

Proyecto Final de IA – “Diabetes”

Rodríguez, Christopher. Haldccd@hotmail.com, Sandoval, José. joseandressc@hotmail.com, Chong, Alexandra. Alexandra13chong07@gmail.com.

Departamento de Ingeniería Biomedica
Universidad Latina de Panamá

Abstract- *Diabetes is a chronic disease characterized by elevated blood glucose levels due to the body's inability to produce sufficient insulin or use it effectively. There are several types of diabetes, with the most common being type 1 and type 2 diabetes. Type 1 diabetes results from the destruction of insulin-producing cells in the pancreas, while type 2 diabetes is linked to insulin resistance and insufficient insulin production.*

The figures related to diabetes are concerning. According to the World Health Organization (WHO), an estimated 422 million people were living with diabetes worldwide in 2021. This number is expected to rise due to factors such as population aging, obesity, and sedentary lifestyles. Type 2 diabetes accounts for most cases and is strongly associated with obesity and lack of physical activity.

Resumen- *La diabetes es una enfermedad crónica caracterizada por niveles elevados de glucosa en sangre debido a la incapacidad del cuerpo para producir suficiente insulina o utilizarla eficazmente. Existen varios tipos de diabetes, siendo los más comunes la diabetes tipo 1 y tipo 2. La diabetes tipo 1 se debe a la destrucción de las células productoras de insulina en el páncreas, mientras que la diabetes tipo 2 está relacionada con la resistencia a la insulina y la producción insuficiente de esta hormona.*

Las cifras relacionadas con la diabetes son preocupantes. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que en 2021 había alrededor de 422 millones de personas viviendo con diabetes en todo el mundo. Se prevé que esta cifra aumente debido a factores como el envejecimiento de la población, la obesidad y el estilo de vida sedentario. La diabetes tipo 2 constituye la gran mayoría de los casos y está fuertemente asociada con la obesidad y la falta de actividad física.

I. MARCO TEÓRICO

A. ¿Qué es diabetes? [1]

La diabetes es una enfermedad crónica (de larga duración) que afecta la forma en que el cuerpo convierte los alimentos en energía.

Su cuerpo descompone la mayor parte de los alimentos que come en azúcar (también llamada glucosa) y los libera en el torrente sanguíneo. El páncreas produce una hormona llamada insulina, que actúa como una llave que permite que el azúcar en la sangre entre a las células del cuerpo para que estas la usen como energía.

Con diabetes, su cuerpo no produce una cantidad suficiente de insulina o no puede usar adecuadamente la insulina que produce. Cuando no hay suficiente insulina o las células dejan de responder a la insulina, queda demasiada azúcar en el torrente sanguíneo y, con el tiempo, esto puede causar problemas de salud graves, como enfermedad del corazón, pérdida de la visión y enfermedad de los riñones.

Todavía no existe una cura para la diabetes, pero perder peso, comer alimentos saludables y estar activo realmente puede ayudar.

La prediabetes es un nivel de glucosa sanguínea más alto de lo normal. Aún no es lo suficientemente alto como para considerarse diabetes tipo 2, pero si no hacen cambios en el estilo de vida, los adultos y niños con prediabetes son más propensos a desarrollar diabetes tipo 2.

Si uno posee prediabetes, es posible que ya esté comenzando el daño a largo plazo de la diabetes (especialmente, en el corazón, los vasos sanguíneos y los riñones).

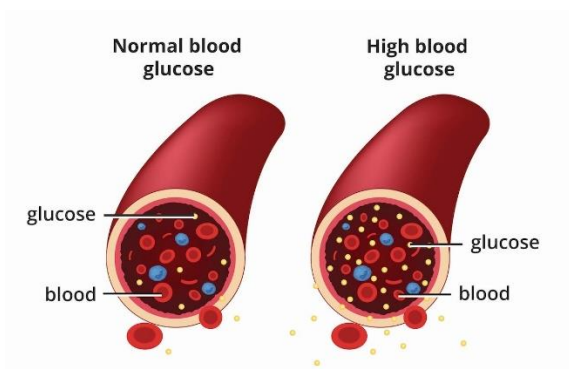


Fig. 1. Diabetes representada en la sangre.

B. Tipos de diabetes [1]

Existen tres tipos principales de diabetes: diabetes tipo 1, diabetes tipo 2 y diabetes gestacional (diabetes durante el embarazo).

