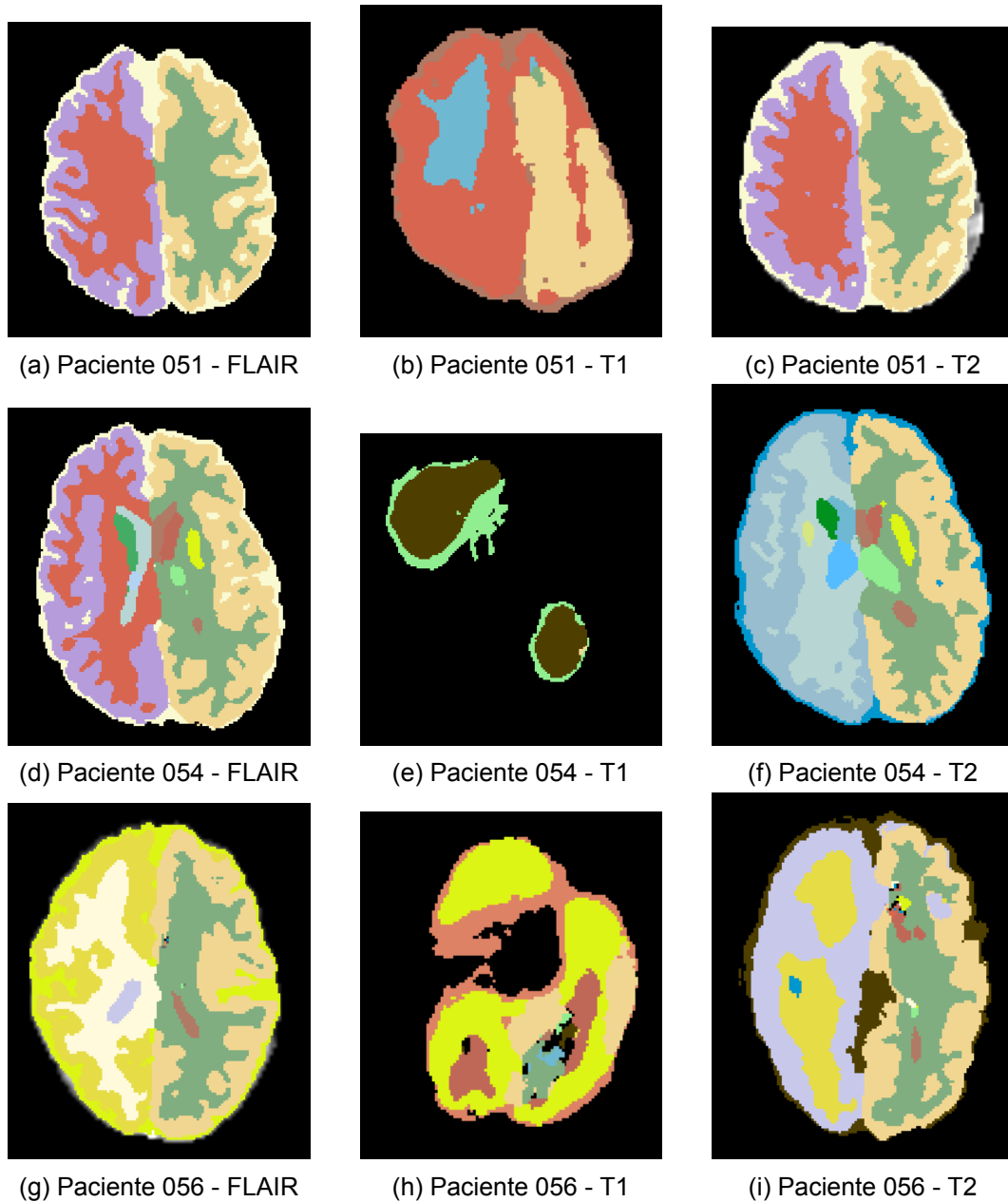


FIGURA 0.12: Resultado del experimento con **SynthSeg**

Apéndice: Resultado Complementario del Primer Experimento

En esta sección se presentaran los resultados completos de la extracción de cráneo de los siguientes pacientes:

- Paciente 051
- Paciente 054
- Paciente 056

Cada una de estas secuencias de resonancia magnética fue procesada de manera independiente utilizando los métodos de extracción de cráneo. Las imágenes obtenidas fueron analizadas en términos de precisión en la delimitación de las estructuras cerebrales, presencia de artefactos y capacidad para eliminar el cráneo y tejidos adyacentes.

0.0.3 Aplicación del Método BET2

En este experimento, se aplicó **BET2** a las tres secuencias de imágenes **T1**, **T2** y **FLAIR** para evaluar su capacidad de extracción en condiciones de baja calidad de imagen, como es el caso de la resonancia magnética de bajo campo.

0.0.3.1 Umbral de intensidad (0.5) FLAIR

Se procesaron las imágenes con un umbral de intensidad de **0.5**. Como se puede observar en la primera imagen correspondiente al **paciente 051** (véase **Figura 0.13**) La complejidad inherente a las imágenes **FLAIR** en resonancia magnética de bajo campo complicó la extracción en algunas áreas. si bien se puede observar que en la parte superior identifico correctamente los limites y extrajo, en la parte inferior dejo partes intactas.

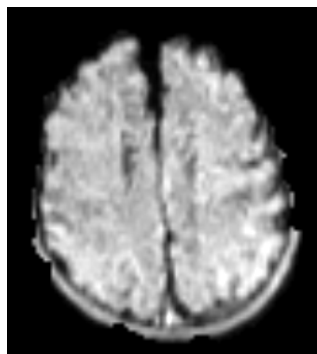


FIGURA 0.13: Resultado de **BET2** en imagen **FLAIR** del **Paciente 051**

Con la secuencia del **paciente 054** (véase **Figura 0.14**), se puede observar

que la herramienta tuvo mas problemas identificando el cráneo en la zonas laterales, donde **BET2** no fue capaz de identificar de manera adecuada los límites del cráneo en estas zonas. Aunque fue capaz de eliminar ciertas partes del cráneo en las partes superiores e inferiores, donde se puede observar una clara ausencia de la estructura osea. Lo que indica que **BET2** fue parcialmente efectivo en esos sectores.

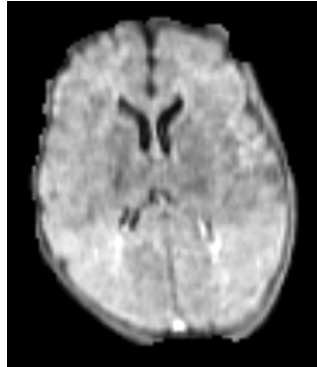


FIGURA 0.14: Resultado de **BET2** en imagen **FLAIR** del **Paciente 054**

Continuando con la secuencia **FLAIR** del **paciente056** (véase **Figura 0.15**). Podemos observar a siempre vista el desempeño de la herramienta, donde se que en la parte superior logro identificar casi por completo el cráneo y removerlo. Por otro lado, se puede notar que en lugar de una extracción limpia y uniforme, las zonas laterales del cráneo permanecieron visibles. En la zona inferior la extracción fue claramente incompleta. Lo que indica que el algoritmo tuvo dificultades para diferenciar entre las intensidades de los tejidos cerebrales y no cerebrales en estas áreas.

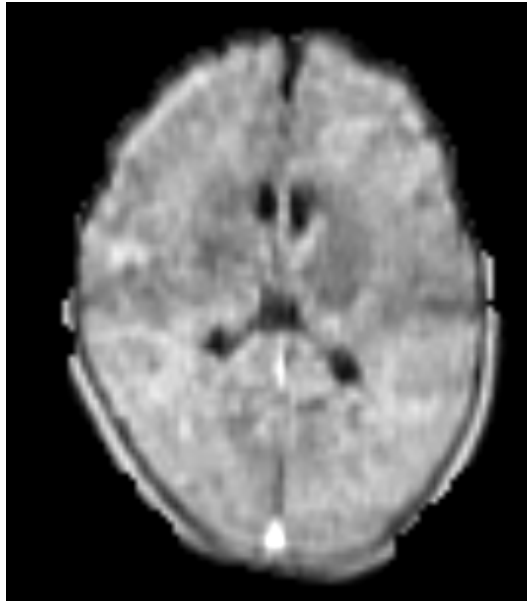
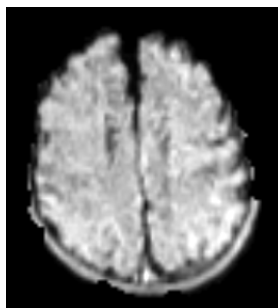
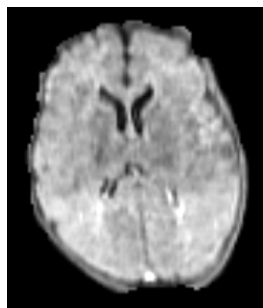


FIGURA 0.15: Resultado de **BET2** en imagen **FLAIR** del **Paciente 056**

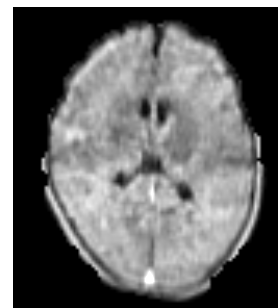
En esta sección del experimento de umbral de intensidad 0.5 podemos llegar a la conclusión de que, **un umbral de intensidad de 0.5 puede ser demasiado bajo para captar adecuadamente el límite entre el cerebro y el cráneo en secuencias FLAIR**, lo que resulta en una extracción incompleta o imprecisa. (véase **Figura 0.16**)



(a) Secuencia **Pacien-**
te051



(b) Secuencia **Pacien-**
te054



(c) Secuencia **Pacien-**
te056

FIGURA 0.16: Secuencia de imágenes FLAIR procesadas por **BET2** con umbral **0.5**

0.0.3.2 Umbral de intensidad (0.5) T1

Seguidamente se procesaron las secuencias **T1**, donde en el primer experimento sobre la secuencia del **paciente051** (véase **Figura 0.17**), se observó un rendimiento significativamente pobre en la extracción del cráneo. A diferencia de las secuencias **FLAIR**, donde se obtuvo una segmentación parcial del cráneo, el resultado en las imágenes **T1** fue prácticamente nulo, con una extracción que no

logró eliminar el cráneo de manera efectiva ni diferenciar adecuadamente entre el cerebro y las estructuras óseas.

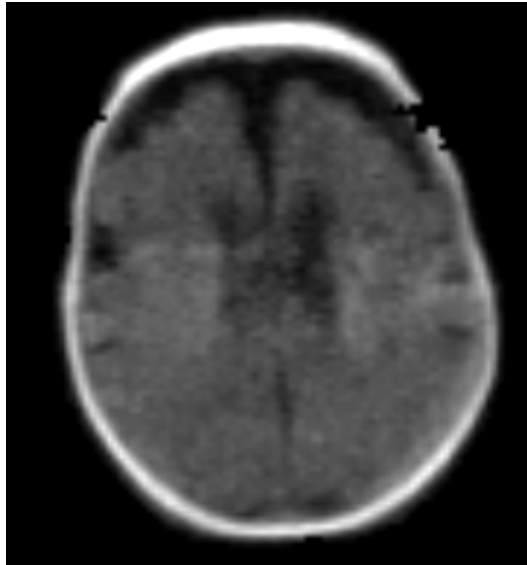


FIGURA 0.17: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia correspondiente al **paciente054**(véase **Figura 0.18**), la herramienta **BET2** presentó un desempeño deficiente en la extracción del cráneo. Aunque se observa que en la parte lateral izquierda consiguió extraer el cráneo y detectó correctamente los tejidos del cerebro, tuvo problemas en las partes restantes no logrando eliminar adecuadamente las estructuras óseas. El umbral de intensidad **0.5**, que es el valor predeterminado en **BET2**, parece haber sido insuficiente para captar las sutiles diferencias de intensidad entre el cerebro y el cráneo en esta secuencia.

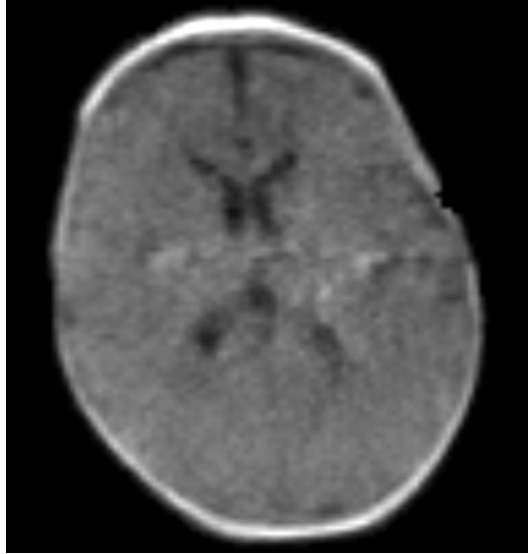


FIGURA 0.18: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 054**

En la secuencia **T1** del **Paciente056**, la herramienta **BET2** tuvo un desempeño casi nulo, con resultados significativamente deficientes en la extracción del cráneo. La segmentación fue prácticamente inexistente en la mayor parte de la imagen, con la excepción de una pequeña porción en el lateral derecho, donde el algoritmo logró eliminar de forma parcial el cráneo. Sin embargo, este éxito limitado fue insuficiente para proporcionar un resultado adecuado en el resto de la imagen. (**véase Figura 0.19**). El bajo contraste característico de las imágenes de resonancia magnética de bajo campo, combinado con el ruido inherente en este tipo de secuencias T1, dificultó la capacidad de **BET2** para identificar correctamente los límites entre el cerebro y el cráneo. Como resultado, la segmentación no fue capaz de extenderse más allá de esa pequeña área, dejando el cráneo intacto en el resto de la imagen.

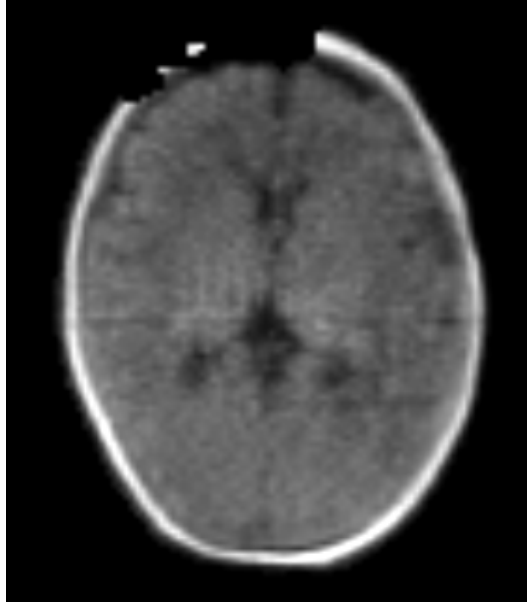


FIGURA 0.19: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 056**

Este resultado parcial (véase **Figura 0.20**) sugiere que el umbral de intensidad aplicado fue insuficiente para manejar las características específicas de las imágenes **T1** de bajo campo, que presentan bajo contraste y un mayor nivel de ruido, dificultando la segmentación uniforme en toda la imagen.

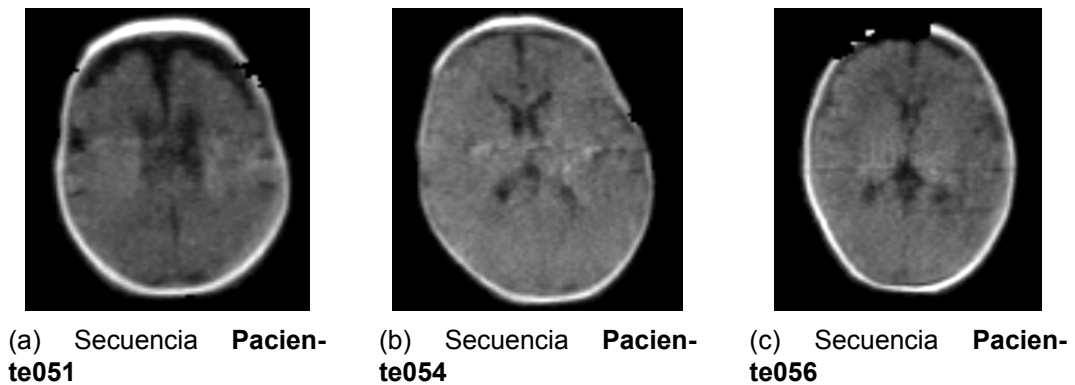


FIGURA 0.20: Secuencia de imágenes **T1** procesadas por **BET2** con umbral **0.5**

0.0.3.3 Umbral de intensidad (0.5) T2

Para concluir con el experimento del **umbral de intensidad 0.5**, se procesaron las secuencias **T2**. Primeramente la del **paciente051** (véase **Figura 0.21**) donde aprecia la dificultad que tuvo el algoritmo en identificar las **estructuras oseas** en gran parte de la secuencia, especialmente **la zona lateral derecha en donde prácticamente fue nula la efectividad**. En las **zonas superior, lateral izquierda e inferior**, **BET2** logró una **extracción parcial del cráneo**, dejando grandes áreas con

estructuras óseas visibles. Esta falta de segmentación adecuada resalta las limitaciones de **BET2** para trabajar con las características específicas de las imágenes **T2** de **RM** de bajo campo.

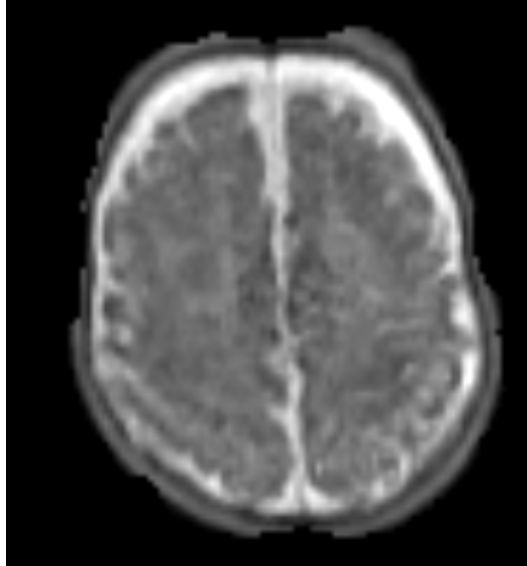


FIGURA 0.21: Resultado de **BET2** en imagen **T2** del **Paciente 051**

En la secuencia correspondiente al **paciente054**(véase **Figura 0.22**), la herramienta **BET2** presentó un desempeño deficiente en la extracción del cráneo. Aunque se observa que en la parte lateral izquierda consiguió extraer el cráneo y detectó correctamente los tejidos del cerebro, tuvo problemas en las partes restantes no logrando eliminar adecuadamente las estructuras óseas. El umbral de intensidad **0.5**, que es el valor predeterminado en **BET2**, parece haber sido insuficiente para captar las sutiles diferencias de intensidad entre el cerebro y el cráneo en esta secuencia.

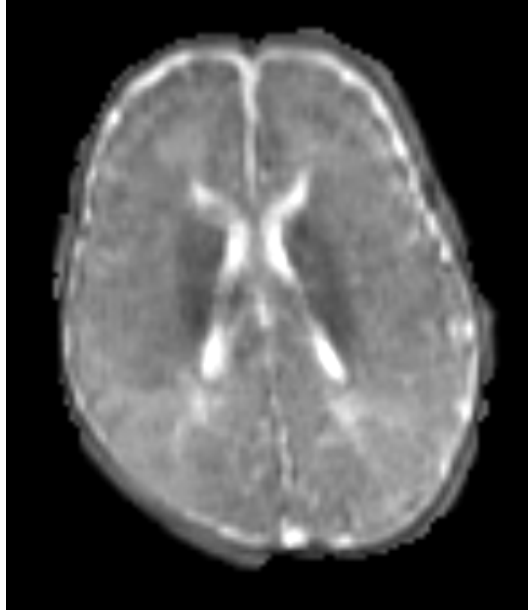


FIGURA 0.22: Resultado de **BET2** en imagen **T2** del **Paciente 054**

Por ultimo se proceso la secuencia correspondiente al **paciente056** (véase **Figura 0.23**) visualizando extracciones incompletas en varias zonas. En las partes **superior izquierda** y **superior derecha**, el algoritmo logró **eliminar parcialmente las estructuras óseas**, pero la extracción **no fue lo suficientemente precisa ni completa como para considerarse exitosa**. La herramienta no pudo distinguir correctamente entre el cerebro y el cráneo en la mayor parte de la secuencia, lo que sugiere que el umbral de intensidad utilizado no fue suficiente para manejar las características específicas de las imágenes de **RM** de bajo campo.

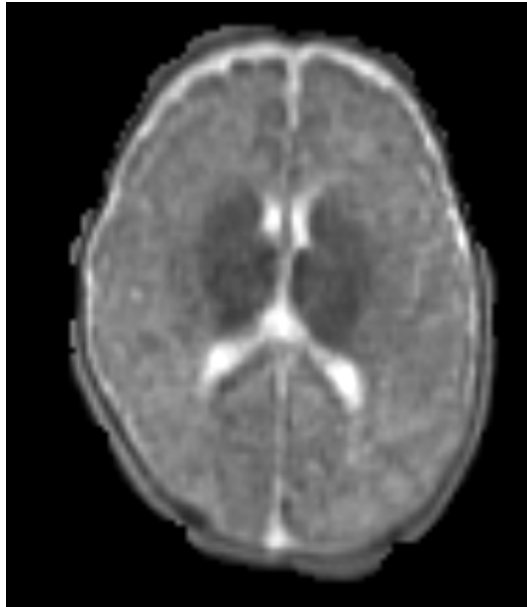


FIGURA 0.23: Resultado de **BET2** en imagen **T2** del **Paciente 056**

Este desempeño pone de manifiesto **las limitaciones de BET2 en este tipo de imágenes**, y resalta la necesidad de ajustes en los parámetros o de **aplicar técnicas más avanzadas** de procesamiento para mejorar el contraste y reducir el ruido, facilitando una mejor identificación de las estructuras óseas en las secuencias de RM de campo bajo. (véase **Figura 0.24**)

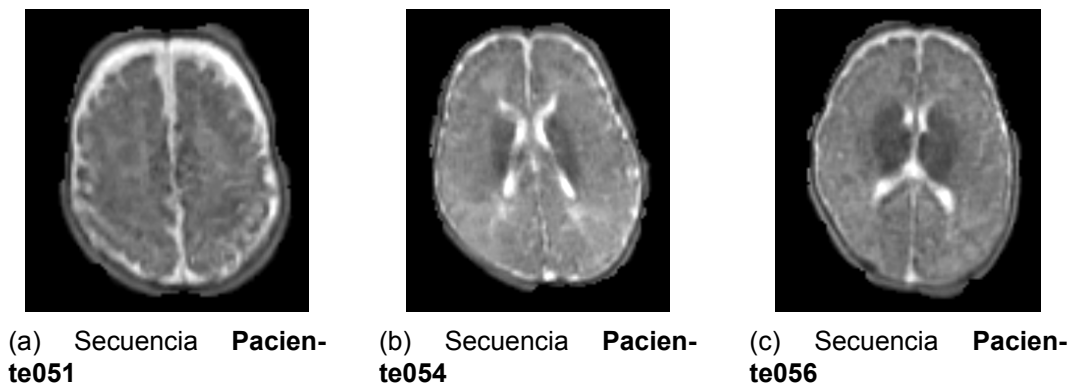


FIGURA 0.24: Secuencia de imágenes T2 procesadas por **BET2** con umbral **0.5**

0.0.3.4 Umbral de intensidad (0.06) FLAIR

Seguidamente se procesaron las imágenes de los pacientes utilizando el **umbral de intensidad 0.6**. Primeramente se procesó la secuencia **FLAIR** correspondiente al **paciente051** (véase **Figura 0.25**). Donde se observó una extracción casi perfecta en la parte superior de la imagen. En esta área, el cráneo fue eliminado de manera precisa, y las estructuras cerebrales quedaron correctamente delimita-

das, en la parte inferior, se presentaron problemas significativos, dejando zonas completas del cráneo sin eliminar.

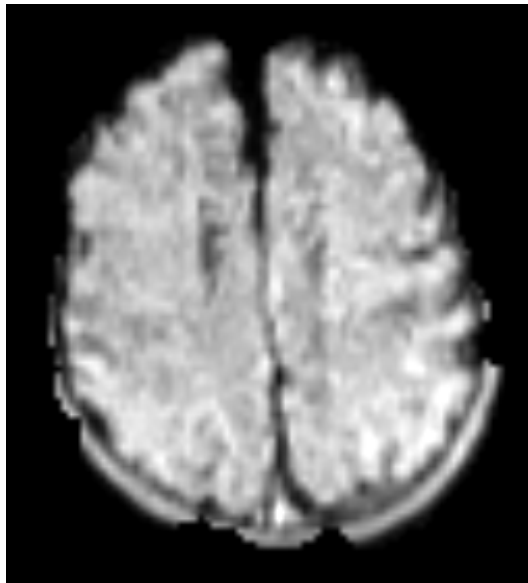


FIGURA 0.25: Resultado de **BET2** en imagen **FLAIR** del **Paciente 051**

En la secuencia del **paciente054** (véase **Figura 0.26**), se obtuvo una extracción **notable** en la **parte superior**, con solo **algunos detalles menores**. A partir de las **partes laterales e inferior**, comenzaron a aparecer **problemas significativos**. en estas áreas, la extracción es **parcial e incompleta**. dejando visibles algunas **estructuras oseas**.

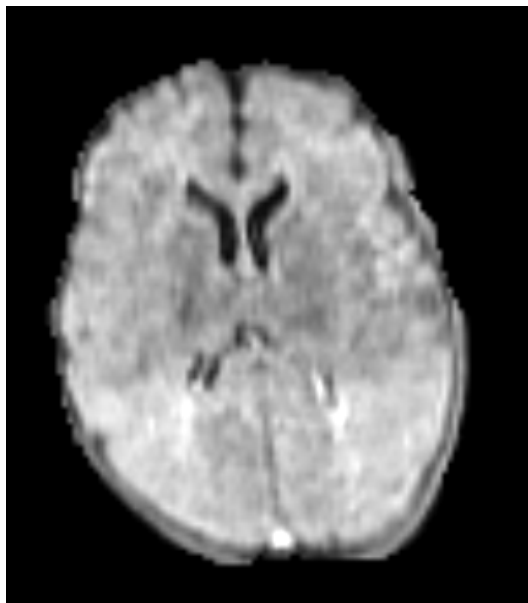


FIGURA 0.26: Resultado de **BET2** en imagen **FLAIR** del **Paciente 054**

En la secuencia del **paciente056** (véase Figura 0.27), se logró una **extracción bastante buena** en la **parte superior** de la imagen, donde el **cráneo fue eliminado de manera correcta**. Sin embargo, la **efectividad del algoritmo** comenzó a **degradarse** a medida que se procesaban las **zonas laterales**, donde la **extracción** fue más **irregular**, **dejando visibles algunas porciones del cráneo**. Finalmente, en la **zona inferior**, el **cráneo quedó intacto**, sin ser correctamente detectado.

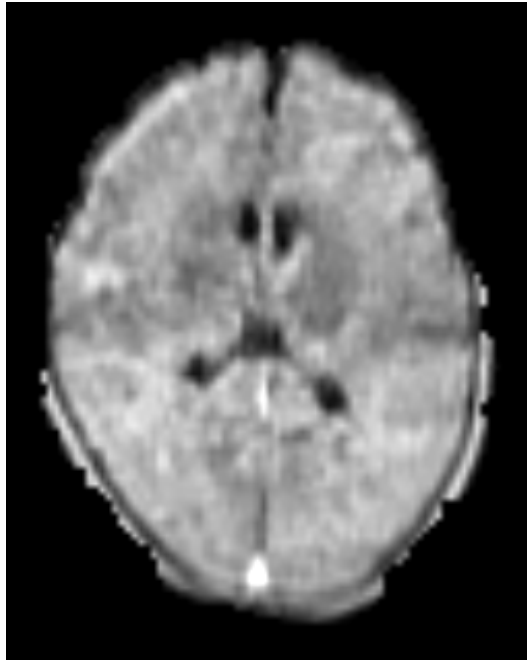


FIGURA 0.27: Resultado de **BET2** en imagen **FLAIR** del **Paciente 056**

Este resultado (véase Figura 0.28) destaca las limitaciones de la herramienta, incluso con el ajuste del umbral, que aunque mejoró parcialmente la segmentación en la parte superior, no fue suficiente para extraer de manera efectiva las estructuras óseas en el resto de la imagen.

