



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN INFORMÁTICA



### TESIS

**REDES BAYESIANAS PARA DETERMINAR LOS PATRONES DE USO DE  
LOS MEDIOS DE TRANSPORTE URBANO EN LA CIUDAD DE PUNO, 2021**

**PRESENTADA POR:**

**YONER HUARCAYA CCAMAPAZA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAESTRO EN INFORMÁTICA**

**CON MENCIÓN MATEMÁTICA Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL**

**PUNO, PERÚ  
2022**

## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**REDES BAYESIANAS PARA DETERMINAR LOS PATRONES DE USO DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE URBANO EN LA CIUDAD**

AUTOR

**YONER HUARCAYA CCAMAPAZA**

RECuento DE PALABRAS

**25335 Words**

RECuento DE CARACTERES

**126478 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**85 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 20, 2023 5:46 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 20, 2023 5:49 PM GMT-5**

### ● 19% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Firmado digitalmente por TITO LIPA  
Jose Pantilo FAU 20145496170 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 10.05.2023 13:53:07 -05:00



Firmado digitalmente por APAZA  
TARQUI Alejandro FAU 20145496170  
hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 20.04.2023 18:42:29 -05:00



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN INFORMÁTICA

#### TESIS

### REDES BAYESIANAS PARA DETERMINAR LOS PATRONES DE USO DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE URBANO EN LA CIUDAD DE PUNO, 2021

PRESENTADA POR:

YONER HUARCAYA CCAMAPAZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INFORMÁTICA

CON MENCIÓN EN MATEMÁTICA Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

Dr. EDELFRÉ FLORES VELÁSQUEZ

PRIMER MIEMBRO

Dr. ADOLFO CARLOS JIMÉNEZ CHURA

SEGUNDO MIEMBRO

Dr. EDWIN FREDY CALDERON VILCA

ASESOR DE TESIS

Dr. ALEJANDRO APAZA TARQUI

Puno, 17 de noviembre del 2022

ÁREA : Informática

TEMA : Redes Bayesianas para Determinar los Patrones de Uso de los Medios de Transporte Urbano de la Ciudad de Puno 2021

LÍNEA: Modelación Algorítmica de Sistemas Dinámicos



## DEDICATORIA

Dedico esta investigación con mucho afecto a mis padres: Augusto y María quienes son el pilar fundamental en mi educación y me apoyaron en cada momento, asimismo, a mis hermanos(as); que me inspiraron a seguir adelante apoyándome cada día para lograr alcanzar mis metas.



## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por darme vida y salud, por guiar mis pasos y darme fuerzas e iluminar mi mente.

Mi profundo agradecimiento a mi director de tesis de Maestría, *Dr. ALEJANDRO APAZA TARQUI* por conducirme a la obtención del grado de Maestro en **Informática** - Mención: **Matemática y simulación computacional**. Así mismo, doy gracias a cada uno de mis jurados por su loable labor para que mi investigación esté correcta. Agradezco a mis compañeros de aula y mis amigos de la vida, por ayudarme a seguir adelante con la investigación.

¡Muchas gracias a todos!



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1

### CAPÍTULO I

#### REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco Teórico	3
1.1.1. Inteligencia Artificial (IA)	3
1.1.1.1. Redes Bayesianas	4
1.1.2. Transporte Urbano	13
1.1.3. Tipos de Transporte Urbano	13
1.1.4. Congestión Vehicular	14
1.2. Antecedentes.	15

### CAPÍTULO II

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del Problema	20
2.2. Enunciado del Problema	21
2.3. Justificación	21
2.4. Objetivos	22
2.4.1. Objetivo General	22
2.4.2. Objetivos Específicos	22
2.5. Hipótesis	23



2.5.1. Hipótesis General	23
2.5.2. Hipótesis Específicas	23

### **CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. Lugar de Estudio	24
3.2. Población	24
3.3. Muestra	25
3.4. Método de investigación	27
3.5. Descripción de variables a ser analizados en el objetivo específico	27

### **CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Resultados	29
4.1.1. Identificando las variables para representación gráfica del uso de los medios de transporte urbano	29
4.1.2. Representación probabilística de uso de los medios de transporte urbano	35
4.1.3. Evaluación de la Preferencias de los pasajeros frente a los medios de transporte público urbano que operan en la ciudad de Puno.	43
4.1.4. Evaluación de Políticas públicas de planificación de transporte urbano.	49
4.2. Discusión	52

CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	63



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Estimación de parámetros según Serrano, B. M. (2019)	12
2. Registro de empresas de servicios de transporte urbano de la municipalidad provincial de Puno.	24
3. Muestra de empresas de servicios de transporte urbano registrado en la municipalidad provincial de Puno, según afijación proporcional por estrato de servicios.	25
4. Operacionalización de variables	27
5. Objetivos prioritarios y lineamientos de las políticas públicas de transporte urbano del ministerio de transportes y comunicaciones del Perú, 2019	28
6. Lineamientos de políticas públicas de transporte según escala likert	50
7. Porcentajes de percepción de cumplimiento de los lineamientos de políticas públicas de transporte urbano de la ciudad de Puno.	51



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Ejemplo de red bayesiana.	11
2. Naive Bayes	12
3. Grafo dirigido de la Red Bayesiana	34
4. Percepción de cumplimiento de políticas públicas de transporte urbano.	51



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Encuesta de Investigación	63
2. Base de datos de las variables demográficas, sociodemográficas, de transporte y Preferencias	64

## RESUMEN

El trabajo de investigación presenta a Redes Bayesianas para encontrar los patrones de uso de los medios de transporte urbano, basada en modelos gráficos acíclicos dirigidos (GAD) probabilísticos, para modelizar relaciones de las variables. En la ciudad de Puno el sistema de transporte urbano es un caos, debido a la incertidumbre sobre preferencias de medios de transporte, pésima previsión de políticas de infraestructura vial, rutas que no responden a las necesidades del pasajero, en consecuencia, se requiere algoritmos de Redes Bayesianas, para determinar los patrones de uso de los diferentes medios de transporte urbano y políticas públicas de planificación de este servicio en la ciudad de Puno 2021, sobre las variables demográficas, socioeconómicas y de preferencias del medio de transporte, La metodología utilizada es la distribución de probabilidad global multinomial conjunta de la Red Bayesiana, resulta la ecuación [13], a priori las preferencias del medio de transporte se deben a las probabilidades condicionales de la distribución local mediante las frecuencias empíricas del conjunto de datos de la encuesta. Resultan significativas la mayoría de los arcos, excepto las relaciones  $X1 \rightarrow X3$ ,  $X2 \rightarrow X3$  y  $X3 \rightarrow X5$ , que tienen p-valores mayores a 0.05, dichos arcos no están apoyados por los datos, las reglas de asociación conjunta de transacciones para la toma de decisiones en políticas públicas por parte de la Gerencia de Transportes y Seguridad Vial de la Municipalidad Provincial de Puno, es concordante con el Decreto Supremo N° 012-2019-MTC, resulta el 20% Completamente en desacuerdo, 48% En desacuerdo

**Palabras clave:** Redes Bayesianas, gráfico acíclico dirigido, medios de transporte, estimación, validación.



## ABSTRACT

This research work is based on Bayesian Networks to find the patterns of use of urban transportation means, based on probabilistic directed acyclic graphical models (GAD), to model the relationships of the variables. In Puno city, the urban transportation system is chaos, caused by the uncertainty about the preferences of means of transportation, bad forecasting of road infrastructure policies, and routes that do not respond to the needs of the passenger consequently, Bayesian Networks algorithms are required to determine the patterns of use of the different means of urban transportation and public policies for planning this service in the city of Puno 2021, The methodology used is the Bayesian Network joint multinomial global probability distribution, resulting in equation [13], a priori the preferences of the means of transport are due to the conditional probabilities of the local distribution through the empirical frequencies of the survey data set. Result in significance in most of the arcs, except the relationships  $X1 \rightarrow X3$ ,  $X2 \rightarrow X3$ , and  $X3 \rightarrow X5$ , which have p-values greater than 0.05, these arcs are not supported by the data, the rules of joint association of transactions for decision-making in public policy by the Management of Transport and Road Safety of the Provincial Municipality of Puno, is consistent with the Supreme Ordinance No. 012-2019-MTC, results in 20% Completely disagree, 48% Disagree.

**Keywords:** Bayesian networks, directed acyclic graph, means of transport, estimation, validation.

## INTRODUCCIÓN

Los procesos de globalización han provocado que los servicios de transporte sean cada vez más complejos, y sea necesario el empleo de recursos logísticos para optimizar el sistema de transporte. Paralelamente han surgido el crecimiento diario del parque automotor en las ciudades de la región de Puno, existe una baja inversión pública en infraestructura vial, que generan problemas como la congestión vehicular, accidentes de tránsito y contaminación acústica y ambiental (Valeriano, 2019). Por ello, Apaza (2017) plantea dar solución mediante modelos Matemáticos del flujo vehicular, Mamani y Ramos (2018) señalan que el problema de congestionamiento vehicular requiere alternativas de solución en la planificación vial mediante herramientas que permitan estimar el aforo vehicular sistemático, periódico, frecuencia, rutas, la señalización y la semaforización.

Las Redes Bayesianas son tipos de modelos gráficos probabilísticos, que se caracterizan en modelizar relaciones de dependencia e independencia de variables mediante nodos de grafos, representando los eventos probabilísticos, especialmente para redes de transportes, basado en técnicas de Machine Learning. La investigación trata de absolver la cuestión: ¿Cuáles son los patrones más influyentes que determinan el uso de los diferentes medios de transporte urbano de la ciudad de Puno, mediante redes bayesianas? A pesar de que la investigación sobre las redes de transporte urbano en muchas ciudades no ha sido seriamente enfocada porque no incluyen herramientas para la planificación y el control de tráfico, las soluciones para resolver este problema son costosas e inadecuadas, y genera una impresión negativa de las políticas públicas; en Puno se agrava el problema de congestión de transporte urbano, por no evaluarse su impacto, siendo necesario, plantear modelos de solución basado en algoritmos de Redes bayesianas y de esta manera, se tiene un panorama más real y objetivo sobre los principales factores asociados que determinan el uso de los diferentes medios de transporte en la ciudad de Puno, mediante un modelo de Grafos Acíclicos Dirigidos (GAD), arcos que describa las relaciones de dependencia e independencia entre nodos del grafo, determinando los patrones de preferencia del uso de los distintos medios de transporte urbano en la ciudad de Puno, 2021, específicamente, identificando las variables para la representación gráfica de las preferencias del uso de los medios de transporte urbano con una representación probabilística, para cuantificar la incertidumbre tanto de las preferencias de los usuarios y las políticas públicas de planificación de transporte urbano en la ciudad de Puno.



La investigación se encuentra dividida en IV capítulos; en el primer capítulo se realizó los conceptos y teorías sobre Algoritmo de Redes Bayesianas, medios de transporte urbano y las variables asociadas para tomar algún medio como preferencia del pasajero. Asimismo, se desarrolló los antecedentes que son una ayuda para entender el problema con la finalidad de identificar las variables asociadas para la representación en un Grafo A cíclico Dirigido con probabilidades a priori y su evaluación a partir de los resultados de una base de datos aplicada a los pasajeros de los medios de transporte urbano de la ciudad de Puno con las probabilidades condicionales de preferencia observadas en una encuesta aplicada según las variables previamente establecida en la Red Bayesiana. En el segundo capítulo se realizó una descripción de la realidad problemática en estudio, se fundamenta el motivo de la investigación, sus objetivos e hipótesis. En el tercer capítulo, se da a conocer el lugar de estudio, su población, la técnica de muestreo utilizado y la metodología de la investigación empleada, según los procedimientos a seguir para generar la ciencia. En el cuarto capítulo se realizó la descripción amplia de los resultados de la investigación, de los procedimientos del algoritmo bnlearn del software R para Redes Bayesianas, de los cuales salieron las conclusiones y recomendaciones que se estima conveniente. Finalmente, se detalló la referencia bibliográfica y anexos.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1. Marco Teórico

##### 1.1.1. Inteligencia Artificial (IA)

La Inteligencia Artificial, es la capacidad de adaptarse al entorno con el fin de solucionar los problemas que se presentan computacionalmente, entonces vendría a ser un conjunto de algoritmos propuestos con el objetivo de la creación de máquinas como capacidades humanas, término acuñado en 1956 por John McCarthy, teniendo avances significativos como Sistemas expertos basadas en reglas lógicas convencionales, reglas neuro-difusos, las redes bayesianas, redes neuronales, aprendizaje automático y aprendizaje profundo (Mathivet, 2018).

##### Redes Neuronales

Las redes neuronales artificiales son modelos matemáticos, los cuales representan la función del cerebro de una persona humana, a través de la ejecución de técnicas en los computadores con un alto rendimiento para explorar y reproducir conocimiento, son modelos computacionales que a partir de diversas contribuciones científicas registradas en la historia. Por otro lado, es un conjunto de unidades, identificadas como neuronas artificiales, que se conectan entre sí para transmitirse señales. La información de entrada atraviesa la red neuronal (donde se somete a diversas operaciones) produciendo unos valores de salida. Hoy en día, es aplicada en diversos campos del conocimiento a fin de resolver problemas complejos de la actividad humana (Redondo, 2016).

##### Aprendizaje Automático

Según Baviera (2016), en inglés es conocido como Machine Learning, considerada como una disciplina del campo de la Inteligencia Artificial que, por intermedio de algoritmos, concede a las computadoras la capacidad de identificar patrones en datos masivos y elaborar predicciones (análisis predictivo). “la máquina no se programa para que responda de una determinada forma según las entradas recibidas, sino más bien para que extraiga patrones de comportamiento a partir de las entradas recibidas, y en base a dicha información aprendida o asimilada, realice la evaluación de nuevas entradas.” (p 36).

#### 1.1.1.1. Redes Bayesianas

##### Probabilidad condicional

**Definición.** - Sean  $x$  y  $y$  dos eventos y supongamos que  $y$  tiene probabilidad estrictamente positiva. La probabilidad condicional del evento  $x$ , dado el evento  $y$ , se denota por el símbolo  $P(x|y)$  y se define como el cociente (Blanco Castañeda et al., 2012).

$$P(x|y) = \frac{P(x \cap y)}{P(y)}$$

Es interesante comprobar que la probabilidad condicional  $P(x|y)$ , vista como una función del evento  $x$ , cumple los tres axiomas de Kolmogorov, es decir, satisface:

- a)  $P(\Omega | y) = 1$
- b)  $P(x | y) \geq 0$
- c)  $P(x_1 \cup x_2 | y) = P(x_1 | y) + P(x_2 | y)$

##### Teorema de probabilidad total

Según Blanco *et al.* (2012)., sea  $\Omega$  el espacio muestral de un experimento aleatorio. Decimos que la colección de eventos  $\{y_1, \dots, y_n\}$  es una partición finita de  $\Omega$  si se cumplen las siguientes condiciones:

- a)  $y_i \neq \phi, i = 1, \dots, n$
- b)  $y_i \cap y_j = \phi$  para  $i \neq j$
- c)  $\bigcup_{i=1}^n y_i = \Omega$

**Teorema (Teorema de probabilidad total)**

Sea  $y_1, \dots, y_n$  una partición de  $\Omega$  tal que  $P(y_i) \neq 0, i = 1, \dots, n$ . Para cualquier evento  $x$ ,

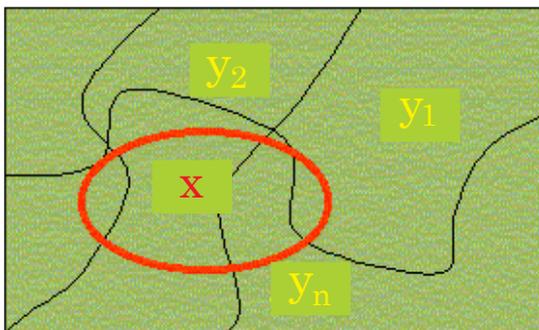
$$P(x) = \sum_{i=1}^n P(x | y_i)P(y_i)$$

**Teorema de Bayes Blanco et al. (2012).**

Sea  $y_1, \dots, y_n$  una partición de  $\Omega$  tal que  $P(y_i) \neq 0, i = 1, \dots, n$ . Sea  $x$  un evento tal que  $P(x) \neq 0$ . Entonces para cada  $j = 1, 2, \dots, n$ ,

$$P(y_j | x) = \frac{P(x | y_j)P(y_j)}{\sum_{i=1}^n P(x | y_i)P(y_i)}$$

**Demostración.** Del diagrama se puede notar que el evento  $x$  es la unión de los eventos correspondientes a la intersección de  $x$  con  $y_1, \dots, y_n$ .



$$x = x \cap \Omega$$

$$x = x \cap (y_1 \cup y_2 \cup y_3 \cup y_4, \dots, \cup y_n)$$

$$x = (x \cap y_1) \cup (x \cap y_2) \cup (x \cap y_3) \cup \dots \cup (x \cap y_n)$$

$$P(x) = P(x \cap y_1) + P(x \cap y_2) + \dots + P(x \cap y_n)$$

$$P(x) = \sum_{i=1}^n P(x \cap y_i)$$

Por definición de probabilidad condicional se tiene

$$P(x | y_i) = \frac{P(x \cap y_i)}{P(y_i)} \Rightarrow P(x \cap y_i) = P(y_i)P(x | y_i)$$

Reemplazando en la ecuación se obtiene

$$P(x) = \sum_{i=1}^n P(x | y_i) P(y_i)$$

y después usando el teorema de probabilidad total, tenemos

$$P(y_j | x) = \frac{P(x \cap y_j)}{P(x)} = \frac{P(x \cap y_j)}{\sum_{i=1}^n P(x | y_i) P(y_i)}$$

Así también, como

$$P(x | y_j) = \frac{P(x \cap y_j)}{P(y_j)} \Rightarrow P(x \cap y_j) = P(y_j) P(x | y_j)$$