Diabetes tipo 1

La diabetes tipo 1 es causada por una reacción autoinmunitaria (el cuerpo se ataca a sí mismo por error). Esta reacción impide que su cuerpo produzca insulina. Aproximadamente del 5 al 10% de las personas que tienen diabetes tienen el tipo 1. Por lo general, los síntomas de esta diabetes aparecen rápidamente. Generalmente se diagnostica en niños, adolescentes y adultos jóvenes. Las personas que tienen diabetes tipo 1, deben recibir insulina todos los días para sobrevivir. En la actualidad, nadie sabe cómo prevenir la diabetes tipo 1.

Diabetes tipo 2

Con la diabetes tipo 2, el cuerpo no usa la insulina adecuadamente y no puede mantener el azúcar en la sangre a niveles normales. Aproximadamente del 90 al 95% de las personas con diabetes tiene la diabetes tipo 2. Es un proceso que evoluciona a lo largo de muchos años y generalmente se diagnostica en los adultos (si bien se está presentando cada vez más en los niños, los adolescentes y los adultos jóvenes). Es posible que no sienta ningún síntoma; por lo tanto, es importante que se haga un análisis de sus niveles de azúcar en la sangre si está en riesgo. La diabetes tipo 2 se puede prevenir o retrasar con cambios de estilo de vida saludables, como:

- Bajar de peso si tiene sobrepeso.
- Tener una alimentación saludable.
- Hacer actividad física regularmente.

Diabetes gestacional

La diabetes gestacional aparece en mujeres embarazadas que nunca han tenido diabetes. Si usted tiene diabetes gestacional, su bebé podría estar en mayor riesgo de presentar complicaciones de salud. La diabetes gestacional generalmente desaparece después de que nace el bebé. Sin embargo, aumenta el riesgo de que usted tenga diabetes tipo 2 más adelante en la

vida. Es más probable que su bebé tenga obesidad cuando sea niño o adolescente y que presente diabetes tipo 2 más adelante en la vida.

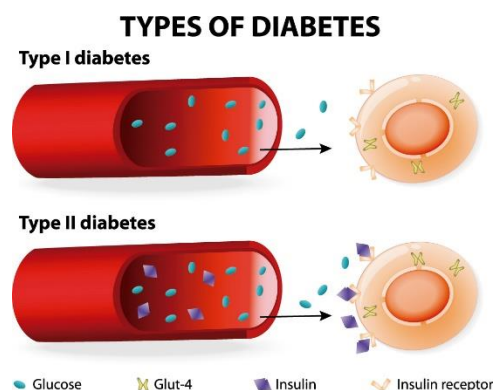


Fig. 2. Tipos de diabetes representados en la sangre

C. Diabetes en Panamá [2] [3]

De las personas con diabetes, el 50% padece de obesidad, seguido con el 37% hipertensión y un alto porcentaje de enfermedad renal. El estudio más reciente que realizó el Instituto Conmemorativo Gorgas indica que 324,802 personas diagnosticadas con diabetes en Panamá, el 50% desconoce que la padecen. El mismo estudio revela que el 40% de los pacientes muere por causas generadas por esta enfermedad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Estado panameño invierte entre \$1,200 a \$1,700 al año por paciente, mientras que el costo de los diabéticos sometidos a hemodiálisis ronda los \$30 mil anuales, por paciente.

Esta enfermedad es la sexta causa de muerte en Panamá, según estadísticas de la Contraloría General de la República, la cual revela que por año mueren cerca de 1,300 personas, de las cuales 702 son mujeres y 598, hombres.

Adicionalmente, diversos estudios nacionales corroboran que, más del 60% de los adultos panameños tiene problemas de sobrepeso y más de uno de cada cuatro padece obesidad, que también van ganando terreno entre niños y adolescentes del país. De hecho, la Organización Mundial de la Salud estima que cerca del 9% en la población adulta mundial sufre de diabetes. Si le aplicamos ese porcentaje (9%) a la población de adultos mayores de 20 años estimada por el INEC para 2017 en (2.65 millones), resulta que alrededor de **240,000 panameños pueden estar padeciendo de diabetes y no lo saben**. Redoblemos el esfuerzo por encontrar y tratar la obesidad y diabetes.

De acuerdo con las Estadísticas vitales del INEC, en los últimos cinco años la diabetes fue responsable directa por el fallecimiento de más de 6,000 personas, de las cuales el 54% fueron del sexo femenino, y en ambos casos la tendencia va en aumento. Adicionalmente, en el mismo período más de 25,000 personas fallecieron por causa de enfermedades circulatorias directamente relacionadas a este padecimiento.

