

Construcción de un modelo predictivo para la valoración de pacientes que ingresan con un ictus isquémico

Congreso de la SEIO 2022

9 de junio de 2022

F. Reche Lorite¹, J.M. García Torrecillas² y L. Téllez Ramírez²

¹Centro de Desarrollo y Tansferencia de Investigación Matemática a la Empresa (CDTIME), Universidad de Almería

²Hospital Universitario de Torrecárdenas (Almería)





Contenidos

Modelo predictivo para
valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

Introducción

Planteamiento del problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro



El origen

Modelo predictivo para
valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

2

Colaboración

H.U. Torrecárdenas



CDTIME (Universidad de Almería)



CDTIME

Centro de Desarrollo y Transferencia
de Investigación Matemática a la Empresa

19



El proyecto Neurotics (<http://www.neurotics.es>)

Modelo predictivo para
valoración del ictus
Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

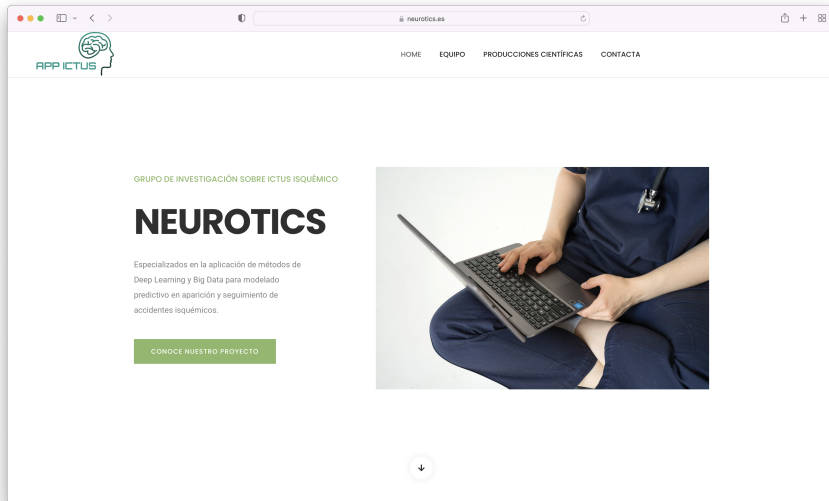
Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

3

19





Planteamiento del problema

Modelo predictivo para
valoración del ictus
Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

4

El ictus isquémico

- ▶ El ictus isquémico supone la **segunda causa** de mortalidad en nuestro país.
- ▶ La **primera** causa de mortalidad en la **mujer**.
- ▶ A nivel mundial el ictus es la **segunda** causa de mortalidad y la **tercera** más común en los países industrializados.
- ▶ La **mortalidad hospitalaria** se sitúa en torno al 12,9 % .

Cuestiones interesantes

- ▶ Se han detectado una serie de **factores de riesgo** que permiten estimar la probabilidad de fallecer o presentar secuelas.
- ▶ Un **plan integral** de actuaciones desde la llegada del paciente aumenta las probabilidades de recuperación de este.
- ▶ El **tiempo**, las **medidas**, la **formación** y el equipo que presta atención se ha demostrado ser un factor determinante en la **tasa de mortalidad** intrahospitalaria.



¿Qué se quiere hacer?

Modelo predictivo para
valoración del ictus
Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

5

Objetivos

- ▶ **Identificar** las variables asociadas a la mortalidad intrahospitalaria de pacientes con ictus.
- ▶ Elaborar un **modelo predictivo** de mortalidad basado en esas variables.
- ▶ **Validar** el modelo/modelos construidos.
- ▶ **Implementar** una aplicación que permita con unos pocos parámetros estimar la probabilidad de fallecimiento del paciente ingresado.

¿De dónde partimos?

Iniciamos el proceso de construcción basándonos en el CMBD:

«El conjunto mínimo básico de datos (CMBD Nacional) es un registro administrativo que contiene un conjunto de variables clínicas, demográficas y administrativas que resumen lo acontecido a un usuario en un episodio de asistencia hospitalaria. Proporciona información básica sobre el usuario, sobre el centro y unidad que lo atienden y sobre su proceso asistencial.»