De modo que al sustituir en la expresión previa se tiene

$$P(y_j | x) = \frac{P(x | y_j) P(y_j)}{\sum_{i=1}^n P(x | y_i) P(y_i)}$$

Según Serrano (2019) son técnicas utilizadas para enfrentar la incertidumbre por un lado, mediante *modelos descriptivos* que a través de algoritmos de aprendizaje centrado en el hallazgo de relaciones de independencia y/o relevancia de sus variables, reflejan explícitamente numerosas relaciones de interés, mejores que las reglas de asociación, junto a la inferencia probabilística permite ampliar el conjunto de relaciones descubiertas y evaluar las hipótesis formuladas, mientras que por otro lado, los *métodos predictivos* como técnicas de clasificación, construyen redes con distinto nivel de complejidad mediante la adición de restricciones al proceso de aprendizaje, siendo X: variable aleatoria, x: valor específico,  $P(x) \equiv P(X = x) \geq 0$  y  $\sum_x P(x) = 1$

se define la probabilidad condicional en la ecuación [1]

$$P(x | y) \equiv \frac{P(x, y)}{P(y)} \quad [1],$$

Probabilidad total mediante la ecuación [2]

$$P(x) = \sum_y P(x, y) = \sum_y P(x | y) P(y) \quad [2]$$

Teorema de Bayes 
$$P(y|x) = \frac{P(x|y)P(y)}{P(x)} = \frac{P(x|y)P(y)}{\sum_{y'} P(x|y')P(y')} \quad [3]$$

$$\forall x, y: P(x, y) = P(x)P(y)$$

Donde X e Y son independientes si:

$$P(x|y) = P(x)$$

$$P(y|x) = P(y)$$

Probabilidad incondicional o a priori: 
$$\sum_x P(x) = 1$$

Probabilidad condicional o a posteriori (dada una cierta evidencia): 
$$\sum_x P(x|y) = 1$$

Eventos múltiples, distribución conjunta: 
$$\sum_{x,y} P(x, y) = 1 \quad [4]$$

Problema: para N variables binarias, hacen falta 2N-1 valores para especificar la probabilidad marginal: 
$$P(x) = \sum_y P(x, y) \quad [5]$$

Distribución conjunta: 
$$P(x, y) = P(x|y)P(y)$$

Regla de bayes 
$$P(y|x) = \frac{P(x|y)P(y)}{P(x)} = \frac{P(x|y)P(y)}{\sum_{y'} P(x|y')P(y')} \quad [6]$$

Bayes con Normalización Retrasada

$$P(y|x) = \frac{P(x|y)P(y)}{P(x)} = \frac{P(x|y)P(y)}{P(x|y)P(y) + P(x|\neg y)P(\neg y)} = \eta P(x|y)P(y)$$

$$P(\neg y|x) = \frac{P(x|\neg y)P(\neg y)}{P(x)} = \frac{P(x|\neg y)P(\neg y)}{P(x|y)P(y) + P(x|\neg y)P(\neg y)} = \eta P(x|\neg y)P(\neg y)$$

cálculo sin normalizar: 
$$\begin{aligned} P'(y|x) &= P(x|y)P(y) \\ P'(\neg y|x) &= P(x|\neg y)P(\neg y) \end{aligned}$$
 no probabilidades 
$$\sum_y P'(y|x) \neq 1$$

$$\eta = (P'(y|x) + P'(\neg y|x))^{-1}$$

normalizar: 
$$P(y|x) = \eta P'(x|y) \quad \text{Probabilidad } \sum_y P(y|x) = 1$$

$$P(\neg y|x) = \eta P'(x|\neg y)$$

$$\forall x, y : P(x, y) = P(x)P(y)$$

Dos variables aleatorias X e Y son independientes si:

$$P(x | y) = P(x)$$
$$P(y | x) = P(y)$$

condiciones equivalentes

Su distribución conjunta se factoriza como el producto de dos distribuciones más simples

X no da información sobre Y, ni Y sobre X

Se denota mediante:  $X \perp Y$

La independencia es una suposición simplificadora del modelado

Las distribuciones conjuntas empíricas en el mejor de los casos son “cercanas” a ser independientes

Independencia Condicional

$$\forall x, y, z : P(x, y | z) = P(x | z)P(y | z)$$

Condiciones equivalentes:

$$P(x | y, z) = P(x | z)$$
$$P(y | x, z) = P(y | z)$$

conocido Z, Y no da

información adicional sobre X, ni X sobre Y

Se denota como:  $X \perp Y | Z$

Semántica de las redes bayesianas

Un conjunto de nodos, uno por cada variable X

Un grafo dirigido a cíclico (DAG)

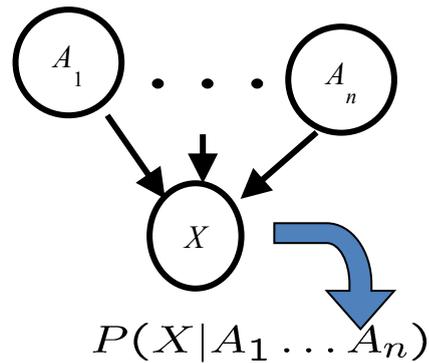
Una distribución condicional por cada nodo

una colección de distribuciones sobre X, una por cada combinación de los valores de

los nodos padre:  $\sum_y P(y | x) = 1$

$$P(X | a_1 \dots a_n)$$

CPT: tabla de probabilidades condicionales, representación de un proceso “causal” con ruido



### Probabilidades en Redes Bayesianas

Una red Bayesiana representa implícitamente las distribuciones conjuntas como un producto de distribuciones condicionales locales (Soler Flores et al., 2013)

Para calcular la probabilidad de una asignación concreta, se multiplican todas las condiciones relevantes:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i | \text{padres}(X_i)) \quad [7]$$

Padres ( $X_i$ ) son las variables predecesoras inmediatas de la variable  $x_i$  en la red, precisamente  $P(x_i | \text{padres}(X_i))$  son los valores que se almacenan en el nodo que precede a la variable  $x_i$

Mediante la factorización, las independencias del grafo son traducidas al modelo probabilístico de forma muy práctica.

Las redes bayesianas representan el conocimiento cualitativo del modelo mediante el grafo dirigido a cíclico. Esta representación está articulada en la definición de las relaciones de dependencia/independencia. Utiliza la representación gráfica a través del grafo hace que las redes bayesianas sean una herramienta potente y atractiva para representar el conocimiento, no solo modelan cualitativamente las relaciones, sino que también cuantifican y expresan de forma numérica la fuerza existente entre las variables. Existen 3 elementos que caracterizan la dimensión cuantitativa de la red bayesiana (Soler *et al.*, 2013):

- a) el concepto de probabilidad, como medida del grado de creencia subjetiva relativa a un evento
- b) un conjunto de funciones de probabilidad condicionada que definen a cada variable en el modelo, y
- c) el teorema de Bayes, que se utiliza para actualizar las probabilidades con base a la experiencia.

La fuerza de las relaciones entre las variables está especificada en las distribuciones de probabilidad como una medida de la creencia que se tiene sobre esas relaciones en el modelo.

Los diferentes tipos de redes bayesianas vienen determinadas por el carácter discreto o continuo de las variables involucradas en el modelo.

Cuando las variables siguen una distribución normal multivariante  $N(\mu, \Sigma)$  la red es gaussiana cuya función de densidad conjunta viene determinada por la siguiente expresión:

$$f(x) = (2\pi)^{-n/2} |\Sigma|^{-1/2} \exp\left\{ \frac{-1/2}{(x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu)} \right\} \quad [8]$$

Donde  $\mu$  es el vector de medias n-dimensional,  $\Sigma$  es la matriz de covarianzas  $n \times n$ ,  $|\Sigma|$  es el determinante de  $\Sigma$  y  $\mu^T$  denota la transpuesta de  $\mu$ .

Otras redes multinomiales, consideran todas las variables discretas, lo que implica que las variables tienen un número finito de posibles clases, con funciones de probabilidad de cada variable condicionada a sus predecesores (padres), por lo tanto, están especificadas en las diferentes combinaciones de estado o clases de las variables involucradas. La reducción de parámetros a estimar es considerable (Beltrán *et al.*, 2014).

Son técnicas de minería de datos, donde permiten modelar la información relevante para un problema y luego emitir conclusiones establecidas en el problema de la evidencia disponible mediante el uso de mecanismos de inferencia probabilística para estimar la ocurrencia de eventos probabilísticos (Cheon *et al.*, 2009).

Las redes bayesianas modelan un fenómeno a través de un conjunto de variables y las relaciones de dependencia entre ellas. Con este modelo, la inferencia se realiza estimando las probabilidades posteriores de variables desconocidas a partir de variables conocidas. Estos modelos poseen diferentes aplicaciones, para clasificación, predicción, diagnóstico, etc. Además, brindan pesquisas interesantes sobre cómo las variables de dominio relacionadas, a veces interpretadas como relaciones de causa y efecto, son una representación gráfica de dependencias inferidas probabilísticas, donde los nodos representan variables aleatorias y los arcos representan relaciones directas.

Sin embargo, todas las relaciones independientes condicionales representadas en el grafo corresponden a las relaciones independientes en la distribución de probabilidad compacta de multivariada (Pearl, 2000).

Como sostiene Serrano (2019) la red bayesiana siendo un grafo a cíclico dirigido, donde cada nodo representa una variable aleatoria y las dependencias entre variables están codificadas en la estructura gráfica. Asociado con cada nodo, en la red hay una distribución condicional de los padres de esa probabilidad de nodo, de modo que la colocación conjunta tiene en cuenta el producto de las distribuciones condicionales asociadas con los nodos de la red. Es decir, para una red con  $n$  variables, la ecuación es la siguiente:

$$p(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n p(x_i | pa(x_i)) \quad [9]$$

Las redes Bayesianas generalmente son discretizadas antes de construir el modelo. Aunque existen modelos de redes bayesianas gaussianas y lineales. Los métodos de discretización se dividen en dos tipos principales: supervisados y no supervisados (Dougherty *et al.*, 1995).

El concepto de causalidad en una red bayesiana da como resultado un caso particular de estas redes, llamadas causales (Pearl, 2000). Las redes bayesianas tienen una exégesis causal y aunque usualmente se usan para personificar las relaciones causales, el modelo no tiene que representarlas de esta manera, la distribución de Naive-Bayes en un ejemplo de esto las relaciones no son causales.

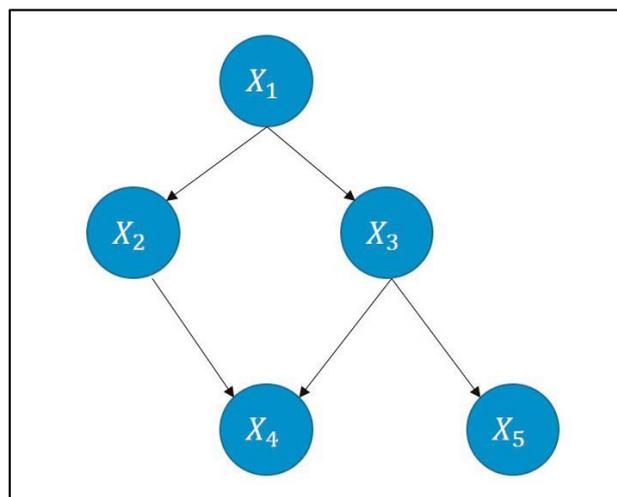


Figura 1. Ejemplo de red bayesiana.

Tal como señala Uusitalo (2007) Las redes bayesianas automatizan el proceso de desarrollo probabilístico, donde se usa la expresividad de la teoría de grafos (para representar las relaciones de dependencia e independencia de todas las variables) y la probabilidad (para

cuantificar estas relaciones). Esta unión permite tanto la modelización eficiente de aprendizaje automático, a través del cálculo de parámetros (Sucar, 2006), que está modelado por una distribución Beta para el caso de variables binarias y variables multivaluadas, la distribución de Dirichlet (Tabla 1) y, por el otro lado, de la inferencia de la evidencia disponible. La base de conocimiento de tales sistemas es una estimación de la función de probabilidad conjunta de todas las variables en el modelo, mientras que el módulo de razonamiento es donde se realiza el cálculo de las probabilidades condicionales. El estudio de esta técnica proporciona una buena visión general del problema de aprendizaje estadístico y la minería de datos.

Tabla 1

*Estimación de parámetros según Serrano (2019)*

Estimador	Expresión
Maxima verosimilitud (Maximum Likelihood) Multimodal	$\theta_k^* = \frac{N_k}{N}$
Estimación Bayesiana (Bayesian estimation). Dirichlet	$\theta_k^* = \frac{N_k + a_k}{N + \sum_{i=1}^r a_i}$

### Naive Bayes

Como presenta Duda *et al.* (2000) Una estructura más sencilla de una red bayesiana es Naive-Bayes, con las variables predictores condicionalmente independientes a la variable calificada (Figura 2)

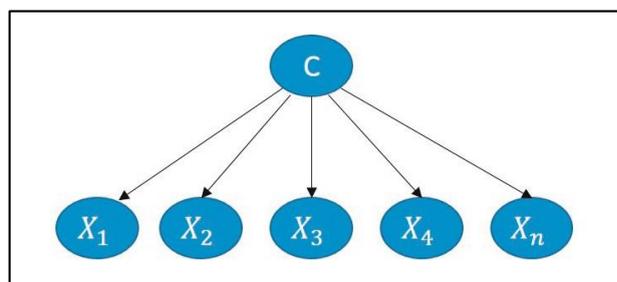


Figura 2. Naive Bayes

Según Holmes *et al.* (2012) el modelo Naive Bayes es muy utilizado por ser simple para construir y entender, el proceso de inducción es rápido, es robusto por considerar los atributos irrelevantes, utiliza muchos atributos para la predicción final y su capacidad predictiva es competitiva con otros clasificadores existentes, Naive Bayes es uno de los clasificadores más efectivos (Duda et al., 2000), es un algoritmo clasificador que aprende la probabilidad condicional de cada atributo  $X_i$  dada la clase  $C$  de un conjunto de entrenamiento. El proceso de clasificación se obtiene aplicando la regla de Bayes, calculando la probabilidad de  $C$ , dadas las instancias de  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , y tomando la probabilidad posterior más alta como clase

predicha. Estos cálculos se basan en una fuerte suposición de independencia: todos los atributos  $X_1$  son condicionalmente independientes dado el valor de la clase  $C$ .

La probabilidad de que la  $j$ -ésima instancia perteneciente a la clase  $i$ -ésima de la variable  $C$  se aplica de acuerdo al teorema de Bayes, es como se indica en la (ecuación 7):

$$P(C = \theta_i | X_1 = x_{1j}, \dots, X_n = x_{nj}) \propto P(C = \theta_i). \quad [10]$$

$$P(X_1 = x_{1j}, \dots, X_n = x_{nj} | C = \theta_i)$$

Dado que las variables de predicción son condicionalmente independientes en la variable  $C$ , se obtiene la ecuación 8

$$P(C = \theta_i | X_1 = x_{1j}, \dots, X_n = x_{nj}) \propto P(C = \theta_i). \quad [11]$$

$$\prod P(X_r = x_{rj} | C = \theta_i).$$

El modelo de Naive-Bayes sigue la distribución de Poisson, es utilizado en la clasificación de texto con buenos resultados (Kim, Seo y Rim, 2003). En este trabajo se plantea el uso de redes bayesianas en el enfoque de la minería de datos en el marco del estudio de eventos raros. De ese modo y con los valores conocidos de las variables utilizadas como predictores, se pueden aprender diferentes escenarios y observar cuándo es más factible la ocurrencia de un evento raro.

### 1.1.2. Transporte Urbano

Según Apaza (2017), el transporte urbano es un tema complicado y significativo, posee trascendencia social y económica en la ciudad de Juliaca, desde 1990 con los despidos fuertes, esta actividad se ha incrementado masivamente, el problema asociado al comercio informal debido a que esta actividad impide la entrada y salida creando caos en el tráfico. Los vehículos como los motorizados en el año 2014 contabilizaron un total de 40,543 vehículos, los triciclos no motorizados fueron 19,316 unidades y los mototaxis superaron las 33.000 unidades, actualmente existe 32.000 triciclos aproximadamente en toda la ciudad, lo que genera que exista tráfico, especialmente en el centro de la ciudad porque las calles son estrechas y pueden causar accidentes. Existe una falta de estacionamientos de autobuses, eso genera que las vías estén abarrotadas y obstaculicen el tránsito. La ausencia de señalización y de la agencia encargada de hacer cumplir los códigos de tránsito provoca desorden en el tránsito vehicular.

### 1.1.3. Tipos de Transporte Urbano

#### Combis o camionetas rurales

Según Pérez (2018) Las combis son el primordial medio de transporte público que se utiliza en la ciudad de Puno, la cantidad de personas que transportan oscila entre doce y quince

pasajeros, sin embargo, transportan a más de veinte personas, especialmente en las horas pico. La ciudadanía no está satisfecha con el servicio que brindan porque no cumplen con las normas de tránsito, lo que genera un altísimo índice de siniestralidad ocasionado por estas unidades.

### **Mototaxis**

Los mototaxis, son un medio de transporte ligero de tres ruedas, especialmente utilizado en las últimas décadas en el país, se estima que en este vehículo se movilizan diariamente más de 6 millones de personas, sustentando a unas 775.000 familias. Es de uso común para el transporte público de corta distancia, reemplazo del taxi, más aún en nuestra zona, ya que brinda un servicio a un costo un poco bajo, el funcionamiento del mismo hace un ruido molesto, sobre todo si son antiguos, por el mismo hecho de que la ciudad de Puno no posee superficie plana, y se esfuerzan más, sobre todo al subir zonas altas (Pérez, 2018).

### **Taxis**

Son vehículos utilizados para el traslado de personas que desean llegar rápido a su destino, sea el caso de ir a sus trabajos, centros de estudios u otra actividad. Normalmente lo usan las personas que se dirigen a zonas altas es decir que existen casas en los cerros donde no llegan las combis y es de difícil acceso los mototaxis y triciclos (Pérez, 2018).

### **Motos**

Las motos son un medio de transporte generalmente personal, asimismo, son usados por repartidores de balones de gas (Pérez, 2018).

#### **1.1.4. Congestión Vehicular**

La congestión vehicular, según Bull (2003) y la RAE (2001) es la acción y efecto de congestionar, sin embargo, congestionar significa impedir u obstruir la vía, la circulación, es decir el tráfico de automóviles.