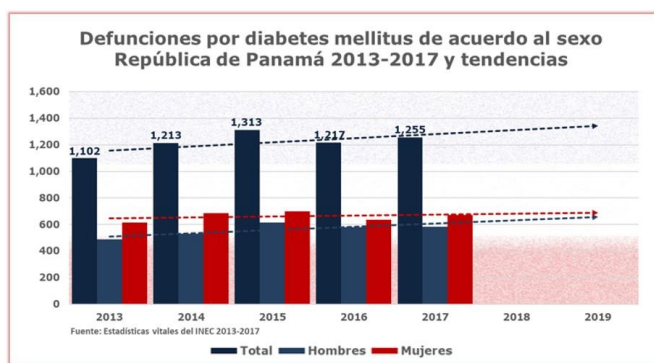


Tabla 1. Defunciones en Panamá por Diabetes Mellitus [3]

D. Diagnóstico y tratamiento [4] [5]

Prueba de hemoglobina glucosilada A1c.

Esta prueba de sangre, que no requiere abstenerse de ingerir alimentos por un lapso (ayuno), indica tu nivel promedio de glucosa en la sangre durante los últimos 2 a 3 meses. Mide el porcentaje de glucosa en la sangre unida a la hemoglobina, la proteína que transporta oxígeno en los glóbulos rojos. También se la conoce como prueba de hemoglobina glucosilada.

Cuanto más alto sea tu nivel de glucosa en la sangre, mayor será la cantidad de hemoglobina con azúcar. Un nivel del 6,5 % o más en dos pruebas de hemoglobina glucosilada A1c separadas indica que tienes diabetes. Un nivel de hemoglobina glucosilada A1c entre el 5,7 % y el 6,4 % se considera prediabetes. Un nivel de hemoglobina glucosilada A1c por debajo del 5,7 % se considera normal.

Examen aleatorio de glucosa en la sangre.

Se tomará una muestra de sangre en un horario al azar. Independientemente de la última vez que comiste, un nivel de glucosa en la sangre de 200 miligramos por decilitro (mg/dl), es decir, 11,1 milimoles por litro (mmol/l) o más, sugiere diabetes.

Examen de glucemia en ayunas.

Se tomará una muestra de sangre después de una noche de ayuno. Un nivel de glucosa en la sangre, en ayunas, menor que 100 mg/dl (5,6 mmol/l) es normal. Un nivel de glucosa en la sangre, en ayunas, entre 100 y 125 mg/dl (5,6 a 6,9 mmol/l) se considera prediabetes. Si el resultado es 126 mg/dl (7 mmol/l) o más en distintos análisis, tienes diabetes.

Prueba de tolerancia a la glucosa.

Para esta prueba, debes ayunar durante la noche. Luego, se mide el nivel de glucosa en la sangre, en ayunas. Después, bebes un líquido azucarado y se mide el nivel de glucosa en la sangre periódicamente durante las siguientes dos horas.

Un nivel de glucosa en la sangre inferior a 140 mg/dl (7,8 mmol/l) es normal. Un valor de más de 200 mg/dl (11,1

mmol/l) después de dos horas indica diabetes. Un resultado de entre 140 y 199 mg/dl (7,8 y 11,0 mmol/l) indica que tienes prediabetes.



Fig. 3. Prueba de sangre con glucómetro

Diabetes Tipo I [4]

Tratamiento:

Las personas que padecen diabetes tipo 1 necesitan tratamiento con insulina de por vida.

La insulina es una sustancia hormonal segregada por el páncreas en respuesta a la detección de niveles de glucosa en la sangre. Su papel principal radica en facilitar la entrada de la glucosa en las células, donde puede ser aprovechada como fuente de energía. Cuando la insulina no desempeña eficazmente esta función, la glucosa tiende a acumularse en el torrente sanguíneo, dando lugar a un estado de hiperglucemia.

Hay muchos tipos de insulina, incluidos los siguientes:

- **Insulina de acción corta:**

Este tipo de insulina, que a veces se llama “insulina regular”, empieza a actuar unos 30 minutos después de la inyección. Alcanza su efecto máximo entre 90 y 120 minutos después de administrarla y dura aproximadamente de 4 a 6 horas.

- **Insulina de acción rápida:**

Este tipo de insulina empieza a actuar en 15 minutos. Alcanza su efecto máximo a los 60 minutos y dura aproximadamente 4 horas. A menudo, se usa de 15 a 20 minutos antes de las comidas.

- **Insulina de acción intermedia:**

Este tipo de insulina, a la que también se llama “insulina isófana humana”, empieza a actuar entre 1 y 3 horas después de inyectarla. Alcanza su efecto

máximo entre 6 y 8 horas después de administrarla y dura de 12 a 24 horas.

modo que el organismo utilice la insulina de una manera más eficaz.

- **Insulina de acción prolongada y ultra prolongada:**

Es posible que este tipo de insulina proporcione cobertura de 14 a 40 horas.