19



Esquema de la adquisición de información

Modelo predictivo para
valoración del ictus
Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

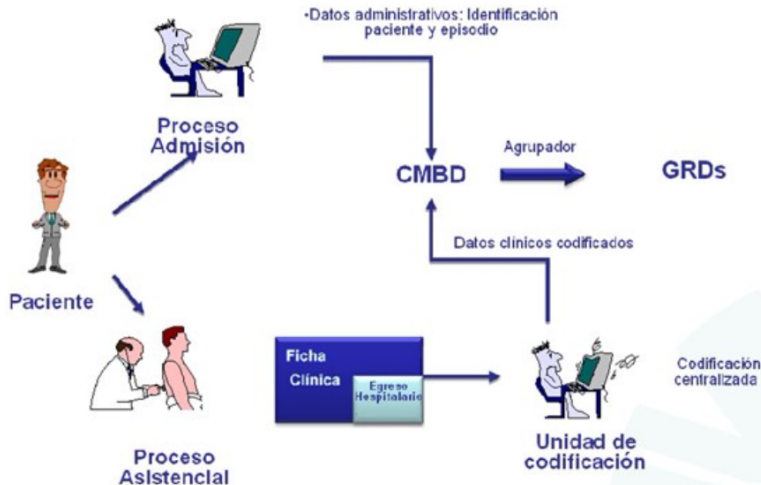
Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

6



19



Primeros problemas

Modelo predictivo para
valoración del ictus
Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

7

19

La base de datos

El CMBD es una base de datos con muchos registros, pero:

- ▶ No contiene las variables críticas del ictus ya que es una base clínico-administrativa lo que hace que haya un **infrarregistro** de comorbilidades crónicas.
- ▶ Está **desbalanceada**.
- ▶ Es **poco** exhaustiva.
- ▶ Hay mucha **heterogeneidad** geográfica.

¿Qué podemos hacer?

- ▶ **Empezamos** con estos datos.
- ▶ Lo ponemos en **funcionamiento**.
- ▶ Recogemos nuestros **propios** datos.
- ▶ **Recalibramos** el modelo.
- ▶ Exploramos **nuevos modelos**.



Estrategia de trabajo

Modelo predictivo para
valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

8

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

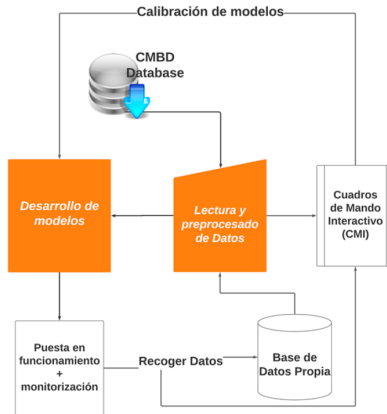
Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

Esquema



Proceso seguido

- ▶ Obtención de datos.
- ▶ Preprocesamiento.
- ▶ Desarrollo de modelos y monitorización.
- ▶ Validación externa con nuestros propios datos.
- ▶ Reentrenamiento y calibrado de los modelos.



Los datos

Modelo predictivo para
valoración del ictus
Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

9

CMBD

- ▶ La base de datos utilizada recoge **información nacional** consistente en **episodios de ingreso** durante el periodo 2008–2012.
- ▶ Para los diagnósticos se utiliza la clasificación GRD (Grupos Relacionados de Diagnóstico) español que consta de **14 categorías** en el caso del ictus isquémico no sometido a reperusión.
- ▶ La base de datos consta de **186 245 registros** y 37 variables.
- ▶ **No** se especifica la **severidad** del episodio, pero si el desenlace en 7 categorías.

Preprocesamiento de los datos

Inicialmente hacemos un «proceso de limpieza» de la base de datos:

- ▶ Eliminamos casos que tienen datos faltantes ya que no son muchos (un 7.92 % del total).
- ▶ Se recodifican adecuadamente las variables.
- ▶ Se eliminan casos atípicos, en nuestro caso, episodios cuya estancia en el hospital exceda de 21 días.