#### **Causas de la congestión vehicular**

Los vehículos circulan en cierto rango de velocidad, establecido por la autoridad competente por zonas, siendo así que, en mayor cantidad, los vehículos estorban el pazo a los demás vehículos, comenzando una congestión o atasco. Es así que se define como “la congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás” (Thomson, 2001).

## 1.2. Antecedentes.

### **Internacional**

Lara Satán (2021) presenta el estudio sobre el trabajo de conductor de autobús urbano como una actividad más estresante y de mayor riesgo. Siendo necesario realizar predicción de los riesgos asociados que permitan tomar decisiones adecuadas sobre la prevención de los riesgos psicosociales, aplicando técnicas de aprendizaje automático supervisado mediante el modelo de máquina de soporte vectorial con datos equilibrados muestra una mejoría en su utilidad con una calificación F1 del 93% y la valoración con Jaccard del 87%.

Molina (2018) aborda el estudio sobre la sostenibilidad marítimo portuaria aplicando la inteligencia artificial específicamente las redes bayesianas a fin de definir las variables de sostenibilidad que permita definir patrones y su relación en las variables de sostenibilidad portuaria, anunciar fenómenos e instituir criterios de que ayuden a decidir para la planificación y gestión portuaria, donde las redes bayesianas permiten edificar un modelo acabado de las variables y su relación, que responden a las consultas probables, determinando los patrones de sostenibilidad, los cuales son usados por los gestores para la planificación y gestión del tema de transporte.

Díez de los Ríos (2020) hace un estudio sobre la eficacia de los servicios como foco de cuidado en la planificación del transporte, para dirigir los esfuerzos e inversiones de mejora, aplicando técnicas estadísticas de Redes Bayesianas (RB) de la Minería de Datos, fácil de aplicar para obtener dudosos modelos obtenidos de los datos, y con su intuitiva exegesis, pone énfasis en explicar la percepción de los pasajeros frente a la eficacia del Servicio de Metro Ligero.

### **Nacional**

Celis y Efraín (2018) enfatizan, el estudio sobre la existencia del desorden total de transporte en la ciudad de Huacho, respecto a la circulación de combis de transporte público, moto taxis, servicios de taxis, triciclos, fue necesario la evaluación y diseño de un sistema de transporte urbano, mediante software de simulación de redes vehiculares VANET basado en algoritmos de Machine Learning.

Salvatierra (2017) sostiene que el incremento de la circulación de vehículos en las ciudades, ocasionan desabastecimiento de las redes viales, generando gran congestión, consiguientemente crean malestares sociales y económicos en los pobladores, ocasionando que el ambiente se contamine, lo que conlleva a dañar la salud, asimismo, sobrellevan a realizar estudios que permitan frenar el problema del congestionamiento vehicular en Huancayo, las medidas aplicadas por la Municipalidad Provincial no han sido favorables por carecer de una visión a futuro. Urge plantear el reordenamiento de rutas en base al modelo de otras ciudades.

Para Guerrero *et al.* (2019) es necesario poner en un nuevo orden el transporte público de la ciudad de Lima, con el fin de mejorar su calidad de vida a sus pobladores, usando tecnologías que permitan mejorar el sistema de transporte en general, revisando todos los márgenes y distintas opiniones para hacer un adecuado trabajo y a largo plazo.

Como afirman Prada *et al.* (2019) El desarrollo de la población en el Perú en los últimos años, la mayor demanda de transporte, ha propiciado el surgimiento de nuevos vehículos de transporte urbano capaces de atender nuevas necesidades de movilidad, brindando accesos eficientes y seguros: la entrada repentina de vehículos particulares, oscurecidos por una aprobación regulatoria nacional y local, amenaza el desarrollo. Para resaltar las contradicciones actuales, los autores ofrecen una serie de recomendaciones de política regulatoria extraídas de la experiencia comparada, con el fin de contribuir a sentar las bases para la regulación futura como un medio de sostenibilidad, así como la oportunidad de generar mecanismos que permitan una evaluación continua para que sus términos reflejen las mejores prácticas internacionales.

Rojas (2018), sostiene que, considerando una muestra de 221 usuarios del servicio, se identificó y evaluó los factores que determinan la elección del transporte público por parte de los estudiantes de la Universidad de Piura para trasladarse al centro de estudios. La selección se estimó mediante un modelo binario probabilístico. Como resultado, destacamos que los costos de transporte, los tiempos de viaje, los tiempos de espera, la comodidad y la seguridad son variables importantes en la elección del transporte de la ciudad por parte de los estudiantes. El estado laboral de los estudiantes, consistente con la indicación esperada, no fue significativo en este estudio.

Cruz (2018) en su investigación, indica que el objeto principal es la determinación de las principales características del financiamiento de las empresas peruanas de transporte urbano y de la empresa transporte el Sol de Piura S.A.C - Piura, 2018, donde la metodología de investigación es cualitativa, de nivel descriptivo, no experimental, combinado con técnicas encuestas, entrevista y observación. Para recolectar información se usó un cuestionario de 34 preguntas, aplicado a los representantes legales de empresas de investigación para obtener resultados de caracterización de financiamiento, se concluye que el sistema financiero apoya el desarrollo de los negocios comerciales, cuenta con una política comercial, el endeudamiento es una práctica común, reconoce las alternativas de financiamiento que ofrece el sistema financiero peruano, actualmente se obtiene financiamiento para nuestro negocio en entidades bancarias.

### **Regional y Local**

Valeriano (2019), manifiesta que la principal deficiencia que se da en Juliaca es la rapidez en que va creciendo el parque automotor, es decir que muchas personas van comprando carros de uso personal y también de uso para fines comerciales. Todo ello frente a una escasa inversión en esos aspectos, lo que genera malestar en la población, pues se presentan problemas de contaminación ambiental, accidentes, congestión, etc., ha planteado modelos de predicción que resalta una relación positiva fuerte entre parque automotor.

Apaza (2017) frente a la necesidad de solucionar los problemas del tránsito vehicular de las ciudades de Puno y Juliaca, que presentan un tránsito vertiginoso retrogrado, se agrava el caso en la ciudad de Juliaca, frente a ello, es importante determinar las acciones requeridas para optimizar el fluido del tránsito vehicular a partir de los datos de aforo.

Apaza y Vilca (2018) analizan el estudio de impacto vial, con relación a los planes de construcción, donde tiene en consideración que se genera un excedente tráfico por la zona de la UNA Puno, llegando a índices altos de congestión y demoras para movilizarse. En tal sentido, fue necesario plantear soluciones que garanticen una buena viabilidad en dichas zonas, de acuerdo al horario factor de hora pico, simulando mediante software SYNCHRO en base a la metodología "HIGHWAY CAPACITY

MANUAL 2010 (HCM Versión 2010)” y el “TRIP GENERATION MANUAL”, del ITE.

Citando a Mamani y Ramos (2018) sobre el congestionamiento recopilaron bases sobre el tráfico que generan los vehículos, donde establecen puntos de control estratégico que acceden a la ciudad para evaluar el sistema de transporte y plantear la planificación vial usando el software especializado SYNCHRO 8 y PTV VISSIM V9, en base al Índice Medio Diario (IMD), el aforo vehicular sistemático, periódico y con determinada frecuencia dentro de las principales arterias del centro de la ciudad, realizaron el estudio sobre las rutas existentes, señalización y semaforización.

Para Jiménez (2019), el desarrollo sostenible de transporte urbano de Puno, no contempla lo básico frente al desarrollo urbano, tomando en cuenta sus principios, enfoques y lo básico para el planeamiento, donde no existe una sostenibilidad urbana, evidenciándose carencia de habilidades para que no existan problemas futuros frente al desarrollo urbano y sostenible, siendo necesario elaborar una propuesta metodológica que sea eficiente para este problema.

Para Chura (2018) el diseño de la infraestructura urbana de Puno, se plantea en base al fluido de los vehículos y de los peatones en las calles céntricas de la ciudad como, Jr. Tacna, Jr, los Incas, Jr. Oquendo y Av. La Torre, para ver la conducta de las personas se realizó mediante el modelo microscópico con el uso de los programas VISWALK 8.0 y VISSIM 8.0. También recopilamos información estática y la registramos en un formato de lista de verificación. El primero dato se usó para la construcción y el ajuste del modelo, y el segundo conjunto de datos se usó para la validación. Esto verifica que los diferentes datos de entrada arrojan resultados destinados a mejorar las condiciones de viaje de los peatones. Proporciona una velocidad de marcha un 2 % más rápida, un tiempo de viaje hasta el destino un 10 % más rápido y una marcha de mejor calidad que evita cambios caóticos.

Gutiérrez (2017) propone el diseño y la implementación de un sistema de control neuro difuso ANFIS para controlar y monitorear el tráfico vehicular en el centro de Puno, calculando los parámetros de temporización con capacidad de comunicación Modbus y/o Ethernet, que son compatibles con los semáforos que existen, realiza las simulaciones con una mejora del 18.6% de la velocidad promedio, por otro lado, se ve

que es mejor el tiempo de viaje promedio del 28.1% en relación al sistema de control semafórico en la actualidad.

Ortega (2019) determina la congestión vehicular de transporte urbano y su influencia en la salud y medio ambiente en la ciudad de Puno, empleando la prueba chi – cuadrado para medir la relación relativa a la congestión vehicular de transporte urbano, la salud y medio ambiente, sobre los conductores de todo tipo de transporte urbano, indican que la situación actual del parque automotor se debe a su incremento en cifras altas, asimismo, el estado y los gobiernos no realizan nada para afrontar este problema.

Los autores Calderón *et al.* (2020) a fin de proponer la infraestructura vial urbano con capacidad al tipo de vía para mejorar su tiempo al viajar según el transporte que se use. El sistema está concentrado en áreas urbanas por el uso del suelo, se dificulta el movimiento de vehículos porque la vía se utiliza como estacionamiento, y se encuentra que la vía excede la capacidad vial y no está optimizada en tiempo de viaje cuando se necesita una infraestructura: terminales terrestres, pavimentación de paradas, declaración de zonas estrictas para las vías de circulación urbana, implantación de sistemas inteligentes de gestión del tráfico en las principales vías de la ciudad, etc.

El investigador Flores (2018) determina el impacto que tienen los ITS en las empresas de transporte urbano, analizando dicho impacto en la gestión del tráfico. Y su rentabilidad de las empresas de transporte urbano y simulación con un software que se aplican en los medios de transportes.

Parillo-Sosa y Zela-Pacori (2021), referente a las políticas públicas prioritarias y su avance presupuestario en los gobiernos de Puno y San Román. Se implementó un diseño no experimental que permite examinar el avance presupuestario de las políticas públicas prioritarias. En particular, de dichos municipios, los resultados obtenidos no muestran avances significativos en la presupuestación de las políticas de salud, educación, gestión ambiental y saneamiento básico.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1. Identificación del Problema

Anualmente se pierden bastantes vidas humanas, a causa de los accidentes de tránsito, y otros quedan con traumatismos que no logran superarse (Castillo et al., 2020)

Según Rojas (2018) los accidentes de tránsito suscitados en el 2015 dejaron víctimas muertas alrededor de 3000 y entre heridos unos 56500, considera Puno como una región con un alto índice de muertes y presenciando mayor vulnerabilidad. A ello, suma el desorden total de servicio de transporte urbano, al circular a la vez combis de transporte público, moto taxis, taxis, triciclos congestionando las calles (Celis y Efraín, 2018).

Valeriano (2019) indica un desproporcionado crecimiento del parque automotor que diariamente se da en la ciudad de Juliaca, frente a una baja inversión pública en infraestructura vial, generan el problema de la congestión de vehículos, accidentes de tránsito y contaminación ambiental y acústica.

Mientras que, Apaza (2017) para solucionar las deficiencias del tránsito vehicular propone modelos matemáticos de caracterización de flujo vehicular para la ciudad de Juliaca, a fin de superar el sistema de tránsito retrogrado e incipiente con planes de ordenamiento y desarrollo de servicio de transporte.

No obstante, los autores Apaza y Vilca (2018) realizaron el estudio de impacto vial, para que entre en función el complejo deportivo en la ciudad universitaria de Puno, como parte del desarrollo urbano, con la finalidad de evitar la molestia de los usuarios y degradación de las vías.

Mamani y Ramos (2018), señalan que el problema de congestionamiento vehicular se presenta en todas las poblaciones en crecimiento, para lo cual se debe plantear las soluciones en cuanto a la planificación vial mediante herramientas potentes que permitan evaluar el aforo vehicular sistemático, periódico, frecuencia, rutas, señales y semáforos.

Es así, que la ciudad de Puno no es ajena a esta realidad presentando altos índices de mortalidad, generando pérdidas económicas y vidas humanas, siendo necesario identificar y evaluar los medios de transporte que ocasiona en mayor proporción.

Las Redes Bayesianas son tipos de modelos gráficos probabilísticos, que se caracterizan por modelizar relaciones de dependencia e independencia entre variables o nodos de grafos, representando los eventos probabilísticos, tienen su aplicación práctica en diversos estudios, como son: seguros, finanzas, ingeniería o ciencias ambientales redes de transportes, en un contexto de estudios de minería de datos con el uso de inteligencia artificial se logra la validación, estimación y predicción de tráfico y los accidentes de tránsito como eventos aleatorios.

## 2.2. Enunciado del Problema

¿Cuáles son los patrones más influyentes que determinan el uso de los diferentes medios de transporte urbano de la ciudad de Puno, 2021 mediante redes bayesianas?

¿Es posible conocer las variables para la representación gráfica del uso de los diferentes medios de transporte urbano en la ciudad de Puno?

¿Cuáles serían los coeficientes aleatorios que determinan los patrones del uso de los diferentes medios de transporte en la ciudad de Puno?

¿De qué manera se podrá evaluar las preferencias de los usuarios del medio de transporte urbano en la ciudad de Puno?

¿De qué manera será posible evaluar la planificación del transporte urbano de la ciudad de Puno?

## 2.3. Justificación

Los estudios de las redes de transporte urbano en muchas ciudades no están debidamente enfocados, ya que no se contempla con los equipos para su organización e

inspección de congestión, lo que hace que la decisión para su solución sea caro y no adecuado, lo que genera malestar en la población.

En Puno se agrava el problema de congestión de transporte urbano al no evaluarse su impacto, siendo necesario, plantear modelos de solución basado en algoritmos de Redes bayesianas.

La investigación a desarrollarse, cubre el modelamiento de transporte mediante las redes bayesianas a fin de tener un panorama más real y objetivo sobre los principales factores asociados que determinan el uso de los diferentes medios de transporte en la ciudad de Puno.

Los factores asociados al tráfico urbano tienen características aleatorias por lo que la estimación y predicción del uso de los diferentes medios requieren el uso de algoritmos que aborden los eventos probabilísticos.

La resolución del problema del análisis probabilístico del sistema de transporte y la seguridad vial requiere el uso de herramientas que permitan la reproducción de variables aleatorias multidimensionales como las redes bayesianas.

El estudio busca determinar un modelo para representar el sistema de transporte mediante grafos probabilísticos, que describan las relaciones de dependencia e independencia entre nodos o variables discretas.

## **2.4. Objetivos**

### **2.4.1. Objetivo General**

Determinar los patrones de uso de los diferentes medios de transporte urbano y políticas públicas de planificación de este servicio en la ciudad de Puno 2021, mediante redes bayesianas.

### **2.4.2. Objetivos Específicos**

- a. Identificar las variables para la representación gráfica los patrones de uso de los diferentes medios de transporte urbano en la ciudad de Puno.
- b. Determinar la representación probabilística del uso de los diferentes medios de transporte en la ciudad de Puno para cuantificar la incertidumbre.

- c. Evaluar las preferencias de los usuarios del medio de transporte urbano en la ciudad de Puno a través de las variables para la representación de GAD.
- d. Evaluar las políticas públicas de planificación de transporte urbano en la ciudad de Puno.

## 2.5. Hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis General

Los patrones más influyentes que determinan el uso de los diferentes medios de transporte urbano de la ciudad de Puno 2021, son demográficos, socioeconómicos y el comportamiento individual del usuario.

### 2.5.2. Hipótesis Específicas

- a. Las variables para una representación gráfica de los patrones de uso de los diferentes medios de transporte urbano en la ciudad de Puno serán posible identificar mediante el procedimiento de redes bayesianas.
- b. La representación aleatoria del uso de los diferentes medios de transporte en la ciudad de Puno se debe a las probabilidades condicionales a priori.
- c. La preferencia de los usuarios del medio de transporte urbano en la ciudad de Puno se podrá evaluar a través de diferentes grupos sociales que constituyen los pasajeros.
- d. La Planificación de transporte urbano en la ciudad de Puno se podrá evaluar a partir de lineamientos de las políticas públicas de desarrollo transporte.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de Estudio

El lugar de investigación es la ciudad de Puno capital del distrito, la provincia y el departamento. Se ubica en plena meseta del Collao a orillas del lago Titicaca. Fue fundada como San Juan Bautista de Puno el 4 de noviembre de 1668 y más tarde rebautizada como San Carlos de Puno, según el INEI es la vigésima ciudad más poblada del Perú al año 2017. Su extensión abarca desde el centro poblado de Uros Chulluni al noreste, la zona urbana del distrito de Paucarcolla al norte, la urbanización Ciudad de la Humanidad Totorani al noroeste y se extiende hasta el centro poblado de Ichu al sur y la comunidad Mi Perú al suroeste.