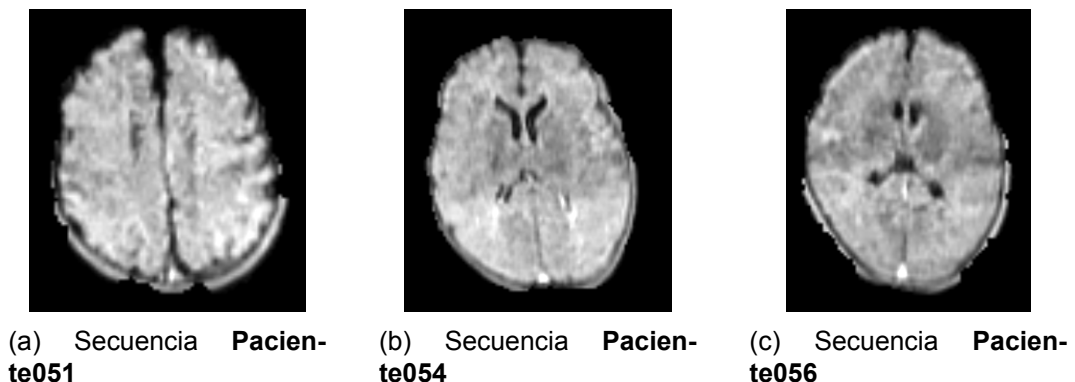


FIGURA 0.28: Secuencia de imágenes T2 procesadas por **BET2** con umbral **0.5**

0.0.3.5 Umbral de intensidad (0.6) T1

Procesadas las imágenes **T1** con **umbral de intensidad 0.6**, se puede ver en la que corresponde al **paciente051** (véase **Figura 0.29**) que, se logro una **extracción efectiva del cráneo** en la **parte superior** de la imagen, donde el cráneo fue eliminado correctamente, permitiendo una clara delimitación de las estructuras cerebrales. Sin embargo, en el **resto de la imagen, el cráneo quedó intacto**, excepto por una **pequeña porción en la zona inferior** que fue eliminada parcialmente.

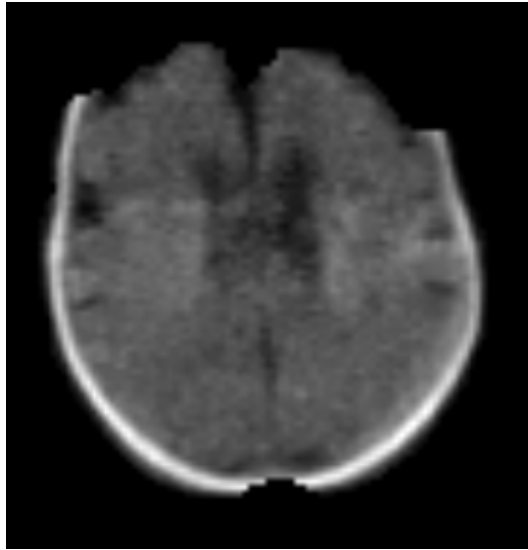


FIGURA 0.29: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia **T1** del **Paciente054** (véase **Figura 0.30**), se logró una **extracción parcial del cráneo en la zona superior**, aunque con el inconveniente de haber extraído también **pequeñas partes del cerebro**, lo que indica una **extracción incorrecta en esa región**. En la **zona lateral derecha**, se observó una **pequeña área donde el cráneo fue extraído**, aunque el resto de la imagen, especialmente en las **zonas laterales e inferiores**, **quedó intacto**.

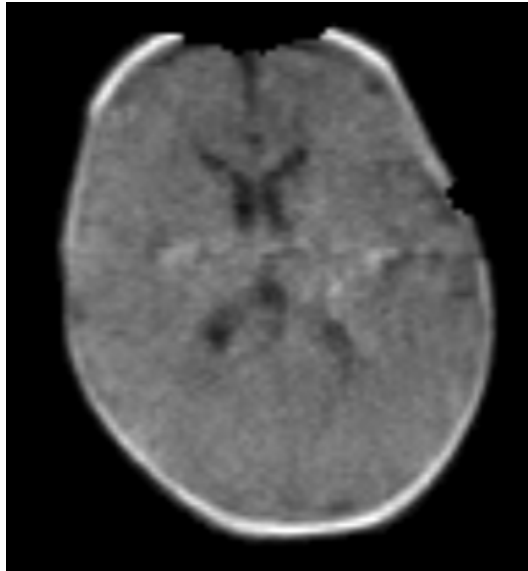


FIGURA 0.30: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 054**

En la secuencia **T1** del **Paciente056** (véase **Figura 0.31**), se logró una **extracción parcial**, logrando **eliminar el cráneo únicamente en la parte superior** de la imagen. En esta región, el algoritmo extrajo el cráneo de manera efectiva, permitiendo una correcta diferenciación entre las estructuras cerebrales y estructuras oseas. Sin embargo, en las **zonas laterales e inferiores**, el **cráneo permaneció intacto**, sin ser procesado adecuadamente.

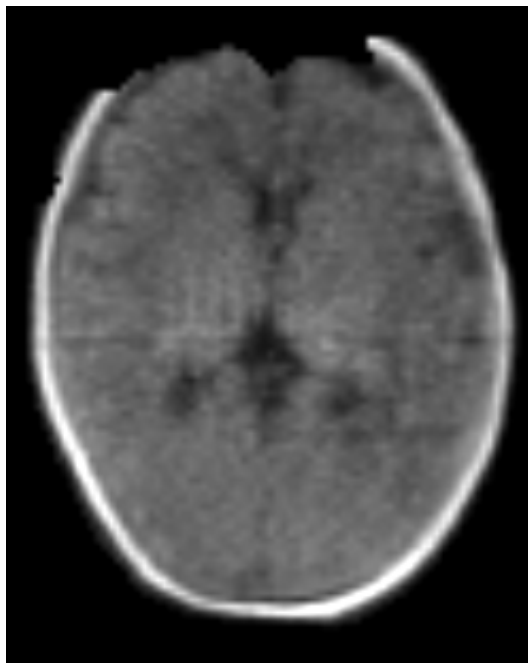


FIGURA 0.31: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 056**

Estos resultados (véase **Figura 0.32**) reflejan una mejora limitada en algunas áreas, pero también destacan problemas de precisión en la extracción global del cráneo.

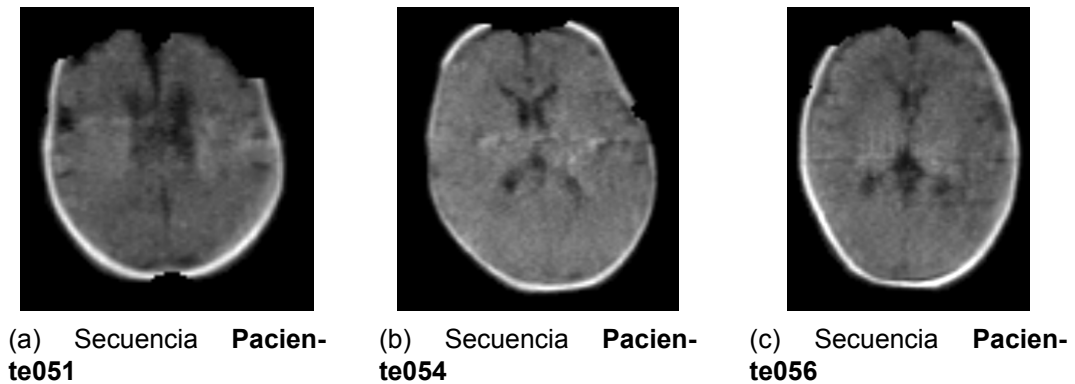


FIGURA 0.32: Secuencia de imágenes T2 procesadas por **BET2** con umbral **0.6**

0.0.3.6 Umbral de intensidad (0.6) T2

Por ultimo, en esta sección se proceso las imágenes **T2** con **umbral de intensidad 0.6**. En la secuencia del **paciente051**(véase **Figura 0.33**), se logro una **extracción pobre** a lo largo de toda la imagen. El algoritmo no logró eliminar el cráneo de manera efectiva, dejando **la mayor parte de las estructuras óseas intactas** en las diferentes regiones. Solo una **pequeña porción en la zona lateral izquierda** fue extraída correctamente

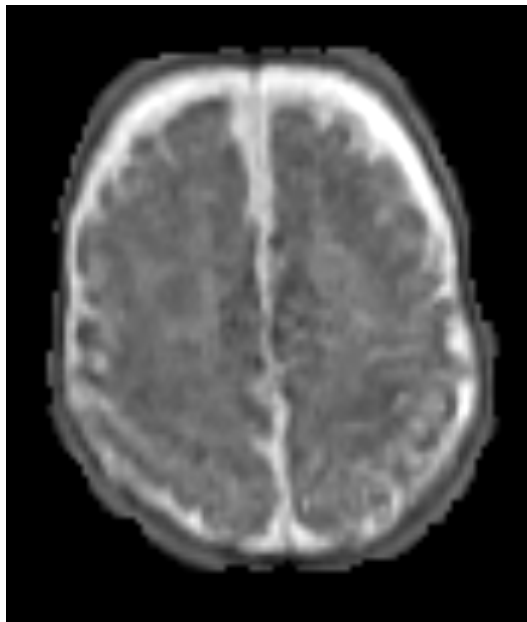


FIGURA 0.33: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia **T2** del **Paciente054**(véase **Figura 0.34**), el procesamiento mostró una **extracción inexacta**, particularmente en la **zona inferior izquierda**, donde el **cráneo permaneció intacto** en su mayoría. El algoritmo no logró una segmentación efectiva, lo que resultó en una extracción incompleta de las estructuras óseas.

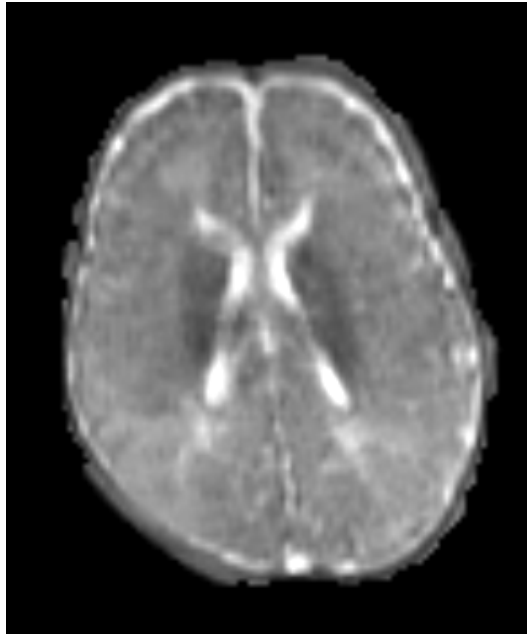


FIGURA 0.34: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 054**

En la secuencia **T2** del **Paciente056** (véase **Figura 0.35**), se observó un **resultado deficiente** similar al de otras imágenes **T2** procesadas con el **umbral de intensidad 0.6**. Aunque el algoritmo logró una **buena extracción en la parte superior derecha**, eliminando correctamente el cráneo en esa región, el resto de la imagen mostró una **segmentación inexacta y en general mala**.

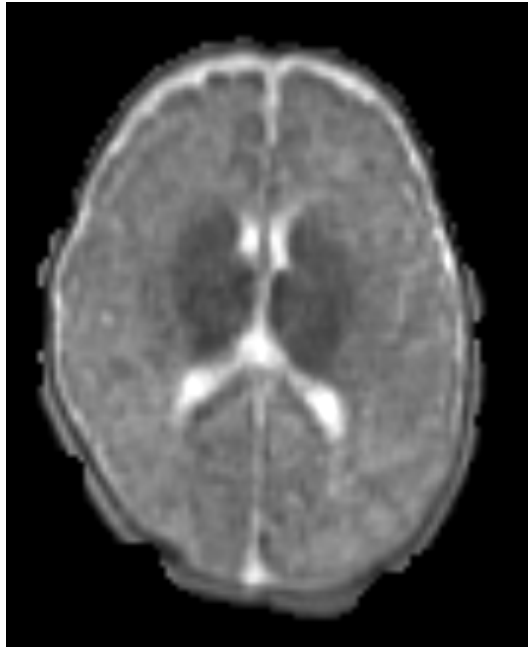
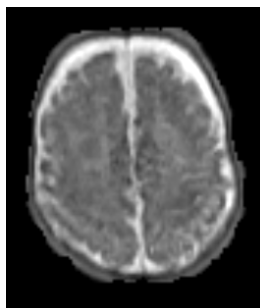
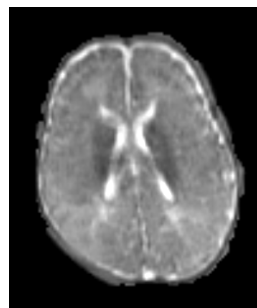


FIGURA 0.35: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 056**

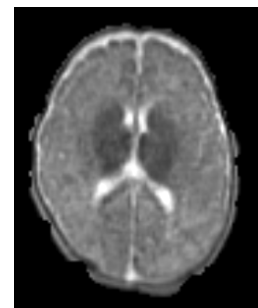
Estos resultados (véase **Figura 0.36**) refuerzan las limitaciones de **BET2** al trabajar con imágenes de **RM T2** de bajo campo y con **umbral de intensidad 0.6**, donde las dificultades para distinguir entre el cráneo y las estructuras cerebrales son evidentes, afectando la precisión general de la extracción.



(a) Secuencia **Pacien-**
te051



(b) Secuencia **Pacien-**
te054



(c) Secuencia **Pacien-**
te056

FIGURA 0.36: Secuencia de imágenes **T2** procesadas por **BET2** con umbral **0.6**

0.0.3.7 Umbral de intensidad (0.7) T1

En la primera imagen **T1** procesada con el **umbral de intensidad 0.7** correspondiente al paciente051 (véase **Figura 0.37**). se observó que en la **parte superior el cráneo fue extraído con éxito**, pero el algoritmo también **extrajo incorrectamente parte del cerebro**, lo que compromete la precisión de la segmentación en

esa región. En la **zona lateral**, el **cráneo** quedo intacto, lo que indica que el algoritmo no fue capaz de procesar adecuadamente esta área. En la **parte inferior**, el **cráneo fue parcialmente extraído**, dejando una porción aún visible

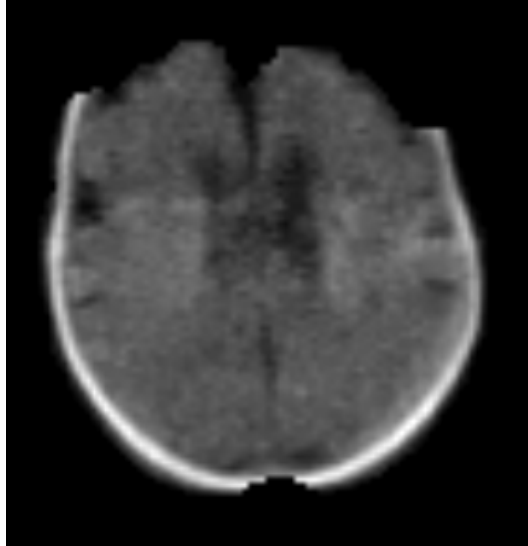


FIGURA 0.37: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia correspondiente al **paciente054** (véase **Figura 0.38**), se observo que el algoritmo logro **extraer solo una parte del cráneo en la zona superior**, pero también extrajo **parte del cerebro** en esa misma región. En la **zona lateral derecha**, se logró la **extracción de una pequeña porción del cráneo**, pero el resto de la imagen, incluyendo las **zonas laterales izquierda e inferiores**, **quedó sin procesar**, con el **cráneo intacto**.

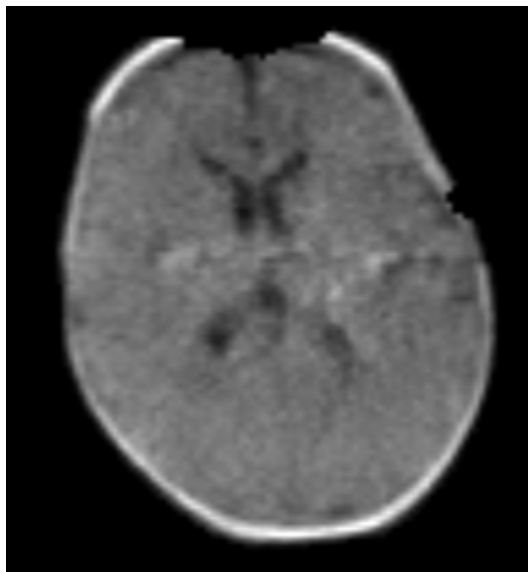


FIGURA 0.38: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 054**

En la secuencia del **paciente056** (véase **Figura 0.39**), se logró una **extracción parcial del cráneo en la parte superior**, pero el algoritmo también **extrajo incorrectamente una pequeña parte del cerebro** en esa región. Aunque el **cráneo fue eliminado en gran medida en la parte superior**, la extracción del tejido cerebral refleja que la precisión en la diferenciación entre el cráneo y el cerebro no fue óptima. En las **zonas laterales e inferiores**, **no se logró una extracción significativa**. El cráneo y las estructuras óseas permanecieron intactos.

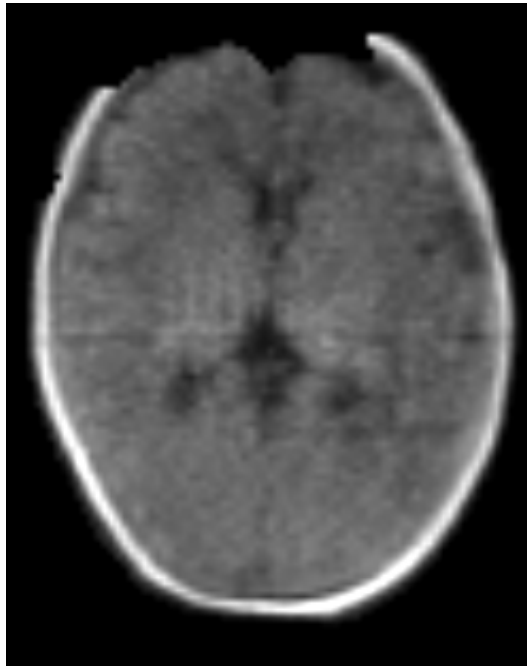


FIGURA 0.39: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 056**

0.0.3.8 Umbral de intensidad (0.7) FLAIR

Terminando con esta sección del experimento se procesaron las imágenes de los pacientes con un umbral de intensidad de **0.7**. Donde se puede observar que en la primera secuencia **FLAIR** del **paciente051** (véase **Figura 0.40**) la herramienta **BET2** obtuvo un buen resultado en la extracción de las **estructuras óseas** en la **mitad superior de la imagen**, logrando eliminar eficazmente el cráneo y diferenciando correctamente el cerebro de las estructuras no cerebrales. Sin embargo, en la parte inferior de la imagen, La extracción en esta área fue incompleta, con estructuras óseas que permanecieron visibles.

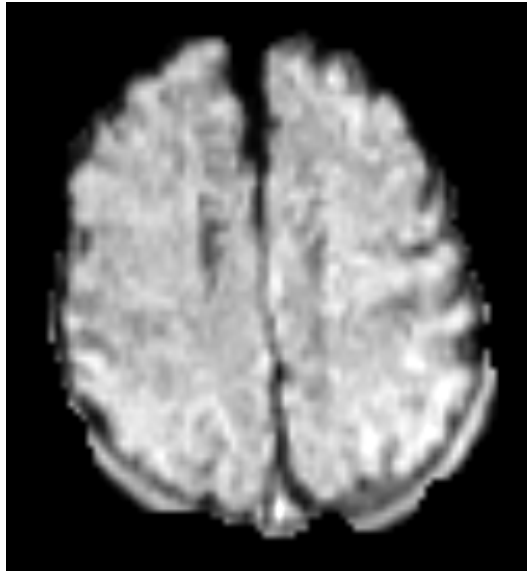


FIGURA 0.40: Resultado de **BET2** en imagen **FLAIR** del **Paciente 051**

En la secuencia correspondiente al **paciente054** (véase **Figura 0.41**) se observa nuevamente un resultado casi similar al del **paciente051** en donde logra un buen resultado al extraer las **estructuras óseas** en la **parte superior**, donde logró extraer correctamente el cráneo aunque sigue presentando dificultades en la **parte inferior y parte lateral** del cerebro. Donde grandes porciones del cráneo permanecieron visibles.

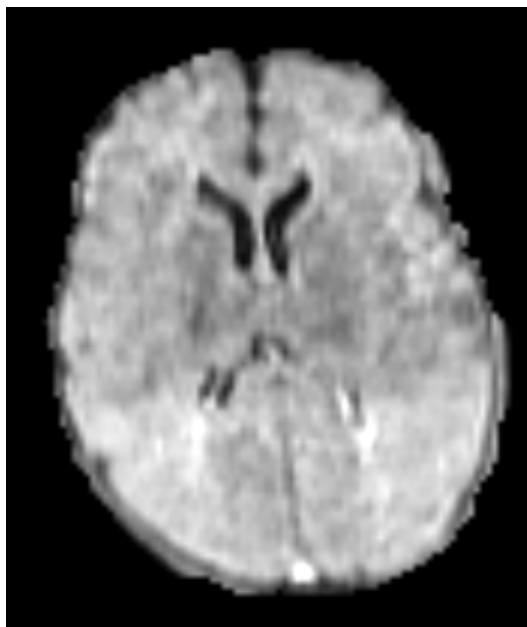


FIGURA 0.41: Resultado de **BET2** en imagen **FLAIR** del **Paciente 054**

En la última secuencia **FLAIR** procesadas con el correspondiente al **pacien-**

te056 (véase Figura 0.42). Se observa una buena extracción del cráneo en toda la **zona superior**, dejando **restos visibles en las partes laterales y inferior**. Además, Se puede observar que la dificultad en extraer las estructuras óseas laterales e inferiores es común en este **umbral de intensidad**.

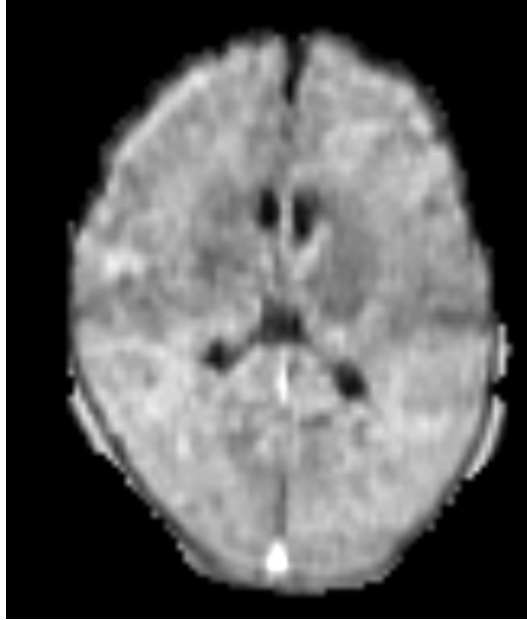


FIGURA 0.42: Resultado de **BET2** en imagen **FLAIR** del **Paciente 056**

Estos resultados (**véase Figura 0.43**) subrayan la necesidad de un ajuste más fino del umbral o el uso de técnicas complementarias para mejorar la consistencia de la segmentación en toda la imagen, especialmente en las zonas inferiores.

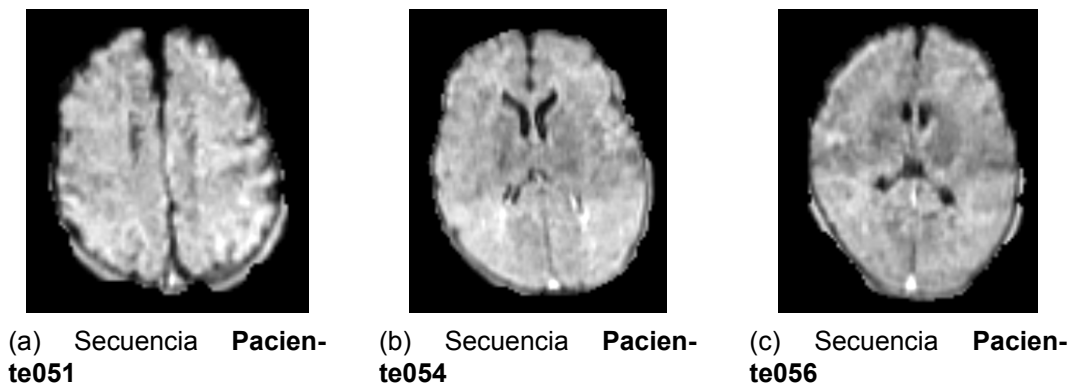


FIGURA 0.43: Secuencia de imágenes **FLAIR** procesadas por **BET2** con umbral **0.7**

0.0.3.9 Umbral de intensidad (0.7) T1

En la secuencia **T1** que corresponde al **paciente051**, la herramienta **BET2** presento un **desempeño deficiente** en la **extracción del cráneo**. En este caso. El

algoritmo no solo falló en eliminar correctamente las estructuras óseas, sino que también extrajo incorrectamente el cerebro en la parte superior e inferior de la imagen. Lo que resultó en una pérdida significativa de tejido cerebral en la imagen final (véase Figura 0.44).

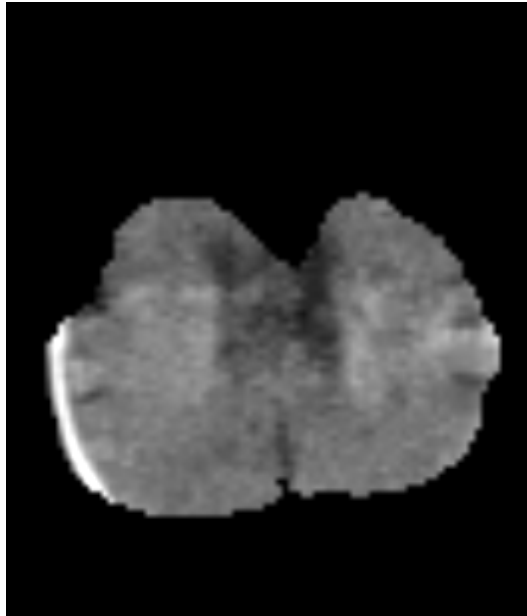


FIGURA 0.44: Resultado de BET2 en imagen T1 del Paciente 051

En la secuencia T1 del Paciente054 (véase Figura 0.45), obtuvo un mal resultado, ya que **extrajo incorrectamente** el cerebro en varias áreas. En la **parte superior, lateral derecha y una porción de la parte inferior derecha**, el algoritmo **capturó tejido cerebral** en lugar de limitarse a las estructuras óseas, En la **zona lateral izquierda**, se observa que **BET2** dejó una **pequeña línea de cráneo visible**, lo que indica que la herramienta tampoco logró eliminar completamente las estructuras óseas en esa región.

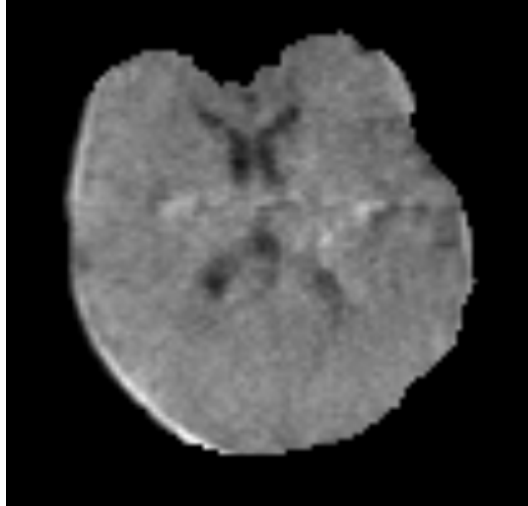


FIGURA 0.45: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 054**

Seguidamente, en la secuencia **T1** del **Paciente056**, se mostró un **resultado deficiente** en la extracción del cráneo (**véase Figura 0.46**). En la **parte superior** de la imagen, el algoritmo presento problemas, **capturando tejido cerebral** en lugar de limitarse a las estructuras óseas, comprometiendo significativamente esa área, y afectado la utilidad de la imagen. En la **parte inferior**, **BET2** también presentó problemas, ya que **extrajo de manera incorrecta una pequeña porción del cerebro**, mientras que en los costados, tanto el cráneo como el cerebro quedaron intactos, sin ser procesados por el algoritmo.