19



Las variables

Modelo predictivo para
valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

10

19

Variables disponibles

- ▶ De carácter **sociodemográfico**: edad, sexo, origen geográfico.
- ▶ De **comorbilidades**: insuficiencia cardíaca crónica, estenosis, dislipemia, arritmias, diabetes, hipertensión,...
- ▶ **Hospitalarias**: Fallecimiento, reingreso si el paciente vuelve al hospital por la misma causa en los 30 días posteriores al diagnóstico, días de estancia.
- ▶ **Otro tipo** de variables: número de tratamientos recibidos o el número de diagnósticos.



Selección de variables

Modelo predictivo para
valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

11

19

La variable objetivo

La variable objetivo (por ahora) es el fallecimiento del paciente que ingresa con un ictus isquémico que es de tipo booleano y que presenta alrededor de un 7 % de fallecidos.

La selección de variables

Para la construcción hemos utilizado dos estrategias de selección de variables que han convergido a una:

- ▶ Una selección de variables realizada por los expertos (independiente de los datos)
- ▶ Una selección realizada exclusivamente a partir de los datos.

La selección final ha sido un **consenso** de ambas estrategias.



Construcción del modelo

Modelo predictivo para
valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

12

Validación interna

Dado el tamaño de la base de datos se ha decidido hacer una validación por conjunto de entrenamiento.

Seleccionamos aleatoriamente un 80 % de los episodios para entrenar y el restante 20 % para comprobar en potencial predictivo del modelo.

Modelos entrenados

Hasta el momento (estamos barajando otras posibilidades) se han construido modelos basados en:

- ▶ Regresión logística.
- ▶ Árboles de clasificación y Random Forest.
- ▶ Redes neuronales.

19



Resultados

Modelo predictivo para
valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

13

19

Algo sorprendente

Después de aplicar los diferentes métodos de construcción de clasificadores: regresión logística, árboles de clasificación y redes neuronales resultó que todos ellos daban resultados similares sin mejoras significativas.

Métricas

	Balanced Accuracy	AUC ROC	Precision	Recall
Logistic regression	0.667	0.742	0.320	0.712
Random forest	0.669	0.726	0.326	0.698
Neural network	0.651	0.651	0.356	0.863
MLP				



La decisión

Modelo predictivo para
valoración del ictus
Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

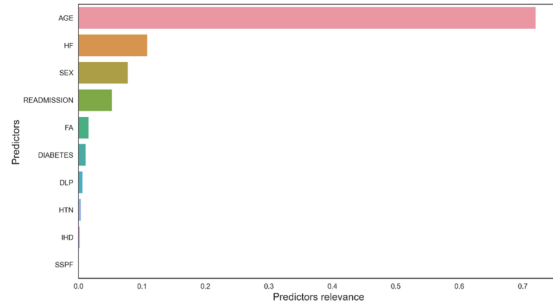
14

19

Modelo inicial

Dados los resultados, el equipo multidisciplinar decidió aplicar, como modelo inicial, el obtenido en la **regresión logística**.

Variables seleccionadas utilizando Random Forest





App de smartphone: calculadora de riesgo

Modelo predictivo para
valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

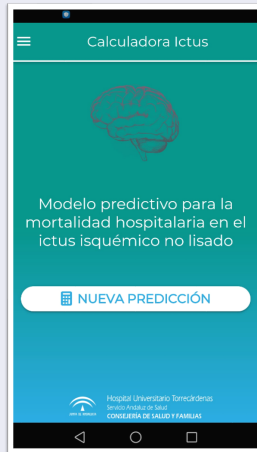
15

19

La aplicación

- ▶ Hemos creado una **aplicación para smartphone** que permite estimar el riesgo de mortalidad de un paciente que ingresa con síntomas de ictus isquémico.
- ▶ Para **optimizar** la atención y realizar **medicina personalizada**.
- ▶ Estamos en **fase de prueba** y de **calibrado** de los parámetros.
- ▶ Queremos **mejorar** el modelo con nuevos datos e implementar nuevas metodologías.