#### 3.2. Población

La población estará representada por todos los usuarios que se encuentran utilizando un servicio de algún medio de transporte en la ciudad de Puno, de los siguientes Tipos de transporte:

Tabla 2

*Registro de unidades de servicios de transporte urbano de la municipalidad provincial de Puno.*

<b>Tipo de transporte</b>	<b>Subpoblación</b>
No motorizado (Triciclos)	110
Moto taxis	1045
Taxis	2137
Camionetas rurales urbano	961
Camionetas rurales inter-urbano	650

Fuente: Gerencia de Transportes de la Municipalidad Provincial de Puno

### 3.3. Muestra

Para la determinación del tamaño de muestra se utilizará la técnica de muestreo aleatorio estratificado, con asignación proporcional de la muestra probabilística de aleatorio simple, mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 PQ}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * PQ} \text{ población finita} \quad [12]$$

Donde:

P= Probabilidad de los medios de transporte urbano motorizado de pasajeros estándar de Combis y Taxis son 961 y 2137, representan  $0.63 \approx 63\%$

Q= Probabilidad de los medios de transporte particulares no estándar  $1 - 0.63 = 0.37$

Z= Valor observado en la distribución normal estándar (95%) = 1.96

E= Margen de error = 5% = 0.05

Reemplazando los datos en la fórmula correspondiente, se tiene:

N= 4903

$E = 5\% \quad \alpha = 5\% \quad Z_{0.025} = 1.96 \quad P = 0.63 \quad \forall h$

Una primera aproximación al tamaño de muestra mediante la fórmula es:

$$n = \frac{(4903) * 1.96^2 * (0.63)(0.37)}{0.05^2 * (4903 - 1) + 1.96^2 * (0.63)(0.37)} = 333.868007 \approx 334$$

n= 334 usuarios de los diferentes medios de transporte

La tabla 3, muestra las empresas de servicios de transporte urbano de la municipalidad provincial de Puno, obtenida por afijación proporcional estratificado por medios.

Tabla 3

*Muestra de empresas de servicios de transporte urbano registrado en la municipalidad provincial de Puno, según afijación proporcional por estrato de servicios.*

Tipo de transporte	Subpoblación
No motorizado (Triciclos)	8
Moto taxis	71
Taxis	146
Camionetas rurales urbano	65



Camionetas rurales inter-urbano	44
Total de la muestra	334

---

### 3.4. Método de investigación

#### a) Aplicación de algoritmos de Machine Learning.

Para el contraste de la asociación de factores se utiliza la técnica de redes bayesianas mediante la librería “bnlearn” del software estadístico R.

#### b) Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos, entre otros.

La metodología del estudio se basa en el procedimiento de recolección de datos estadísticos, uso de las técnicas de encuestas, sobre las variables identificada a priori y los lineamientos de políticas públicas de transporte urbano implementadas en la municipalidad provincial de Puno.

### 3.5. Descripción de variables a ser analizados en el objetivo específico

Tabla 4

*Operacionalización de variables*

<b>Variables Independientes</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valor final</b>	<b>Tipo de variable</b>
Edad ( $X_1$ )	Grupo de edades	Joven Adulto Mayor	Nominal Polinómica
Género ( $X_2$ )	Caracteres sexuales	Masculino Femenino	Nominal Dicotómica
Educación ( $X_3$ )	Nivel académico	Básica Profesional	Nominal Dicotómica
Empleo ( $X_4$ )	Tipo de Trabajo	Empleado Independiente	Nominal Dicotómica
Residencia ( $X_5$ )	Lugar de residencia	Urbano Rural	Nominal Dicotómica
<b>Variables Dependientes</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valor final</b>	<b>Tipo de variable</b>
Medios (Y)	Medios de transporte	Combi Taxi Mototaxi Triciclo	Nominal Polinómica
Preferencias (Z)	Percepción usuaria	Satisfecho Insatisfecho	Nominal Dicotómica

Respecto a la evaluación de las Políticas Públicas de Transporte Urbano se aplica la escala de Likert de cumplimiento de los lineamientos según los objetivos priorizados en el RM N° 012-2019-MTC, con la estructura de la tabla siguiente:

Tabla 5

*Objetivos prioritarios y lineamientos de las políticas públicas de transporte urbano del ministerio de transportes y comunicaciones del Perú, 2019*

Objetivos prioritarios	Lineamientos de políticas públicas
OP1: Contar con sistemas de transporte urbano público eficaces para el desplazamiento de las personas	<ol style="list-style-type: none"><li>1.1. Prioriza el transporte público y los modos alternativos, sobre el transporte particular, en beneficio de los usuarios y ciudadanía en general.</li><li>1.2. Desarrolla sistemas integrados de transporte urbano, social y ambientalmente sostenibles, bajo el concepto de multimodalidad de los desplazamientos, en las ciudades.</li><li>1.3. Garantiza el proceso de formalización y modernización de la institucionalidad del sector privado prestador del servicio de transporte urbano.</li><li>1.4. Desarrolla servicios de transporte urbano público eficientes, eficaces, seguros, confiables, inclusivos, accesibles y de calidad.</li><li>1.5. Propende que el sistema de transporte urbano sea financieramente sostenible y económicamente rentable, en las ciudades.</li></ol>
OP2: Mejorar la gobernanza del transporte urbano de personas y mercancías	<ol style="list-style-type: none"><li>2.1. Desarrolla una institucionalidad pública fuerte, con reglas de buen gobierno y alta capacidad técnica, para la gestión del transporte urbano.</li><li>2.2. Establece mecanismos de coordinación institucional con las entidades que intervienen en el ámbito urbano.</li><li>2.3. Gestiona el sistema de transporte urbano sustentado en una efectiva coordinación de las funciones de planeación, regulación, operación, seguimiento y control.</li><li>2.4. Gestiona el transporte urbano de mercancías de manera coherente y concordante con la operación del sistema de transporte urbano de personas.</li><li>2.5. Implementa centros de gestión integrada de tráfico en las ciudades que se justifique.</li></ol>
OP3: Desarrollar servicios de transporte urbano con adecuada infraestructura, para los usuarios	<ol style="list-style-type: none"><li>3.1. Desarrolla la infraestructura de transporte en función de las necesidades del sistema de transporte urbano y en concordancia con la política de movilidad urbana, en la ciudad.</li><li>3.2. Mantiene en condiciones adecuadas la infraestructura para el transporte urbano y desarrollar infraestructura para transporte no motorizado.</li></ol>
OP4: Satisfacer las necesidades de transporte urbano de la población, en concordancia con el desarrollo urbano	<ol style="list-style-type: none"><li>4.1. Armoniza el sistema de transporte urbano con el ordenamiento territorial y las políticas de movilidad, en la ciudad.</li><li>4.2. Promueve la calidad del espacio público asociado a la operación del sistema de transporte de la ciudad, en beneficio de la población.</li></ol>

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

A partir de la aplicación de una encuesta a los pasajeros de los diferentes medios de transporte urbano de la ciudad de Puno, para determinar las preferencias de los usuarios del medio de transporte urbano de la ciudad de Puno, a través de un conjunto de variables relacionadas entre sí con las probabilidades determinadas a priori por los responsables de la Gerencia de Transportes y Seguridad Vial de la Municipalidad Provincial de Puno en base a un conjunto de probabilidades de redes bayesianas, para luego evaluar las políticas públicas de planificación de transporte urbano.

##### 4.1.1. Identificando las variables para representación gráfica del uso de los medios de transporte urbano

Para cumplir con el objetivo específico de identificar las variables para la representación gráfica de los patrones de uso de los diferentes medios de transporte público urbano en la ciudad de Puno, se consideran los siguientes atributos:

- **Edad ( $X1$ )**: la edad, registrada como *joven* para las personas menores de 30 años, *adulto* para las personas entre 30 y 60 años, y las personas *mayores* de 60 años.
- **Sexo ( $X2$ )**: el género del individuo, registrado como *masculino* ( $\bar{M}$ ) o *femenino* ( $\bar{F}$ ).
- **Educación ( $X3$ )**: el nivel más alto de educación completada por el usuario, (*básica*) si tiene formación de nivel primaria, secundaria y

superior incompleto; será (*profesional*) si terminó obtener algún título técnico, pedagógico y universitario.

- *Trabajo (X4)*: si el pasajero es un trabajador remunerado (*empleado*) o un trabajador (*independiente*) comerciante, artesano o empresario.
- *Residencia (X5)*: ubicación de la vivienda que el pasajero tiene registrado como área (*urbana*) si está en el cercado de Puno, o (*rural*) si vice en algún centro poblado como Alto Puno. Jayllihuaya, Salcedo y otras viviendas adyacentes a los distritos de la provincia de Puno.
- *Medio de transporte (Y)*: preferido por el usuario, registrado con autorización para prestar servicio de transporte urbano (*combi*) camioneta rural que brinda servicio urbano e interurbano, (*taxi*) servicio personalizado de transporte que realizan carreras a medida del usuario, (*mototaxi*) transporte motorizado de tres ruedas y (*triciclo*) no motorizado que brinda servicio turístico.
- *Preferencia (Z)*: percibido por el usuario, positivo (*satisfecho*) negativo (*insatisfecho*).

La *Edad* y el *Sexo* son los indicadores demográficos que representan las características intrínsecas de los usuarios para generar diferentes patrones de comportamiento. Se considera que no se encuentran influenciados por las otras variables.

Las variables *Educación*, *Trabajo* y *Residencia* son indicadores socioeconómicos, y describen la posición del individuo en la sociedad. Por lo tanto, proporcionan una descripción aproximada del estilo de vida esperado del usuario; por ejemplo, caracterizan los hábitos de servicio y las horas punta de requerimiento de servicio de transporte.

Las variables, *Medio de transporte* más usado en la ciudad y finalmente la *Preferencias* percibido por los usuarios acerca del medio de transporte.

La representación gráfica del uso de los diferentes medios de transporte en la ciudad de Puno y las relaciones entre dichas variables se representan con un *grafo dirigido*, como entidades fundamentales que caracterizan a una Red Bayesiana.

Cada *nodo* en el grafo corresponde a una de las variables de la encuesta. Por lo tanto, el grafo producido a partir de este ejemplo contendrá seis nodos:  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $X_5$ , Y, y Z.

Las relaciones de dependencia directa se representan como *arcos* entre pares de variables (es decir,  $X_1 \rightarrow X_3$ , significa que  $X_3$  depende de  $X_1$ ). El nodo de donde parte el arco se llama *padre*, mientras que el nodo hacia donde se dirige se llama *hijo*.

Las relaciones de dependencia indirectas no están representadas de forma explícita. Sin embargo, se identifican como secuencias de arcos que conducen de una variable hacia otra a través de una o más variables mediadoras (es decir, la combinación de  $X_1 \rightarrow X_3$  y  $X_3 \rightarrow X_5$  significa que  $X_5$  depende de  $X_1$ , a través de  $X_3$ ). Tales secuencias de arcos se dice que forman un *camino* que conduce de una variable a otra.

Los caminos de la forma  $X_1 \rightarrow \dots \rightarrow X_1$ , conocidos como *ciclos*, no están permitidos. Por esta razón, los gráficos utilizados en Redes Bayesianas se denominan *gráficos acíclicos dirigidos* (GADs).

Tener cuidado en la interpretación de las dependencias tanto directas como indirectas. La presencia de arcos parece implicar una relación de *causa y efecto* (es decir,  $X_1 \rightarrow X_3$  significaría que  $X_1$  causa  $X_3$ ). Esta interpretación, llamada *causal*, es difícil de justificar en la mayoría de las situaciones. Por esta razón, se habla de relaciones de dependencia en lugar de efectos causales.

Para crear y manipular los GADs en el contexto de las Redes Bayesianas, se utiliza la librería `bnlearn` (abreviatura de “Bayesian network learning”).

```
library(bnlearn)
```

Como primer paso, se crea un GAD sin arcos y con un nodo para cada variable de la encuesta.

```
gad <- empty.graph(nodes = c("X1", "X2", "X3", "X4", "X5", "Y", "Z"))
```

El GAD se almacena en un objeto de clase `bn`, que luce de la siguiente manera:

```
gad
##
## Random/Generated Bayesian network
##
## model:
## [X1] [X2] [X3] [X4] [X5] [Y] [Z]
## nodes: 7
## arcs: 0
## undirected arcs: 0
## rected arcs: 0
## average markov blanket size: 0.00
## average neighbourhood size: 0.00
## average branching factor: 0.00
##
## generation algorithm: Empty
```

Se añaden los arcos que codifican las dependencias directas entre las variables de la encuesta.

Tal como se mencionó, la `Edad` y el `Sexo` no son influenciados por ninguna de las otras variables. Por lo tanto, no hay arcos que apunten hacia estas variables.

Por otro lado, tanto la `Edad` ( $X_1$ ) y el `Sexo` ( $X_2$ ) tienen una influencia directa sobre la variable Educación ( $X_3$  nivel-educativo). Se sabe, por ejemplo, que el número de usuarios que tienen educación superior ha aumentado con los años. Como consecuencia, las personas más jóvenes son más propensas a tener un título en comparación a las personas mayores, el `Sexo` también influye en la `Educación`, siendo los arcos:

```
gad <- set.arc(gad, from = "X1", to = "X3")
gad <- set.arc(gad, from = "X2", to = "X3")
```

A su vez, la `Educación` influye tanto en `Trabajo` y en `Residencia`. Claramente, los niveles superiores de educación ayudan en el acceso a mejores puestos laborales y a menudo consiguen vivir en zona urbana con servicios básicos completos mejorando su statu social

```
gad <- set.arc(gad, from = "X3", to = "X4")  
gad <- set.arc(gad, from = "X3", to = "X5")
```

Las preferencias de los medios de transporte se ven influenciado por **Trabajo** y **Residencia**. Para (X<sub>4</sub>) **Trabajo**, el centro laboral de los usuarios requieren Medios (Y) adecuados para desplazamientos desde su residencia, algunos centros laborales tienen acceso de transporte público masivo (combis), otros no, por lo que deben tomar (taxi) y si el trayecto es llano toman (mototaxi). Para **Residencia** la razón está en que tanto el tiempo de viaje y la distancia son factores decisivos en la elección entre medios de transporte combi, taxi o mototaxi.

```
gad <- set.arc(gad, from = "X4", to = "Y")  
gad <- set.arc(gad, from = "X5", to = "Y")  
gad <- set.arc(gad, from = "Y", to = "Z")
```

Definido los arcos, en el objeto **GAD** codifica todas las dependencias directas especificadas. Su estructura se muestra en la Figura 1.

```
gad  
##  
## Random/Generated Bayesian network  
##  
## model:  
## [X1][X2][X3|X1:X2][X4|X3][X5|X3][Y|X4:X5][Z|Y]  
## nodes: 7  
## arcs: 7  
## undirected arcs: 0  
## directed arcs: 7  
## average markov blanket size: 2.67  
## average neighbourhood size: 2.00  
## average branching factor: 1.00  
##  
## generation algorithm: Empty  
plot(gad)
```

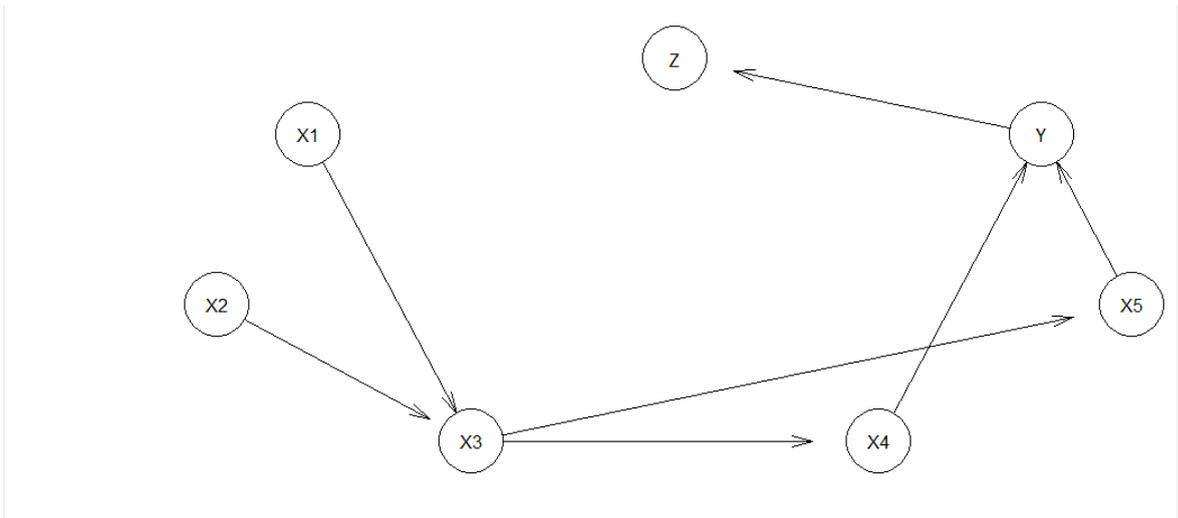


Figura 3. Grafo dirigido de la Red Bayesiana

Con la librería `bnlearn` se analiza y se manipula los objetos `bn`, obteniendo `nodos` y `arcos del grafo`.

```

nodos(gad)
## [1] "X1" "X2" "X3" "X4" "X5" "Y" "Z"
arcos(gad)
## from to
## [1,] "X1" "X3"
## [2,] "X2" "X3"
## [3,] "X3" "X4"
## [4,] "X3" "X5"
## [5,] "X4" "Y"
## [6,] "X5" "Y"
## [7,] "Y" "Z"
  
```

Alternativamente con la función matricial se obtiene de manera más rápida los arcos de GAD, el enfoque utilizado anteriormente es engorroso para GADs grandes.