Fig. 4. Insulina



Fig. 5. Metformina

Las sulfonilureas ayudan al cuerpo a producir más insulina. Entre los ejemplos se incluyen la gliburida (DiaBeta y Glynase), la glipizida (Glucotrol XL) y la glimepirida (Amaryl).

Las glinidas estimulan al páncreas para que produzca más insulina. Su acción es más rápida que la de las sulfonilureas, pero la duración del efecto en el cuerpo es más breve. Algunos ejemplos incluyen la repaglinida y la nateglinida.

Las tiazolidinedionas hacen que los tejidos del cuerpo sean más sensibles a la insulina. Un ejemplo de este medicamento es la pioglitazona (Actos).

Los inhibidores de la dipeptidil-peptidasa 4 ayudan a disminuir los niveles de glucosa en la sangre, pero suelen tener un efecto moderado. Algunos ejemplos incluyen la sitagliptina (Januvia), la saxagliptina (Onglyza) y la linagliptina (Tradjenta).

II PROGRAMA

Se adquiere el dataset de kaggle , se analiza para poder hacer el diseño de los modulos que se va a utilizar. Para ello se realiza el análisis de EDA.

Diabetes Tipo II [5]

Tratamiento:

El control de la diabetes tipo 2 incluye lo siguiente:

- Alimentación saludable.
- Ejercicio regular.
- Pérdida de peso.
- Posiblemente, medicamentos para la diabetes o tratamiento con insulina.
- Control de la glucosa en la sangre.

Estas medidas aumentan las probabilidades de que la glucosa en la sangre se mantenga en un rango saludable y pueden ayudar a retrasar o prevenir complicaciones.

- Aceites para cocinar saludables, como aceite de oliva o el aceite de canola.
- Menos calorías.

Medicamentos contra la diabetes.

Los medicamentos para la diabetes tipo 2 son los siguientes:

Metformina (Fortamet, Glumetza y otros) es, por lo general, el primer medicamento recetado para la diabetes tipo 2. Funciona principalmente disminuyendo la producción de glucosa en el hígado y mejorando la sensibilidad del cuerpo a la insulina, de

• Data Cleaning

```
[ ] df.head()
```

	Pregnancies	Glucose	BloodPressure	SkinThickness	Insulin	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
0	6	148	72	35	0	35.6	0.627	50	1
1	1	85	66	29	0	26.6	0.351	31	0
2	8	183	64	0	0	23.5	0.672	32	1
3	1	89	66	23	94	28.1	0.167	21	0
4	0	137	40	35	168	43.1	2.288	33	1

```
[ ] df.describe()
```

	Pregnancies	Glucose	BloodPressure	SkinThickness	Insulin	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
count	768.000000	768.000000	768.000000	768.000000	768.000000	768.000000	768.000000	768.000000	768.000000
mean	3.843002	120.894331	69.105403	35.236438	79.789479	31.992576	0.471676	33.240865	0.345008
std	3.369578	31.972618	19.359807	15.952218	115.244802	7.884160	0.531329	11.760232	0.476981
min	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.078000	21.000000	0.000000
25%	1.000000	99.000000	62.000000	0.000000	0.000000	27.300000	0.243750	24.000000	0.000000
50%	3.000000	117.000000	72.000000	23.000000	30.500000	32.000000	0.372000	29.000000	0.000000
75%	6.000000	140.250000	80.000000	32.500000	127.250000	36.500000	0.626250	41.000000	1.000000
max	17.000000	199.000000	122.000000	99.000000	640.000000	67.100000	2.420000	61.000000	1.000000

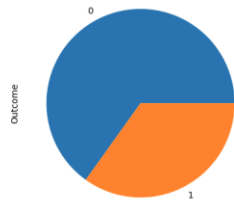
Let's check how many null values we have in our data set.

Data Manipulation

```
[ ] df["Outcome"].value_counts()
```

```
0    500
1    268
Name: Outcome, dtype: int64
```

```
df["Outcome"].value_counts().plot(kind="pie")
plt.show()
```



Because the classes in Outcome are skewed, we will produce fresh samples for the class '1', which is under-represented in our data, using SMOTE.