La app





App de smartphone: calculadora de riesgo

Modelo predictivo para
valoración del ictus
Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

15

La aplicación

- ▶ Hemos creado una **aplicación para smartphone** que permite estimar el riesgo de mortalidad de un paciente que ingresa con síntomas de ictus isquémico.
- ▶ Para **optimizar** la atención y realizar **medicina personalizada**.
- ▶ Estamos en **fase de prueba** y de **calibrado** de los parámetros.
- ▶ Queremos **mejorar** el modelo con nuevos datos e implementar nuevas metodologías.

19

La app

Datos del Paciente		
Edad 87	Sexo(H/M) ☐	Reingreso ☒
Card. Isq. ☐	HTA ☐	Diabetes ☒
Fib. Auric. ☒	Dislipemia ☐	Insuf. Card. ☐
Clín.Fosa P. ☒	CALCULAR	





App de smartphone: calculadora de riesgo

Modelo predictivo para
valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

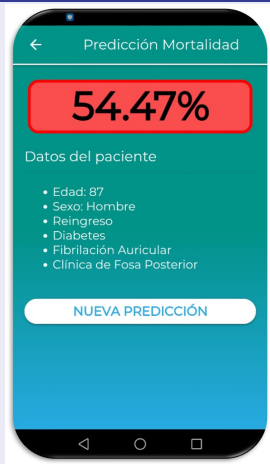
15

19

La aplicación

- ▶ Hemos creado una **aplicación para smartphone** que permite estimar el riesgo de mortalidad de un paciente que ingresa con síntomas de ictus isquémico.
- ▶ Para **optimizar** la atención y realizar **medicina personalizada**.
- ▶ Estamos en **fase de prueba** y de **calibrado** de los parámetros.
- ▶ Queremos **mejorar** el modelo con nuevos datos e implementar nuevas metodologías.

La app





Modelo predictivo para
valoración del ictus
Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

16

19



International Journal of
*Environmental Research
and Public Health*



Article

Predictive Model and Mortality Risk Score during Admission for Ischaemic Stroke with Conservative Treatment

María Carmen Lea-Pereira ¹, Laura Amaya-Pascasio ², Patricia Martínez-Sánchez ² ,
María del Mar Rodríguez Salvador ³, José Galván-Espinosa ⁴ , Luis Téllez-Ramírez ⁵, Fernando Reche-Lorite ⁶,
María-José Sánchez ^{7,8,9,10} and Juan Manuel García-Torrecillas ^{5,8,9,11,*}

¹ Internal Medicine Department, Hospital de Poniente, El Ejido, 04700 Almería, Spain; mariadelcarmen.lea@ephpo.es

² Department of Neurology and Stroke Unit, Hospital Universitario Torrecárdenas, 04009 Almería, Spain; laura.amaya.pascasio.sspa@juntadeandalucia.es (L.A.-P.); patricia.martinez.sanchez.sspa@juntadeandalucia.es (P.M.-S.)

³ Nurse in Almería Primary Care District, 04009 Almería, Spain; mariam.rodriguez.salvador.sspa@juntadeandalucia.es

⁴ Alejandro Otero Research Foundation (FIBAO), Hospital Universitario Torrecárdenas, 04009 Almería, Spain; jgalvan@fibao.es

⁵ Biomedical Research Unit, Hospital Universitario Torrecárdenas, 04009 Almería, Spain; ltr385@inlumine.ua.es

⁶ Department of Mathematics, University of Almería, 04120 Almería, Spain; freche@ual.es

⁷ Escuela Andaluza de Salud Pública, 18011 Granada, Spain; mariajose.sanchez.easp@juntadeandalucia.es

⁸ Instituto de Investigación Biomédica Ibs. Granada, 18012 Granada, Spain

⁹ Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), 28029 Madrid, Spain

¹⁰ Department of Preventive Medicine and Public Health, University of Granada, 18071 Granada, Spain