En su lugar, se crea una matriz con la misma estructura:

```

gad2 <- empty.graph(nodes = c("X1", "X2", "X3", "X4", "X5", "Y", "Z"))
arc.set <- matrix(c("X1", "X3", "X2", "X3", "X3", "X4", "X3", "X5",
"X4", "Y", "X5", "Y", "Y", "Z"),
byrow = T, ncol = 2, dimnames = list(NULL, c("from", "to")))
arcos(gad2) <- arc.set
  
```

El GAD2 resultante es idéntico al anterior, `GAD`.

```

all.equal(gad, gad2)
## [1] TRUE
  
```

Además, ambos enfoques garantizan que el GAD obtenido es acíclico ya que si se intenta introducir un ciclo se obtendría un error.

```
set.arc(gad, from = "Y", to = "X3")  
## Error in arc.operations(x = x, from = from, to = to, op = "set",  
check.cycles = check.cycles, : the resulting graph contains cycles.
```

#### 4.1.2. Representación probabilística de uso de los medios de transporte urbano

Para representar las probabilidades de las relaciones entre las variables **Edad**, **Sexo**, **Educación**, **Trabajo**, **Residencia**, **Medios** y **Preferencia** se utiliza un GAD de modelo de Redes Bayesianas que especifica la distribución de probabilidad conjunta sobre las variables definidas en un conjunto de estados no ordenados, llamados *niveles* en **Relación**.

```
X1.lv <- c("joven", "adulto", "mayor")  
X2.lv <- c("M", "F")  
X3.lv <- c("basica", "profesional")  
X4.lv <- c("empleado", "independiente")  
X5.lv <- c("urbano", "rural")  
Y.lv <- c("combi", "taxi", "mototaxi", "triciclo")  
Z.lv <- c("satisfecho", "insatisfecho")
```

Por lo tanto, la elección natural para la distribución de probabilidad conjunta es una distribución multinomial, que asigna una probabilidad a cada combinación de estados de las variables, definida como distribución conjunta denominada *distribución global*, a pesar de que ésta distribución resulta muy complicada, por su número muy grande de parámetros, en el estudio, el conjunto de parámetros incluye 143 probabilidades correspondientes a las combinaciones de los niveles de todas las variables, donde los arcos representan dependencias directas; si hay un arco desde una variable a otra, esta última depende de la primera. En otras palabras, las variables que no están vinculadas por un arco son condicionalmente independientes.

Como resultado, se factoriza la distribución global de la siguiente manera:

$$\Pr(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, Y, Z) = \Pr(X_1) \Pr(X_2) \Pr(X_3 | X_1, X_2) \Pr(X_4 | X_3) \Pr(X_5 | X_3) \Pr(Y | X_4, X_5) \Pr(Z | Y) \quad [13]$$

La ausencia de ciclos en el GAD asegura que la factorización está bien definida. Cada variable depende solo de sus padres; su distribución es univariada y tiene, comparativamente, un pequeño número de parámetros.

Incluso el conjunto de todas las distribuciones locales tiene, en general, menos parámetros que la distribución global, ya que esta última representa un modelo más general que el anterior, debido a que no hace ninguna suposición sobre las dependencias entre las variables.

En otras palabras, la factorización anterior define un modelo *anidado* o un *submodelo* de la distribución global.

Las variables, **Edad** y **Sexo** se modelan mediante tablas simples de probabilidad unidimensional ya que no tienen padres.

```
X1.prob <- array(c(0.30, 0.50, 0.20), dim = 3, dimnames = list(X1 = X1.lv))
X1.prob
## X1
##   joven adulto mayor
## 0.3 0.5 0.2
X2.prob <- array(c(0.60, 0.40), dim = 2, dimnames = list(X2 = X2.lv))
X2.prob
## X2
## M F
## 0.6 0.4
```

**Trabajo** y **Residencia**, dependen de **Educación**, se modelan mediante tablas de probabilidad condicional en dos dimensiones. Cada columna corresponde a un nivel del padre, y determina la distribución de la variable condicional a ese nivel particular. Como resultado, las probabilidades suman uno dentro de cada columna.

```
X4.prob <- array(c(0.96, 0.04, 0.92, 0.08), dim = c(2, 2), dimnames =
list(X4 = X4.lv, X3 = X3.lv))
X4.prob
## X3
## X4 basica profesional
## empleado      0.96 0.92
## independiente 0.04 0.08
X5.prob <- array(c(0.75, 0.25, 0.80, 0.20), dim = c(2, 2), dimnames =
list(X5 = X5.lv, X3 = X3.lv))
X5.prob
## X3
## X5 básica profesional
## urbano      0.75 0.80
```

```
## rural      0.25  0.20
```

Para las distribuciones de una y dos dimensiones, también se utilizan la función `matrix` para crear las tablas de probabilidad condicional.

```
X5.prob <- matrix(c(0.75, 0.25, 0.80, 0.20), ncol = 2, dimnames = list(X5 = X5.lv, X3 = X3.lv))
X5.prob
## X5
## X5 basica profesional
## urbano 0.75 0.80
## rural 0.25 0.20
```

Por último, `Educación` y `Medios` son modeladas con tablas tridimensionales, ya que tienen dos padres cada uno (`Edad` y `Sexo` para `Educación`, `Trabajo` y `Residencia` para `Medios`). Cada columna corresponde a una combinación de los niveles de los padres, y determina la distribución condicional de la variable sobre cada combinación particular.

```
X3.prob <- array(c(0.75, 0.25, 0.72, 0.28, 0.88, 0.12, 0.64, 0.36, 0.70, 0.30, 0.90, 0.10), dim = c(2, 3, 2), dimnames = list(X3 = X3.lv, X1 = X1.lv, X2 = X2.lv))
X3.prob
## , , X2 = M
##
## X1
## X3          joven adulto mayor
## básica      0.75 0.72 0.88
## profesional 0.25 0.28 0.12
##
## , , X2 = F
##
## X1
## X3          joven adulto mayor
## básica      0.64 0.7 0.9
## profesional 0.36 0.3 0.1

Y.prob <- array(c(0.40, 0.32, 0.21, 0.07, 0.40, 0.36, 0.18, 0.06, 0.40, 0.34, 0.18, 0.08, 0.52, 0.21, 0.19, 0.08), dim = c(4, 2, 2), dimnames = list(Y = Y.lv, X4 = X4.lv, X5 = X5.lv))
Y.prob
## , , X5 = urbano
##
## X4
## Y empleado independiente
## combi      0.40 0.40
## taxi       0.32 0.36
## mototaxi   0.21 0.18
## triciclo   0.07 0.06
##
```

```
## , , X5 = rural
## X4
## Y empleado independiente
## combi      0.40 0.52
## taxi       0.34 0.21
## mototaxi   0.18 0.19
## triciclo   0.08 0.08
##
```

Por último, los **medios** de transporte son modeladas de acuerdo a las preferencias de los usuarios. Cada columna corresponde a una combinación de los niveles de los padres, y determina la distribución condicional de la variable sobre cada combinación particular.

```
Z.prob <- array(c(0.40, 0.60, 0.45, 0.55, 0.30, 0.70, 0.80, 0.20), dim =
c(2, 4), dimnames = list(Z=Z.lv, Y = Y.lv))
Z.prob
```

```
## Y
## Z      combi  taxi  mototaxi triciclo
## satisfecho      0.40  0.45  0.30  0.80
## insatisfecho    0.60  0.55  0.70  0.20
```

En general, las distribuciones locales definidas tienen entre 8 a 21 parámetros manipuladas independientemente una de la otra, en comparación con los 143 parámetros de la distribución global, la reducción de la dimensión es una propiedad fundamental de las Redes Bayesianas y hace posible su aplicación para problemas de mayor dimensión.

Definido el GAD y la distribución local correspondiente para cada variable, se combina para formar una Red Bayesiana completa, usando **model2network**, con sintaxis idéntica a la ecuación presentada anteriormente. Los nodos y los padres de cada nodo se enumeran en cualquier orden, lo que permite seguir la estructura lógica de la red siguiente:

```
gad3<-model2network("[X1][X2][X3|X1:X2][X4|X3][X5|X3][Y|X4:X5][Z|Y]")
verificando la igualdad de GADs

all.equal(gad, gad3)
## [1] TRUE
```

Combinando el **gad** se almacena en una lista que contiene las distribuciones locales, denominada **cpt**, como objeto de clase **bn.fit** llamado **bn**.

```
cpt <- list(X1 = X1.prob, X2 = X2.prob, X3 = X3.prob, X4 = X4.prob, X5 =  
X5.prob, Y = Y.prob, Z=Z.prob)  
bn <- custom.fit(gad, cpt)
```

El número de parámetros de la RB obtenida con la función `nparams` es 29.

```
nparams(bn)  
## [1] 29
```

Los objetos de clase `bn.fit` describen la RB en `bnlearn`, con la información sobre el GAD (como los padres y los hijos de cada nodo) y las distribuciones locales (con sus parámetros). En la práctica, se utiliza como si fueran objetos de clase `bn` y sus propiedades gráficas:

```
arcs(bn)  
## from to  
## [1,] "X1" "X3"  
## [2,] "X2" "X3"  
## [3,] "X3" "X4"  
## [4,] "X3" "X5"  
## [5,] "X4" "Y"  
## [6,] "X5" "Y"  
## [7,] "Y" "Z"
```

Es válido para otras funciones, como `nodes`, `parents` y `childrens`. Además, las tablas de probabilidad condicional, se obtiene desde el objeto `bn.fit`:

```
bn$X5  
##  
## Parameters of node R (multinomial distribution)  
##  
## Tabla de probabilidad condicional:  
##  
## X3  
## X5 basica Profesional  
## Urbano 0.75 0.80  
## rural 0.25 0.20  
##
```

o se extrae para su uso posterior con la función `coef` siguiente:

```
X5.cpt <- coef(bn$X5)  
X5.cpt  
## X3  
## X5            basica            profesional
```

## urbano	0.75	0.80
## rural	0.25	0.20

Para obtener todas las tablas de probabilidad condicional en la RB, es con:

```
bn
##
## Bayesian network parameters
##
## Parameters of node A (multinomial distribution)
## Tabla de probabilidad condicional:
## X1
## joven adulto mayor
## 0.3 0.5 0.2
##
## Parameters of node S (multinomial distribution)
## Tabla de probabilidad condicional:

## X2
## M F
## 0.6 0.4
##
## Parameters of node E (multinomial distribution)
## Tabla de probabilidad condicional:
##
## , , X2 = M
## X1
## X3 joven adulto mayor
## basica 0.75 0.72 0.88
## profesional 0.25 0.28 0.12
##
## , , X2 = F
##
## X1
## X3 joven adulto mayor
## basica 0.64 0.70 0.90
## profesional 0.36 0.30 0.10
##
##
## Parameters of node X4 (multinomial distribution)
## Tabla de probabilidad condicional:
##
## X3
## X4 basica profesional
## empleado 0.96 0.92
## independiente 0.04 0.08
##
## Parameters of node X5 (multinomial distribution)
## Tabla de probabilidad condicional:
##
## X3
## X5 basica profesional
## urbano 0.75 0.80
## rural 0.25 0.20
##
## Parameters of node Y (multinomial distribution)
## Tabla de probabilidad condicional:
##
```

```
## , , X5 = urbano
##
## X4
## Y empleado independiente
## combi 0.40 0.40
## tax 0.32 0.36
## mototaxi 0.21 0.18
## triciclo 0.07 0.06
##
## , , X5 = rural
##
## X4
## Y empleado independiente
## combi          0.40    0.52
## taxi           0.34    0.21
## mototaxi       0.18    0.19
## triciclo       0.08    0.08

## Parameters of node Z (multinomial distribution)
## Tabla de probabilidad condicional:
##
## , , X5 = urbano
##
## Y
## Z  combi taxi  mototaxi  triciclo
## satisfecho  0.60  0.55  0.70  0.80
## insatisfecho 0.40  0.45  0.30  0.20
```

### Estimación de parámetros: Tablas de probabilidad condicional

Para la encuesta de Preferencias, se asume conocido tanto el GAD y los parámetros de las distribuciones locales que definen la RB. En este caso, se utilizan sistemas que formalizan el conocimiento de expertos en el área. Se estiman los parámetros de las distribuciones locales a partir de una muestra observada y almacenada en un archivo de texto con `read.table`:

```
transporte.data <- read.table("D:/transporte_bn.txt", header = TRUE,
stringsAsFactors = TRUE)
head(transporte.data)
##   X1  X2  X3  X4  X5  Y  Z
## 1 adulto M  profesional empleado rural combi satisfecho
## 2 adulto F  profesional empleado urbano taxi satisfecho
## 3 adulto F  basica independiente urbano taxi Insatisfecho
## 4 joven F  profesional empleado urbano taxi Insatisfecho
## 5 mayor F  profesional empleado urbano taxi Insatisfecho
## 6 joven M  profesional empleado urbano taxi Insatisfecho
```

Las Redes Bayesianas discretas de la encuesta, sus parámetros se estiman usando las probabilidades condicionales en las distribuciones locales con las correspondientes frecuencias empíricas del conjunto de datos:

$$\hat{Pr}(X_4=empleado|X_3=basica) = \frac{\hat{Pr}(X_4=empleado|X_3=basica)}{\hat{Pr}(X_3=basica)}$$
$$\hat{Pr}(X_4=empleado|X_3=basica) = \frac{\# \text{ obvs con } X_4=empleado \text{ y } X_3=basica}{\# \text{ obvs con } X_3=basica} \quad [14]$$

Para las estimaciones clásicas de *probabilidad frecuentista* y de *máxima verosimilitud*. El `bnlearn`, calcula con la función `bn.fit` para construir una RB usando un conjunto de parámetros personalizados especificados por el usuario, mientras que las estimaciones son obtenidas a partir de los datos:

```
bn.mle <- bn.fit(gad, data = transporte.data, method = "mle")
```

El argumento `method` determina el estimador a usar, `mle` estima la máxima verosimilitud. Asumiendo la estructura de la red a través del objeto `gad`. se calculan las estimaciones manualmente para verificar que se obtiene el mismo resultado que con `bn.fit`:

```
prop.table(table(transporte.data[,c("X4", "X3")]), margin = 2)
## X3
## X4      basica profesional
## empleado 0.2936170 0.8989899
## independiente 0.7063830 0.1010101
bn.mle$X4
## Parámetros del nodo 0 (distribución multinomial)
## Tabla de probabilidad condicional:
## X3
## X4      basica profesional
## empleado 0.2936170 0.8989899
## independiente 0.7063830 0.1010101
bn.mle$X5
## Parámetros del nodo 0 (distribución multinomial)
## Tabla de probabilidad condicional:
## X3
## X5      basica profesional
## rural   0.2042553 0.1616162
## urbano 0.7957447 0.8383838
bn.mle$Y
## Parámetros del nodo 0 (distribución multinomial)
## Tabla de probabilidad condicional:
## , , X5=rural
## X4
## Y      empleado independiente
## combi  0.53846154 0.78947368
## taxi   0.03846154 0.02631579
## mototaxi 0.42307692 0.18421053
## triciclo 0.00000000 0.00000000
## , , X5=urbano
```

```
## X4
## Y      empleado independiente
## combi  0.24242424 0.23913043
## taxi   0.12878788 0.38405797
## mototaxi 0.56818182 0.37681159
## triciclo 0.06060606 0.00000000
bn.mle$Z
## Parámetros del nodo 0 (distribución multinomial)
## Tabla de probabilidad condicional:
## X3
## X5      combi taxi      mototaxi      triciclo
## insatisfecho 0.7155963 0.8888889 0.7034483 0.5000000
## satisfecho   0.2844037 0.1111111 0.2965517 0.5000000
```

#### 4.1.3. Evaluación de la Preferencias de los pasajeros frente a los medios de transporte público urbano que operan en la ciudad de Puno.

Para la evaluación de GAD de la RB compleja y posible según el espacio de todas las configuraciones, los criterios estadísticos para probar la *independencia condicional* y los *scores de red*.

##### Pruebas de independencia condicional

Evalúan la presencia de arcos individuales con dependencia probabilística, apoyada con los datos. Si la hipótesis nula de independencia condicional es rechazada, se considera incluir el arco en el GAD.

Para agregar un arco desde Educación hacia Medios ( $X_3 \rightarrow Y$ ) al GAD de la Figura 1. La hipótesis nula, es que, los Medios de transporte son probabilísticamente independientes de Educación condicionada a sus padres, es decir:

$$H_0: Y \perp\!\!\!\perp X_3 | \{X_4, X_5\}$$

y la hipótesis alterna:

$$H_1: Y \not\perp\!\!\!\perp X_3 | \{X_4, X_5\}$$

Se usa la prueba de **razón de log-verosimilitud** o **Chi cuadrada de Pearson** para la independencia condicional.

Para la prueba de razón de **log-verosimilitud**, la estadística es:

$$G^2(Y, X_3 | X_4, X_5) = \sum_{y \in Y} \sum_{x_3 \in X_3} \sum_{x \in X_4 * X_5} \frac{n_{yx_3x}}{n} \text{Log} \frac{n_{yx_3x}^{n_{++x}}}{n_{y+x}^{n_{++x}}} \quad [15]$$

Para el estadístico de **Chi cuadrada de Pearson**, se tiene:

$$X^2(Y, X_3 | X_4, X_5) = \sum_{y \in Y} \sum_{x_3 \in X_3} \sum_{x \in X_4 * X_5} \frac{(n_{yx_3x} - m_{yx_3x})^2}{n_{++x}} \quad [16]$$

$$\text{Donde } m_{yx_3x} = \frac{n_{y+x} n_{+x_3x}}{n_{++x}}$$

El supuesto de independencia condicional se prueba con la función `ci.test` de `bnlearn`. La prueba  $G^2$  de máxima verosimilitud se obtiene cuando `test = "mi"`:

```
ci.test("Y", "X3", c("X4", "X5"), test = "mi", data = transporte.data)
##
## data: Y ~ X3 | X4 + X5
## mi = 31.472, df = 12, p-value = 0.001669
## hipótesis alternativa: el valor verdadero es mayor que 0
```

Mientras que la prueba chi-cuadrada  $X^2$  de Pearson se obtiene con `test = "X^2"`:

```
ci.test("Y", "X3", c("X4", "X5"), test = "x2", data = transporte.data)
##
## Pearson's X^2
##
## data: Y ~ X3 | X4 + X5
## x2 = 24.844, df = 12, p-value = 0.01558
## hipótesis alternativa: el valor verdadero es mayor que 0
```

Ambas pruebas tienen p-values bajos menores a 0.05, que indican que hay la asociación de dependencia codificada por  $X_3 \rightarrow Y$  de manera significativa, dada la estructura actual del GAD.