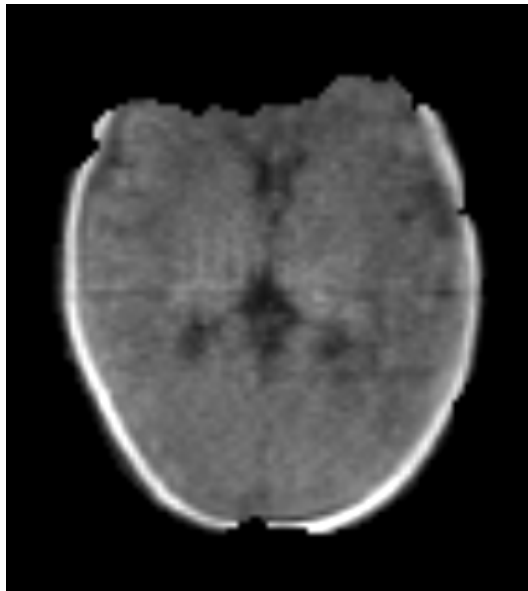
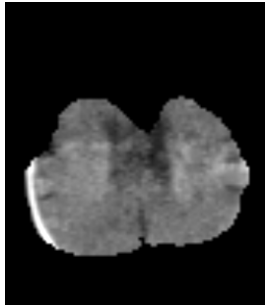


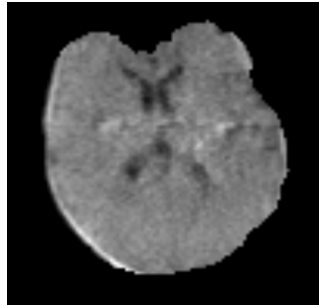
FIGURA 0.46: Resultado de **BET2** en imagen **T1** del **Paciente 056**

Estos resultados (**véase Figura 0.47**) demuestran que en este tipo de imáge-

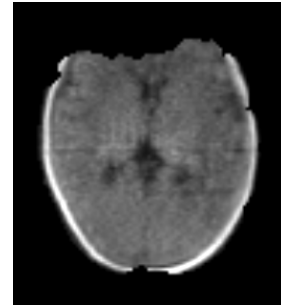
nes, donde el contraste es menor y el ruido es más predominante, sugiere que el umbral ajustado no fue lo suficientemente eficaz para lograr una extracción consistente en toda la imagen. Esto destaca la mejora en la parte superior, pero también subraya las limitaciones que aún persisten en las zonas de menor contraste.



(a) Secuencia **Pacien-**
te051



(b) Secuencia **Pacien-**
te054



(c) Secuencia **Pacien-**
te056

FIGURA 0.47: Secuencia de imágenes T1 procesadas por **BET2** con umbral **0.7**

0.0.3.10 Umbral de intensidad (0.7) T2

En la secuencia **T2** del **Paciente051** (véase **Figura 0.48**), se observa un **resultado insuficiente**, dejando **restos visibles** del cráneo en toda la imagen. A lo largo de la secuencia, el algoritmo no logro eliminar completamente las estructuras oseas, lo que resulto en una extracción incompleta y poco precisa.

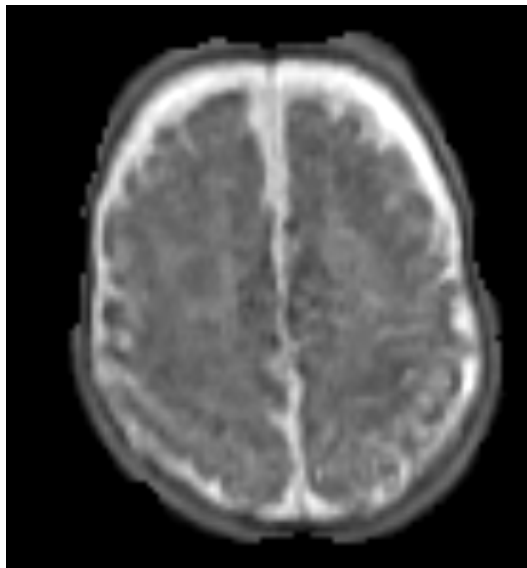


FIGURA 0.48: Resultado de **BET2** en imagen **T2** del **Paciente 051**

En la secuencia **T2** del **Paciente054**, la herramienta **BET2** dejó **visible completamente** la **estructura ósea** (véase **Figura 0.49**), **excepto en la zona inferior**

derecha, donde el algoritmo fue capaz de eliminar **una porción del cráneo**. En el resto de la imagen, las estructuras óseas **permanecieron intactas**, lo que indica que **BET2 no pudo diferenciar** adecuadamente entre el cerebro y el cráneo en la mayor parte de la secuencia.

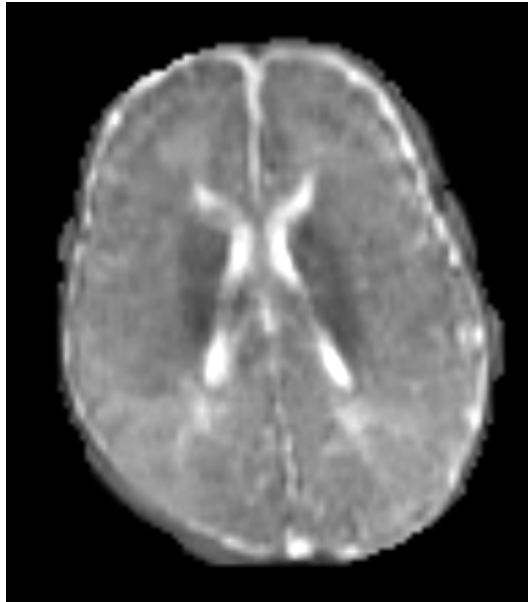


FIGURA 0.49: Resultado de **BET2** en imagen **T2** del **Paciente 054**

En la ultima imagen con **umbral de intensidad 0.7** correspondiente al **T2** del **Paciente056** (véase **Figura 0.50**), la herramienta **BET2** tuvo un mal desempeño, dejando el **cráneo completamente intacto**, excepto por una pequeña porción en la **zona inferior izquierda**, donde se logró una **extracción parcial**. En el resto de la imagen, el cráneo no fue eliminado de manera efectiva. Además, se observa que **partes no relacionadas con la cabeza** tampoco fueron **eliminadas adecuadamente**, lo que sugiere que el algoritmo no fue capaz de focalizarse exclusivamente en la **región cerebral**.

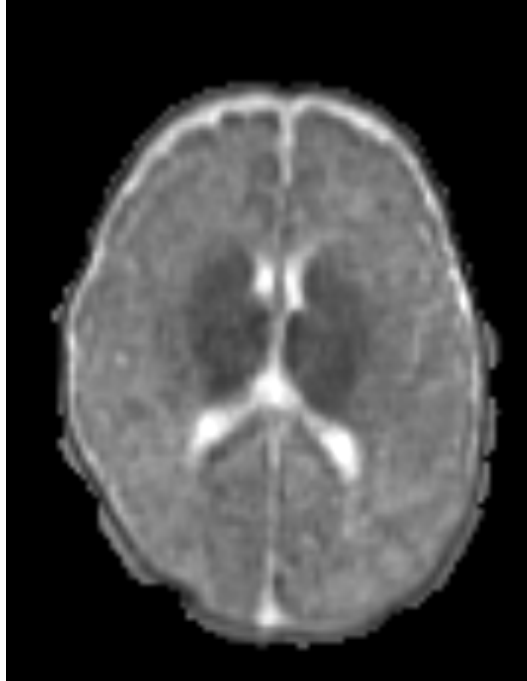
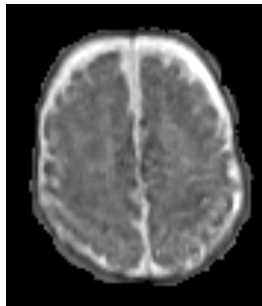
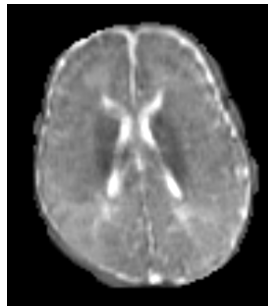


FIGURA 0.50: Resultado de **BET2** en imagen **T2** del **Paciente 056**

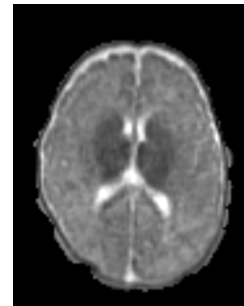
Estos resultados (véase **Figura 0.51**) refuerzan las limitaciones de **BET2** con **umbral de intensidad 0.7** al trabajar con imágenes de **RM T2** de bajo campo, donde las dificultades para distinguir entre el cráneo y las estructuras cerebrales son evidentes, afectando la precisión general de la segmentación.



(a) Secuencia **Pacien-**
te051



(b) Secuencia **Pacien-**
te054



(c) Secuencia **Pacien-**
te056

FIGURA 0.51: Secuencia de imágenes **T2** procesadas por **BET2** con umbral **0.7**

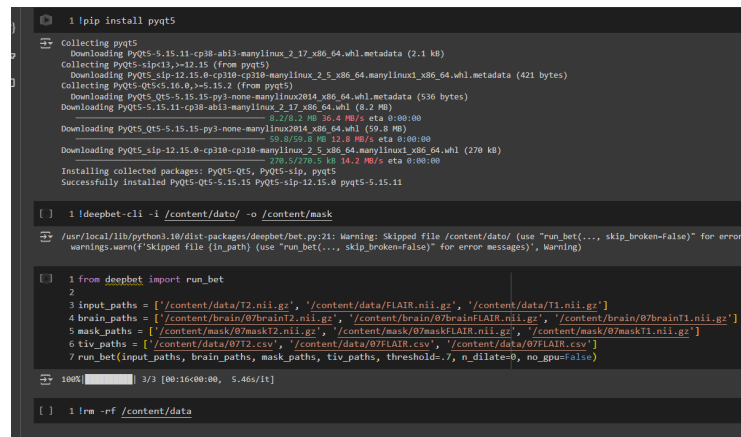
Si bien **BET2** es una herramienta automatizada ampliamente utilizada para la extracción del cerebro en imágenes de **RM** tradicionales. En este trabajo, se aplicó a imágenes de **RM de campo bajo**, lo que presentó desafíos significativos debido al menor contraste y mayor presencia de ruido característico de este tipo de imágenes.

0.0.3.11 Conclusión

En general, **BET2** mostró **limitaciones significativas al procesar imágenes de RM de campo bajo**. Aunque **tuvo éxito en algunas áreas**, principalmente en las **zonas superiores**, el algoritmo presentó **resultados inconsistentes y erróneos**, especialmente en las **zonas laterales e inferiores**. Esto resalta la necesidad del uso de **técnicas más avanzadas para mejorar la precisión de la segmentación en este tipo de imágenes**.

0.0.4 Aplicación del Método DEEPBET

En esta segunda técnica de extracción de cerebro, tenemos al primer método basado en redes neuronales y diseñado para trabajar con imágenes de **RM T1 de alto campo DEEPBET**, donde se evaluó su eficacia en imágenes **FLAIR, T1 y T2 de RM de bajo campo (véase Figura 0.52)**.



```
1 pip install pyqt5
Collecting pyqt5
  Downloading PyQT5-5.15.11-cp38-abi3-manylinux_2_17_x86_64.whl.metadata (2.1 kB)
  Collecting PyQT5-sip12, >=12.15 (from pyqt5)
  Downloading PyQT5-sip-12.15.0-cp310-cp310-manylinux_2_5_x86_64.whl.metadata (421 bytes)
  Collecting PyQT5-QT5.16.0, >=5.15.2 (from pyqt5)
  Downloading PyQT5-QT5-5.15.15-py3-none-manylinux2014_x86_64.whl.metadata (536 bytes)
  Downloading PyQT5-5.15.11-cp38-abi3-manylinux_2_17_x86_64.whl (8.2 MB)
    8.2/8.2 MB 36.4 MB/s eta 0:00:00
  Downloading PyQT5-QT5-5.15.15-py3-none-manylinux2014_x86_64.whl (59.8 MB)
    59.8/59.8 MB 12.8 MB/s eta 0:00:00
  Downloading PyQT5-sip-12.15.0-cp310-cp310-manylinux_2_5_x86_64.whl (270 kB)
    270.5/270.5 kB 14.2 MB/s eta 0:00:00
Installing collected packages: PyQT5-QT5, PyQT5-sip, pyqt5
Successfully installed PyQT5-QT5-5.15.15 PyQT5-sip-12.15.0 pyqt5-5.15.11

[ ] 1 deepbet -i /content/data/ -o /content/mask
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/deepbet/bet.py:21: Warning: Skipped file /content/data/ (use "run_bet(..., skip_broken=False)" for error messages)
warnings.warn(f'Skipped file {in_path} (use "run_bet(..., skip_broken=False)" for error messages)', Warning)

[ ] 1 from deepbet import run_bet
2
3 input_paths = ['/content/data/T2.nii.gz', '/content/data/FLAIR.nii.gz', '/content/data/T1.nii.gz']
4 brain_paths = ['/content/brain/07brainT2.nii.gz', '/content/brain/07brainFLAIR.nii.gz', '/content/brain/07brainT1.nii.gz']
5 mask_paths = ['/content/mask/07maskT2.nii.gz', '/content/mask/07maskFLAIR.nii.gz', '/content/mask/07maskT1.nii.gz']
6 tiv_paths = ['/content/data/07T2.csv', '/content/data/07FLAIR.csv', '/content/data/07FLAIR.csv']
7 run_bet(input_paths, brain_paths, mask_paths, tiv_paths, threshold=.7, n_dilate=0, no_gpu=False)

100% [ ] 3/3 [00:16:00:00, 5.46s/it]

[ ] 1 rm -rf /content/data
```

FIGURA 0.52: DEEPBET corriendo sobre PYTHON

0.0.4.1 Umbral de intensidad (0.5) FLAIR

En la primera prueba con el **umbral de intensidad 0.5** se procesó la secuencia del **paciente051 (véase Figura 0.53)** se observó una **correcta extracción del cráneo** en la mayor parte del cerebro. **La segmentación fue precisa**, especialmente en la **zona superior**, donde la extracción se ve **más pulida y detallada**. Esta región muestra una clara separación entre el cráneo y el tejido cerebral, aunque se puede mencionar que en la **zona inferior**, se mostro un rendimiento ligeramente inferior.



FIGURA 0.53: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **FLAIR** del **Paciente 051**

En la secuencia del **paciente054** (véase **Figura 0.54**) se observó una **extracción correcta** en la **zona superior** de la imagen. En esta región, se logró una **extracción precisa** del cráneo **excepto por una pequeña parte** en la zona mas alta del cerebro. Sin embargo, en la **zona inferior**, especialmente en la **zona inferior izquierda**, se evidenciaron dificultades. Con áreas donde **el cráneo no fue completamente eliminado** o donde las **fronteras entre el cráneo y el cerebro** no quedaron bien definidas.



FIGURA 0.54: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **FLAIR** del **Paciente 054**

Siguiendo con la secuencia **FLAIR** del **Paciente056** (véase **Figura 0.55**), a pesar de tratarse de una **imagen de muy baja calidad**, se logró una extracción **casi perfecta**. **La mayor parte del cráneo fue correctamente extraída**. Lo que indica que el algoritmo fue capaz de manejar de manera efectiva **las limitaciones de contraste y ruido**. Sin embargo, algunas áreas **necesitan mayor refinamiento**, particularmente en la **zona superior izquierda y en la zona inferior**.

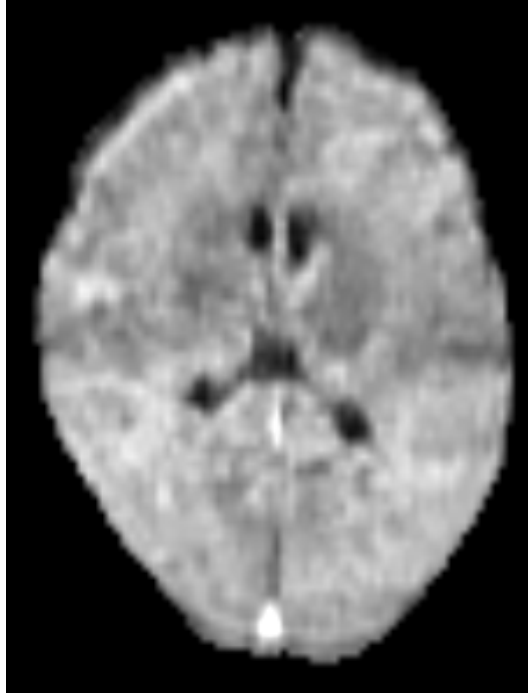


FIGURA 0.55: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **FLAIR** del **Paciente 056**

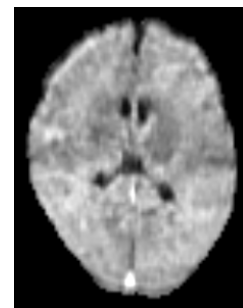
Con estos resultados (**véase Figura 0.56**) podemos resumir que, un umbral de intensidad 0.5 demostró ser eficaz en la extracción cerebral en la mayoría de los casos, logrando una extracción precisa del cráneo en las regiones superiores. Sin embargo, aún presenta desafíos en las áreas de menor contraste, especialmente en las zonas inferiores



(a) Secuencia **Pacien-**
te051



(b) Secuencia **Pacien-**
te054



(c) Secuencia **Pacien-**
te056

FIGURA 0.56: Secuencia de imágenes **FLAIR** procesadas por **DEEPBET** con umbral **0.5**

0.0.4.2 Umbral de intensidad (0.5) T1

En el experimento con la secuencia T1 del paciente051 (**véase Figura 0.57**) se observa una **extracción correcta** del cráneo, aunque **no tan pulidas**. La calidad

en general fue **razonablemente buena**, considerando que la imagen presentaba una **muy baja calidad y un contraste limitado**. Si bien el resultado fue **efectivo** en gran parte, en algunas zonas se podría **mejorar la precisión de la extracción**, especialmente en los bordes donde el **contraste entre el cerebro y el cráneo es más sutil**.

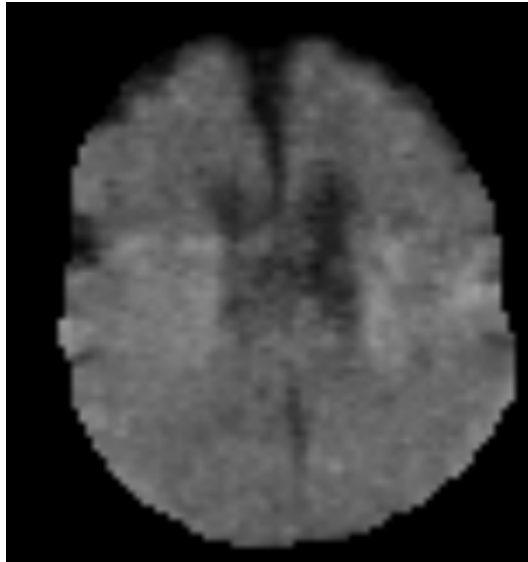


FIGURA 0.57: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia **T1** del **Paciente054** procesada (véase **Figura 0.58**), se observó un **mal desempeño general**, aunque la **zona superior** mostró un **buen** rendimiento en la extracción del cráneo, en la **zona inferior**, especialmente en la **zona inferior izquierda** y en una sección de la **zona lateral derecha**, el método presentó **problemas significativos**. Estas áreas mostraron una **extracción incompleta o incorrecta**.

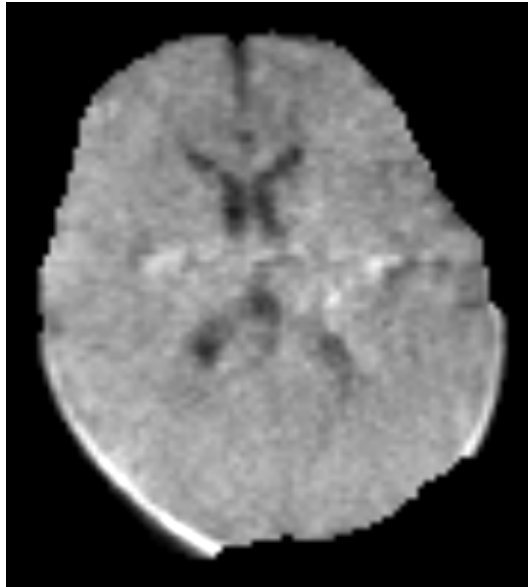


FIGURA 0.58: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 054**

Continuando con la secuencia **T1** del **Paciente056** (véase **Figura 0.59**), se observó una **extracción correcta** del cráneo en términos generales. El algoritmo logró **extraer eficazmente** la mayor parte del cerebro, **distinguiendo adecuadamente el cerebro de las estructuras óseas**. Sin embargo, aunque el resultado fue satisfactorio, se nota que la **extracción podría ser más pulida**, especialmente en los bordes y zonas de menor contraste.

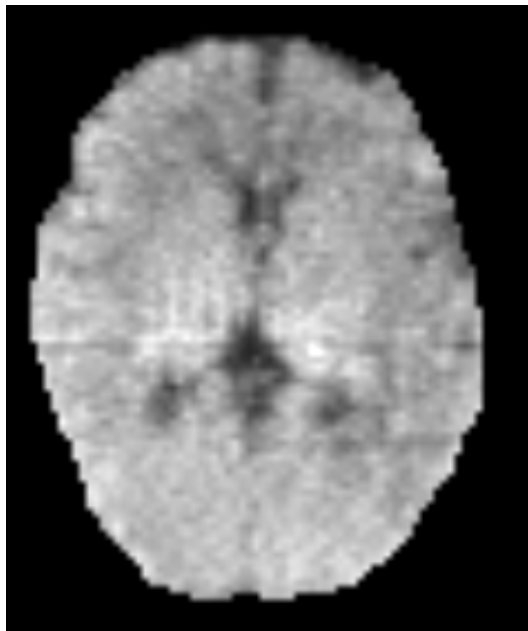


FIGURA 0.59: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 056**

En las secuencias **T1** procesadas con **umbral de intensidad 0.5**, los resultados fueron variados (**véase Figura 0.60**). En algunas zonas el desempeño fue más **inconsistente**, con un **buen resultado en la parte superior**, Aunque **con algunos detalles** que podrían mejorarse para obtener una **extracción más precisa** y con **problemas significativos en las zonas inferiores y laterales**.

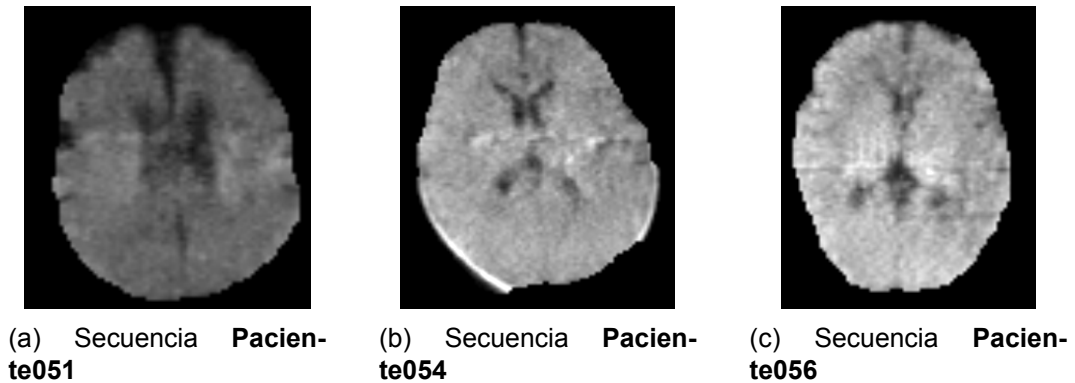


FIGURA 0.60: Secuencia de imágenes **T1** procesadas por **DEEPBET** con umbral **0.5**

0.0.4.3 Umbral de intensidad (0.5) T2

En la primera secuencia **T2** correspondiente al **paciente051** (**véase Figura 0.61**), se observó una **extracción inconsistente e irregular**. En la **zona superior derecha no logró extraer correctamente el cráneo**, dejando partes de las estructuras óseas sin extraer. Por otro lado, en la **zona inferior derecha**, el algoritmo **extrajo de más, afectando el tejido cerebral** y extrayendo áreas que **no debían ser eliminadas**.

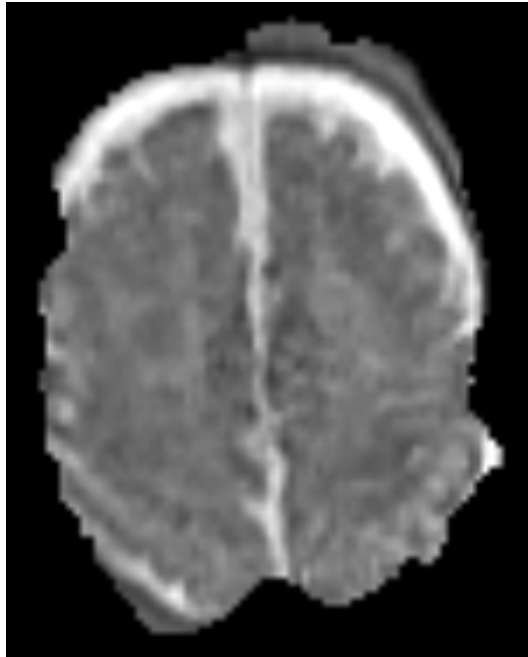


FIGURA 0.61: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T2** del **Paciente 056**

En la secuencia del **paciente054** (véase **Figura 0.62**), se observó una **extracción incompleta**. Algunas áreas, como la **zona superior derecha y la inferior izquierda**, quedaron **intactas**, con el cráneo sin ser extraído. En la **zona lateral izquierda**, se apreció un **trabajo parcial**, con una **extracción que no fue completa** pero que eliminó parte del cráneo.

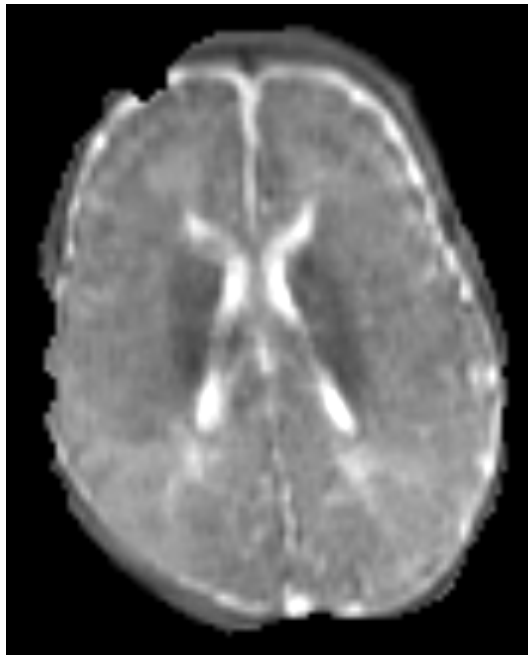


FIGURA 0.62: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T2** del **Paciente 054**

En la ultima secuencia con **umbral de intensidad 0.5**, se procesó el que corresponde al **paciente056 (véase Figura 0.63)**. El resultado fue **generalmente deficiente**. Zonas como la **inferior derecha y la superior quedaron intactas**, sin que el algoritmo lograra extraer correctamente el cráneo en estas áreas. En otras regiones, donde sí hubo extracción, las extracciones **fueron incompletas, dejando bordes imprecisos y estructuras óseas parcialmente eliminadas**.

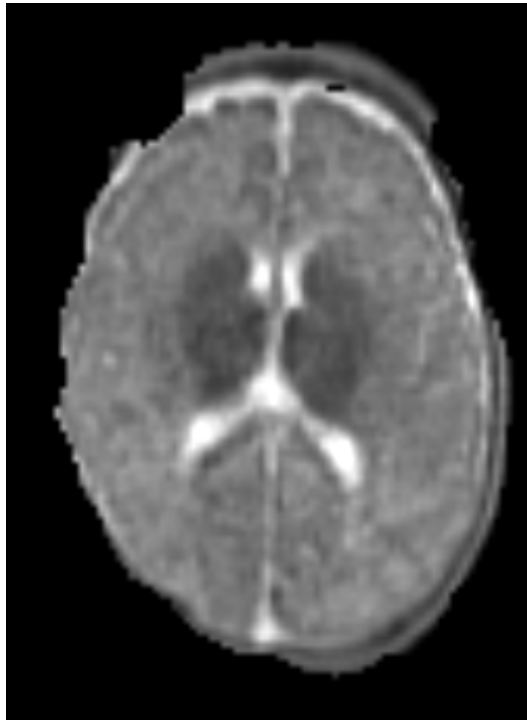


FIGURA 0.63: Resultado de **DEEPBET** en imagen **T2** del **Paciente 056**

En las secuencias **T2** procesadas, el rendimiento fue **inconsistente**. Si bien el algoritmo logró algunas **extracciones parciales**, en general **mostró dificultades para extraer correctamente las imágenes de RM de bajo campo**, lo que resultó en extracciones irregulares. **DEEPBET** tuvo problemas para manejar las variaciones de contraste y la baja calidad de las imágenes **T2**, lo que afectó su capacidad para ofrecer una extracción uniforme y precisa.