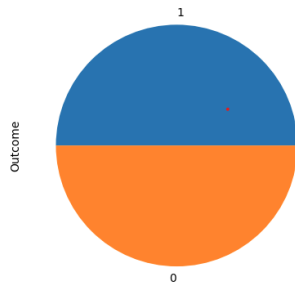
```
[ ] X = df.drop("Outcome", axis = 1)
Y = df["Outcome"]
```

```
[ ] X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.2, random_state=42)
```

```
[ ] X_resample, Y_resample = SMOTE(random_state=42).fit_resample(X,Y)
```

```
Y_resample.value_counts().plot(kind = "pie")
plt.show()
```

```
Y_resample.value_counts()
```



```
1    500
0    500
Name: Outcome, dtype: int64
```

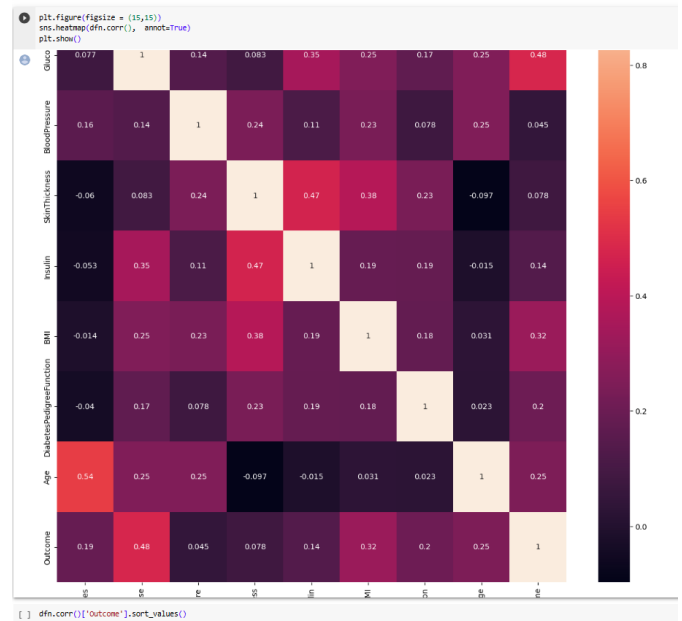
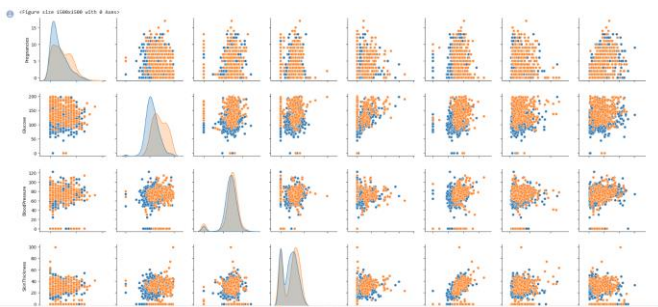
Now that the data is evenly distributed, we will join this to a new data frame

Now that the data is evenly distributed, we will join this to a new data frame

```
dfn = pd.concat([X_resample, Y_resample], axis = 1)
dfn
```

	Pregnancies	Glucose	BloodPressure	SkinThickness	Insulin	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
0	6	145	72	35	0	33.600000	0.627000	50	1
1	1	85	66	29	0	26.600000	0.351000	31	0
2	8	183	64	0	0	23.300000	0.672000	32	1
3	1	89	66	23	94	28.100000	0.167000	21	0
4	0	137	40	35	168	43.100000	2.288000	33	1
...
995	5	164	64	0	0	31.906102	0.233595	39	1
996	5	107	69	31	0	35.752773	0.278394	28	1
997	4	171	83	27	154	33.300000	1.196333	51	1
998	8	111	81	32	175	34.173097	0.284266	35	1
999	4	144	79	32	0	37.428351	0.569965	39	1

1000 rows x 9 columns



Modelo

LogisticRegression

```
[ ] X_train, X_test, Y_train, Y_test = train_test_split(X, Y, test_size=0.2, random_state=42)
```

```
[ ] X_train.shape, X_test.shape, Y_train.shape, Y_test.shape
((614, 8), (154, 8), (614, 1), (154, 1))
```

Logistic Regression

```
parameters = [{"C": np.logspace(-10, 50, 150), "penalty": ["l1", "l2"], "max_iter": [100, 400]}]
lr = LogisticRegression()
```

```
logreg_cv = GridSearchCV(lr, param_grid=parameters, cv=10, verbose=0)
```

```
[ ] logreg_cv.fit(X_train, Y_train)
```

Monitor valido oculto

We will get the optimal hyperparameters then We will then retrain the models using these optimized hyperparameters

```
[ ] logreg_cv.best_params_
```

```
('C': 4912.190125853841, 'max_iter': 100, 'penalty': 'l2')
```

```
[ ] LR = LogisticRegression(C = 4912.190125853841, max_iter = 100)
```

```
[ ] LR.fit(X_train, Y_train)
```

/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/linear_model/_logistic.py:458: ConvergenceWarning: lbfgs failed to converge (status=1): STOP: TOTAL NO. of ITERATIONS REACHED LIMIT.