De manera similar, se prueba si uno de los arcos del GAD debe ser eliminado debido a que alguna relación de dependencia no se apoya en los datos. Probando si  $X_4 \rightarrow Y$ :

$$H_0: Y \perp\!\!\!\perp X_4 | X_5$$

versus:

$$H_1: Y \not\perp\!\!\!\perp X_4 | X_5$$

como sigue:

```
ci.test("Y", "X4", "X5", test = "x2", data = transporte.data)
##
## Pearson's X^2
##
## data: Y ~ X4 | X5
## x2 = 35.196, df = 6, p-value = 3.948e-06
```

```
## hipótesis alternativa: el valor verdadero es mayor que 0
```

Con lo que se demuestra  $X_4 \rightarrow Y$  es significativa. La evaluación de la significancia de cada arco se automatiza utilizando la función `arc.strength`, y con el argumento `criterion`:

```
arc.strength(gad, data = transporte.data, criterion = "x2")  
## from to strength  
## from to strength  
## 1 X1 X3 2.665234e-01  
## 2 X2 X3 3.675927e-01  
## 3 X3 X4 4.523142e-24  
## 4 X3 X5 3.658927e-01  
## 5 X4 Y 3.948122e-06  
## 6 X5 Y 2.409345e-09  
## 7 Y Z 7.047349e-03
```

La función `arc.strength` mide la fuerza de la dependencia probabilística correspondiente a cada arco, para eliminar un arco en particular del gráfico GAD.

La prueba verifica si el nodo en `to` es independiente del nodo en `from` condicionado en los padres restantes del nodo en `to`. Los resultados son significativos para algunos arcos, con las excepciones de  $X_1 \rightarrow X_3$ ,  $X_2 \rightarrow X_3$  y  $X_3 \rightarrow X_5$  tienen p-valores mayores a 0.05, tres arcos no están apoyados por los datos de la encuesta.

## Scores de red

A diferencia de las pruebas de independencia condicional, los scores de red se centran en el GAD en su conjunto. Se trata de estadísticas de bondad de ajuste que miden lo bien que el GAD refleja la estructura de dependencia de los datos.

Varios scores son de uso común, siendo uno de ellos el *Criterio de Información Bayesiano* (BIC), que para la RB del caso de estudio toma la forma:

$$BIC = \log \hat{Pr}(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, Y, Z) - \frac{d}{2} \log n$$
$$BIC = \left[ \log \hat{Pr}(X_1) - \frac{d_{X_1}}{2} \log n \right] + \left[ \log \hat{Pr}(X_2) - \frac{d_{X_2}}{2} \log n \right] +$$
$$\left[ \log \hat{Pr}(X_3 | X_1, X_2) - \frac{d_{X_3}}{2} \log n \right] + \left[ \log \hat{Pr}(X_4 | X_3) - \frac{d_{X_4}}{2} \log n \right] + \left[ \log \hat{Pr}(X_5 | X_3) -$$
$$\frac{d_{X_5}}{2} \log n \right] + \left[ \log \hat{Pr}(Y | X_4, X_5) - \frac{d_Y}{2} \log n \right] + \left[ \log \hat{Pr}(Z) - \frac{d_Z}{2} \log n \right] \quad [17]$$

donde  $n$  es el tamaño de la muestra,  $d$  es el número de parámetros de toda la red y  $d_{X_1}, d_{X_2}, d_{X_3}, d_{X_4}, d_{X_5}, d_Y, d_Z$  son el número de parámetros asociados a cada nodo.

La descomposición de la distribución global permite calcular el BIC a partir de las distribuciones locales, asignando puntajes más altos para GAD que se ajustan mejor a los datos.

```
score(gad, data = transporte.data, type = "bic")  
## [1] -501.329
```

Considerando una vez más, si el GAD de la Figura 1 se ajusta mejor a los datos de la encuesta después de añadir el arco  $X_3 \rightarrow Y$ .

```
nparams(gad, transporte.data)  
## [1] 61  
gad4 <- set.arc(gad, from = "X3", to = "Y")  
nparams(gad4, transporte.data)  
## [1] 109  
score(gad4, data = transporte.data, type = "bic")  
## [1] -615.1248
```

La adición de  $X_3 \rightarrow Y$  resulta beneficiosa, ya que ha bajado el score en  $\log\Pr(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, Y, Z)$  suficiente para compensar la gran penalidad obtenida por los parámetros adicionales. El score para GAD4 es menor que la de GAD.

Los scores también se utilizan para comparar redes completamente diferentes, a diferencia de las pruebas de independencia condicional. Incluso se genera un GAD al azar con `random.graph` y compararlo con los GAD anteriores a través de su score:

```
set.seed(100)  
rnd <- random.graph(nodes = c("X1", "X2", "X3", "X4", "X5", "Y", "Z"))  
modelstring(rnd)  
## [1] "[X1][X2|X1][X3|X1][X4|X3][X5|X1:X2:X4][Y|X4]"  
score(rnd, data = transporte.data, type = "bic")  
## [1] -524.8293
```

Como es de esperar, `rnd` es peor que GAD e incluso que GAD4; ya que ni los datos ni el sentido común se utiliza para seleccionar su estructura.

El aprendizaje de la estructura del GAD a partir de la encuesta debería proporcionar una mejor red. Hay varios algoritmos que abordan este problema

mediante la búsqueda del GAD que maximiza el score de una red dada. Uno de los más simples es *hill-climbing* que, a partir de un GAD sin arcos, añade, elimina e invierte un arco a la vez; y elige el cambio que incremente al máximo el score de la red.

El algoritmo se encuentra implementado en la función `hc`, que en su forma más simple toma la data como único argumento y por defecto el score BIC.

```
learned <- hc(transporte.data)
modelstring(learned)
## [1] "[X1][X5][Y][X2|X1][X3|X1][X4|X3]"
score(learned, data = transporte.data, type = "bic")
## [1] -347.8022
```

La eliminación de cualquier arco desde `learned` disminuye su puntuación BIC. Se confirma usando `arc.strength`, que reporta el cambio en el score causado por la eliminación de un arco.

```
arc.strength(learned, data = transporte.data, criterion = "bic")
## from to strength
## 1 X3 X4 -57.514256
## 2 X4 Z -32.170647
## 3 X5 Y -17.417591
## 4 Y X3 -5.012854
## 5 X1 X4 -4.599556
```

Lo anterior no es cierto para `gad`.

```
arc.strength(gad, data = transporte.data, criterion = "bic")
## from to strength
## 1 X1 X3 8.860683
## 2 X2 X3 7.147084
## 3 X3 X4 -53.458671
## 4 X3 X5 2.486236
## 5 X4 Y -2.156069
## 6 X5 Y -9.952352
## 7 Y Z 2.088493
```

En particular, la eliminación de  $X_4 \rightarrow Y$  provoca un marcado incremento en la puntuación BIC, que es coherente con el alto p-valor que se observó para este arco cuando se utilizó `arc.strength` en la sección anterior.

Mediante el algoritmo Apriori del método de Asociación de la minería de datos, con el software Weka, se obtiene algunos patrones o reglas de asociación del  $I = (i_1, i_2, \dots, i_n)$ , con sus atributos llamados ítems;  $D = (t_1, t_2, \dots, t_n)$ , un conjunto de transacciones almacenados en una base de datos, cada transacción de  $D$  tiene ID (identificador) único y contiene un subconjunto de ítems de  $I$  (Belamate et al., 2016). La fuerza de la asociación es evaluada de acuerdo con su soporte (Support) y confianza (confidence). El Soporte determina cómo una regla es aplicable a un conjunto de datos, por ende, constituye un índice de generación de las combinaciones entre los elementos, definida como una implicación de la forma  $X \Rightarrow Y; X, Y \subseteq I$  y  $X \cap Y \neq \emptyset$  los conjuntos de ítems  $X$  y  $Y$  se denominan respectivamente “ANTECEDENTE” y “CONSECUENTE” de la regla.

Support (cobertura): expresa el porcentaje o fracción de registros de  $D$  que satisfacen la unión de los elementos del antecedente y consecuente de la regla

$$s(X \Rightarrow Y) = s(X \cup Y) \quad [18]$$

Confidence (confianza): es la medida de la efectividad de la regla, representa el porcentaje de casos en los que dado el antecedente se verifica la implicación  $c(X \Rightarrow Y) = s(X \Rightarrow Y) / s(X)$ , puede utilizarse para estimar la probabilidad condicionada del consecuente dado el antecedente:

$$P(X / Y) = P(X \cup Y) / P(X) = c(X \Rightarrow Y) \quad [19]$$

Lift (levantamiento): cuantifica la relación existente entre  $X$  e  $Y$ : se define como:  $lift(X \Rightarrow Y) = s(X \Rightarrow Y) / s(Y)$  según su valor obtenido se concluye:  $lift > 1$ :  $X$  e  $Y$  tienen correlación positiva;

$lift < 1$ :  $X$  e  $Y$  tienen correlación negativa;

$lift = 1$ :  $X$  e  $Y$  son independientes.

Leverage (apalancamiento):

$$(X \Rightarrow Y) = s(X \Rightarrow Y) - s(X)s(Y) = P(X \cap Y) - P(X)P(Y) \quad [20]$$

Conviction (convicción):

$$(X \Rightarrow Y) = 1 - s(Y) / (1 - conf(Y \Rightarrow X)) = P(X)P(Y') / P(X \cap Y') \quad [21]$$

Tanto el soporte como la confianza evalúan el grado de interés de una regla de asociación, con el valor de soporte que ocurre por casualidad, el valor de confianza alto indica que el porcentaje de transacciones que contienen a  $X$  también a  $Y$  de manera

conjunta. Se ha obtenido 10 reglas iniciales como una aplicación a la base de datos de la encuesta:

1. Género masculino y Trabaja independiente 112, entonces Educación básica 107 <conf:(0.96)> lift:(1.36) lev:(0.08) [28] conv:(5.53)
2. Trabaja independiente, Residencia urbana e Insatisfecho 129, entonces Educación básica 123 <conf:(0.95)> lift:(1.36) lev:(0.1) [32] conv:(5.46)
3. Trabaja independiente Insatisfecho 163, entonces Educación básica 155 <conf:(0.95)> lift:(1.35) lev:(0.12) [40] conv:(5.37)
4. Educación básica Trabajo independiente Residencia urbana 130, entonces Insatisfecho 123 <conf:(0.95)> lift:(1.27) lev:(0.08) [26] conv:(4.18)
5. Trabaja independiente 176, entonces Educación básica 166 <conf:(0.94)> lift:(1.34) lev:(0.13) [42] conv:(4.74)
6. Trabaja independiente, Residencia urbana 138, entonces Educación básica 130 <conf:(0.94)> lift:(1.34) lev:(0.1) [32] conv:(4.54)
7. Trabaja independiente, Residencia urbana 138, entonces Insatisfecho 129 <conf:(0.93)> lift:(1.26) lev:(0.08) [26] conv:(3.55)
8. Educación básica y Trabaja independiente 166, entonces Insatisfecho 155 <conf:(0.93)> lift:(1.26) lev:(0.1) [31] conv:(3.56)
9. Trabaja independiente 176, entonces Insatisfecho 163 <conf:(0.93)> lift:(1.25) lev:(0.1) [32] conv:(3.24)
10. Género masculino Trabaja independiente 112, entonces Insatisfecho 103 <conf:(0.92)> lift:(1.24) lev:(0.06) [19] conv:(2.88)

#### **4.1.4. Evaluación de Políticas públicas de planificación de transporte urbano.**

Acerca de las políticas públicas de gestión de transporte público urbano en la ciudad de Puno, se evalúa la percepción de los usuarios sobre el cumplimiento de los lineamientos políticos de la municipalidad provincial de Puno concordante al Decreto Supremo N° 012-2019-MTC, se analiza mediante una escala de Likert 1: Completamente en desacuerdo; 2: En Desacuerdo; 3: No precisa; 4: De Acuerdo; 5: Completamente de acuerdo:

Tabla 6

*Lineamientos de políticas públicas de transporte según escala likert*

Objetivos prioritarios	Lineamientos de políticas públicas	1	2	3	4	5
OP1: Contar con sistemas de transporte urbano público eficaces para el desplazamiento de las personas	Prioriza el transporte público y los modos alternativos, sobre el transporte particular, en beneficio de los usuarios y ciudadanía en general.					
	Desarrolla sistemas integrados de transporte urbano, social y ambientalmente sostenibles, bajo el concepto de multimodalidad de los desplazamientos, en las ciudades.					
	Garantiza el proceso de formalización y modernización de la institucionalidad del sector privado prestador del servicio de transporte urbano.					
	Desarrolla servicios de transporte urbano público eficientes, eficaces, seguros, confiables, inclusivos, accesibles y de calidad.					
	Propende que el sistema de transporte urbano sea financieramente sostenible y económicamente rentable, en las ciudades.					
OP2: Mejorar la gobernanza del transporte urbano de personas y mercancías	Desarrolla una institucionalidad pública fuerte, con reglas de buen gobierno y alta capacidad técnica, para la gestión del transporte urbano.					
	Establece mecanismos de coordinación institucional con las entidades que intervienen en el ámbito urbano.					
	Gestiona el sistema de transporte urbano sustentado en una efectiva coordinación de las funciones de planeación, regulación, operación, seguimiento y control.					
	Gestiona el transporte urbano de mercancías de manera coherente y concordante con la operación del sistema de transporte urbano de personas.					
	Implementa centros de gestión integrada de tráfico en las ciudades que se justifique.					
OP3: Desarrollar servicios de transporte urbano con adecuada infraestructura, para los usuarios	Desarrolla la infraestructura de transporte en función de las necesidades del sistema de transporte urbano y en concordancia con la política de movilidad urbana, en la ciudad.					
	Mantiene en condiciones adecuadas la infraestructura para el transporte urbano y desarrollar infraestructura para transporte no motorizado.					
OP4: Satisfacer las necesidades de transporte urbano de la población, en concordancia con el desarrollo urbano	Armoniza el sistema de transporte urbano con el ordenamiento territorial y las políticas de movilidad, en la ciudad.					
	Promueve la calidad del espacio público asociado a la operación del sistema de transporte de la ciudad, en beneficio de la población.					

Tabla 6.

*Porcentajes de percepción de cumplimiento de los lineamientos de políticas públicas de transporte urbano de la ciudad de Puno.*

Políticas publicas	Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	No Sabe	De acuerdo	Completamente de acuerdo
PP. Lineamiento 1.1	18%	53%	22%	4%	3%
PP. Lineamiento 1.2	24%	51%	24%	1%	0%
PP. Lineamiento 1.3	22%	49%	20%	8%	0%
PP. Lineamiento 1.4	20%	50%	23%	4%	3%
PP. Lineamiento 1.5	20%	49%	25%	5%	1%
PP. Lineamiento 2.1	20%	45%	24%	7%	4%
PP. Lineamiento 2.2	21%	46%	23%	6%	4%
PP. Lineamiento 2.3	19%	49%	23%	5%	3%
PP. Lineamiento 2.4	23%	44%	24%	9%	0%
PP. Lineamiento 2.5	16%	50%	28%	6%	0%
PP. Lineamiento 3.1	18%	49%	23%	5%	4%
PP. Lineamiento 3.2	20%	48%	25%	7%	0%
PP. Lineamiento 4.1	22%	44%	28%	6%	0%
PP. Lineamiento 4.2	21%	48%	23%	5%	3%
Promedio	20%	48%	24%	6%	2%

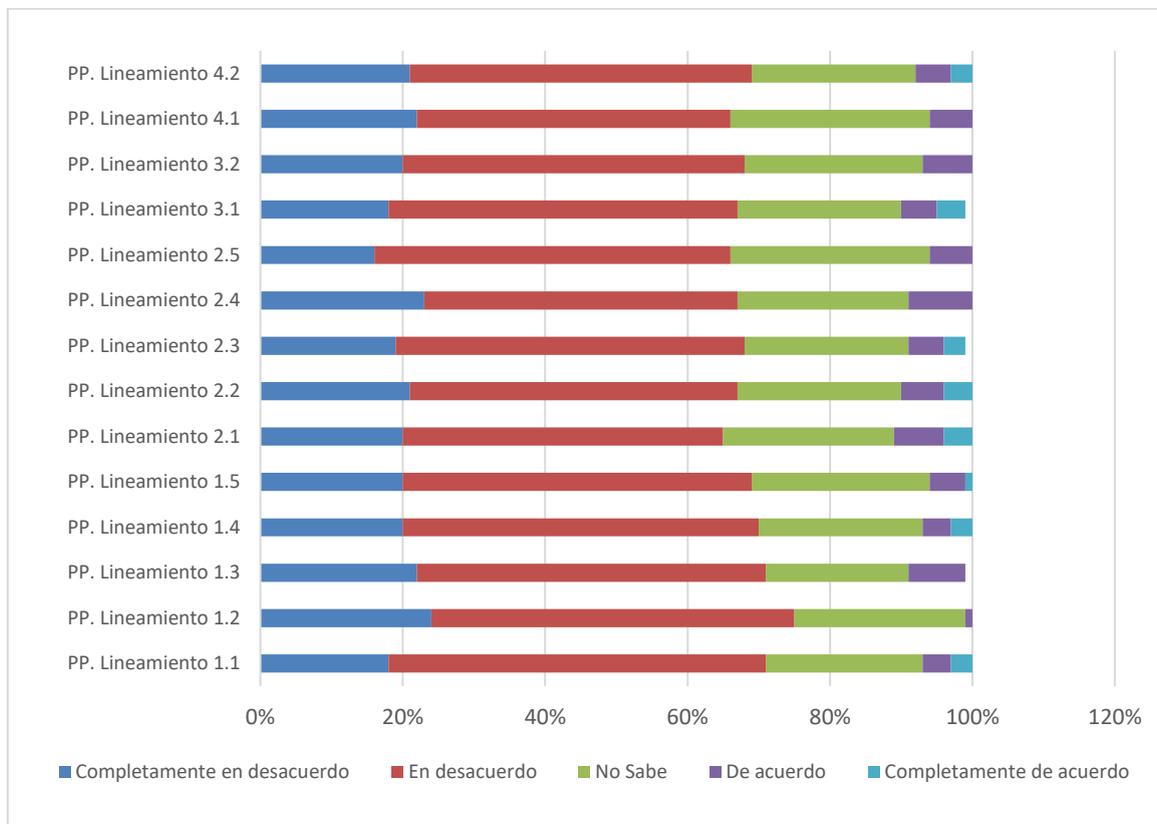


Figura 4. Percepción de cumplimiento de políticas públicas de transporte urbano.