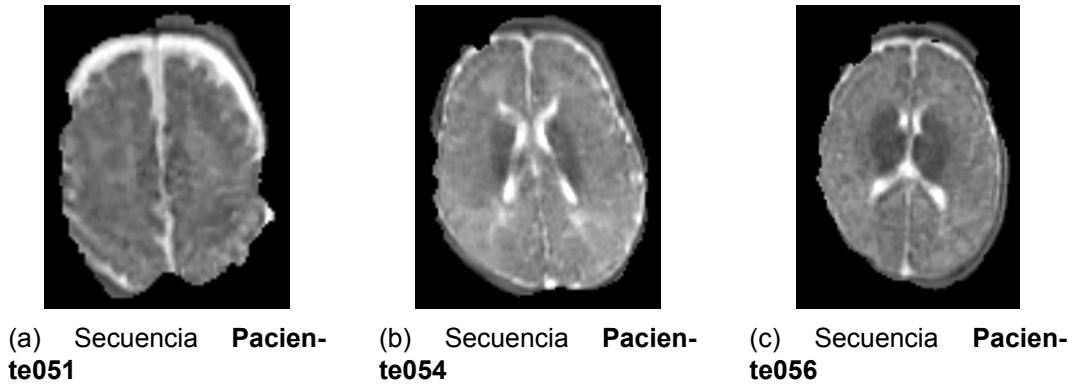


FIGURA 0.64: Secuencia de imágenes **T1** procesadas por **DEEBET** con umbral **0.5**

0.0.4.4 Umbral de intensidad (0.6) FLAIR

En la primera secuencia del umbral de intensidad 0.6 correspondiente al **paciente056** (véase **Figura 0.65**) podemos ver que, se logró una **extracción casi perfecta del cráneo**. Se logro extraer con gran precisión la mayor parte de la imagen. aunque se observó una **minúscula porción en la zona inferior** donde sería necesario un **ajuste más fino** para obtener una extracción completamente precisa en esa región. A pesar de este pequeño detalle, el resultado general fue **muy positivo**, con una extracción precisa en casi toda la imagen.

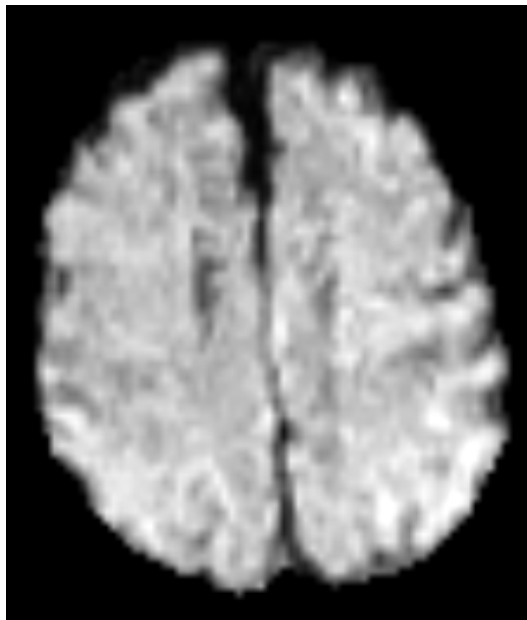


FIGURA 0.65: Resultado de **DEEBET** en imagen **FLAIR** del **Paciente 051**

Continuando con la secuencia del **paciente054** (véase **Figura 0.66**) podemos ver que, el resultado fue **dispar**. En la **zona superior**, se logró una **extracción correcta**, extrayendo el cráneo de **manera precisa** y mostrando una buena **dife-**

renciación entre las estructuras cerebrales y óseas. Sin embargo, en la **zona inferior izquierda**, se observó un **bajo rendimiento**, con una **extracción incompleta** y menos precisa.



FIGURA 0.66: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **FLAIR** del **Paciente 054**

En la secuencia **FLAIR** del **Paciente056** (véase **Figura 0.66**), procesada con un **umbral de intensidad 0.6**, se observó una **buena extracción en general**. se logró **extraer correctamente la mayor parte del cráneo**, ofreciendo un **resultado preciso y consistente** en la mayoría de las regiones. Sin embargo, se identificaron pequeñas áreas que requerirían un **pulido adicional**, especialmente en la **zona inferior**. A pesar de estos detalles menores, el **rendimiento general fue satisfactorio**.

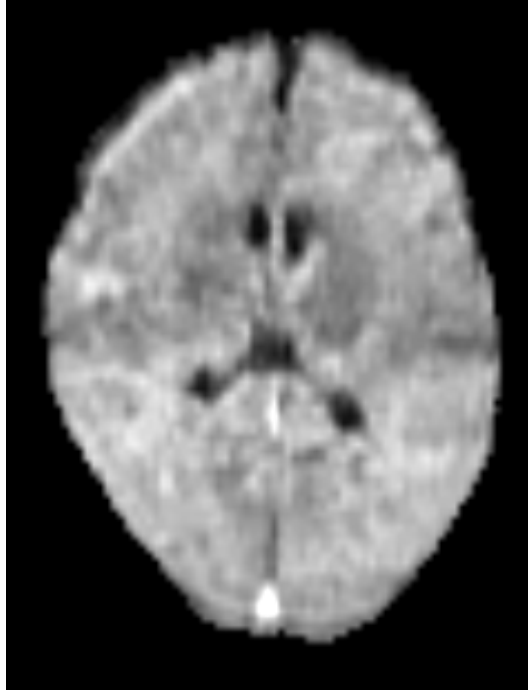
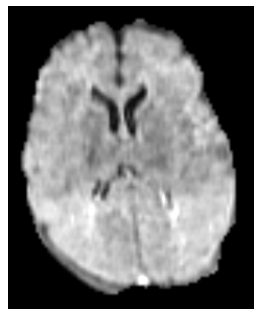


FIGURA 0.67: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **FLAIR** del **Paciente 056**

En las secuencias **FLAIR** procesadas con **umbral de intensidad 0.6**, se observó un **rendimiento mayoritariamente positivo**. La **extracción fue precisa en la mayoría de las imágenes**, logrando una **extracción casi perfecta del cráneo** en muchas regiones. Las **áreas superiores mostraron una buena definición**, mientras que en algunos casos, como en las **zonas inferiores**, hubo **pequeñas porciones que necesitarían un ajuste más fino** para mejorar la precisión.



(a) Secuencia **Pacien-**
te051



(b) Secuencia **Pacien-**
te054



(c) Secuencia **Pacien-**
te056

FIGURA 0.68: Secuencia de imágenes **FLAIR** procesadas por **DEEPBET** con umbral **0.6**

0.0.4.5 Umbral de intensidad (0.6) T1

En la secuencia **T1** del **Paciente051** (véase **Figura 0.69**), se observó una **extracción correcta en toda la imagen**. El algoritmo **extrajo de manera precisa las estructuras óseas**, logrando una **clara diferenciación entre el cráneo y el cerebro**. Aunque en algunas áreas podría beneficiarse de un **ajuste más fino**, el **resultado global fue prácticamente perfecto**, con una segmentación uniforme y consistente en toda la imagen.

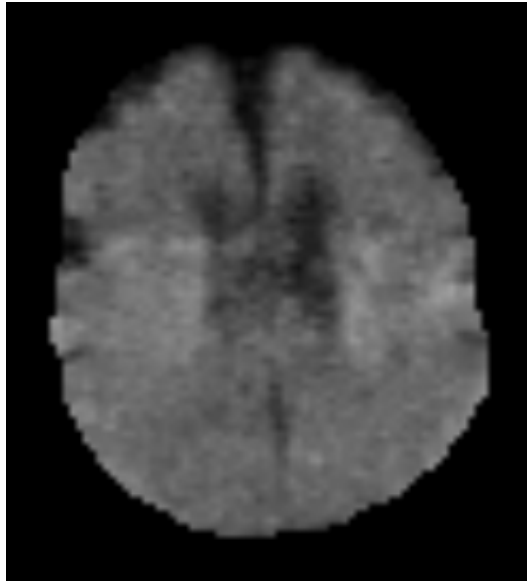


FIGURA 0.69: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia del **Paciente054** (véase **Figura 0.70**) procesada con **DEEBET**, se logró una **extracción correcta en la zona superior**, donde el algoritmo **extrajo el cráneo de manera precisa**. Sin embargo, en la **zona inferior**, el rendimiento **fue menos efectivo**, con **dificultades notables**. **La zona inferior izquierda y la zona lateral derecha quedaron intactas**. esto sugiere que, aunque la parte superior fue bien procesada, las regiones inferiores aún presentan desafíos en la extracción de imágenes de RM de bajo campo.

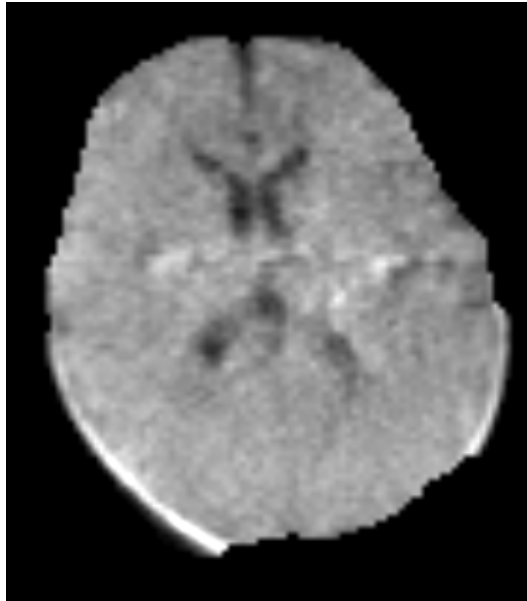


FIGURA 0.70: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 054**

La ultima secuencia procesada con **umbral de intensidad 0.6** fue la del **Paciente 056** (véase **Figura 0.71**), se observó un **resultado correcto en la zona superior**, con una **extracción precisa del cráneo**. En la **zona inferior**, el resultado fue **casi perfecto**, aunque sería necesario realizar un **ajuste fino para mejorar la precisión en esa área**. En general, la extracción fue **altamente satisfactoria**, con solo **pequeños detalles por pulir en la parte inferior** para lograr un resultado completamente óptimo.

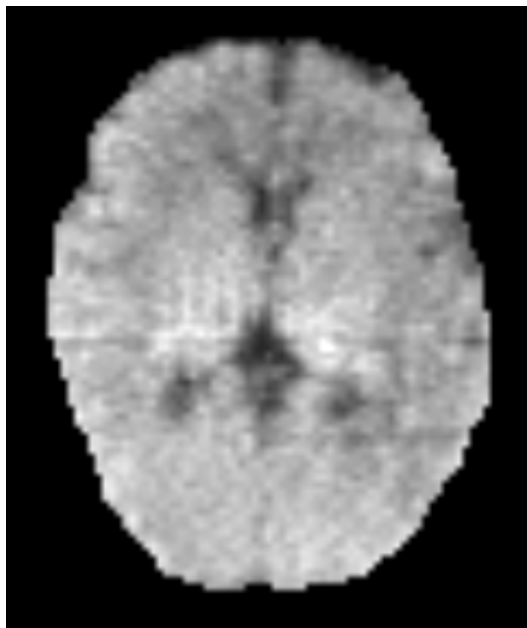


FIGURA 0.71: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 056**

En las secuencias **T1** procesadas con un **umbral de intensidad 0.6** (véase **Figura 0.72**), se obtuvo un **buen rendimiento general** en la extracción del cerebro. En la **mayoría de las imágenes**, el algoritmo logró una **extracción correcta**, especialmente en las **zonas superiores**, donde la extracción fue **precisa y consistente**. Sin embargo, en **algunas zonas inferiores y laterales**, se observó la necesidad de realizar **ajustes más finos para mejorar la precisión**, ya que algunas áreas quedaron **intactas** o con **extracción incompleta**.

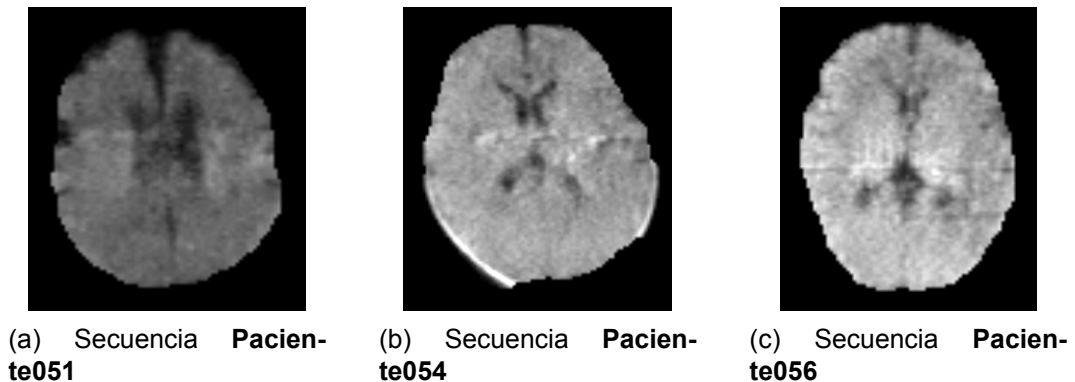


FIGURA 0.72: Secuencia de imágenes **T1** procesadas por **DEEPBET** con umbral **0.6**

0.0.4.6 Umbral de intensidad (0.6) T2

Por ultimo se procesaron las imágenes **T2** con **umbral de intensidad 0.6**. La del **paciente051** (véase **Figura 0.73**) donde el **rendimiento fue pobre**. El algoritmo presentó **complicaciones en casi toda la imagen**, con **dificultades para extraer correctamente las estructuras óseas**. La **única excepción fue una pequeña porción en la zona superior izquierda**, donde se logró una **extracción adecuada del cráneo**. Sin embargo, **el resto de la imagen mostró una segmentación incompleta o incorrecta**.

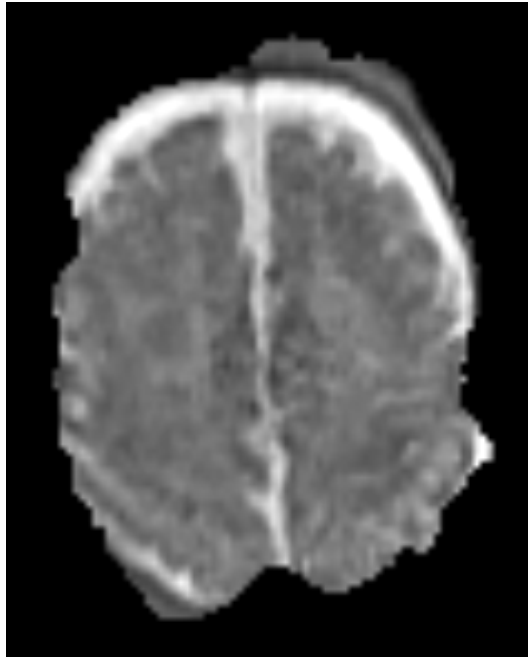


FIGURA 0.73: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T2** del **Paciente 051**

seguidamente se proceso la imagen correspondiente a la del paciente054 (**véase Figura 0.74**), donde el **rendimiento fue deficiente en toda la imagen**. El algoritmo tuvo **complicaciones significativas** y no pudo **extraer correctamente el cráneo en ninguna zona de la secuencia**.

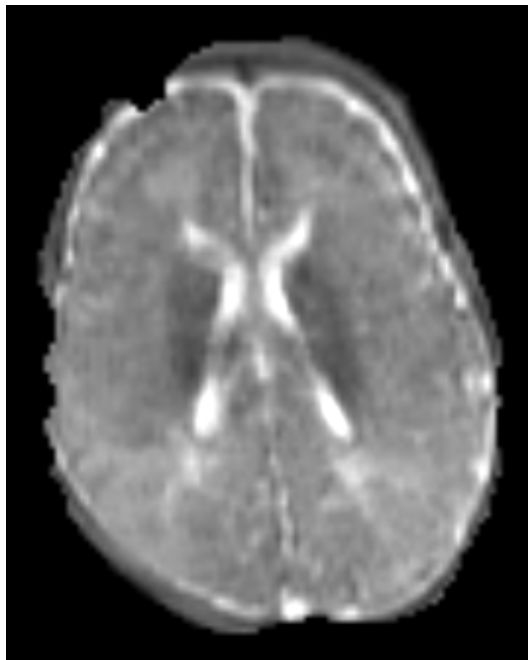


FIGURA 0.74: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T2** del **Paciente 054**

Por ultimo se proceso la correspondiente al **paciente056** (véase **Figura 0.75**), donde se observaron **complicaciones en la extracción del cráneo en la mayor parte de la imagen**. La **única excepción fue la zona lateral derecha**, donde se logró una **segmentación más efectiva**. Sin embargo, incluso en esta región, sería necesario realizar **ajustes adicionales para mejorar la precisión**.

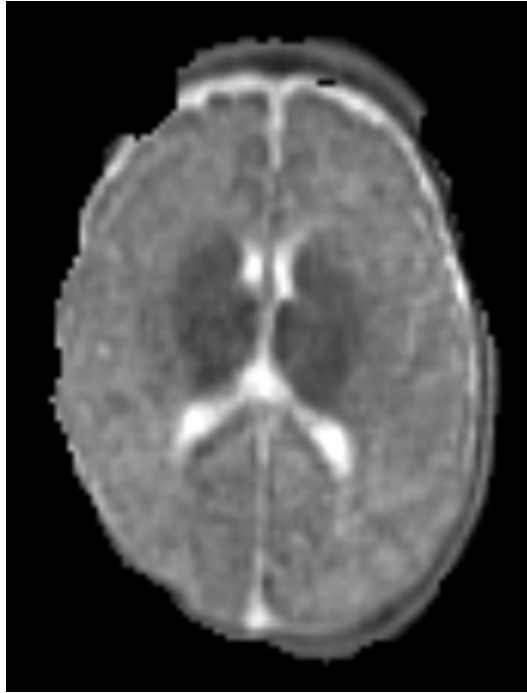
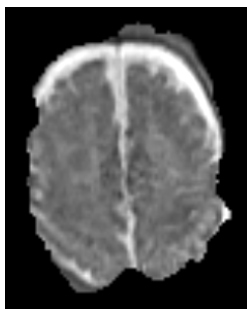
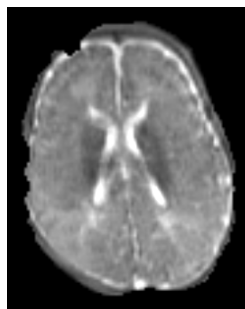


FIGURA 0.75: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T2** del **Paciente 056**

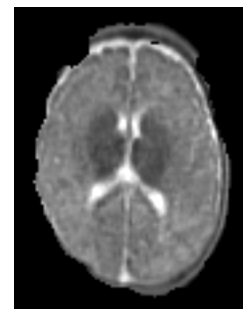
En las secuencias **T2** procesadas con **umbral de intensidad 0.6**, los resultados fueron **poco consistentes**. En general, el algoritmo presentó **complicaciones significativas en la extracción del cráneo**, mostrando **dificultades para manejar el bajo contraste y el ruido** característicos de las imágenes T2 de bajo campo.



(a) Secuencia **Pacien-
te051**



(b) Secuencia **Pacien-
te054**



(c) Secuencia **Pacien-
te056**

FIGURA 0.76: Secuencia de imágenes **T2** procesadas por **DEEPBET** con umbral **0.6**

0.0.4.7 Umbral de intensidad (0.7) FLAIR

Para terminar con **DEEBET** se procesaron las secuencias con **umbral de intensidad 0.7**. Primeramente con imágenes **FLAIR** del **paciente051** (véase **Figura 0.77**). se observó una **extracción perfecta**. La segmentación fue **bien pulida en la zona superior**, con una **clara y precisa delimitación del cráneo**. En la **zona inferior**, aunque el resultado fue en general muy bueno, se identificó una **pequeña parte que podría mejorarse con un ajuste más fino** para alcanzar una extracción completamente precisa.

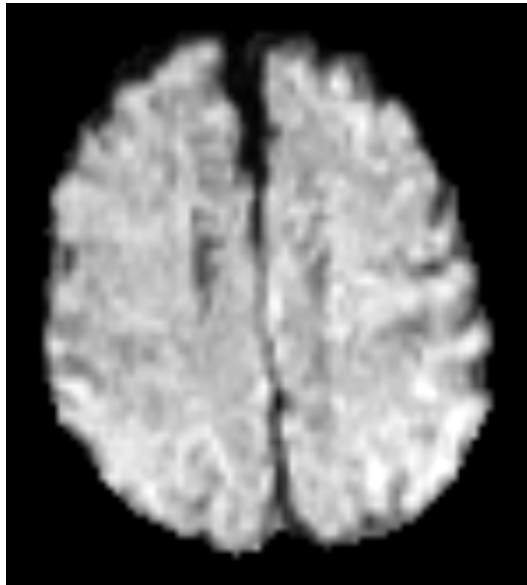


FIGURA 0.77: Resultado de **DEEBET** en imagen **FLAIR** del **Paciente 051**

Seguidamente se proceso la secuencia del **paciente054** (véase **Figura 0.78**), se observó una **extracción correcta en la zona superior**, con una delimitación bien precisa del cráneo. Sin embargo, se identificaron **problemas en la zona inferior derecha**, donde la **extracción fue incompleta**, y una **extracción nula en la zona inferior izquierda**, donde el cráneo permaneció intacto.

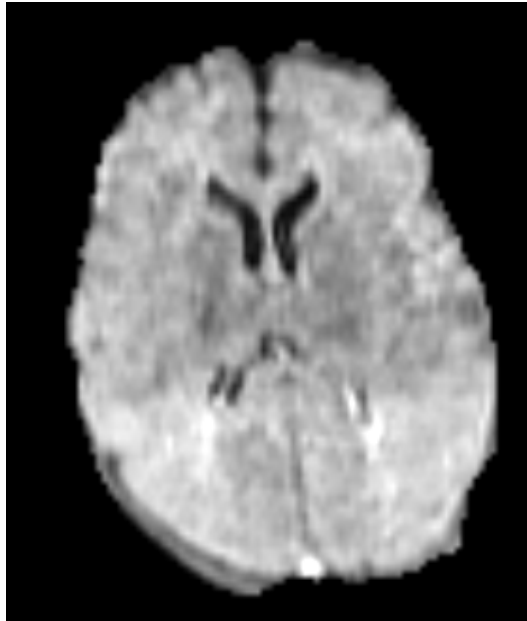


FIGURA 0.78: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **FLAIR** del **Paciente 054**

En la secuencia **FLAIR** del **Paciente056** (véase **Figura 0.79**), procesada con un **umbral de intensidad de 0.7**, se logró una **extracción correcta tanto en la zona superior como en la zona inferior**. La extracción fue precisa y efectiva en la mayor parte de la imagen. Aunque, **la zona inferior** podría beneficiarse de un **ajuste más fino** para hacer la extracción más pulida.

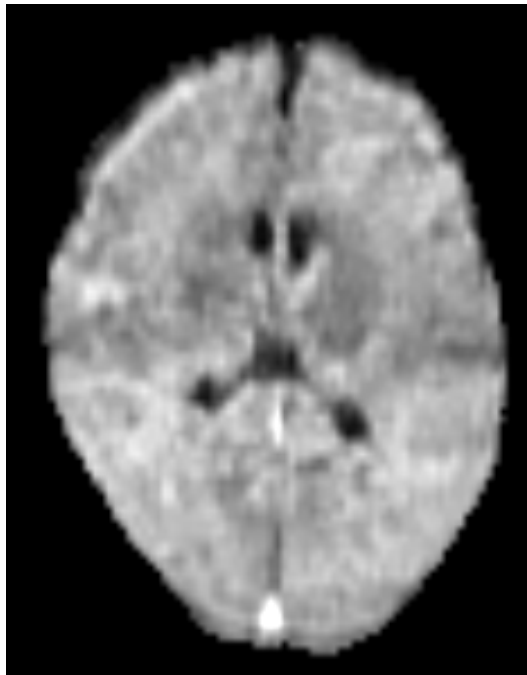


FIGURA 0.79: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **FLAIR** del **Paciente 056**

En este primer experimento con el **umbral de intensidad 0.7** (véase **Figura 0.80**) en imágenes **FLAIR**, se obtuvo un **rendimiento generalmente positivo**. Las **zonas superiores mostraron una extracción precisa** en la mayoría de los casos, con delimitaciones bien definidas del cráneo. Sin embargo, en las **zonas inferiores**, se observaron algunos **problemas menores y graves**.

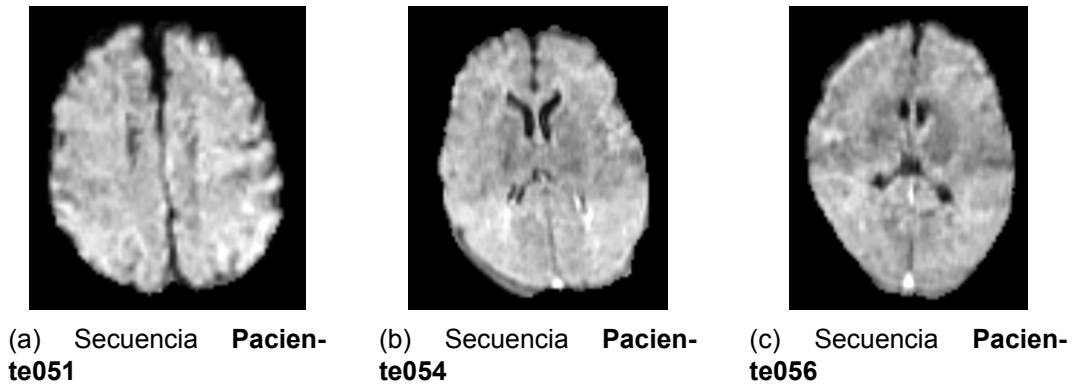


FIGURA 0.80: Secuencia de imágenes **FLAIR** procesadas por **DEEPBET** con umbral **0.7**

0.0.4.8 Umbral de intensidad (0.7) T1

En la primera secuencia **T1** correspondiente al **paciente051** (véase **Figura 0.81**), se observó una **extracción prácticamente perfecta del cráneo**. Fue **precisa en toda la imagen**, logrando una **clara diferenciación entre el cerebro y las estructuras óseas**. Sin embargo, para alcanzar un **resultado completamente óptimo**, sería necesario realizar un **ajuste fino en toda la imagen**, afinando algunos detalles menores para mejorar aún más la precisión.

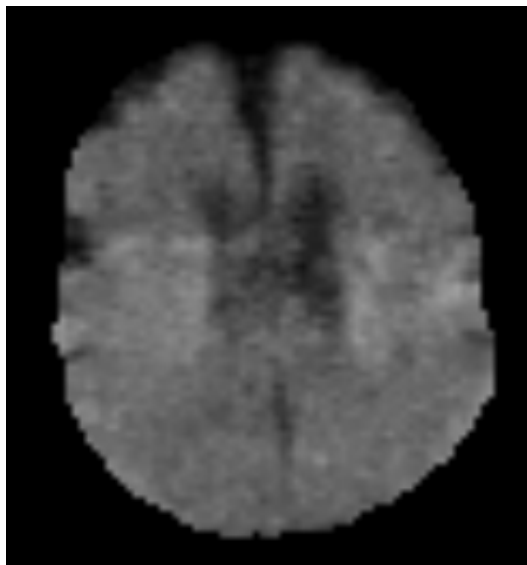


FIGURA 0.81: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 051**

Seguidamente se procesó la secuencia del **paciente054** (véase **Figura 0.82**), se logró una **correcta extracción en la zona superior**, con una **segmentación precisa del cráneo en esa región**. Sin embargo, en la **zona inferior**, la **extracción fue incompleta**, con **dificultades más notables en la zona inferior izquierda**, donde el algoritmo tuvo los mayores problemas para extraer correctamente.

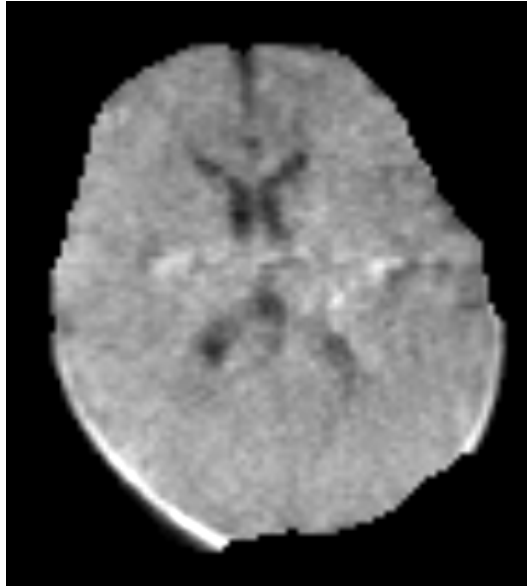


FIGURA 0.82: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 054**

En la secuencia **T1** del **paciente056** (véase **Figura 0.83**), se logró una **segmentación prácticamente perfecta**. El cráneo fue **correctamente extraído en toda la imagen**, con una **clara distinción entre el cerebro y las estructuras óseas**. No obstante, un **ajuste fino en toda la imagen mejoraría aún más la precisión** de la segmentación, optimizando pequeños detalles para obtener un resultado completamente pulido.