Increase the number of iterations (max_iter) or scale the data as shown in:

<https://scikit-learn.org/stable/modules/preprocessing.html>

Please also refer to the documentation for alternative solver options:

https://scikit-learn.org/stable/modules/linear_model.html#logistic-regression

```
n_iter_i = -1  # check for convergence
```

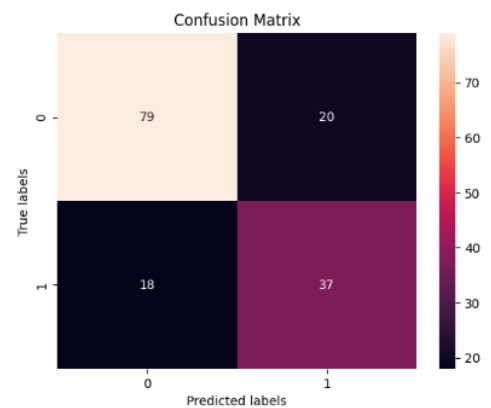
```
LogisticRegression
```

```
LogisticRegression(C=4912.190125853841)
```

```
LR.score(X_test, Y_test)
```

```
0.7532467532467533
```

```
[ ] yhat=LR.predict(X_test)
plot_cm(Y_test, yhat)
```



Support Vector Machine

GridSearchCV

```
[ ] svm1.fit(X_train, Y_train)
```

SVC

SVC()

```
[ ] params_svm = {
    'C':[1,5, 10, 15, 20, 25],
    'gamma':['scale',"auto"]
}
```

```
grid_svm = GridSearchCV(svm1,param_grid=params_svm,cv = 10, verbose=0)
```

```
[ ] grid_svm.fit(X_train,Y_train)
```

GridSearchCV

estimator: SVC

SVC

```
grid_svm.best_params_
```

```
{'C': 5, 'gamma': 'scale'}
```

```
svm2 = SVC(C = 5, gamma = "scale", probability=True)
```

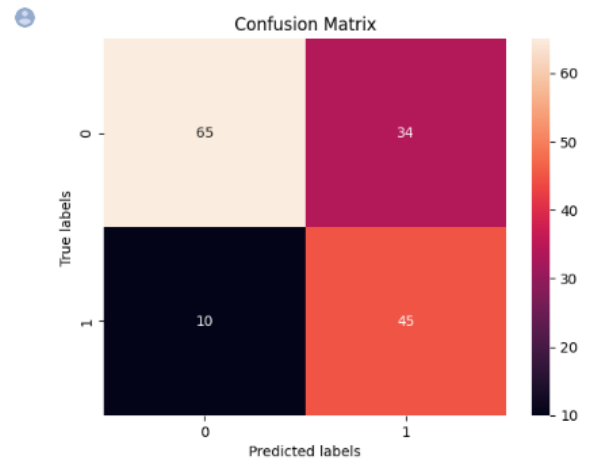
```
svm2.fit(X_train,Y_train)
```

SVC

SVC(C=5, probability=True)

```
svm2.score(X_test,Y_test)
```

0.7662337662337663



KNeighborsClassifier

```
knn = KNeighborsClassifier()
```

```
knn.fit(X_train, Y_train)
```

KNeighborsClassifier

KNeighborsClassifier()

```
parameters = {'n_neighbors': [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10],
    'algorithm': ['auto', 'ball_tree', 'kd_tree', 'brute'],
    'p': [1,2]}
```

```
knn = GridSearchCV(knn, param_grid=parameters, cv=10)
knn.fit(X_train, Y_train)
```

GridSearchCV

estimator: KNeighborsClassifier

KNeighborsClassifier

```
knn.best_params_
```

```
{'algorithm': 'auto', 'n_neighbors': 9, 'p': 1}
```

```
Knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors= 9, algorithm= 'auto', p=1)
```

```
Knn.fit(X_train, Y_train)
```

KNeighborsClassifier

KNeighborsClassifier(n_neighbors=9, p=1)

```
Knn.score(X_test,Y_test)
```

0.7207792207792207

DecisionTreeClassifier

```
tree = DecisionTreeClassifier()
```

```
tree.fit(X_train,Y_train)
```

DecisionTreeClassifier

DecisionTreeClassifier()

```
parameters = {'criterion': ['gini', 'entropy'], 'splitter': ['best', 'random'],
    'max_depth': [2*n for n in range(1,10)]}
```

```
tree_cv = GridSearchCV(tree, param_grid=parameters, cv=10)
tree_cv.fit(X_train, Y_train)
```

GridSearchCV

estimator: DecisionTreeClassifier

DecisionTreeClassifier

```
tree_cv.best_params_
```

```
{'criterion': 'entropy', 'max_depth': 4, 'splitter': 'best'}
```

```
Tree= DecisionTreeClassifier(criterion='entropy', splitter='best', max_depth=4, )
```