¹¹ Department of Emergency Medicine, Hospital Universitario Torrecárdenas, 04009 Almería, Spain

* Correspondence: juanm.garcia.torrecillas.sspa@juntadeandalucia.es



Citation: Lea-Pereira, M.C.;

Amaya-Pascasio, L.;

Martínez-Sánchez, P.; Rodríguez



Segunda fase del proyecto

Modelo predictivo para
valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

17

19

Líneas de trabajo

- ▶ Realizar una **validación externa** del modelo.
- ▶ Recoger datos de calidad **específicos** de ictus.
- ▶ Se ha diseñado una aplicación para que el facultativo pueda introducir **fácilmente** datos clínicos de los pacientes ingresados.
- ▶ **Mejorar** los modelos.



La recogida de datos

Modelo predictivo para
valoración del ictus
Reche et al.

Introducción

Planteamiento del
problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

18

19

≡

📁

👤

👥

🔗

🧠

← Editar Historial

GUARDAR

Características

Patologías

Fármacos

Situación

Patologías presentes antes del ingreso

Creatinina

0,96

Rankin previo al ingreso (0 - 5)

0

☐ Antecedente de Accidente Vascular Transitorio

☐ Considerar >40 gr/día de alcohol

☐ Insuficiencia cardiaca

☐ Abandono del hábito tabáquico hace > 12 meses

☐ Diabetes Mellitus

☐ Insuficiencia Renal previa al ingreso

☐ Antecedente de hemorragia cerebral

☒ Dislipemia

☐ Obesidad

☐ Antecedente de Infarto de Miocardio

☐ En tratamiento con diálisis

☐ Portador de válvula cardiaca biológica

☐ Antecedente de Ictus isquémico previo

☐ EPOC

☐ Portador de válvula cardiaca mecánica

☐ Antecedente de miocardiopatía

☒ Hipertensión arterial

☐ Tabaquismo activo

☒ Antecedente de valvulopatía

☐ Hepatopatía

☐ Cardiopatía isquémica previa

SIGUIENTE

 **FIBAO**
FEDERACIÓN IBEROAMERICANA DE
BIOSANITARIA

 **ibsGRANADA**
INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN
BIOSANITARIA



Modelo predictivo para valoración del ictus

Reche et al.

Introducción

Planteamiento del problema

Los datos

Estrategia de trabajo

Construcción del modelo

Preprocesamiento de los datos

Selección de las variables

Aprendizaje del modelo

Resultados

Futuro

19

19



Fundación para la Investigación Biosanitaria
de Andalucía Oriental - Alejandro Otero
Consejería de Salud y Familias



Fundación Progreso y Salud
Consejería de Salud y Familias

Convocatoria FPS 2020. Expdte: AP-0013-2020-C1-F1



CDTIME

Centro de Desarrollo y Transferencia
de Investigación Matemática a la Empresa

Muchas gracias por su atención



Ana M. Aguilera del Pino y Juan Eloy Ruiz Castro, como presidentes del Comité Organizador del XXXIX Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa y de las XIII Jornadas de Estadística Pública (SEIO 2022) de la Sociedad de Estadística e Investigación Operativa, organizados por la Universidad de Granada, que se han celebrado del 7 al 10 de Junio de 2022 en Granada

CERTIFICAN que el trabajo titulado

Construcción de un modelo predictivo para la valoración de pacientes que ingresan con un ictus isquémico

cuyos autores son:

F. Reche Lorite, J. M. García Torrecillas, L. Téllez Ramírez

ha sido presentado en el congreso SEIO 2022 en la sesión **(Comunicación Oral) Sesión Invitada Math-In. Industrial Applications IV**

Y para que conste y surta los efectos oportunos, se expide la presente certificación.

En Granada, a 10 de Junio de 2022,

Ana M. Aguilera del Pino



Juan Eloy Ruiz Castro



PRESIDENTES COMITÉ ORGANIZADOR SEIO 2022

Todos los trabajos presentados en sesión GT son ponencias invitadas organizadas por grupos de trabajo de la SEIO