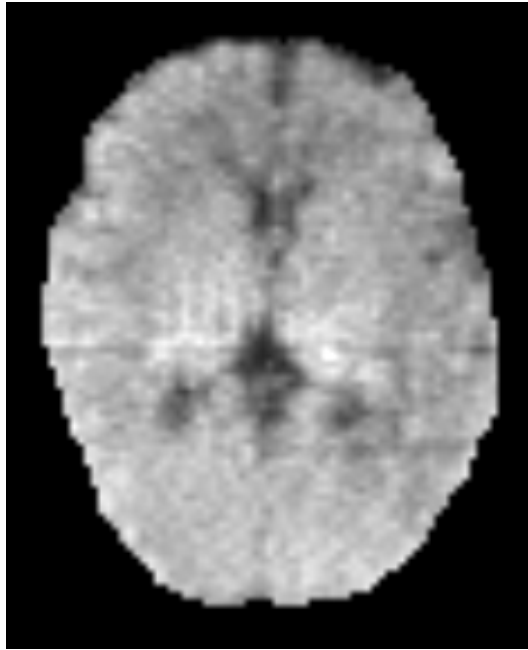
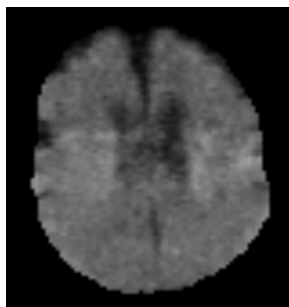
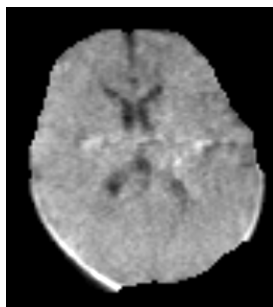


FIGURA 0.83: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 056**

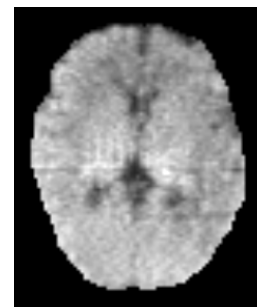
En las secuencias **T1** procesadas utilizando un **umbral de intensidad 0.7** (véase **Figura 0.84**), se obtuvieron **resultados generalmente buenos**. En la mayoría de los casos, **las zonas superiores mostraron una extracción precisa**, con una segmentación clara del cráneo. Sin embargo, en algunas secuencias, como las del **Paciente054**(véase **Figura 0.84b**), la zona inferior presentó dificultades, con extracciones incompletas, especialmente en áreas como la inferior izquierda.



(a) Secuencia **Pacien-
te051**



(b) Secuencia **Pacien-
te054**



(c) Secuencia **Pacien-
te056**

FIGURA 0.84: Secuencia de imágenes **T1** procesadas por **DEEPBET** con umbral **0.7**

0.0.4.9 Umbral de intensidad (0.7) T2

Por ultimo tenemos las imágenes **T2** (véase **Figura 0.85**), donde se proceso primeramente la correspondiente al **paciente051**, donde se observó una **extracción deficiente**. El algoritmo presentó **problemas en casi toda la imagen**, logrando

únicamente **una pequeña extracción correcta en la zona superior izquierda**. El resto de la imagen mostró una **segmentación incompleta o directamente nula** en algunas partes.

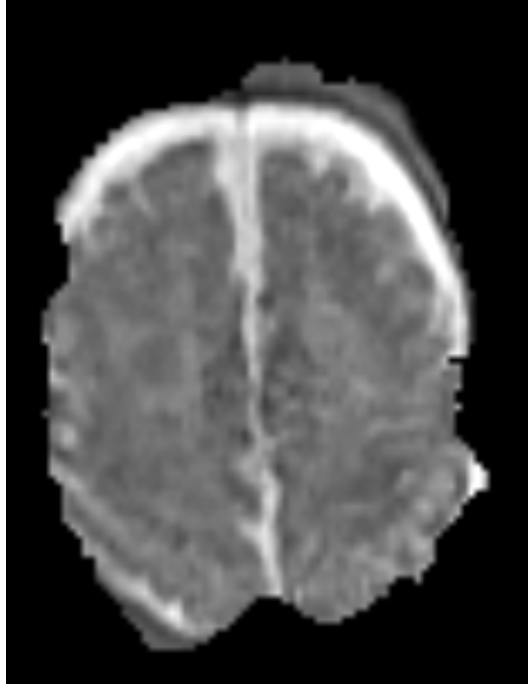


FIGURA 0.85: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia **T2** del **Paciente054** (véase **Figura 0.86**), se observaron problemas en **toda la imagen, sin lograr resultados satisfactorios**. El algoritmo tuvo dificultades significativas, lo que resultó en una **segmentación deficiente**. Ninguna zona de la imagen fue correctamente segmentada, reflejando que **DEEPBET no pudo manejar adecuadamente la imagen en términos de contraste y ruido**. Como consecuencia, no se obtuvieron buenos resultados en esta secuencia.

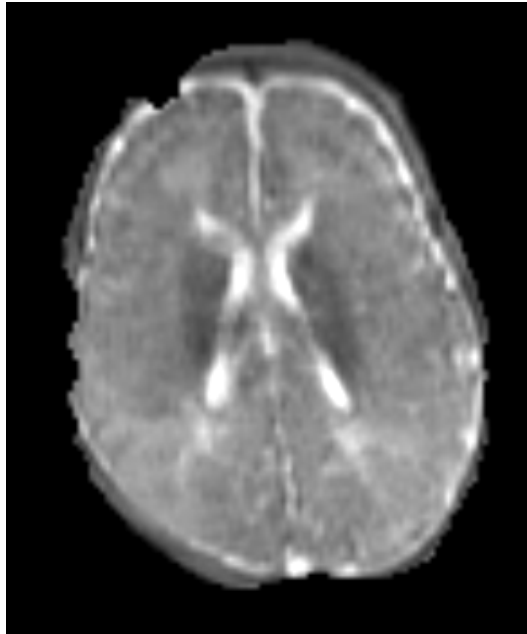


FIGURA 0.86: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 054**

En la secuencia **T2** del **Paciente056** (véase **Figura 0.87**), se observaron **problemas en la zona superior y en la zona inferior derecha**. Estas áreas mostraron una **segmentación incompleta o ineficaz**, lo que afectó la calidad general del resultado. En conjunto, la segmentación no fue buena..

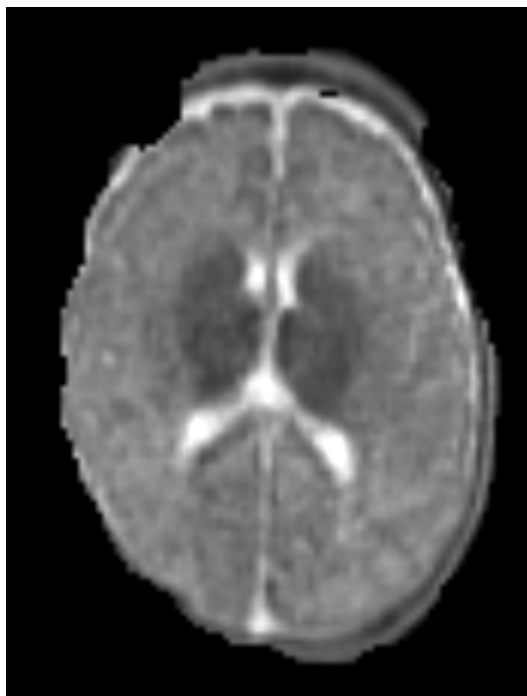


FIGURA 0.87: Resultado de **DEEPBEET** en imagen **T1** del **Paciente 056**

En las secuencias **T2** procesadas con **DEEBET** utilizando un **umbral de intensidad 0.7** (véase Figura 0.88), los resultados fueron desiguales y en general **poco satisfactorios**. En la mayoría de los casos se observaron problemas en toda la imagen, con **segmentaciones incompletas o nulas en muchas zonas**. Solo pequeñas partes mostraron resultados aceptables.

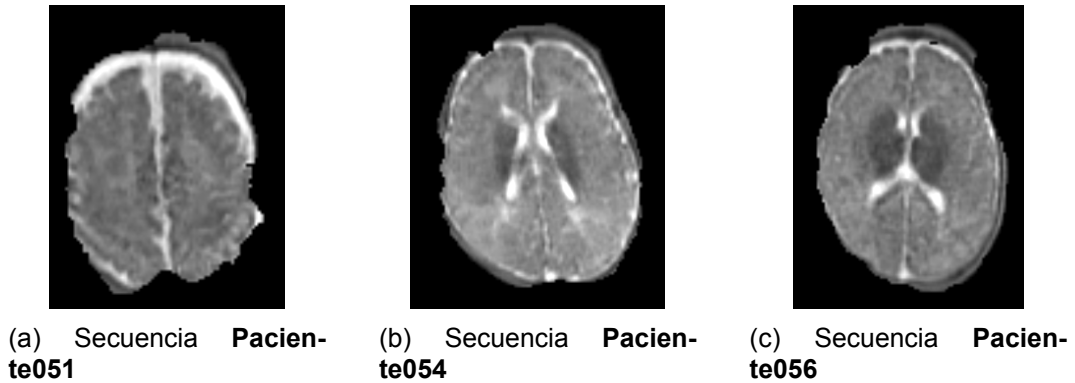


FIGURA 0.88: Secuencia de imágenes **T2** procesadas por **DEEBET** con umbral **0.7**

0.0.4.10 Resultados en imágenes FLAIR

En las imágenes **FLAIR** procesadas con **DEEBET**, mostraron una mejora progresiva en la segmentación del cráneo. se logró una segmentación más precisa y consistente, aunque aún se presentaron algunas dificultades en las zonas inferiores. En general, el incremento del umbral mejoró la calidad y precisión de la segmentación en las imágenes **FLAIR**.(véase Figura 0.89)

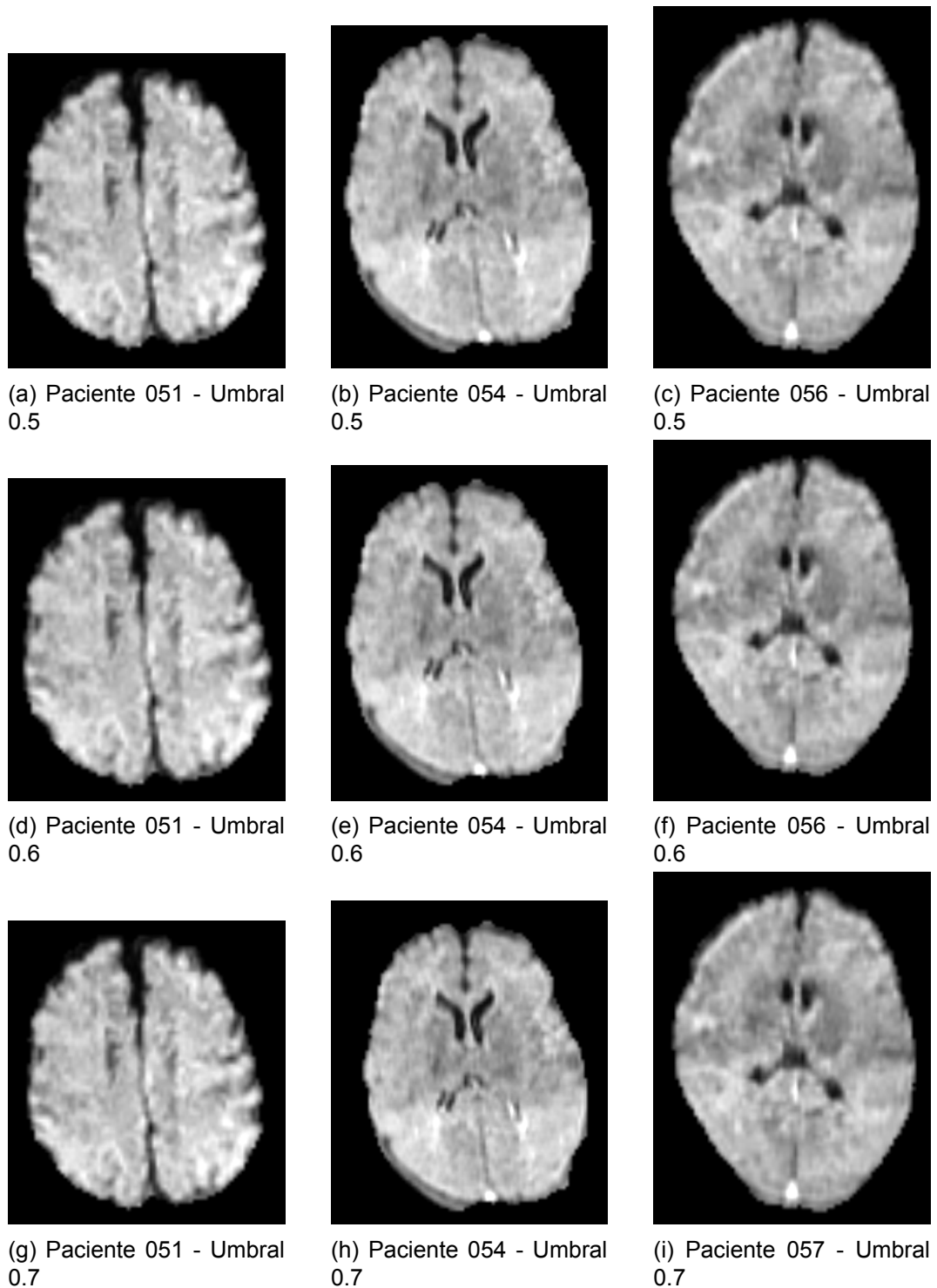


FIGURA 0.89: Resultado del experimento con **DEEPBET** en imágenes **FLAIR**.

0.0.4.11 Resultados en imágenes T1

En las imágenes **T1** procesadas con **DEEPBET** (véase **Figura 0.90**), se observó una correcta segmentación en las secuencia del **paciente051** y la del **pa-**

ciente056, en las correspondientes al paciente054, se observaron problemas en la **zona inferior izquierda y lateral derecha** con todos los umbrales de intensidad.

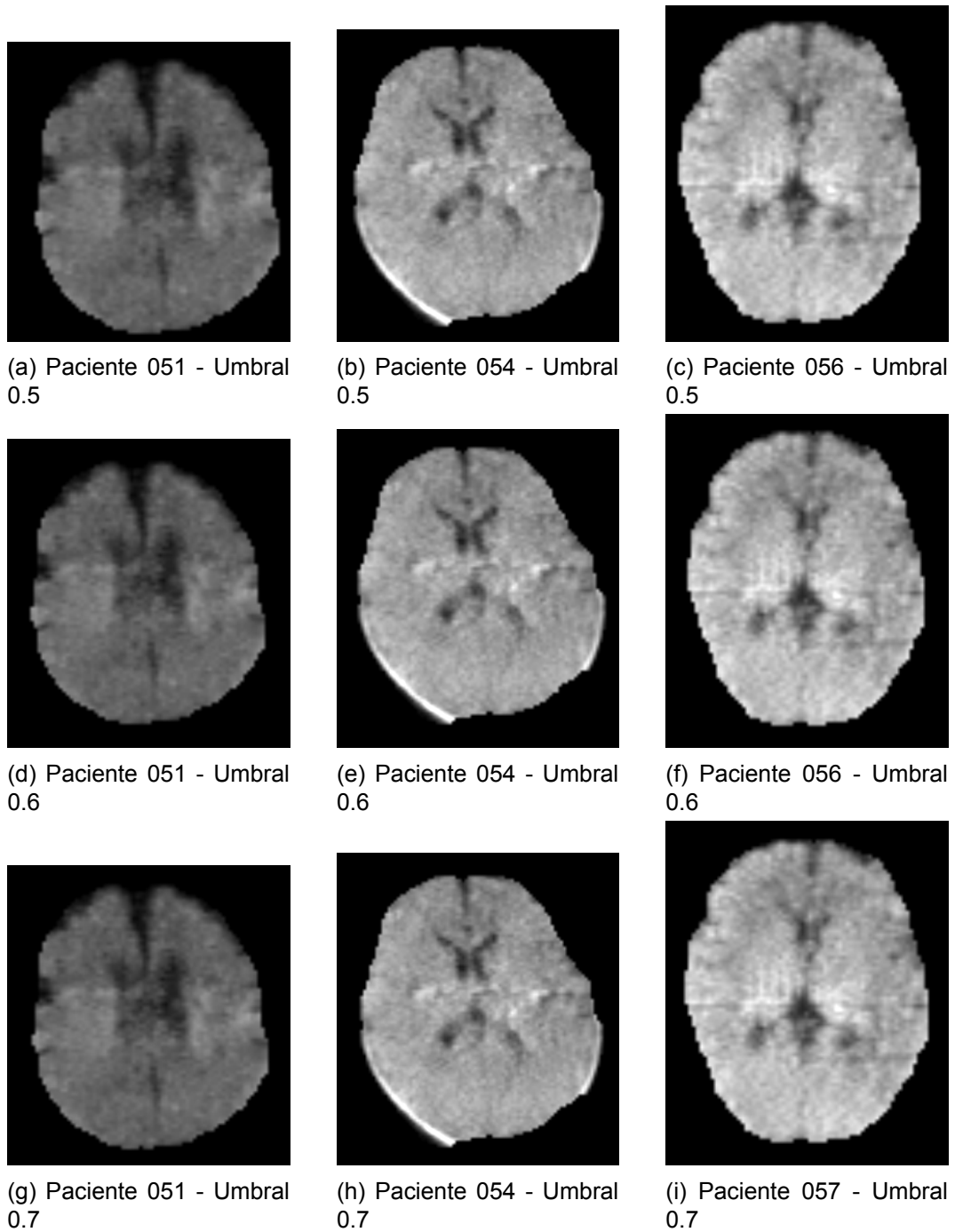
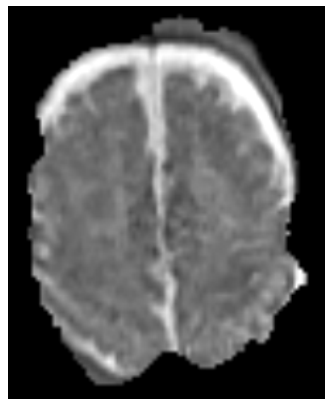


FIGURA 0.90: Resultado del experimento con **DEEPBET** en imágenes **T1**.

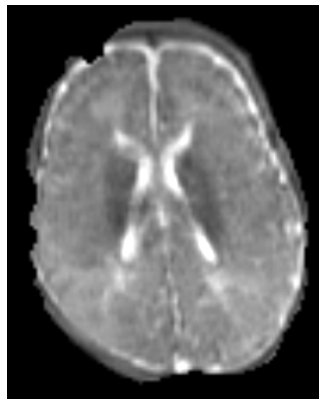
0.0.4.12 Resultados en imágenes T2

En las imágenes **T2** procesadas con **DEEPBET** (véase **Figura 0.91**), los resultados **fueron inconsistentes a lo largo de los diferentes umbrales**. Aunque se

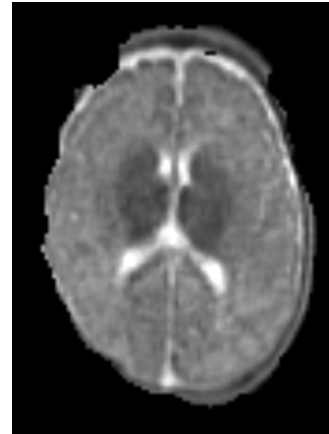
lograron **algunas extracciones parciales**, en general, la **segmentación del cráneo presentó dificultades significativas**, especialmente en las **zonas inferiores y laterales**. Las imágenes mostraron problemas relacionados con el bajo contraste y el ruido, lo que afectó la precisión de la segmentación. A pesar de los **ajustes en el umbral**, los resultados en las imágenes **T2** no alcanzaron la calidad observada en otras secuencias.



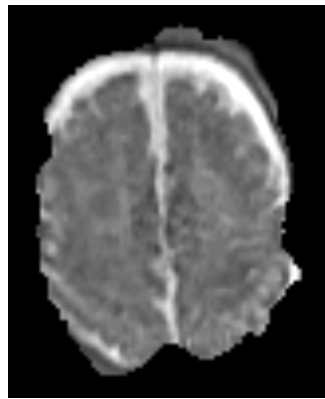
(a) Paciente 051 - Umbral 0.5



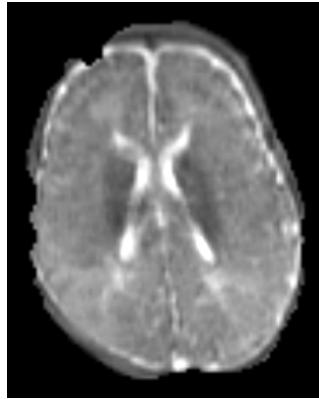
(b) Paciente 054 - Umbral 0.5



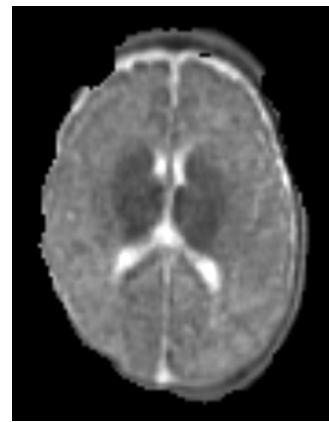
(c) Paciente 056 - Umbral 0.5



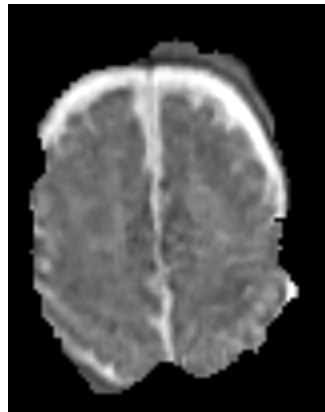
(d) Paciente 051 - Umbral 0.6



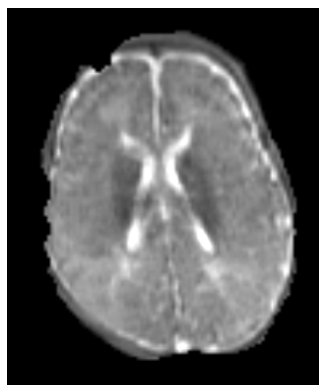
(e) Paciente 054 - Umbral 0.6



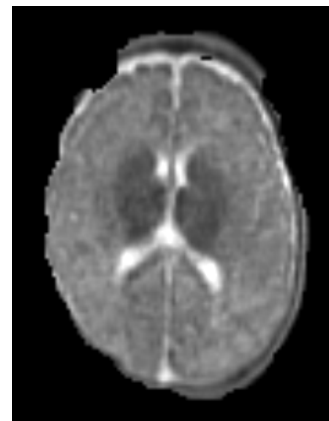
(f) Paciente 056 - Umbral 0.6



(g) Paciente 051 - Umbral 0.7



(h) Paciente 054 - Umbral 0.7



(i) Paciente 057 - Umbral 0.7

FIGURA 0.91: Resultado del experimento con **DEEPBET** en imágenes T2.

0.0.4.13 Conclusión

En conclusión, En conclusión, DEEPBET mostró un **rendimiento variable dependiendo de las secuencias de imágenes procesadas**. En las imágenes **FLAIR**, se observó una **mejora progresiva a medida que se incrementaba el umbral de intensidad**, logrando una **segmentación más precisa en las zonas superiores**, aunque con algunos problemas en las zonas inferiores. Las imágenes **T1** también presentaron una **segmentación satisfactoria con los umbrales más altos**, pero **las zonas inferiores y laterales aún mostraron cierta inconsistencia en la extracción**. Por otro lado, en las imágenes **T2**, los **resultados fueron menos consistentes**, con **dificultades significativas en casi toda la imagen** debido al bajo contraste y el ruido, lo que afectó la calidad de la segmentación.

0.0.5 Aplicación del Método SYNTHSTRIP

En la ultima técnica de extracción de cerebro, tenemos al método basado en redes neuronales (**véase Figura 0.92**) entrenados con datos sintéticos generados para representar una amplia variedad de anatomías y condiciones de imagen permitiendo una extracción del cerebro fiable y automatizada en diversas poblaciones y tipos de imágenes. Se evaluó su eficacia en imágenes **FLAIR, T1 y T2 de RM de bajo campo**.

```

Dani@DESKTOP-D63URAM:~$ mri_synthstrip
Robust, universal skull-stripping for brain images of any type.
usage: mri_synthstrip [-h] -i file [-o file] [-m file] [-g] [-b BORDER] [--no-csf] [--model file]

optional arguments:
  -h, --help            show this help message and exit
  -i file, --image file  Input image to skullstrip.
  -o file, --out file    Save stripped image to path.
  -m file, --mask file   Save binary brain mask to path.
  -g, --gpu             Use the GPU.
  -b BORDER, --border BORDER
                        Mask border threshold in mm. Default is 1.
  --no-csf              Exclude CSF from brain border.
  --model file          Alternative model weights.

If you use SynthStrip in your analysis, please cite:
-----
SynthStrip: Skull-Stripping for Any Brain Image
A Hoopes, JS Mora, AV Delica, B Fischl, M Hoffmann
NeuroImage 286 (2022), 119474
https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2022.119474
Website: https://w3id.org/synthstrip
Dani@DESKTOP-D63URAM:~$ python3 brain.txt -i Experimento/SKULLSTRIP/MR056/T2.nii.gz -o Experimento/SKULLSTRIP/MR056/Syn
hStrip/07/T2.nii.gz -b 0.7

```

FIGURA 0.92: SYNTHSTRIP corriendo sobre WSL de Windows

0.0.5.1 Umbral de intensidad (0.5) FLAIR

Como en los experimentos anteriores, primero se procesaron las imágenes **FLAIR**, en la secuencia del **Paciente051 (véase Figura 0.93)**, procesada con el método **SynthStrip**, se observó una **extracción perfecta del cráneo en todas las zonas**. El algoritmo logró segmentar con precisión, **sin dejar áreas sin procesar ni errores visibles**. La extracción fue **consistente y detallada**.



FIGURA 0.93: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **FLAIR** del **Paciente 051**

En la secuencia del **Paciente054** (véase **Figura 0.94**), se logró otra **extracción perfecta en todas las áreas**. El algoritmo **segmentó el cráneo de manera precisa y completa**, sin dejar ninguna zona sin procesar. La segmentación fue consistente en todas las regiones de la imagen.

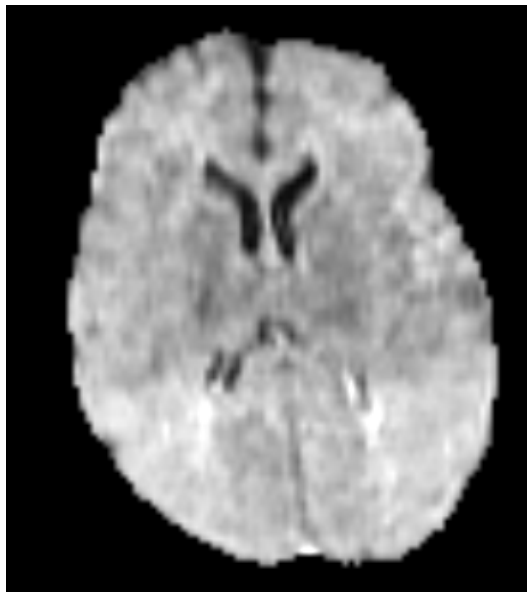


FIGURA 0.94: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **FLAIR** del **Paciente 054**

En la secuencia del **Paciente056** (véase **Figura 0.95**), se observó una **extracción correcta en todas las zonas**. La **segmentación fue precisa en la mayoría de las áreas**, aunque en la zona **inferior podría beneficiarse de un ajuste menor**

para perfeccionar la segmentación. A pesar de este pequeño detalle, el rendimiento general fue excelente.