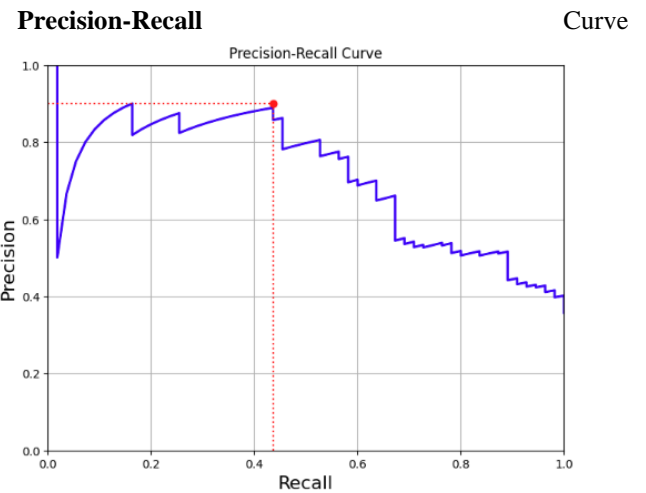
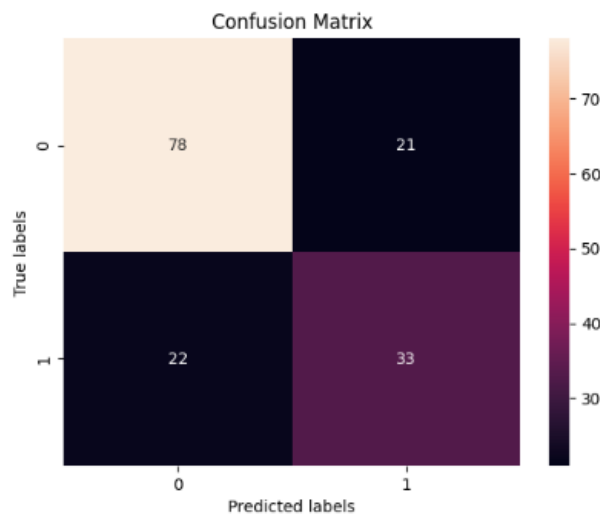
```
Tree.fit(X_train,Y_train)
```

DecisionTreeClassifier

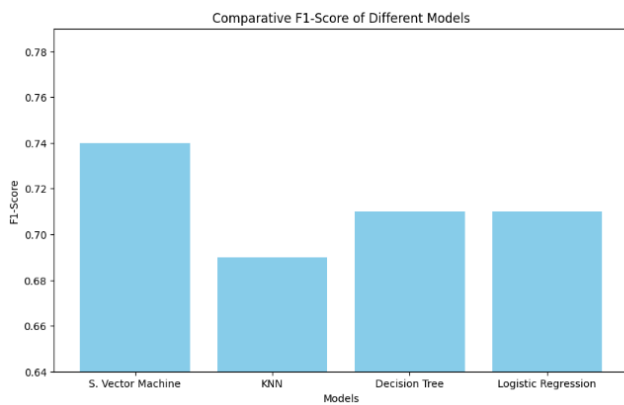
DecisionTreeClassifier(criterion='entropy', max_depth=4)

```
Tree.score(X_test,Y_test)
```