Fuente: Datos de la tabla 3

En cuanto a la percepción de los usuarios sobre el cumplimiento de los lineamientos de las políticas públicas por parte de la Municipalidad Provincial de Puno, concordante al Decreto Supremo N° 012-2019-MTC, resulta el 20% Completamente en desacuerdo, 48% En desacuerdo, 24% No Saben, el 6% De acuerdo, y sólo el 2% Completamente de acuerdo.

#### 4.2. Discusión

El estudio de las preferencias del servicio de transporte público urbano es un reto para los planificadores, al respecto, Valeriano (2019) manifiesta que el principal problema cotidiano que pasa en provincia de Juliaca es, el desmedido crecimiento del parque automotor, frente a una baja inversión pública en infraestructura vial, que genera congestión vehicular, accidentes de tránsito, contaminación acústica y ambiental, resalta que hay una relación positiva entre parque automotor y la inversión pública en infraestructura vial.

Lara (2021) aplica técnicas de Machine Learning supervisado de máquina de soporte vectorial con datos equilibrados, para mejorar el transporte urbano y competir adecuadamente, atrayendo nuevos pasajeros con la mejora de la satisfacción de los actuales, al mismo tiempo mejora la movilidad en las ciudades, lo cual debe ser replicado en la ciudad de Puno.

Díez de los Ríos (2020) estudió la calidad del servicio de transporte, aplicando técnicas de Redes Bayesianas (RB), para conseguir modelos hipotéticos a partir de los datos, y su interpretación, pone énfasis cómo los pasajeros perciben la calidad del servicio, lo cual, debe una metodología.

Molina (2018) aborda los criterios de decisión para la planificación y gestión portuaria, con las redes bayesianas para construir un modelo completo de las variables y sus relaciones, a fin de determinar los patrones de sostenibilidad, guía para gestores de la planificación de transporte.

Rojas (2018) para elegir el medio de transporte urbano de los estudiantes de la Universidad de Piura para dirigirse a su centro de estudios, consideró la estimación mediante un modelo binario probabilístico, destacando las viables de gasto en transporte, tiempo de viaje, el tiempo de espera, la comodidad, seguridad, demográficos y sociodemográficos. Se debe asumir como un modelo que garantice la

calidad de servicio a los pasajeros, de mucho interés desde el punto de vista de los operadores de este servicio.

Para Jiménez (2019) las políticas sobre el desarrollo sostenible de transporte urbano de la ciudad de Puno, no contempla las funciones básicas de desarrollo urbano en cuanto a sus enfoques, principios y elementos en el proceso de planificación, acarreado consigo la ausencia de una regulación y control de sostenibilidad urbana, evidenciándose la falta de estrategias para revertir los futuros problemas. Por lo que es necesario evaluar el cumplimiento de los lineamientos de política nacional de transporte urbano en la Gerencia de Transportes y Seguridad Vial de la Municipalidad provincial de Puno, que, a partir de la escala de Likert, el 20% los pasajeros califican el cumplimiento de los lineamientos en promedio, totalmente en desacuerdo, el 48% En desacuerdo, el 24% no sabe, 6% De acuerdo y el sólo 2% en desacuerdo.

Se trata de comprobar la utilidad metodológica, no solo en el ámbito de la calidad del transporte, si no en cualquier otro ámbito, se ha desarrollado un modelo sobre actitudes hacia el servicio de calidad, cuyos resultados satisfactorios y afines a los conseguidos en otros trabajos en el campo de las actitudes que hay en la literatura, han permitido testear dicho objetivo.

Gutiérrez (2017) propone el diseño y la implementación de un sistema de control neuro difuso ANFIS para control y monitoreo de tráfico vehicular centralizado para la ciudad de Puno. Metodologías que deben adecuarse a los casos reales.

Ortega (2019) determina la congestión vehicular de transporte urbano y su influencia en la salud y medio ambiente en la ciudad de Puno, empleando la prueba chi – cuadrado para medir la relación relativa a la congestión vehicular de transporte urbano, la salud y medio ambiente, a los conductores de transporte urbano combi, taxi urbano, mototaxi y motocarga, carga mayor volquetes, y combi urbano de la ciudad de Puno, el 23,3% están de desacuerdo y el 71,6% y 5,1% están de acuerdo y muy de acuerdo respectivamente, respecto a la salud y medio ambiente el 1,7% y 16,4 % están de muy en desacuerdo y en desacuerdo y el 64,2% y 17,7% están de acuerdo y muy de acuerdo; esta situación se debe fundamentalmente al incremento del parque automotor de automóviles, debido al crecimiento económico y a una incorrecta infraestructura vial y uso irracional por parte de vehículos, que no es atendido por los gobierno locales.



Parillo-Sosa y Zela-Pacori (2021) a fin de describir las políticas públicas priorizadas y su avance presupuestal en los gobiernos provinciales de Puno y San Román. Realizó un diseño no experimental que permite analizar el avance presupuestal. En particular, sobre dos municipalidades provinciales Puno y San Román. Los resultados obtenidos sugieren, en relación a las variables de interés, que no existe un avance presupuestal importante en las políticas de salud, educación, gestión ambiental y saneamiento básico.

## CONCLUSIONES

- Para la representación del Gráfico Acíclico Dirigido (GAD) de la Red Bayesiana, las variables asociadas que explican las preferencias de los medios de transporte urbano en la ciudad de Puno son: demográficas (edad, sexo), sociodemográficas (educación, empleo y residencia), medios de transporte, y su preferencia.
- La representación probabilística del uso de los medios de transporte urbano de la ciudad de Puno, siguen la distribución de probabilidad multinomial conjunta con niveles siguientes: edad ("joven", "adulto", "mayor"), género ("M", "F"), educación ("basica", "profesional"), empleo ("empleado", "independiente"), residencia ("urbano", "rural"), medio de transporte ("combi", "taxi", "mototaxi", "triciclo"), Preferencia ("satisfecho", "insatisfecho"), cuyo modelo de Red Bayesiana de distribución global es:

$$\Pr(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, Y, Z) = \Pr(X_1) \Pr(X_2) \Pr(X_3 | X_1, X_2) \Pr(X_4 | X_3) \Pr(X_5 | X_3) \Pr(Y | X_4, X_5) \Pr(Z | Y)$$

Con sub modelos de distribución condicional unidimensional para las variables edad y sexo, bidimensional para la variable educación que depende de las anteriores y tridimensional para las variables empleo y residencia que depende de educación.

- En la evaluación de la preferencia de los medios de transporte urbano en la ciudad de Puno por parte de los usuarios, se verifica que, el modelo de probabilidades condicionales de las distribuciones locales de las frecuencias empíricas del conjunto de datos obtenidas de la encuesta, resultan significativas para la mayoría de los arcos, excepto las relaciones  $X_1 \rightarrow X_3$ ,  $X_2 \rightarrow X_3$  y  $X_3 \rightarrow X_5$ , que tienen p-valores mayores a 0.05, dichos arcos no están bien apoyados con los datos. Por ello, se aplicó el algoritmo Apriori del Software WEKA para la obtención de las reglas de asociación a fin de encontrar relaciones conjuntas de transacciones y que sirva para la toma de decisiones en políticas públicas.
- En cuanto a la percepción de los usuarios sobre el cumplimiento de los lineamientos de las políticas públicas por parte de la municipalidad provincial de Puno, concordante al Decreto Supremo N° 012-2019-MTC, resulta el 20% Completamente en desacuerdo, 48% En desacuerdo, 24% No Saben, el 6% De acuerdo, y sólo el 2% Completamente de acuerdo.

## RECOMENDACIONES

- A. Se recomienda realizar otras investigaciones con distintos algoritmos y técnicas de Machine Learning sobre el comportamiento de los servicios de los diferentes medios de transporte urbano en la ciudad de Puno.
- B. Se recomienda a la Gerencia de Transportes y Seguridad Vial de la Municipalidad Provincial de Puno, tomar especial interés de los lineamientos de las políticas públicas de acuerdo a Decreto Supremo N° 012-2019-MTC, que norma estándares de calidad de los servicios de transporte urbano a nivel nacional, para garantizar la satisfacción de los usuarios.
- C. Se recomienda a las autoridades de Ministerio de Transportes y Comunicaciones realizar una sensibilización sobre la existencia del Decreto Supremo N° 012-2019-MTC a diferentes órganos de gobierno de ámbito local y su implementación en tiempos de post pandemia covid-19 para una adecuada reactivación económica del sector.
- D. Se recomienda implementar una adecuada infraestructura vial que garantice el crecimiento del parque automotor y que permita saber con anticipación el aforo vehicular, frecuencia de servicio, ordenamiento de rutas, la señalización y la semaforización.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agamez Marquéz, D. A., Camacho Cuello, M. J., Dávila Payares, D. M., & López Sanchez, A. (2021). Transporte público urbano en el corredor de la carrera séptima de Bogotá, a través de una flota de buses eléctricos. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/53082>
- Agueda, C. P. (2011). Causality in science. *Pensamiento Matemático* (1) 12. Recuperado de: <https://documat.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3744334>
- Apaza Condori, C. T., & Vilca Añazco, J. M. (2018). Estudio de impacto vial, generado por la puesta en funcionamiento del complejo deportivo universitario en la ciudad universitaria-Puno, al 2038. Recuperado de: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3278546>
- Apaza Sinti, R. (2017). Determinación de modelos matemáticos de caracterización de flujo vehicular para el centro histórico de la ciudad de Juliaca. Recuperado de: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3226245>
- Baviera, T. (2016). Técnicas para el análisis del sentimiento en Twitter: Aprendizaje Automático Supervisado y SentiStrength. *Revista Dígitos*. Recuperado de: <https://revistadigitos.com/index.php/digitos/article/view/74/39>.
- Blanco Castañeda, L., Arunachalam, V., & Dharmaraja, S. (2012). Introduction to probability and stochastic processes with applications. John Wiley & Sons. Recuperado de: <https://www.wiley.com/en-be/Introduction+to+Probability+and+Stochastic+Processes+with+Applications-p-9781118344972>
- Belamate, D., Cassani, M. & Ricci, C. (2016). Aplicación de reglas de asociación para la detección de patrones de comportamiento en sistema académico universitario. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. Recuperado de: <http://cytal.frvn.utn.edu.ar/q/tf/7/62>
- Beltrán Pascual, M., Muñoz Martínez, A., & Muñoz Alamillos, Á. (2014). Redes bayesianas aplicadas a problemas de credit scoring. Una aplicación práctica. *Cuadernos de Economía*, 37(104), 73–86. <https://doi.org/10.1016/J.CESJEF.2013.07.001>

- Bull, A. (2003). *Congestión de Tránsito*. Santiago, Chile: Cepal.
- Calderón, B. J. C., Calderón, H. J. C., & Zúñiga, L. A. C. (2020). Análisis del sistema de transporte urbano para optimizar el tiempo de viaje del pasajero de la ciudad de Puno-2018. *REVISTA VERITAS ET SCIENTIA-UPT*, 9(1), 134-144. <https://doi.org/10.47796/ves.v9i1.285>
- Castillo Espinoza, D. K., Coral Barahona, C. A., & Salazar, Y. (2020). Modelización Econométrica de los Accidentes de Tránsito en el Ecuador. *Revista Politécnica*, 46(2), 21–28. <https://doi.org/10.33333/rp.vol46n2.02>
- Celis, C., & Efraín, E. (2018). El sistema de transporte y el caos vehicular en la ciudad de Huacho periodo 2016. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/83477/Mateo\\_QEN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/83477/Mateo_QEN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cheon, S.-P., Kim, S., Lee, S.-Y. & Lee, C.-B. (2009) Bayesian networks based rare event prediction with sensor data. *Knowledge-Based Systems* 22 (5) 336–343. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/223680469\\_Bayesian\\_networks\\_based\\_rare\\_event\\_prediction\\_with\\_sensor\\_data](https://www.researchgate.net/publication/223680469_Bayesian_networks_based_rare_event_prediction_with_sensor_data)
- Chura Canahua, S. F. (2018). Rediseño y microanálisis de la intersección de los jirones Oquendo, Tacna, Los Incas y Av. La Torre, Puno. Recuperado de: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13423>
- Cruz Cruz, H. (2018). Características del financiamiento en las empresas de transporte urbano en el Perú. Caso: Empresa de Transporte El Sol de Piura S, AC Piura, 2018. Recuperado de: <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/6372>
- Díez de los Ríos Mesa, F. J. (2020). Desarrollo y validación de técnicas avanzadas para la evaluación de la calidad del servicio percibida por el usuario en transportes públicos. Recuperado de: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/59911>
- Dougherty, J., Kohavi, R. & Sahami, M. (1995). Supervised and unsupervised discretization of continuous features, *ICML*, 194–202. Recuperado de: <http://robotics.stanford.edu/~ronnyk/disc.pdf>

- Duda, R. O., Hart, P. E. & Stork, D. G. (2000). Pattern classification, NY WileyID: 129
- Flores Mamani, E. (2018). Impacto de los sistemas inteligentes de transporte (ITS) en la gestión de empresas de transporte urbano en la ciudad de Puno, 2017. Recuperado de:  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP\\_7fa45a49b7a51f888d9560f0768b5dcf/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_7fa45a49b7a51f888d9560f0768b5dcf/Details)
- Guerrero Torres, G. A., Brignardello Aguirre, J. L., & Ramírez García, L. E. (2019). Masificar una solución Tecnológica en el Sistema de Transporte Urbano. Recuperado de: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/652499>
- Gutiérrez Cayo, C. (2017). Diseño e implementación de un sistema de control neuro-difuso en un centro de control y monitoreo de tráfico vehicular centralizado para la ciudad de Puno. Recuperado de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3220746>
- Holmes, D. E., Tweedale, J., Jain, L. C. (2012). Data mining techniques in clustering, association and classification. Data Mining: Foundations and Intelligent Paradigms p. 1–6. Recuperado de: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-23166-7\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-23166-7_1)
- Jiménez Ramos, O. O. (2019). Propuesta metodológica de planificación y diseño para el desarrollo urbano sostenible en la ciudad de Puno. Recuperado de: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3217905>
- Kim, S.-B., Seo, H.-C., Rim, H.-C. (2003). Poisson naive bayes for text classification with feature weighting, Proceedings of the sixth international workshop on Information retrieval with Asian Languages-Volume 11, Association for Computational Linguistics, 33–40. Recuperado de: <https://aclanthology.org/W03-1105/>
- Lara Satán, A. A. (2021). Modelo de predicción de riesgos psicosociales en el transporte urbano de pasajeros usando técnicas de Inteligencia Artificial (Master's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Maestría en Matemática Aplicada). Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32224>
- Mamani Quispe, M. A., & Ramos Colque, L. W. (2018). Evaluación del sistema de transporte en el Centro de Puno y alternativas de solución a la planificación vial

aplicando softwares especializados, 2017. Recuperado de:  
<http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/9603>

Mathivet, V. (2018). Inteligencia artificial para desarrolladores: conceptos e implementación en C. Ediciones ENI. Recuperado de: <https://www.ediciones-eni.com/libro/inteligencia-artificial-para-desarrolladores-conceptos-e-implementacion-en-c-2-edicion-9782409014918>

Molina Serrano, B. (2018). Redes bayesianas para la sostenibilidad marítimo portuaria. Tesis (Doctoral), E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM). Recuperado de: <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.52511>

Ortega, W. A. (2019). Congestión vehicular de transporte urbano y su incidencia en salud y medio ambiente en la ciudad de Puno. Revista Científica Investigación Andina, 19(1). Recuperado de: <https://www.revistas.uancv.edu.pe/index.php/RCIA/article/view/746>

Parillo-Sosa, E. G., & Zela-Pacori, C. E. (2021). Políticas Públicas priorizadas y su avance presupuestal en los municipios provinciales de Puno y San Román, 2020. Waynarroque - Revista de Ciencias Sociales Aplicadas, 1(1), 33 - 40. <https://doi.org/10.47190/rcsaw.v1i1.3>

Pearl, J. (2000). Causality: models, reasoning and inference, Vol. 29, Cambridge Univ Press.

Pérez Quispe, S. D. (2018). Modelo estadístico para determinar el nivel de contaminación sonora, distrito de Puno-2017. Recuperado de: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3222935>

Prada, C. G., & García-Andrade, X. C. (2019). La fragmentada regulación de los vehículos de movilidad personal: un problema común en Perú y España. Revista de Derecho, 20(1), 161-201. Recuperado de: <https://revistas.udep.edu.pe/derecho/article/view/1836>

Real Academia Española. (2001). Diccionario. España.

Redondo, M. (2016), Simulación de Redes Neuronales como Herramienta Big Data en el Ámbito Sanitario. Recuperado el 01 de abril del 2019 de, <https://books.google.com.pe/books?id=9vSBDgAAQBAJ&pg=PA17&dq=redes+n>

euronales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiF486J26\_hAhVCxVkKHYVpC6gQ6AE  
IKDAA#v=onepage&q=redes%20neuronales&f=false.

Rojas Coronado, K. J. (2018). Análisis de los determinantes en las preferencias de elección del sistema de transporte urbano de los estudiantes de la Universidad Nacional de Piura, 2017. Recuperado de: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1397>

Salvatierra Huamán, E. A. (2017). Influencia de las rutas de transporte público en el congestionamiento vehicular en Huancayo metropolitano en el año 2016 y propuesta de reordenamiento de rutas. Recuperado de: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/3589>

Serrano, B. M. (2019). Aplicación de redes bayesianas para el control de la frecuencia de los accidentes viarios. *Revista Digital del Cedex*, (194), 42-55. Recuperado de: <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/2394>

Soler Flores, F., González Cancelas, M., Camarero Orive, A., Almazán Gárate, J., & Palomino Monzón, M. (2013). Diseño de un modelo de planificación de zonas de actividades logísticas mediante el empleo de redes bayesianas. *Revista Ingeniería Industrial*, 12(1). Recuperado de: [https://oa.upm.es/26025/1/INVE\\_MEM\\_2013\\_162431.pdf](https://oa.upm.es/26025/1/INVE_MEM_2013_162431.pdf)

Sucar, L. E. (2006). *Redes bayesianas*.