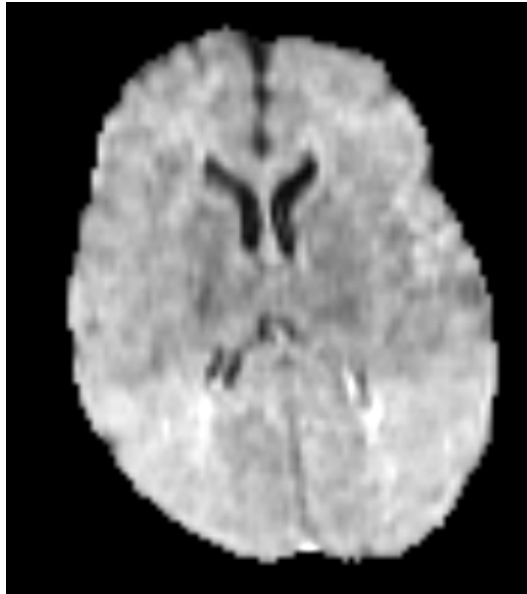
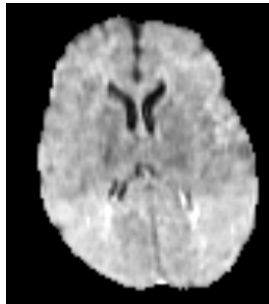


FIGURA 0.95: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **FLAIR** del **Paciente 054**

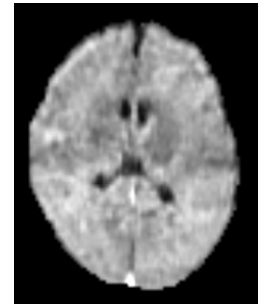
Con estos resultados (véase Figura 0.96) **SYNTHSTRIP** con un umbral de intensidad 0.5 demostró ser precisa en todas las zonas, logrando una extracción perfecta del cráneo en las regiones superiores y con algunos detalles menores en la zona inferiores.



(a) Secuencia **Pacien-
te051**



(b) Secuencia **Pacien-
te054**



(c) Secuencia **Pacien-
te056**

FIGURA 0.96: Secuencia de imágenes **FLAIR** procesadas por **SYNTHSTRIP** con umbral 0.5

0.0.5.2 Umbral de intensidad (0.5) T1

Seguidamente se procesaron las imágenes **T1** (véase Figura 0.97), podemos observar que, en la del **paciente051**, se logro una **extracción correcta**, donde el **cráneo fue segmentado sin afectar el tejido cerebral**. Sin embargo, aunque

la segmentación fue precisa, aún podría beneficiarse de un **ajuste adicional para mejorar la precisión en ciertas áreas**. A pesar de ello, **la extracción fue perfecta**.

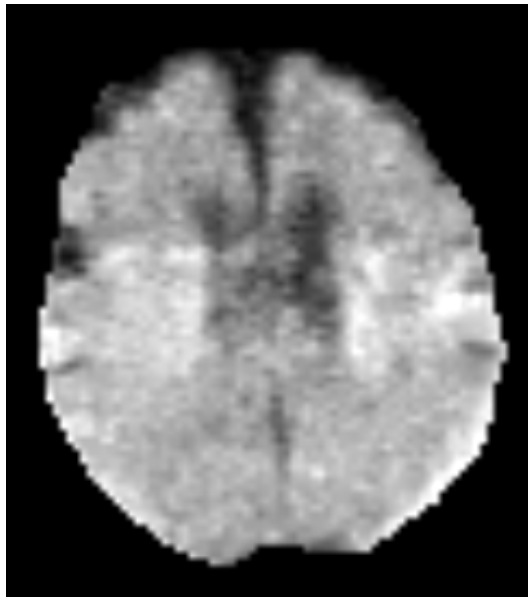


FIGURA 0.97: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia del paciente054 (**véase Figura 0.98**), se observó una **extracción correcta y precisa**. El algoritmo extrajo el cráneo de manera efectiva sin involucrar tejido cerebral, lo que refleja un buen desempeño en la delimitación de las estructuras. Aunque, al igual que el paciente anterior, se beneficiaría de un ajuste mas fino para delimitar de manera correcta los limites del cráneo.

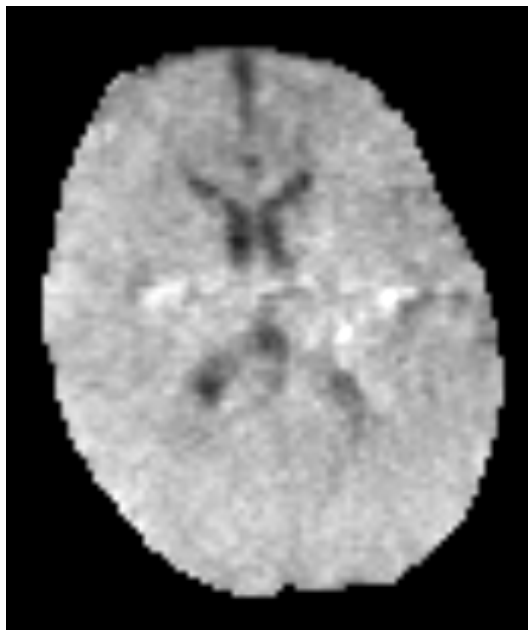


FIGURA 0.98: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 054**

Por ultimo, en la imagen del Paciente056 (véase Figura 0.99), se observó una **extracción correcta**, similar a los otros pacientes. **El cráneo fue segmentado de manera precisa**, sin afectar el tejido cerebral, pero sigue necesitando un **ajuste menor para optimizar aún más la segmentación** en algunas áreas. A pesar de este detalle, **la extracción fue efectiva y muestra un buen rendimiento general del método.**

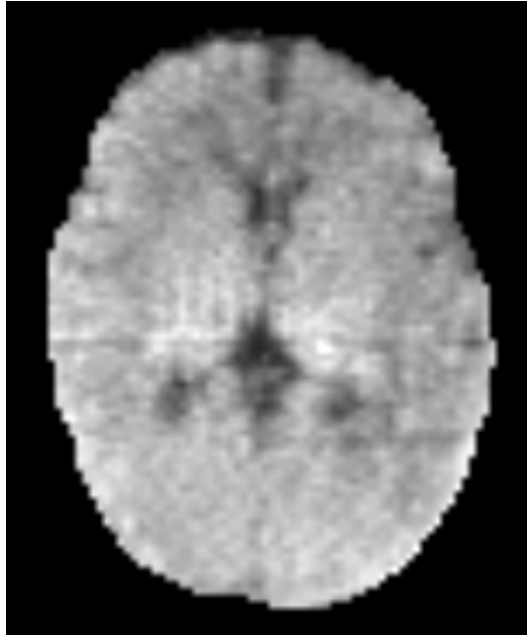


FIGURA 0.99: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 056**

En las secuencias **T1** procesadas con **SYNTHSTRIP**, se obtuvo una **extracción correcta y precisa en todas las imágenes**. Se **extrajo el cráneo de manera efectiva, sin eliminar tejido cerebral en ningún caso**. Aunque se podrían realizar **ajustes menores** para perfeccionar la segmentación, el **rendimiento general fue muy bueno**, logrando una **delimitación clara y sin errores**. **SynthStrip demostró ser un método confiable para la segmentación en imágenes T1.**

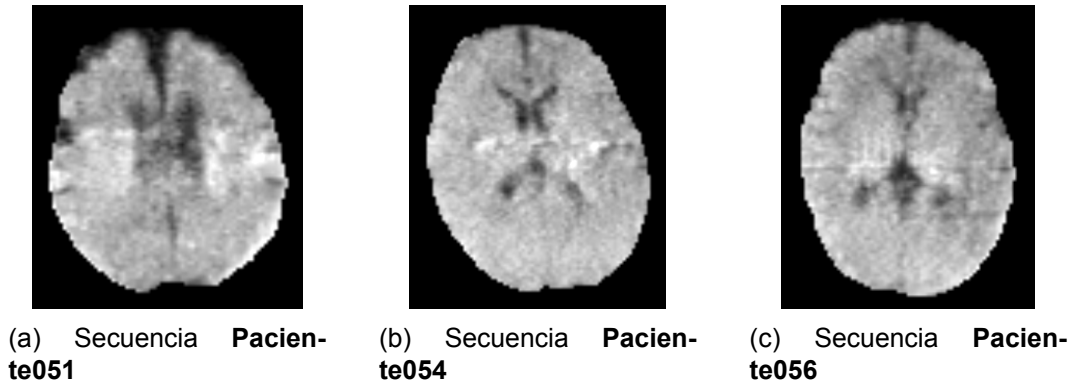


FIGURA 0.100: Secuencia de imágenes T1 procesadas por **SYNTHSTRIP** con umbral **0.5**

0.0.5.3 Umbral de intensidad (0.5) T2

En la secuencia **T2** del **Paciente051** (véase **Figura 0.101**) procesada con **SYNTHSTRIP**, se logró una **segmentación correcta** en toda la imagen. Se realizó una **extracción precisa del cráneo, sin comprometer el tejido cerebral**. Sin embargo, un ajuste fino podría mejorar aún más la precisión en ciertas áreas, perfeccionando detalles menores. A pesar de esto, el rendimiento general fue excelente.



FIGURA 0.101: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen T2 del **Paciente 051**

En la secuencia del **Paciente054** (véase **Figura 0.102**), se observó una **segmentación precisa y correcta en toda la imagen**, similar a lo visto en el **paciente051**. **La extracción del cráneo fue efectiva, sin incluir tejido cerebral**. No obstante, al igual que en otros casos, un **ajuste fino podría optimizar algunos de-**

talles menores para obtener una segmentación aún más precisa. En general, el rendimiento fue satisfactorio y consistente en toda la imagen.

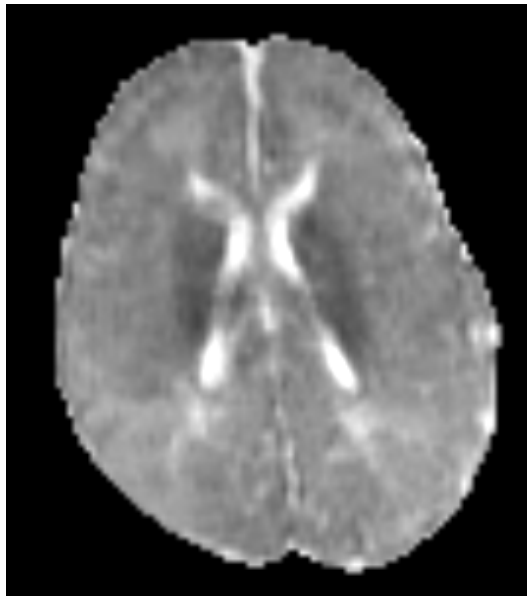


FIGURA 0.102: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T2** del **Paciente 054**

En la secuencia correspondiente al **Paciente056** (véase **Figura 0.103**), se obtuvo una **extracción precisa en casi toda la imagen**. Sin embargo, **se observó que el algoritmo tuvo ligeras dificultades en la zona lateral izquierda, donde la segmentación no fue tan pulida como en el resto de la imagen**. A pesar de este pequeño inconveniente, el **rendimiento general fue bueno**, logrando una **segmentación efectiva del cráneo sin afectar el tejido cerebral**.

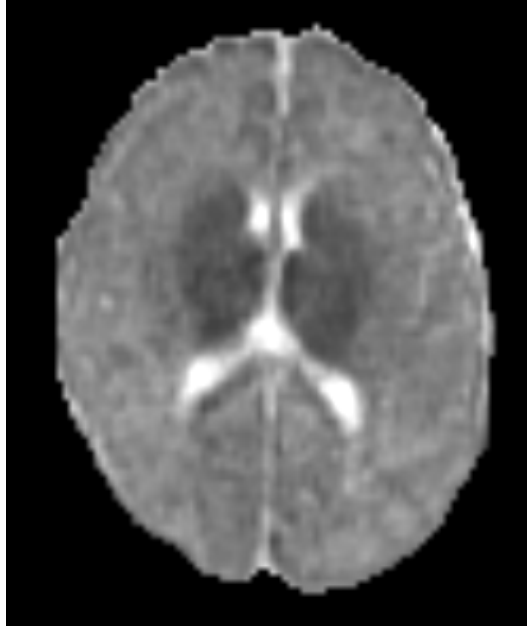
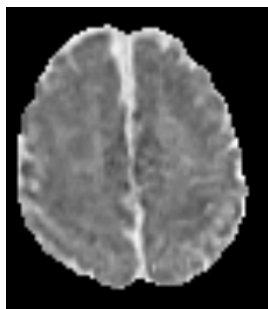
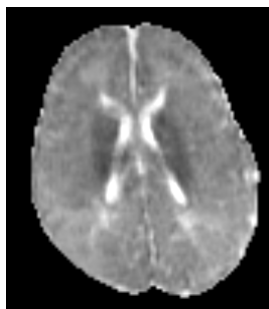


FIGURA 0.103: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T2** del **Paciente 056**

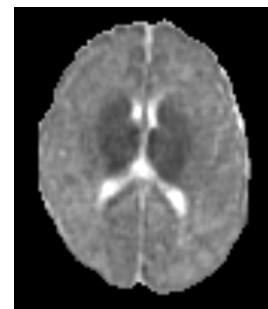
En las secuencias **T2** procesadas con **umbral de intensidad 0.5** (véase **Figura 0.104**), el algoritmo demostró un **rendimiento sólido y preciso**. En la mayoría de los casos, se logró una **extracción efectiva del cráneo sin afectar el tejido cerebral**, logrando una **segmentación adecuada en casi todas las zonas**. Aunque en algunas áreas, como la **zona lateral izquierda en el Paciente056** (véase **Figura 0.104c**), hubo **ligeras dificultades que podrían beneficiarse de ajustes menores**, el método mostró **consistencia y fiabilidad**.



(a) Secuencia **Pacien-
te051**



(b) Secuencia **Pacien-
te054**



(c) Secuencia **Pacien-
te056**

FIGURA 0.104: Secuencia de imágenes **T2** procesadas por **SYNTHSTRIP** con umbral **0.5**

0.0.5.4 Umbral de intensidad (0.6) FLAIR

A continuación se procesaron las secuencias **FLAIR** con **umbral de intensidad 0.6**, donde la del **paciente051** (véase **Figura 0.105**) demostró una **segmentación**

perfecta. Se logró una extracción precisa del cráneo en toda la imagen, sin errores ni afectación del tejido cerebral. El rendimiento fue impecable, mostrando una segmentación consistente y bien definida en todas las zonas.



FIGURA 0.105: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **FLAIR** del **Paciente 051**

En la secuencia **FLAIR** del **Paciente054** (véase **Figura 0.106**), se obtuvo igualmente una **segmentación perfecta. El cráneo fue extraído con precisión en todas las áreas de la imagen, sin afectar el tejido cerebral. El rendimiento fue completamente satisfactorio, con una segmentación clara y consistente en toda la secuencia.**

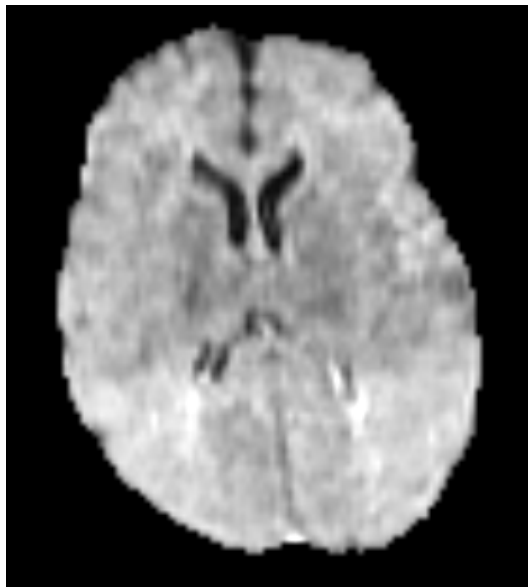


FIGURA 0.106: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **FLAIR** del **Paciente 054**

Por ultimo, en la secuencia del **Paciente056** (véase Figura 0.107), también se logró una **segmentación perfecta**. La extracción del cráneo fue **precisa y completa en todas las áreas de la imagen**, sin afectar el tejido cerebral. El resultado fue **consistente**, demostrando una **segmentación clara y exacta** en toda la imagen.

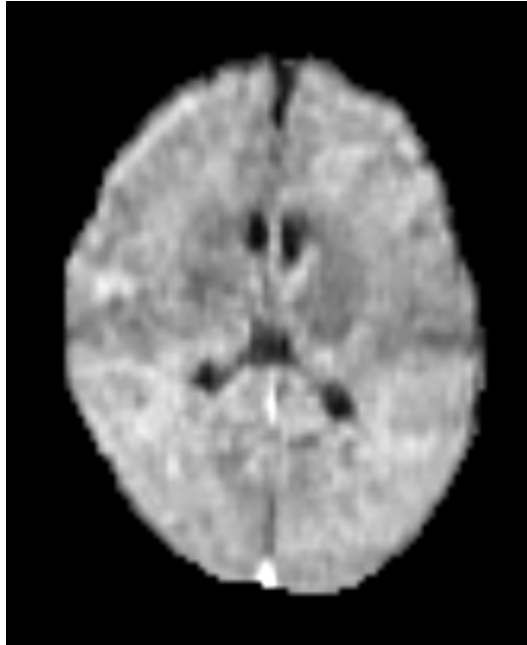


FIGURA 0.107: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **FLAIR** del **Paciente 056**

En las secuencias **FLAIR** procesadas con un **umbral de intensidad de 0.6** (véase Figura 0.108), se obtuvieron **segmentaciones perfectas en todos los casos**. El algoritmo realizó una **extracción precisa del cráneo**, sin afectar el **tejido cerebral**, mostrando **consistencia** en todas las imágenes. Las segmentaciones fueron **claras y bien definidas**, con resultados altamente **satisfactorios y sin errores evidentes** en ninguna zona. **SynthStrip** demostró ser una herramienta muy eficaz en este contexto.

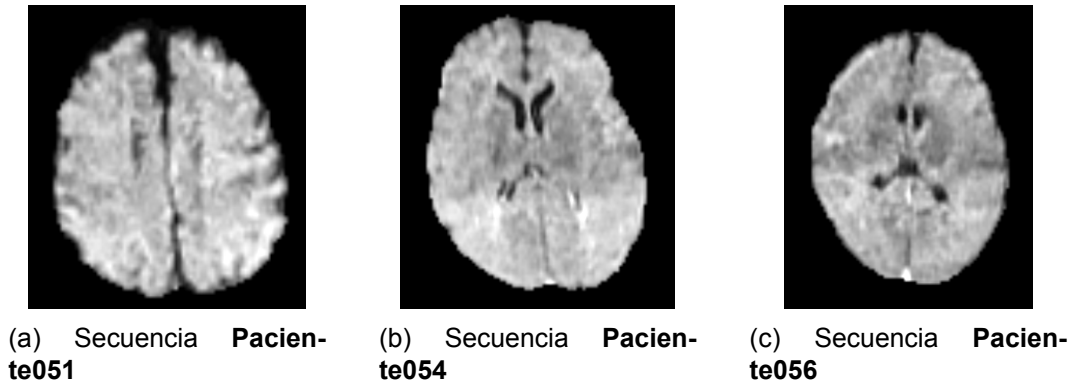


FIGURA 0.108: Secuencia de imágenes **FLAIR** procesadas por **SYNTHSTRIP** con umbral **0.6**

0.0.5.5 Umbral de intensidad (0.6) T1

Seguidamente se procesaron las imágenes **T1** con **umbral de intensidad 0.6**, en la del paciente051 (véase **Figura 0.109**), se logro una **segmentación correcta del cráneo**, con una **extracción precisa en la mayoría de las zonas**. Sin embargo, el resultado **podría beneficiarse de un ajuste más pulido**, especialmente en algunos **detalles menores en la zona inferior** para optimizar la segmentación. Aun así, el rendimiento general fue satisfactorio.

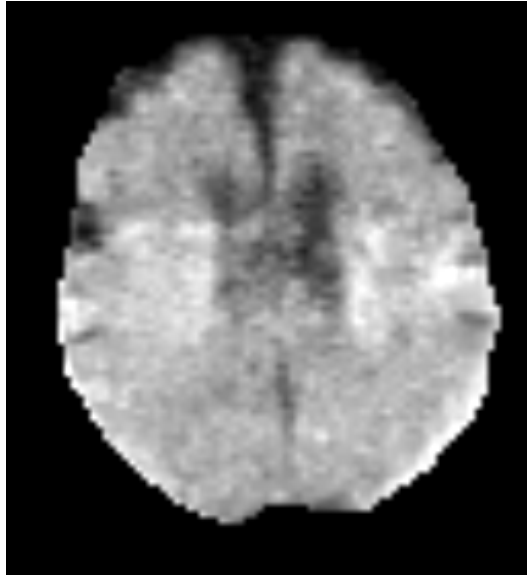


FIGURA 0.109: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia **T1** del **Paciente054** (véase **Figura 0.110**), se logró una **segmentación correcta del cráneo**. Aunque el algoritmo **segmentó de manera precisa en la mayoría de las áreas**, al igual que en el caso anterior, el resultado podría beneficiarse de un **ajuste más fino** para alcanzar un resultado óptimo. Aun así, la

segmentación general fue efectiva y precisa.

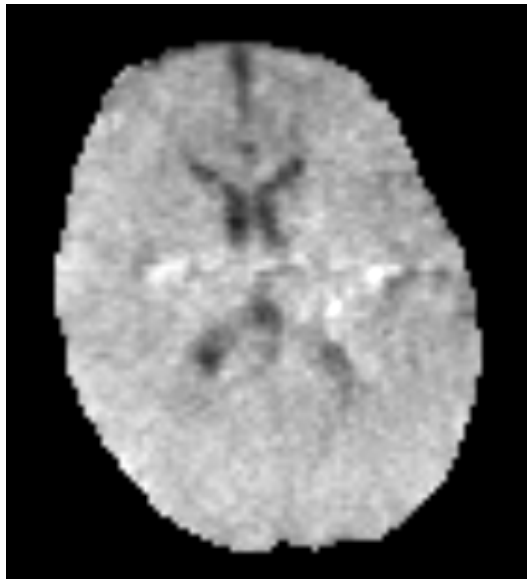


FIGURA 0.110: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 054**

Terminando con las imágenes **T1**, con el **paciente056** (véase **Figura 0.111**), el algoritmo realizó una **extracción precisa del cráneo en todas las zonas de la imagen**, logrando una **segmentación consistente y efectiva, sin necesidad de ajustes significativos**. El resultado fue **satisfactorio y bien definido**.

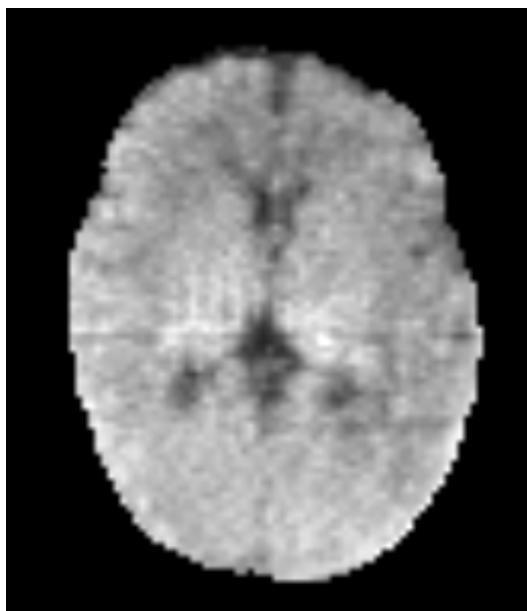


FIGURA 0.111: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 056**

En las secuencias **T1** procesadas con **umbral de intensidad de 0.6** (véase **Figura 0.112**), se logró una **segmentación correcta y precisa en general**. El algorit-

mo **extrajo el cráneo de manera efectiva sin afectar el tejido cerebral**. Aunque en algunos casos, como en los pacientes 051 (véase Figura 0.112a) y 054 (véase Figura 0.112b), se podría mejorar el nivel de detalle con un ajuste más fino, el **rendimiento general fue satisfactorio y mostró resultados consistentes en todas las imágenes**.

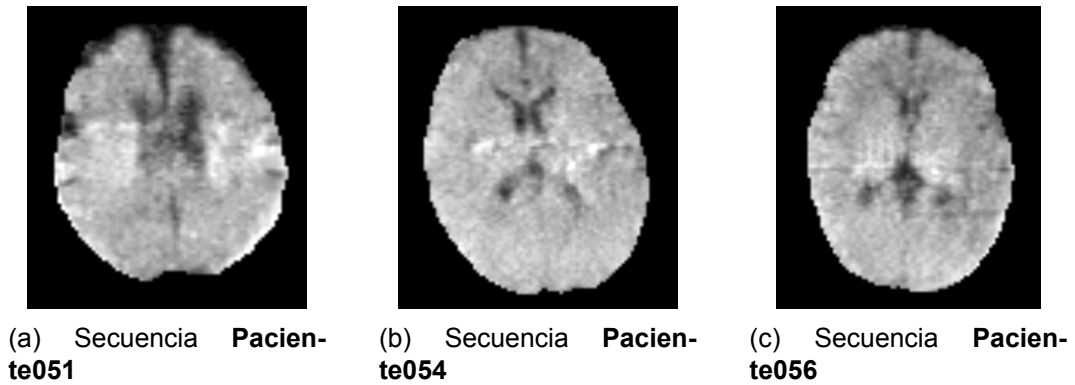


FIGURA 0.112: Secuencia de imágenes **T1** procesadas por **SYNTHSTRIP** con umbral **0.6**

0.0.5.6 Umbral de intensidad (0.6) T2

Para terminar con el **umbral de intensidad 0.6**, se procesaron las imágenes **T2**. En la secuencia correspondiente al **paciente051** (véase Figura 0.113) se logró una **extracción correcta en todas las zonas**. La **segmentación del cráneo fue precisa y bien ejecutada, sin errores ni afectación del tejido cerebral**. El resultado fue **consistente y satisfactorio** en toda la imagen.



FIGURA 0.113: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia **T2** del **Paciente054** (véase **Figura 0.114**), se observó una **extracción correcta en todas las zonas**. El cráneo fue **extraído de manera precisa, sin afectar el tejido cerebral**, mostrando un rendimiento **consistente y satisfactorio** en toda la imagen.

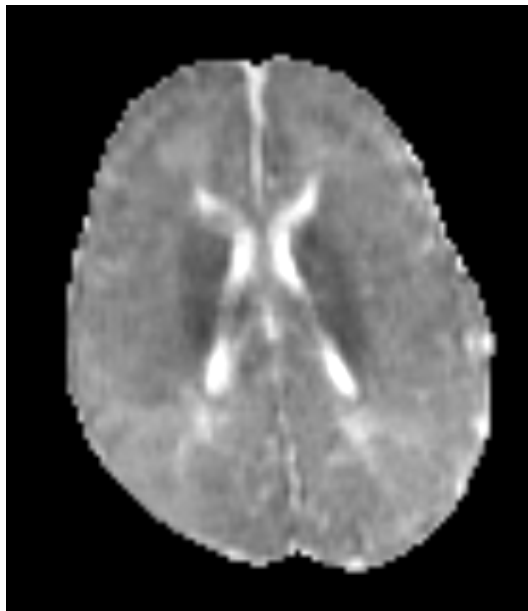


FIGURA 0.114: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 054**

Por ultimo, con el **paciente057** (véase **Figura 0.115**), demostró ser **igualmente efectiva**. El algoritmo realizó una **extracción precisa del cráneo**, con una **seg-**

mentación consistente en toda la imagen, mostrando un rendimiento fluido y sin errores.

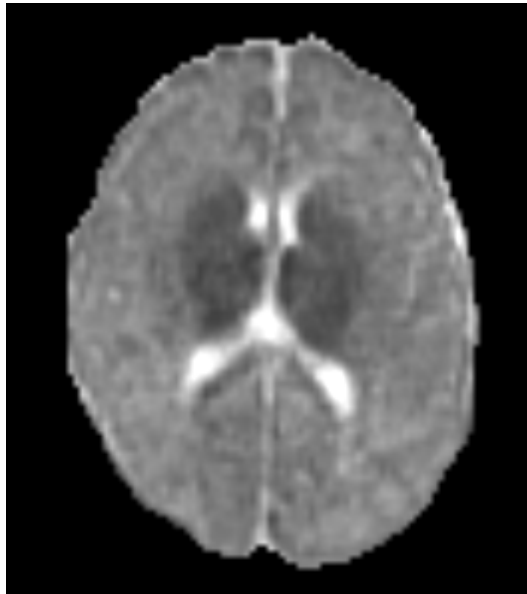
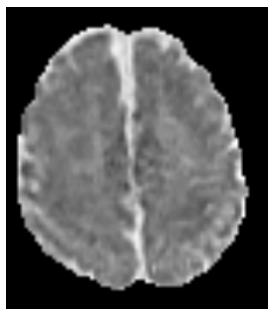
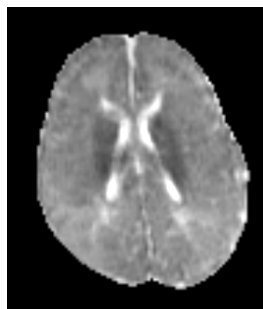


FIGURA 0.115: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 056**

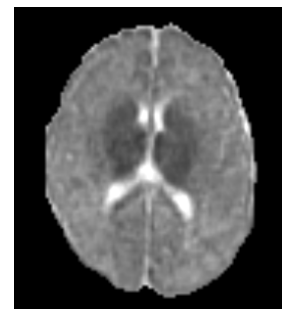
En las secuencias **T2** procesadas con **umbral de intensidad 0.6** (véase Figura 0.116), se logró una **extracción precisa y consistente en todas las imágenes**. El algoritmo **extrajo el cráneo de manera eficaz en todas las zonas, sin afectar el tejido cerebral**. En general, **los resultados fueron satisfactorios, mostrando un rendimiento sólido y sin errores importantes**.