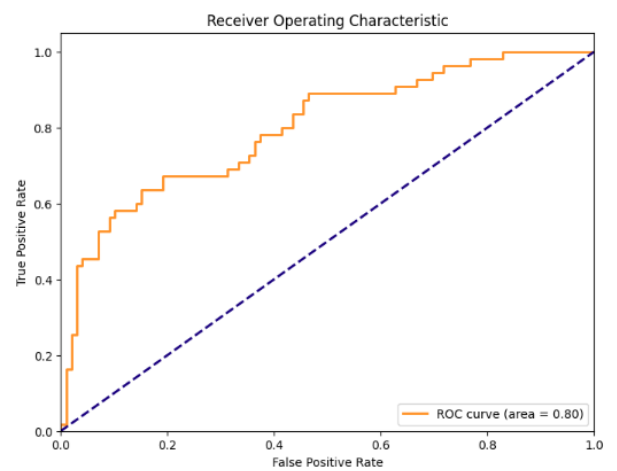
0.7142057142057143



Comparativa de los Modelos

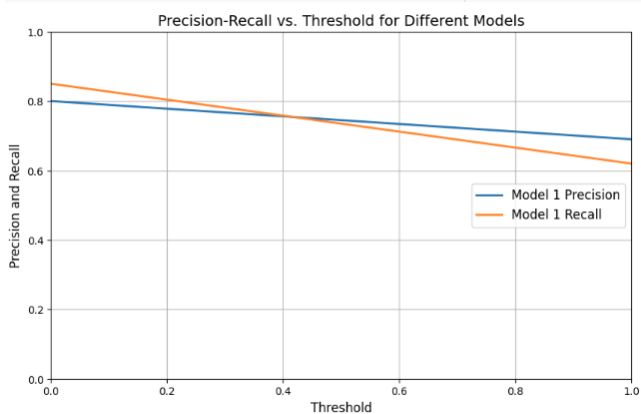


Receiver Operating Characteristic



APLICACIÓN

Precision-Recall vs. Threshold for Different Models



Age

69

Blood Levels

129

Pregnancies

8

Glucose

200

Clear

output:

diabetes

Flag

II. Conclusiones

El programa de predicción de diabetes mediante inteligencia artificial representa un avance significativo en la atención médica y enfoque preventivo de esta enfermedad crónica. A través de la utilización de técnicas de aprendizaje automático y análisis de datos, el programa ofrece la capacidad de identificar

patrones y señales tempranas en los datos de los pacientes, lo que puede conducir a una detección y diagnóstico más preciso.

Las siguientes conclusiones destacan los aspectos clave de este programa:

1. **Detección Temprana y Prevención:** El programa aprovecha la capacidad de la inteligencia artificial para analizar una amplia variedad de datos, como historiales médicos, hábitos de estilo de vida y factores genéticos. Esto permite identificar posibles riesgos de diabetes en etapas tempranas, lo que posibilita una intervención oportuna y la adopción de cambios en el estilo de vida para prevenir o retrasar la aparición de la enfermedad.
2. **Personalización de la Atención Médica:** Gracias a la IA, el programa puede adaptarse a las características únicas de cada paciente. Al considerar factores individuales, como la edad, el género, el índice de masa corporal y la historia médica, el sistema puede proporcionar recomendaciones y pautas específicas que aumentan la eficacia de las intervenciones preventivas.
3. **Reducción de Carga Médica:** Al identificar pacientes en riesgo de desarrollar diabetes en etapas tempranas, el programa puede contribuir a la reducción de la carga en los sistemas de atención médica. Esto se logra al prevenir complicaciones a largo plazo, lo que a su vez reduce la necesidad de tratamientos costosos y recursos médicos intensivos.
4. **Mejora de la Calidad de Vida:** La capacidad de prevenir o retrasar el desarrollo de la diabetes puede tener un impacto significativo en la calidad de vida de los pacientes. La adopción temprana de cambios en la dieta, el ejercicio y otros hábitos saludables puede ayudar a mantener niveles de azúcar en sangre estables y evitar complicaciones graves asociadas con la diabetes.
5. **Desafíos Éticos y de Privacidad:** A pesar de sus beneficios, el programa también plantea desafíos éticos y de privacidad. La recopilación y análisis de datos médicos personales requieren un enfoque cuidadoso para garantizar la protección de la información sensible y el consentimiento informado de los pacientes.

El programa de predicción de diabetes con inteligencia artificial representa un ejemplo notable de cómo la tecnología puede ser empleada en la medicina preventiva. Su capacidad para identificar riesgos potenciales de diabetes en etapas tempranas, personalizar la atención médica y mejorar la calidad de vida de los pacientes subraya su potencial para revolucionar la forma en que abordamos y gestionamos enfermedades crónicas. Sin embargo, es fundamental abordar los desafíos éticos y de privacidad para garantizar que se utilice de manera responsable y en beneficio de la salud de las personas.

III. Bibliografía

[1] <https://www.cdc.gov/diabetes/spanish/basics/diabetes.html#:~:text=La%20diabetes%20es%20una%20enfermedad.libera%20en%20el%20torrente%20sangu%C3%ADneo.>

[2] https://www.asamblea.gob.pa/APPS/SEG_LEGIS/PDF_SEG/PDF_SEG_2010/PDF_SEG_2019/2019_P_114.pdf

[3] <https://elblogdejorgeproseri.com/11/dia-mundial-de-la-diabetes-2019/>

[4] <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/type-1-diabetes/diagnosis-treatment/drc-20353017#:~:text=Las%20personas%20que%20padecen%20diabetes,minutos%20despu%C3%A9s%20de%20la%20inyecci%C3%B3n.>

[5] <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/diabetes/diagnosis-treatment/drc-20371451#:~:text=Examen%20de%20glucemia%20en%20ayunas.&text=Un%20nivel%20de%20glucosa%20en%20la%20sangre%2C%20en%20ayunas%2C%20entre,en%20distintos%20a%C3%A1lisis%2C%20tiene%20diabetes.>