(a) Secuencia **Pacien-
te051**



(b) Secuencia **Pacien-
te054**



(c) Secuencia **Pacien-
te056**

FIGURA 0.116: Secuencia de imágenes **T2** procesadas por **SYNTHSTRIP** con umbral **0.6**

0.0.5.7 Umbral de intensidad (0.7) FLAIR

Para terminar con el experimento del método **SYNTHSTRIP**, se procesaron las imágenes **FLAIR** con el **umbral de intensidad 0.7**. Donde la del **paciente051** (véa-

se **Figura 0.117**) logro una **extracción perfecta del cráneo**. La segmentación fue **precisa y completa en todas las zonas de la imagen, sin errores ni afectación del tejido cerebral**, mostrando un **rendimiento excelente del algoritmo**.

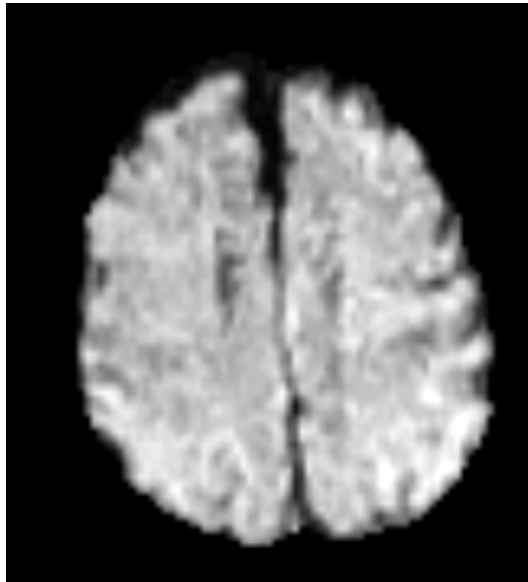


FIGURA 0.117: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **FLAIR** del **Paciente 051**

En la secuencia del **Paciente054** (véase **Figura 0.118**), también se observó una **extracción perfecta**. El algoritmo **segmentó el cráneo con precisión en todas las áreas, sin comprometer el tejido cerebral**. El rendimiento fue impecable.

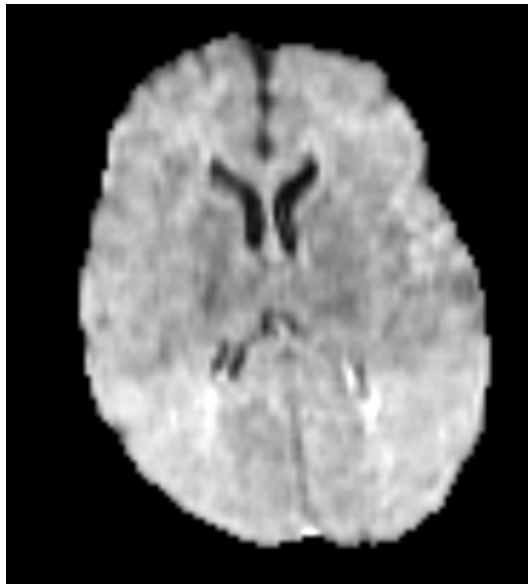


FIGURA 0.118: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **FLAIR** del **Paciente 054**

En la del **paciente056** (véase **Figura 0.119**), se logro una **extracción exacta**.

El cráneo fue **segmentado de manera precisa en todas las zonas, sin comprometer el tejido cerebral**. El algoritmo mostró un **rendimiento excelente**, con una **segmentación impecable y sin errores**.

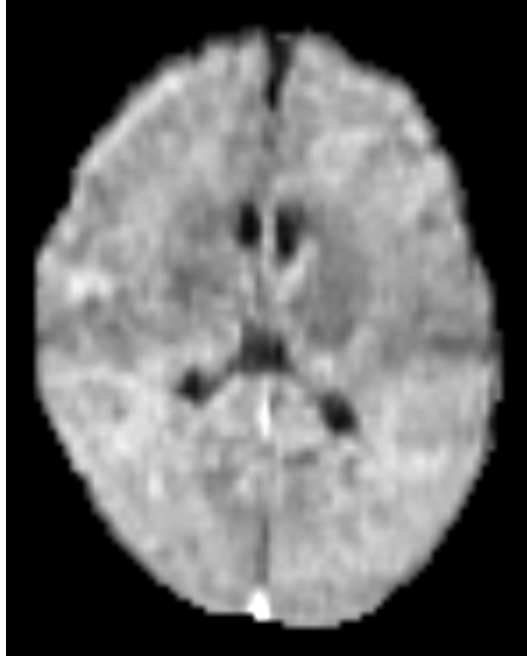


FIGURA 0.119: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **FLAIR** del **Paciente 056**

En las secuencias **FLAIR** con **umbral de intensidad 0.7** (véase **Figura 0.120**), mostró un **rendimiento impecable en todas las imágenes**. Se logró una **extracción perfecta del cráneo en cada caso, con segmentaciones precisas y sin errores, preservando el tejido cerebral en todas las zonas**. En general, **SYNTHSTRIP** demostró ser **altamente eficaz y consistente en las imágenes FLAIR**, ofreciendo **resultados óptimos y sin necesidad de ajustes adicionales**.

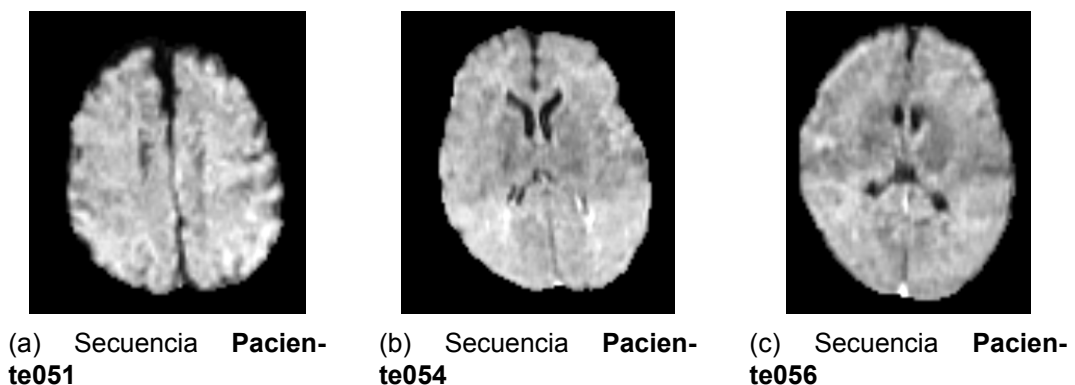


FIGURA 0.120: Secuencia de imágenes **FLAIR** procesadas por **SYNTHSTRIP** con umbral **0.7**

0.0.5.8 Umbral de intensidad (0.7) T1

Se continuaron procesando las imágenes, la T1 del **paciente051** (véase **Figura 0.121**). Logró una **extracción correcta en la mayor parte de la imagen**. Sin embargo, en la **zona inferior**, el resultado podría beneficiarse de un **ajuste fino para mejorar la precisión de la extracción**. A pesar de este pequeño detalle, el **rendimiento general fue satisfactorio**.

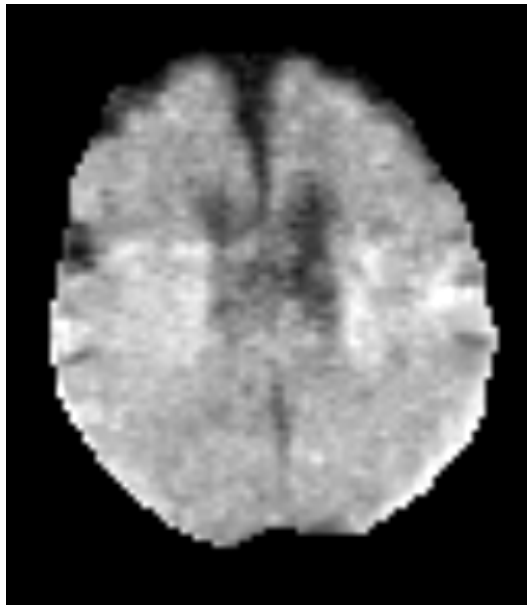


FIGURA 0.121: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 051**

En la secuencia **T1** del **Paciente054** (véase **Figura 0.122**), se obtuvo una **extracción correcta en la mayoría de la imagen**. Como en el caso anterior, la **zona inferior podría mejorarse con un ajuste fino** para lograr una **segmentación más precisa**. A pesar de este detalle, la segmentación general fue **efectiva y precisa**.

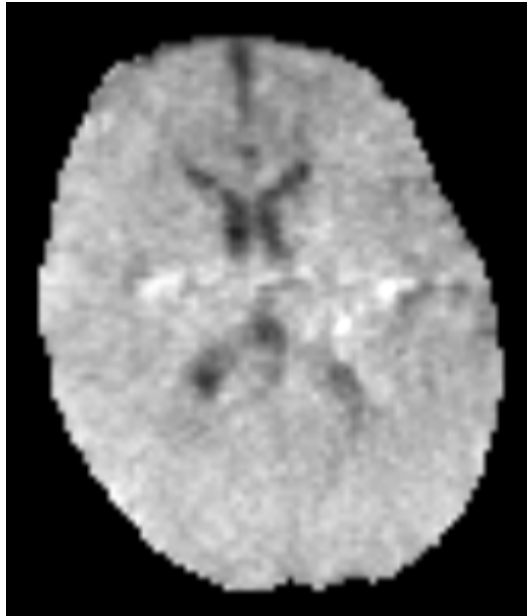


FIGURA 0.122: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 054**

En la secuencia del **Paciente056** (véase **Figura 0.123**), se logró una **extracción perfecta**. La segmentación fue **precisa en todas las áreas de la imagen, sin necesidad de ajustes adicionales**. El algoritmo mostró un **rendimiento impecable**, con una segmentación **clara y sin errores**.

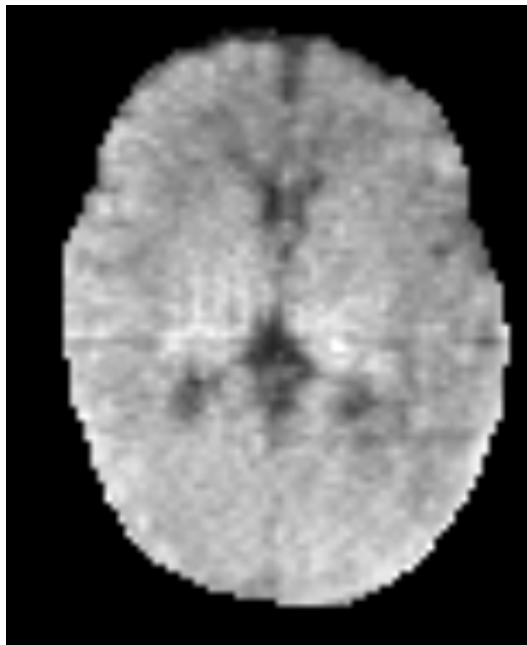
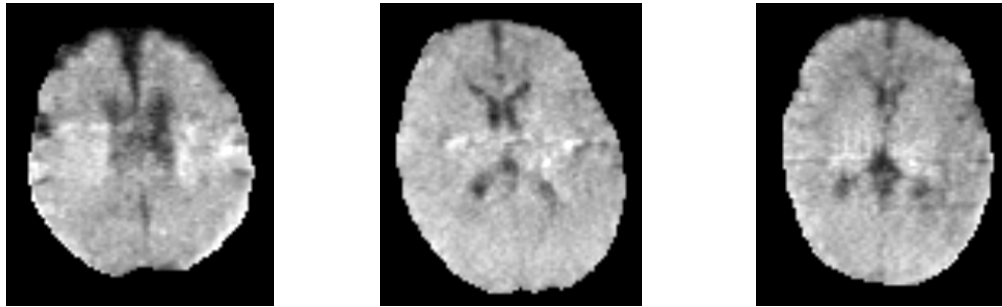


FIGURA 0.123: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T1** del **Paciente 056**

En las secuencias **T1** (véase **Figura 0.124**) procesadas con **umbral de intensi-**

dad 0.7, el algoritmo mostró un **rendimiento altamente satisfactorio**. La mayoría de las imágenes presentaron una **extracción correcta y precisa**, con solo algunas zonas, como las inferiores en ciertos casos, que podrían **beneficiarse de ajustes menores**. En general, **SYNTHSTRIP** demostró ser **eficaz**, logrando segmentaciones **limpias y sin errores importantes** en las secuencias **T1**.



(a) Secuencia **Pacien-**
te051

(b) Secuencia **Pacien-**
te054

(c) Secuencia **Pacien-**
te056

FIGURA 0.124: Secuencia de imágenes **T1** procesadas por **SYNTHSTRIP** con umbral **0.7**

0.0.5.9 Umbral de intensidad (0.7) T2

Terminando el experimento se procesaron las imágenes **T2**. El **paciente051** (véase **Figura 0.125**) logró una **extracción perfecta**. El algoritmo **segmentó el cráneo con precisión en todas las áreas, sin comprometer el tejido cerebral**. El rendimiento fue **impecable**.

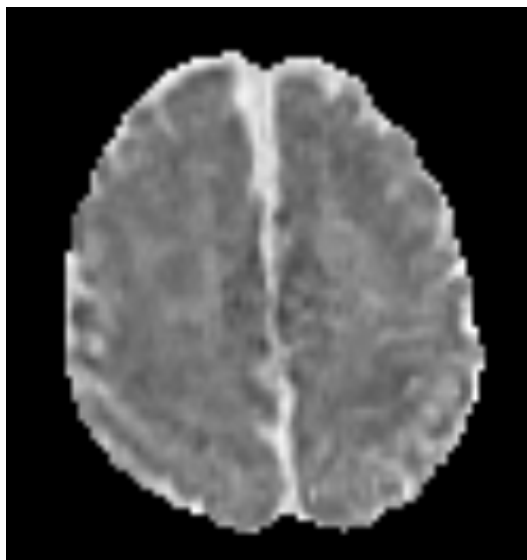


FIGURA 0.125: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T2** del **Paciente 051**

En la secuencia **T2** del **Paciente054** (véase **Figura 0.126**), también se logró

una **extracción perfecta**. El cráneo fue **segmentado con precisión en todas las zonas**, sin afectar el tejido cerebral. Sin errores ni necesidad de ajustes adicionales.

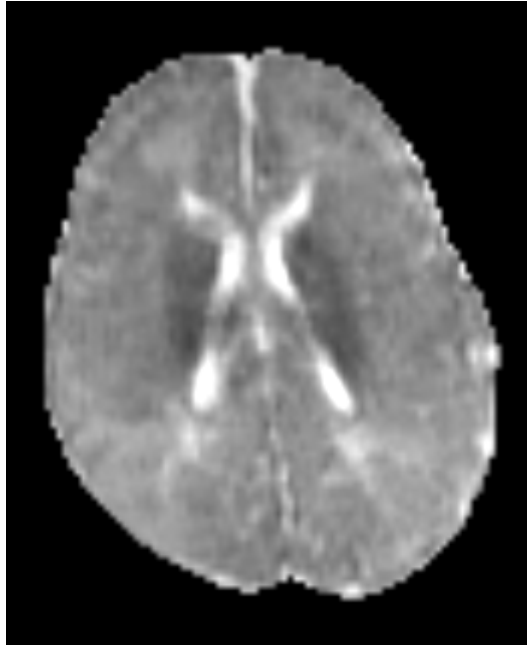


FIGURA 0.126: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T2** del **Paciente 054**

En la secuencia del **Paciente056** (véase **Figura 0.127**), se obtuvo igualmente una **extracción correcta**. El algoritmo realizó una **segmentación precisa en todas las zonas**, sin comprometer el **tejido cerebral**, mostrando un **rendimiento excelente**, aunque, en la **zona lateral izquierda** se debería de realizar un **ajuste fino** para perfeccionar la segmentación.

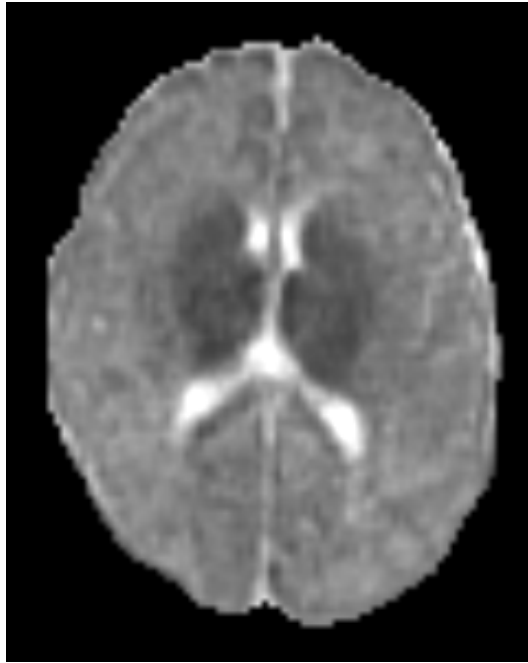
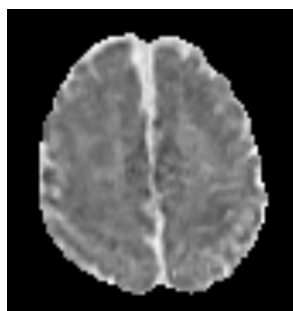
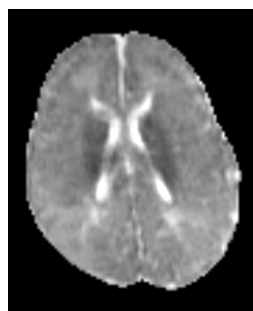


FIGURA 0.127: Resultado de **SYNTHSTRIP** en imagen **T2** del **Paciente 056**

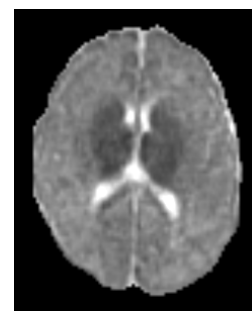
Como ultimo experimento realizados a las imagenes **T2** y con **umbral de intensidad 0.7** se obtuvieron **resultados muy precisos** (véase Figura 0.128). En la mayoría de los casos, las imágenes presentaron una extracción perfecta del **cráneo**, con **segmentaciones claras y sin comprometer el tejido cerebral**. Solo en algunos casos, como la **zona lateral izquierda del Paciente056** (véase Figura 0.128c), se observó la necesidad de un **ajuste menor**. En general, **SYNTHSTRIP** demostró ser **altamente eficaz con este umbral**, proporcionando **resultados de calidad en las imágenes T2**.



(a) Secuencia **Pacien-**
te051



(b) Secuencia **Pacien-**
te054



(c) Secuencia **Pacien-**
te056

FIGURA 0.128: Secuencia de imágenes **T2** procesadas por **SYNTHSTRIP** con umbral **0.7**

0.0.5.10 Resultados en imágenes FLAIR

En las secuencias **FLAIR**, se obtuvo un **rendimiento consistentemente**. Mientras más se aumentaba el **umbral de intensidad**, las **segmentaciones se volvieron más exactas**, con **extracciones prácticamente perfectas del cráneo en la mayoría de los casos**. Con **umbrales de intensidad 0.6 y 0.7**, **SYNTHSTRIP** mostró una **excelente capacidad para segmentar de manera eficaz, sin comprometer el tejido cerebral** y sin necesidad de ajustes significativos. En general, el algoritmo se comportó de manera muy confiable en las imágenes **FLAIR**, independientemente del umbral utilizado. **(véase Figura 0.129)**

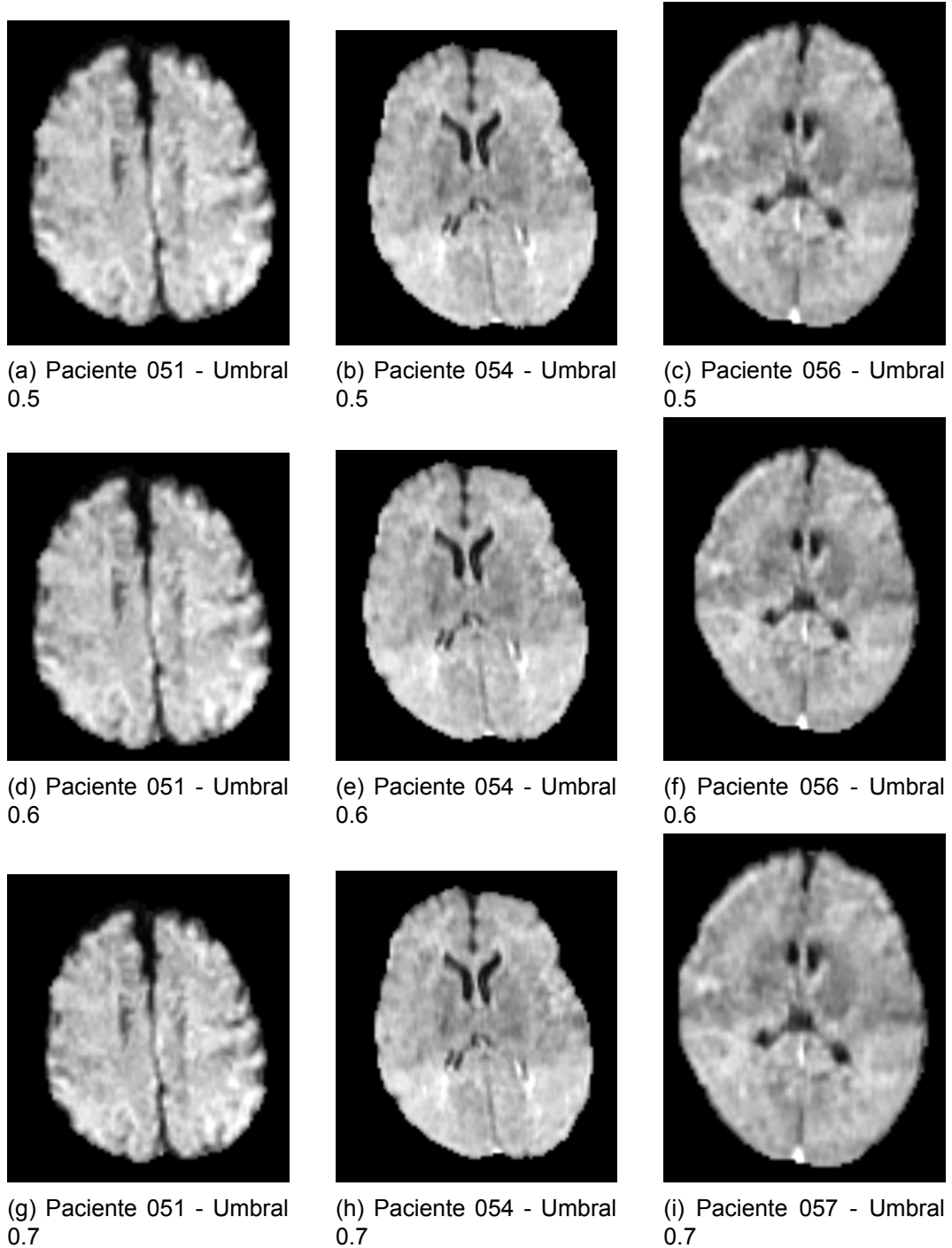


FIGURA 0.129: Resultado del experimento con **SYNTHSTRIP** en imágenes **FLAIR**.

0.0.5.11 Resultados en imágenes T1

En las secuencias **T1** procesadas, el algoritmo mostró un **rendimiento sólido y preciso**. Al igual que en las imágenes **FLAIR**, A medida que el umbral de intensidad aumentaba, se observaron mejoras en la calidad de la segmentación, **logrando**

en muchos casos extracciones correctas y bien definidas. Aunque algunas imágenes requerían pequeños ajustes, especialmente en zonas inferiores o laterales, **SYNTHSTRIP** fue eficaz en la extracción del cráneo sin comprometer el tejido cerebral. En general, el algoritmo demostró ser confiable y efectivo para las imágenes T1 en todos los umbrales utilizados.(véase Figura 0.130)

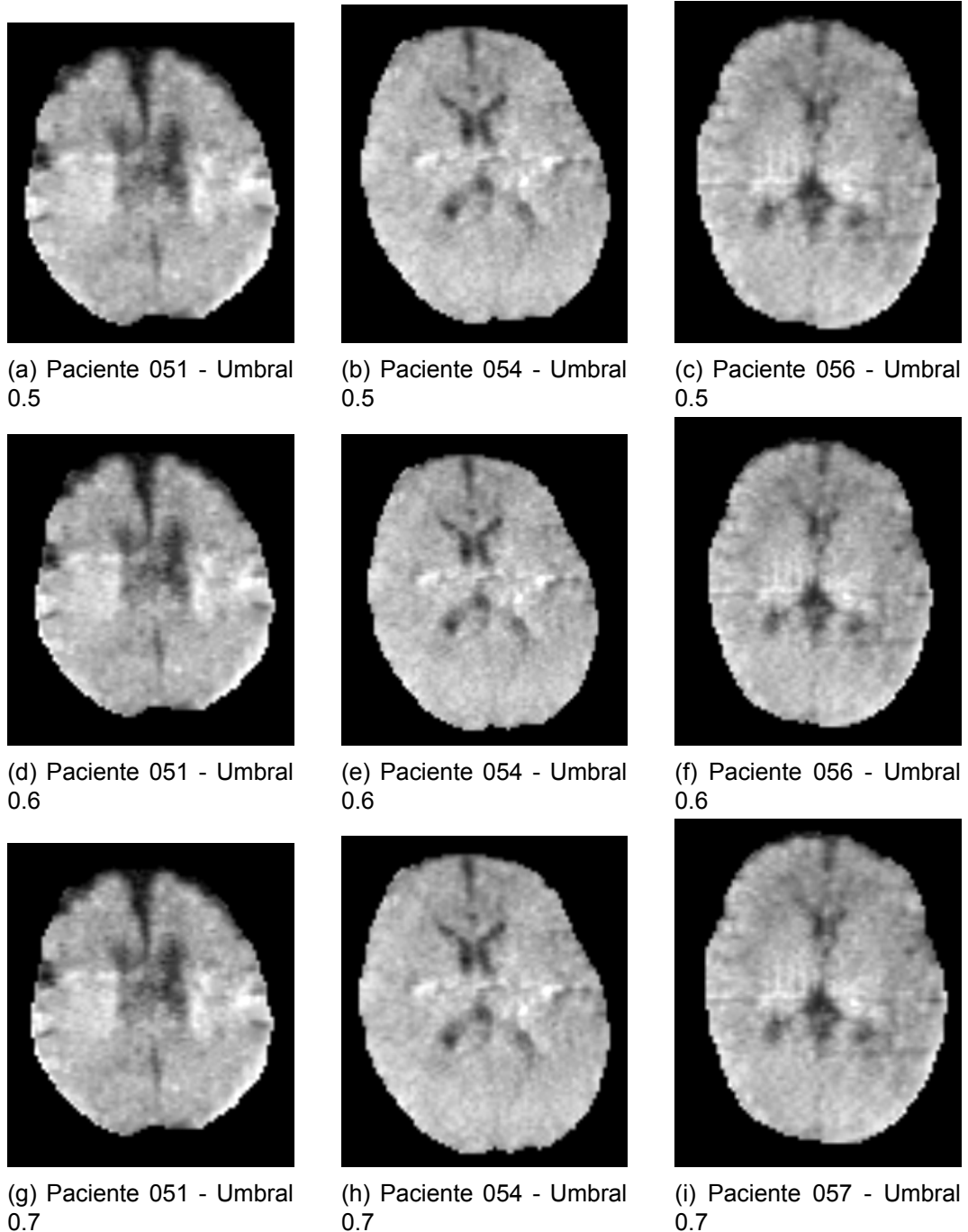


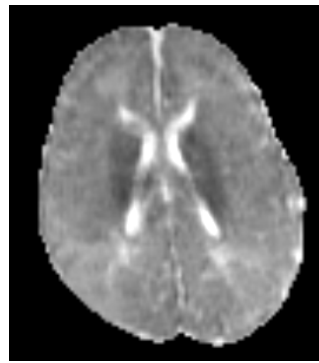
FIGURA 0.130: Resultado del experimento con **SYNTHSTRIP** en imágenes **T1**.

0.0.5.12 Resultados en imágenes T2

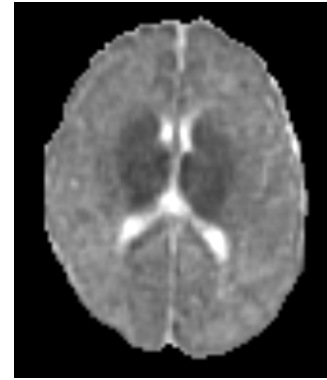
Por ultimo, en las secuencias **T2**, se observaron **resultados consistentes y precisos**. Con los umbrales de intensidad más altos, como **0.6 y 0.7**, el algoritmo **logró extracciones correctas en la mayoría de las zonas**, aunque algunas imágenes, presentaron **pequeños detalles que podrían beneficiarse de ajustes menores**. En general, **SYNTHSTRIP** mostró un **rendimiento confiable**, logrando una segmentación **efectiva del cráneo sin comprometer el tejido cerebral**, y fue **eficaz en la mayoría de los casos con los diferentes umbrales aplicados**.(véase Figura 0.131)



(a) Paciente 051 - Umbral 0.5



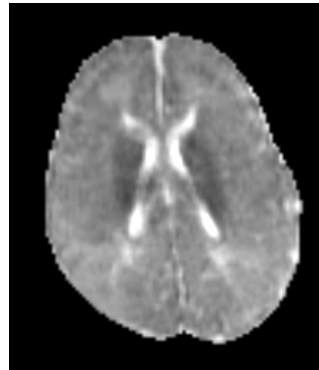
(b) Paciente 054 - Umbral 0.5



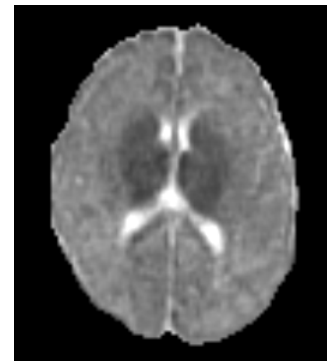
(c) Paciente 056 - Umbral 0.5



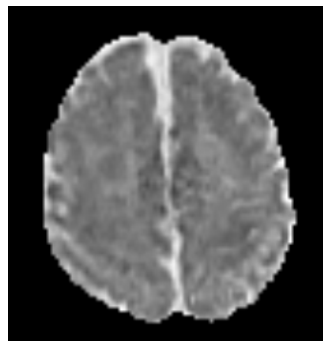
(d) Paciente 051 - Umbral 0.6



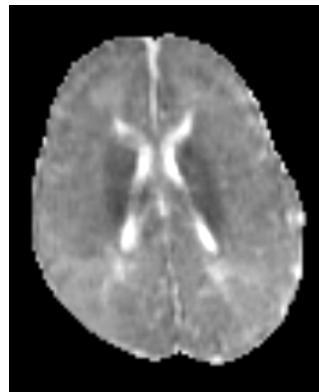
(e) Paciente 054 - Umbral 0.6



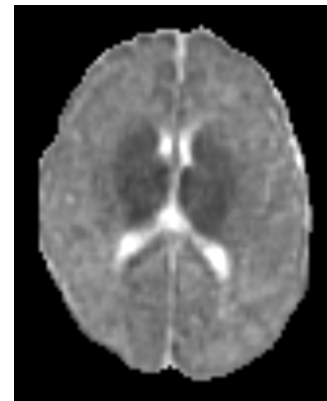
(f) Paciente 056 - Umbral 0.6



(g) Paciente 051 - Umbral 0.7



(h) Paciente 054 - Umbral 0.7



(i) Paciente 057 - Umbral 0.7

FIGURA 0.131: Resultado del experimento con **SYNTHSTRIP** en imágenes T2.

Apéndice: Apéndice: Resultado Complementario del Segundo Experimento

En esta sección se presentaran los resultados completos de la segmentación de tejidos de los siguientes pacientes:

- Paciente 051
- Paciente 054
- Paciente 056

Cada técnica se aplicará para segmentar los **principales tejidos cerebrales**, como la materia gris, materia blanca, el líquido cefalorraquídeo, etc. Posteriormente, realizaremos una **verificación visual de los resultados** para comparar la precisión de cada método en la segmentación de los diferentes tejidos, con el **objetivo de identificar cuál de las técnicas ofrece la segmentación más precisa y coherente** en las distintas áreas del cerebro en imágenes de **RM** de bajo campo.

0.0.6 Resultados de segmentación en Paciente 051

Las imágenes del **Paciente051** (véase **Figura 0.132**), previamente procesadas y extraídas. Contienen exclusivamente el cerebro, serán sometidas a segmentación de tejidos mediante tres técnicas.

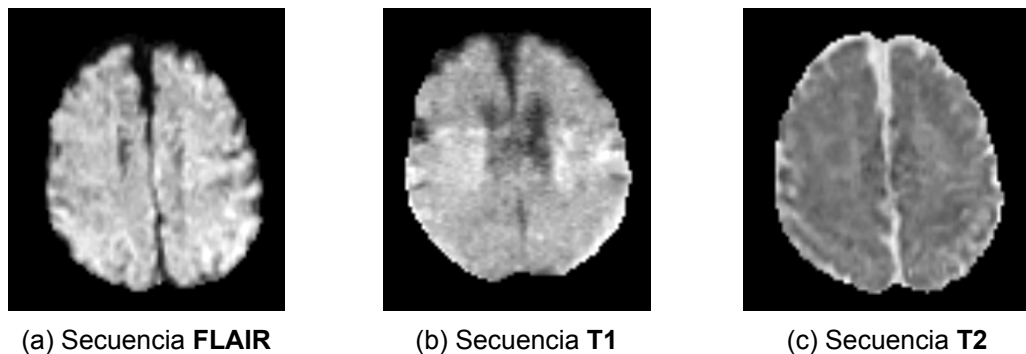


FIGURA 0.132: Secuencia de imágenes del paciente 051

0.0.6.1 **FAST**

En los resultados del **Paciente051** utilizando la técnica **FAST**. en la secuencia **FLAIR** (véase **Figura 0.133a**), se observó una **clara diferenciación de los tejidos en las regiones central superior e inferior del cerebro**. La técnica **segmentó de manera efectiva los principales tejidos**, destacando claramente la materia gris y materia blanca. En la secuencia **T1** (véase **Figura 0.133b**), que es la imagen de menor calidad, se puede observar una **segmentación clara en la zona central**

del medio, donde se aprecia una diferencia de contraste que facilita la distinción entre los distintos tejidos. Además, en la **zona lateral izquierda**, la técnica permite **visualizar con precisión la segmentación entre la materia blanca y la materia gris**. En la secuencia **T2** (véase **Figura 0.133c**), se observó una **segmentación correcta en los límites del cerebro**, logrando **diferenciar los tejidos de manera adecuada en las áreas periféricas**. Sin embargo, en la **zona central** del cerebro, los resultados fueron **algo dudosos**, mostrando una segmentación menos precisa. Además.

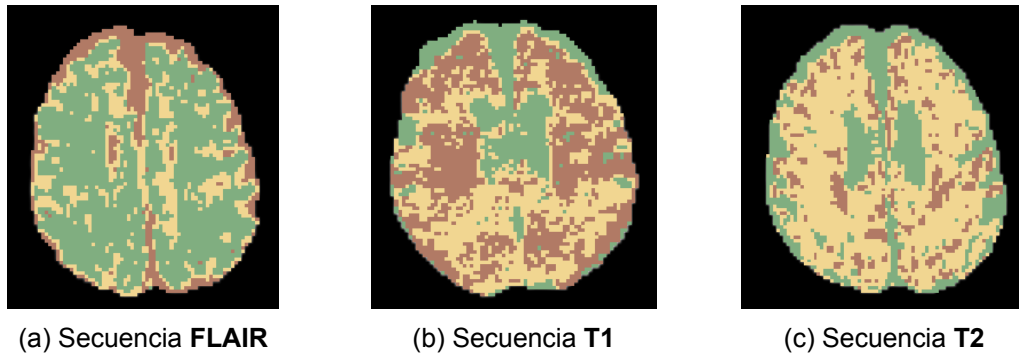


FIGURA 0.133: Secuencia de imágenes del **paciente 051** procesadas con el método **FAST**

0.0.6.2 **KNN++**

En las pruebas realizadas con **KNN++**, los resultados en la secuencia **FLAIR T1** (véase **Figura 0.134a**) mostraron un rendimiento algo similar al de **FAST**, con una **buena diferenciación de los tejidos**. Sin embargo, se notaron **algunos detalles imprecisos en los bordes entre los diferentes tejidos**. En la secuencia **T1 T1** (véase **Figura 0.134b**), el rendimiento fue regular en la **zona superior y central**, logrando una **segmentación adecuada** en estas áreas. No obstante, en el **resto de la imagen, especialmente en las zonas inferiores y laterales**, el **rendimiento fue deficiente**, lo que refleja **dificultades para mantener la consistencia en las diferentes regiones de la imagen**. En la secuencia **T2 T1** (véase **Figura 0.134c**), se observó un **rendimiento regular en la zona superior y central**, donde la **segmentación fue aceptable**, logrando una diferenciación básica entre los tejidos. Sin embargo, **en la zona inferior, el rendimiento fue deficiente**, con segmentaciones imprecisas y menos claras,

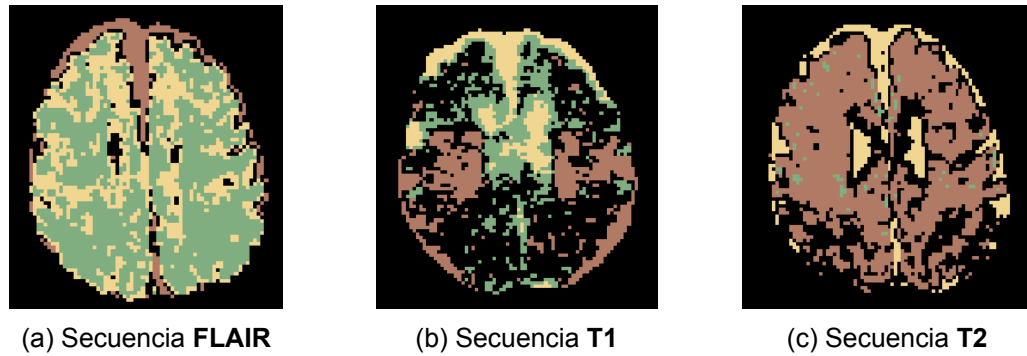


FIGURA 0.134: Secuencia de imágenes del **paciente 051** procesadas con el método **KNN++**

0.0.6.3 **SYNTHSEG**

En las imágenes procesadas con la técnica **SynthSeg**, la herramienta realizó una **separación de los hemisferios cerebrales**. En la secuencia **FLAIR** (véase **Figura 0.135a**), mostró un **buen rendimiento al detectar los bordes y la zona interior central**, logrando una **segmentación precisa de los límites**. Sin embargo, en la **zona interior**, se observó que la herramienta **identificó ciertas áreas como si fueran de otro tipo de tejido**, sugiriendo una **clasificación incorrecta o confusa de los tejidos en esa región**. En la secuencia **T1** (véase **Figura 0.135b**), la herramienta mostró un **mal rendimiento general**, debido a los problemas relacionados con la **baja resolución de esta secuencia**. La segmentación fue **inconsistente**, lo que **afectó su capacidad para diferenciar adecuadamente los tejidos**, y la técnica no logró buenos resultados en esta imagen. En la secuencia **T2** (véase **Figura 0.135c**), tuvo un **mejor rendimiento en los bordes**, segmentando correctamente las áreas periféricas del cerebro. Sin embargo, en la **zona interior**, la herramienta nuevamente **identificó erróneamente algunas regiones**, clasificándolas como si fuesen de otro tipo de tejido, lo que sugiere problemas en la **precisión del algoritmo en zonas con menor contraste o resolución** en esta secuencia.

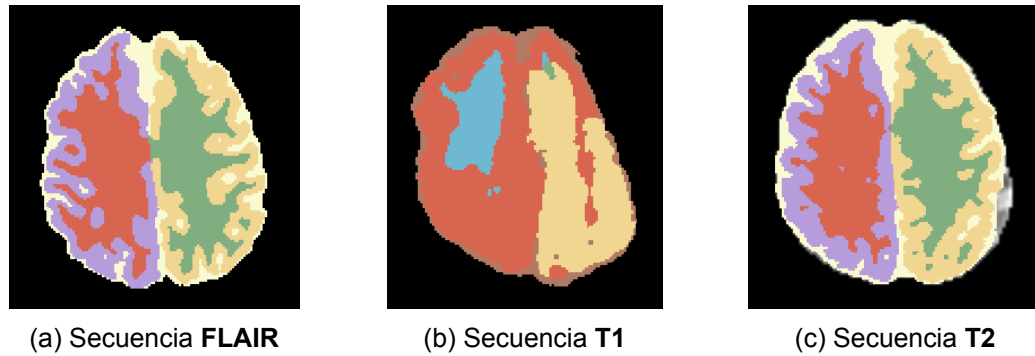


FIGURA 0.135: Secuencia de imágenes del **paciente 051** procesadas con el método **SYNTHSEG**

0.0.7 Resultados de segmentación en Paciente 054

Seguidamente se procesan las imágenes del **Paciente054** (véase Figura 0.136).

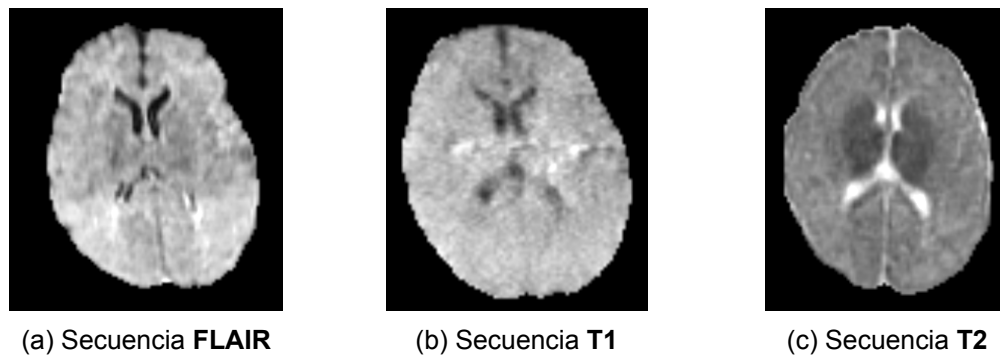


FIGURA 0.136: Secuencia de imágenes del paciente 056

0.0.7.1 **FAST**

En las imágenes del **Paciente054** procesadas con **FAST** (véase Figura 0.137), los resultados fueron **consistentes**. En la secuencia **FLAIR** (véase Figura 0.137a), se observó una **segmentación razonable entre los tejidos**, con la herramienta detectando bien los contrastes entre las diferentes zonas. Aunque no perfecta, la **segmentación fue adecuada** y logró distinguir los tejidos principales. En la secuencia **T1** (véase Figura 0.137b), también mostró un **rendimiento correcto, segmentando correctamente** las áreas de mayor contraste y **diferenciando de manera efectiva los distintos tejidos**. En la secuencia **T2** (véase Figura 0.137c), el rendimiento fue nuevamente **satisfactorio, especialmente en los bordes internos**, donde la segmentación fue **consistente**.

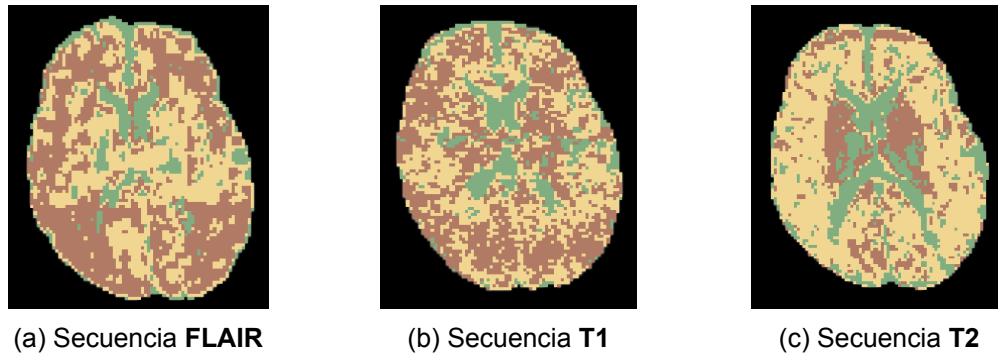


FIGURA 0.137: Secuencia de imágenes del paciente 054 procesadas con FAST

0.0.7.2 KNN++

Continuando con las imágenes procesadas con **KNN++** (véase Figura 0.138), la secuencia **FLAIR** (véase Figura 0.138a) mostró que, aunque la **zona interior del medio** mostró una **segmentación correcta**, el resto de la imagen fue **deficiente**, con muchos problemas en la segmentación general. En la secuencia **T1** (véase Figura 0.138b), se observó una **segmentación aceptable en la zona media alta**, donde los **tejidos fueron bien diferenciados**. Sin embargo, en el **resto de la imagen**, el **rendimiento fue insuficiente**, con problemas de segmentación en las zonas inferiores y laterales. En la secuencia **T2** (véase Figura 0.138c), logró un **rendimiento correcto en la zona interior**, pero el **resto de la imagen** presentó **problemas importantes**, especialmente en la **zona inferior**, donde la **segmentación fue pobre**.

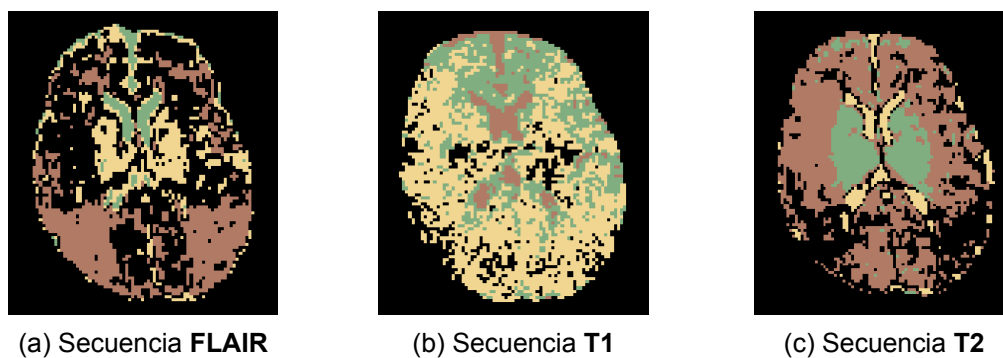


FIGURA 0.138: Secuencia de imágenes del paciente 054 procesadas con KNN++

0.0.7.3 SYNTHSEG

Terminando con el **paciente054**, se procesaron las imágenes con el método **SYNTHSEG** (véase Figura 0.139). En la secuencia **FLAIR** (véase Figura 0.139a), mostró un **rendimiento pobre**, ya que **detectó tejidos de manera errónea**, **segmentando áreas que no corresponden a los tipos de tejido esperados**. Esto

sugiere una clasificación incorrecta en gran parte de la imagen. En la secuencia **T1** (véase Figura 0.139b), el **desempeño fue aún peor**, ya que se puede considerar que la **herramienta falló completamente al detectar y segmentar la imagen**. No se logró una segmentación coherente en ninguna de las zonas. En la secuencia **T2** (véase Figura 0.139c), también tuvo un **rendimiento pobre**, especialmente al intentar segmentar los tejidos internos de la zona media. **La técnica no logró diferenciar correctamente los tejidos** en el interior del cerebro, lo que resultó en una **segmentación imprecisa y poco útil**.

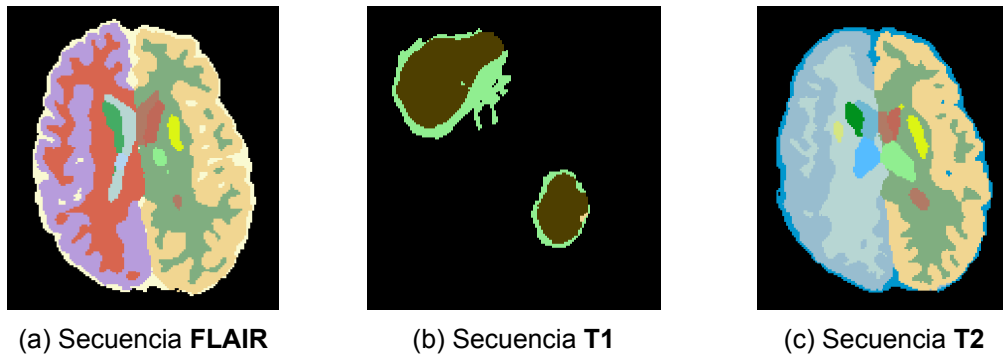


FIGURA 0.139: Secuencia de imágenes del paciente 054 procesadas con SYNTH-SEG

0.0.8 Resultados de segmentación en Paciente 056

Terminando con el segundo experimento, Se procesaron las imágenes del **Paciente 056** con las 3 técnicas seleccionadas (véase Figura 0.140).

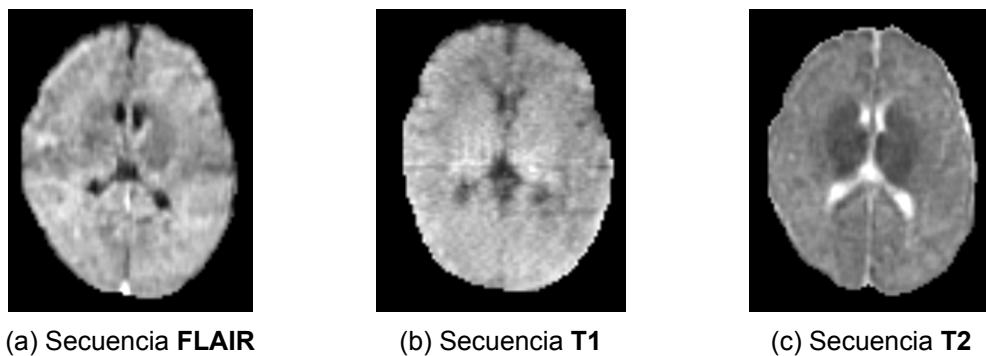


FIGURA 0.140: Secuencia de imágenes del paciente 056

0.0.8.1 FAST

Se procesaron las imágenes del **paciente 056** con el método **FAST** (véase Figura 0.141). Donde, la secuencia **FLAIR** (véase Figura 0.141a) demostró un rendimiento **correcto y razonable**, con una **segmentación precisa de los tejidos**, diferenciando adecuadamente las distintas áreas del cerebro. En la secuencia **T1**

(véase Figura 0.141b), el rendimiento fue igualmente **satisfactorio**, sin grandes problemas visibles. La segmentación fue **clara y los tejidos se diferenciaron bien**, mostrando una **consistencia** en la segmentación. En la secuencia **T2** (véase Figura 0.141c), aunque mostró **ciertas dificultades**, especialmente en algunas áreas más complejas. A pesar de que la segmentación fue un poco más **imprecisa** en comparación con las otras secuencias, el **resultado general fue bueno**.

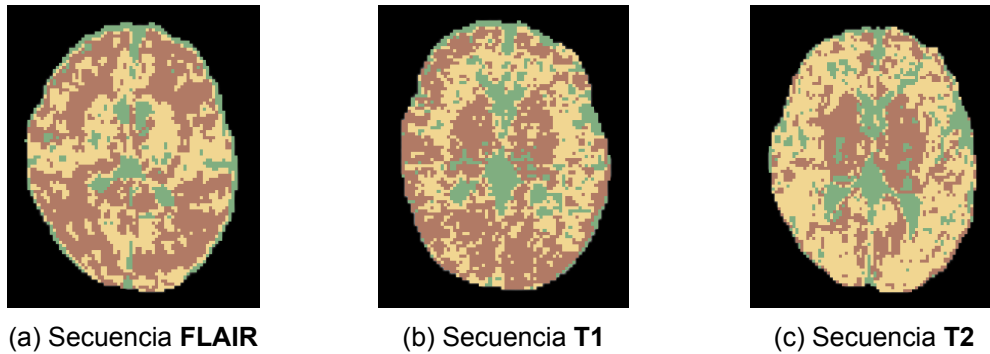


FIGURA 0.141: Secuencia de imágenes del paciente 056 procesadas con FAST

0.0.8.2 **KNN++**

Para continuar se procesaron las imágenes con el método **KNN++** (véase Figura 0.142) el rendimiento fue generalmente deficiente en todas las secuencias. La secuencia **FLAIR** (véase Figura 0.142a), **logró diferenciar algunas partes de la zona interior media**, pero **el resto de la imagen presentó problemas generales**, con **segmentaciones imprecisas y errores en la clasificación de los tejidos**. En la secuencia **T1** (véase Figura 0.142b), se observó algo de segmentación en la **zona superior**, pero **el rendimiento fue deficiente en general**, con **áreas mal segmentadas** y zonas donde **no se logró una diferenciación adecuada entre los tejidos**. En la secuencia **T2** (véase Figura 0.142c), Aunque se observa que se **segmentó de manera aceptable la zona interior media**, **el resultado fue pobre**, y en el resto de la imagen, la **segmentación fue casi nula**, mostrando muy pocos detalles y un rendimiento insuficiente.

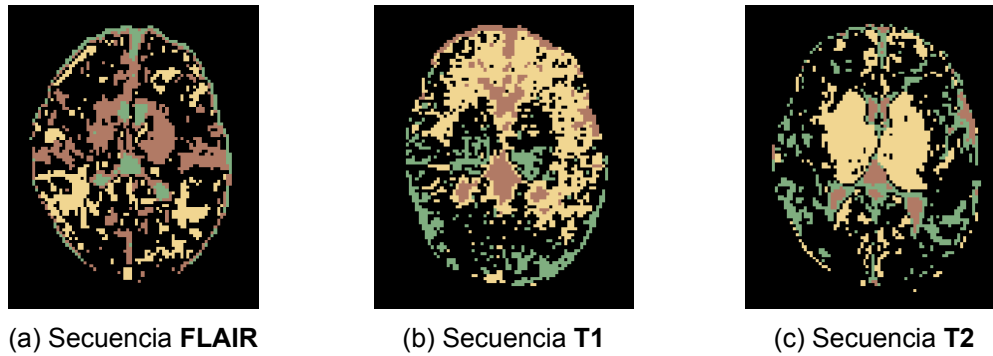


FIGURA 0.142: Secuencia de imágenes del paciente 056 procesadas con KNN++

0.0.8.3 SYNTHSEG

Como ultimo experimento se procesaron las imágenes del **paciente056** (véase **Figura 0.143**) con la técnica **SYNTHSEG**. Donde se observa que en la secuencia **FLAIR** (véase **Figura 0.143a**), mostró una **segmentación incorrecta de los tejidos**, con **resultados que no reflejan adecuadamente las estructuras cerebrales**. Los tejidos fueron **mal identificados**, lo que resultó en una segmentación poco confiable. En la secuencia **T1** (véase **Figura 0.143b**), el rendimiento fue aún peor, con una **segmentación incorrecta y casi nula**. El algoritmo **no logró diferenciar ni segmentar correctamente los tejidos**, fallando prácticamente en toda la imagen. En la secuencia **T2** (véase **Figura 0.143c**), se observó nuevamente una **segmentación incorrecta y deficiente**, con **errores importantes en la identificación de los tejidos**. La segmentación fue poco precisa, con un rendimiento muy bajo en toda la imagen.

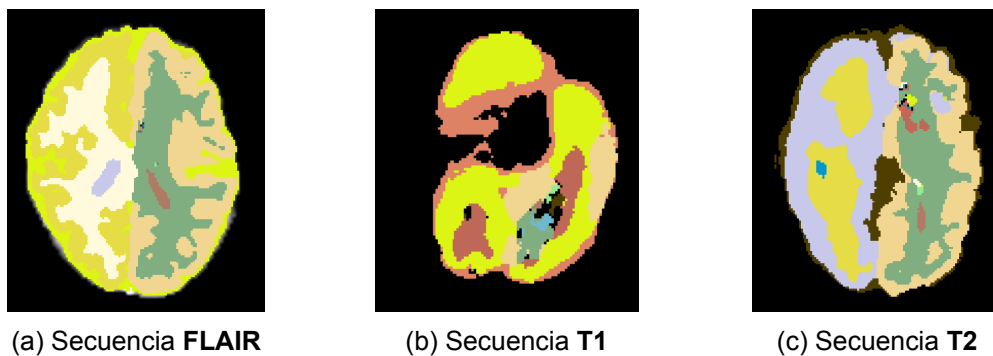


FIGURA 0.143: Secuencia de imágenes del paciente 056 procesadas con SYNTHSEG