Thomson, I. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Santiago de Chile: CEPAL. Recuperado de: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/6381-la-congestion-transito-urbano-causas-consecuencias-economicas-sociales>

Uusitalo, L. (2007). Advantages and challenges of bayesian networks in environmental modelling. *Ecological Modelling* 203 (3), 312–318. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380006006089>

Valeriano Moreno, R. (2019). Factores que determinan el incremento del parque automotor de la ciudad de Juliaca, periodos 2000-2016. Recuperado de: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3279533>



Vásquez, C., Cedeño, R. O. P., Ramírez, R., & Osal, W. (2019). Sistemas de transporte urbano en Latinoamérica. TRIM: Tordesillas, revista de investigación multidisciplinar, (17), 31-44

## ANEXOS

### Anexo 1. ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN

#### Primera parte: Servicio de Transporte Urbano en la ciudad de Puno

<b>Nombre:</b>	Salcedo	Cercado	Yanamayo	UNA	Av, SOL

1. Marque la alternativa de su edad, educativo  
 Menor a 30 años ..... (joven)  
 Entre 30 a 60 años ..... (adulto)  
 Mayor a 60 años ..... (anciano)

2.- Señale sexo que le corresponde  
 Masculino ..... (M)  
 Femenino ..... (F)

3.- Su nivel  
 Básica ..... (1)  
 Profesional ..... (2)

4. Marque su ocupación actual, transporte  
 Menor a 30 años ..... (joven)  
 Entre 30 a 60 años ..... (adulto)  
 Mayor a 60 años ..... (anciano)

5.- Marque su residencia  
 Urbano ..... (1)  
 Rural ..... (2)

6.- Tipo de  
 Combi ..... (1)  
 Taxi ..... (2)  
 Mototaxi ..... (3)  
 Triciclo ..... (4)

7.- Nivel de satisfacción del tipo de transporte  
 Satisfecho ..... (1)  
 Insatisfecho ..... (0)

#### Segunda parte: Políticas públicas de Transporte Urbano en la ciudad de Puno

Objetivos prioritarios	Lineamientos de políticas públicas	1	2	3	4	5
OP1: Contar con sistemas de transporte urbano público eficaces para el desplazamiento de las personas	Prioriza el transporte público y los modos alternativos, sobre el transporte particular, en beneficio de los usuarios y ciudadanía en general.					
	Desarrolla sistemas integrados de transporte urbano, social y ambientalmente sostenibles, bajo el concepto de multimodalidad de los desplazamientos, en las ciudades.					
	Garantiza el proceso de formalización y modernización de la institucionalidad del sector privado prestador del servicio de transporte urbano.					
	Desarrolla servicios de transporte urbano público eficientes, eficaces, seguros, confiables, inclusivos, accesibles y de calidad.					
	Propende que el sistema de transporte urbano sea financieramente sostenible y económicamente rentable, en las ciudades.					
OP2: Mejorar la gobernanza del transporte urbano de personas y mercancías	Desarrolla una institucionalidad pública fuerte, con reglas de buen gobierno y alta capacidad técnica, para la gestión del transporte urbano.					
	Establece mecanismos de coordinación institucional con las entidades que intervienen en el ámbito urbano.					
	Gestiona el sistema de transporte urbano sustentado en una efectiva coordinación de las funciones de planeación, regulación, operación, seguimiento y control.					
	Gestiona el transporte urbano de mercancías de manera coherente y concordante con la operación del sistema de transporte urbano de personas.					
	Implementa centros de gestión integrada de tráfico en las ciudades que se justifique.					
OP3: Desarrollar servicios de transporte urbano con adecuada infraestructura, para los usuarios	Desarrolla la infraestructura de transporte en función de las necesidades del sistema de transporte urbano y en concordancia con la política de movilidad urbana, en la ciudad.					
	Mantiene en condiciones adecuadas la infraestructura para el transporte urbano y desarrolla infraestructura para transporte no motorizado.					
OP4: Satisfacer las necesidades de transporte urbano de la población, en concordancia con el desarrollo urbano	Armoniza el sistema de transporte urbano con el ordenamiento territorial y las políticas de movilidad, en la ciudad.					
	Promueve la calidad del espacio público asociado a la operación del sistema de transporte de la ciudad, en beneficio de la población.					

## Anexo 2.

### Base de datos de las variables demográficas, sociodemográficas, de transporte y Preferencias

"X1" "X2" "X3" "X4" "X5" "Y" "Z"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "rural" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "rural" "combi" "Satisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "triciclo" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "triciclo" "Satisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "rural" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "rural" "combi" "Satisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "rural" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "triciclo" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Satisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "rural" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "triciclo" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "rural" "combi" "Satisfecho"

"adulto" "M" "profesional" "empleado" "rural" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "rural" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "rural" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "F" "profesional" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Satisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "rural" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "rural" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"

"adulto" "M" "basica" "independiente" "rural" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "rural" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "rural" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "independiente" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "rural" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "rural" "taxi" "Insatisfecho"

"joven" "F" "profesional" "independiente" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"mayor" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "rural" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "basica" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "empleado" "rural" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"

"mayor" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "urbano" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "rural" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "empleado" "rural" "combi" "Satisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "taxi" "Satisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "mototaxi" "Satisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "F" "basica" "empleado" "rural" "taxi" "Satisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "rural" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "rural" "combi" "Satisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "basica" "empleado" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"joven" "M" "basica" "independiente" "urbano" "mototaxi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "triciclo" "Satisfecho"  
"joven" "F" "basica" "independiente" "rural" "combi" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "triciclo" "Insatisfecho"  
"mayor" "M" "basica" "independiente" "urbano" "taxi" "Insatisfecho"  
"adulto" "F" "profesional" "empleado" "urbano" "triciclo" "Insatisfecho"  
"adulto" "M" "profesional" "empleado" "urbano" "triciclo" "Satisfecho"



**1 Base de Datos Indicadores de políticas públicas**

2	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P1	45	3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3
3	2, P13, P14	46	2, 2, 1, 2, 2, 3, 1, 1, 3, 1, 1, 1, 1, 1, 1
4	2, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3	47	2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 3, 2
5	3, 3, 1, 3, 2, 1, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 1, 1	48	3, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3
6	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1	49	4, 2, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 3
7	2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 3, 3	50	2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
8	2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 1, 2, 2, 3, 3, 3	51	2, 1, 2, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 2, 1, 2, 1, 2
9	2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 2	52	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
10	2, 1, 2, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 2, 1, 2, 1, 2	53	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
11	3, 4, 4, 4, 4, 5, 5, 5, 4, 4, 4, 4, 3, 5	54	2, 2, 3, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3
12	4, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	55	2, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 2, 2, 3, 2, 3, 2
13	2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 3, 3	56	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
14	5, 3, 4, 3, 3, 5, 3, 3, 4, 3, 4, 4, 4, 4	57	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
15	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	58	2, 2, 3, 2, 2, 2, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3
16	1, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 1, 2, 1, 2, 1	59	1, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 1, 2, 1, 2, 1
17	2, 1, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 2	60	3, 3, 3, 3, 3, 1, 4, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3
18	1, 1, 3, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 3, 3	61	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
19	2, 2, 4, 5, 4, 5, 5, 5, 4, 4, 4, 4, 3, 5	62	2, 2, 3, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 3, 3, 1, 3, 3
20	1, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 1, 2, 1, 2, 1	63	5, 3, 4, 3, 3, 4, 3, 3, 4, 3, 5, 4, 4, 4
21	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	64	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 3, 1, 3, 1, 3
22	2, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3	65	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
23	4, 1, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 2	66	3, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3
24	1, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 1, 2, 1, 2, 1	67	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
25	3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3	68	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
26	2, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3	69	3, 3, 1, 3, 3, 2, 3, 3, 1, 3, 2, 1, 1, 1
27	2, 2, 3, 2, 2, 2, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3	70	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2
28	3, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 3, 2, 2, 2, 3	71	3, 3, 1, 3, 3, 2, 3, 3, 1, 3, 3, 2, 3, 3
29	3, 2, 4, 5, 4, 5, 5, 5, 4, 4, 4, 4, 3, 5	72	4, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 2
30	1, 1, 2, 1, 1, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 2, 2, 2	73	2, 1, 2, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 2, 1, 2, 1, 2
31	2, 2, 3, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 3, 3, 1, 3, 3	74	2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
32	4, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	75	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
33	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	76	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
34	2, 1, 2, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 2, 1, 2, 1, 2	77	2, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 1, 1
35	5, 3, 4, 3, 3, 5, 3, 3, 4, 3, 5, 4, 4, 4	78	2, 2, 3, 2, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3
36	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	79	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
37	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	80	2, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3
38	1, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 1, 2, 1, 2, 1	81	3, 3, 2, 3, 3, 4, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 2, 1
39	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 3, 1, 3, 1, 3	82	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
40	1, 1, 4, 5, 4, 5, 5, 5, 4, 4, 5, 4, 3, 5	83	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 2, 1
41	2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 2	84	2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 3, 3
42	2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 3, 2	85	5, 3, 4, 3, 3, 4, 3, 3, 4, 3, 5, 4, 4, 4
43	2, 2, 1, 2, 2, 3, 1, 1, 3, 1, 1, 1, 1, 1	86	2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 3, 3
44	2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	87	1, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 1, 2, 1, 2, 1



88	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,3,1,2,1	134	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
89	2,2,4,5,4,4,5,5,4,4,5,4,3,5	135	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
90	3,2,2,2,3,3,1,2,3,3,2,3,3,3	136	3,1,3,1,1,2,1,1,2,2,1,2,1,2
91	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	137	2,3,1,2,3,3,4,4,3,3,3,3,1,1
92	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	138	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
93	2,2,2,2,2,3,3,2,2,2,3,2,2,2	139	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
94	3,3,1,3,2,1,3,3,3,3,3,3,1,1	140	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
95	2,1,2,1,1,2,1,1,2,2,1,2,1,2	141	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
96	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	142	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
97	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	143	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
98	2,2,3,3,2,2,2,2,2,3,2,2,3,3	144	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
99	2,2,2,2,2,4,3,4,3,4,3,3,4,3	145	3,2,3,2,2,3,4,4,3,3,2,2,2,3
100	4,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	146	1,1,1,1,1,1,1,2,1,3,1,3,1,3
101	3,1,4,5,4,4,5,5,4,4,5,4,3,5	147	2,2,3,2,2,4,4,4,3,4,4,3,4,4
102	3,3,1,3,3,1,2,3,1,2,3,1,1,1	148	2,2,3,2,2,4,4,4,3,3,4,4,4,4
103	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	149	2,3,4,5,4,5,5,5,4,4,5,4,3,5
104	3,3,3,3,3,3,2,2,1,2,2,3,3,3	150	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
105	3,3,4,5,4,4,5,5,4,4,5,4,3,5	151	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
106	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	152	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
107	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	153	3,3,3,3,3,1,4,3,3,3,2,3,3,3
108	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	154	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
109	2,2,2,2,2,3,3,2,2,2,3,2,2,2	155	3,1,3,1,1,2,1,1,2,2,1,2,1,2
110	1,1,2,1,1,2,2,2,2,2,2,2,2,2	156	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
111	5,3,4,3,3,4,3,3,4,3,5,4,4,4	157	3,3,3,3,3,3,2,2,1,2,2,3,3,3
112	2,3,1,2,3,1,3,1,3,3,3,3,1,1	158	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
113	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	159	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
114	2,3,2,3,3,2,3,3,2,2,3,2,3,2	160	2,2,1,2,2,3,1,1,3,1,1,1,1,1
115	2,3,2,3,3,2,3,3,2,2,3,2,3,2	161	2,3,1,2,3,1,3,1,3,3,3,3,1,1
116	3,1,4,5,4,4,5,5,4,4,4,4,3,5	162	3,4,4,4,4,5,5,5,4,4,5,4,3,5
117	2,2,1,2,2,1,2,2,3,2,2,3,1,1	163	2,2,3,2,2,2,3,3,3,3,2,3,3,3
118	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	164	4,1,3,1,1,3,1,1,3,2,1,3,1,2
119	2,2,2,2,2,2,2,2,3,2,2,3,2,2	165	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
120	2,2,1,2,2,1,2,2,3,2,2,3,1,1	166	1,1,2,1,1,2,2,2,2,2,2,2,2,2
121	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	167	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
122	1,1,2,1,1,2,2,2,1,2,2,1,2,2	168	2,1,2,1,1,2,1,1,2,2,1,2,1,2
123	3,3,1,3,3,2,3,3,1,3,4,2,3,3	169	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
124	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,3,1,2,1	170	5,3,4,3,3,5,3,4,4,3,5,4,4,4
125	2,2,2,2,2,3,4,4,4,4,4,3,4,3	171	3,2,3,3,4,4,3,4,3,4,4,3,3,3
126	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	172	2,2,3,2,2,2,3,3,3,3,2,3,3,3
127	3,3,1,3,3,1,2,3,1,2,3,1,1,1	173	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
128	4,2,3,2,2,3,2,2,3,3,2,2,2,3	174	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
129	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	175	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
130	3,2,3,2,2,3,2,2,3,1,2,3,2,1	176	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
131	2,2,2,2,2,3,3,3,1,3,3,2,2,2	177	3,3,4,3,3,4,3,4,3,3,3,2,3,3
132	3,2,2,2,3,3,1,2,3,3,2,3,3,3	178	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
133	3,2,3,2,2,3,2,2,3,3,2,2,2,3	179	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2



180	2, 2, 3, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 3, 3, 1, 3, 2	226	2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 3, 2
181	3, 4, 3, 4, 5, 3, 4, 4, 4, 3, 4, 3, 3, 3	227	2, 1, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 2
182	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1	228	3, 2, 2, 2, 3, 3, 1, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3
183	3, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 4, 3, 3, 2, 2, 2, 3	229	3, 2, 2, 2, 3, 3, 1, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3
184	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1	230	3, 3, 2, 3, 3, 3, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 2, 2
185	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1	231	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
186	3, 1, 3, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 2, 1, 2, 1, 2	232	2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 3, 2
187	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	233	4, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 1, 2, 2, 3, 3, 3
188	2, 2, 2, 2, 2, 4, 3, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 2	234	3, 3, 2, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2
189	3, 3, 1, 3, 2, 1, 3, 4, 3, 3, 3, 3, 4, 4	235	2, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 4, 3, 4
190	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	236	3, 3, 2, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2
191	3, 2, 3, 3, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3	237	3, 2, 3, 3, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3
192	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	238	2, 3, 2, 3, 4, 3, 4, 4, 3, 4, 4, 3, 4, 4
193	3, 1, 3, 3, 3, 4, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3	239	2, 1, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 2
194	2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 3, 3, 2, 2, 2	240	2, 2, 3, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3
195	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	241	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
196	2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 2	242	2, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 2, 2, 3, 2, 3, 2
197	2, 3, 1, 2, 3, 1, 3, 1, 3, 3, 3, 3, 1, 1	243	3, 3, 4, 4, 3, 3, 3, 3, 4, 3, 3, 3, 3, 3
198	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	244	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2
199	2, 3, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 2	245	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
200	3, 3, 2, 3, 3, 4, 1, 1, 2, 1, 1, 2, 2, 2	246	2, 3, 4, 5, 3, 4, 4, 3, 4, 3, 4, 3, 3, 3
201	1, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 1, 2, 1, 2, 1	247	2, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 2, 2, 3, 2, 3, 2
202	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	248	2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 3, 3
203	2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 2	249	4, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 4, 4, 3, 3, 4, 4, 4
204	2, 3, 2, 3, 3, 2, 4, 3, 2, 2, 3, 2, 3, 2	250	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2
205	4, 2, 2, 2, 2, 4, 4, 3, 1, 3, 3, 2, 2, 2	251	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
206	2, 1, 2, 3, 3, 2, 4, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 2	252	2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
207	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	253	2, 2, 1, 2, 2, 3, 1, 1, 3, 1, 1, 1, 1, 1
208	3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3	254	3, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 2
209	2, 2, 1, 2, 2, 3, 1, 1, 3, 1, 1, 1, 1, 1	255	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
210	3, 1, 3, 1, 1, 3, 1, 1, 3, 2, 1, 3, 1, 2	256	3, 2, 3, 4, 4, 3, 4, 4, 4, 3, 1, 3, 1, 3
211	2, 3, 4, 4, 2, 3, 4, 3, 4, 3, 4, 4, 4, 3	257	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
212	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 3, 1, 3, 1, 3	258	3, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 2
213	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	259	2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 3, 3
214	3, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 2	260	2, 2, 3, 2, 2, 4, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3
215	2, 1, 2, 3, 3, 4, 4, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 2	261	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
216	3, 3, 1, 3, 3, 2, 3, 3, 1, 3, 2, 1, 1, 1	262	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
217	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2	263	3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3
218	2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 3, 3, 2, 2, 2	264	4, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 2, 1
219	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 2, 1	265	3, 2, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3
220	1, 1, 2, 1, 1, 2, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 2, 2	266	3, 2, 3, 2, 2, 3, 2, 2, 3, 1, 2, 3, 2, 1
221	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1	267	2, 3, 2, 4, 3, 2, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 2, 1
222	3, 3, 4, 3, 3, 4, 2, 3, 4, 4, 3, 1, 1, 1	268	5, 3, 4, 3, 3, 5, 3, 3, 4, 3, 5, 4, 4, 4
223	3, 3, 2, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 2, 2	269	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
224	2, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3	270	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2
225	2, 2, 3, 2, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3	271	2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2



272	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	318	3,1,3,1,1,2,1,1,2,2,1,2,1,2
273	3,3,1,4,3,2,3,3,1,3,2,1,1,1	319	3,1,3,1,1,2,1,1,2,2,1,2,1,2
274	3,2,3,3,2,3,2,2,2,2,2,3,3,3	320	1,1,2,1,1,2,2,2,1,2,2,1,2,2
275	3,3,1,3,2,1,3,2,2,3,2,2,1,1	321	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
276	2,2,2,2,2,2,2,2,3,2,2,3,2,2	322	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
277	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	323	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
278	1,1,2,1,1,2,3,3,2,3,3,2,2,2	324	3,4,5,4,5,4,5,5,4,4,4,5,4,4
279	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	325	2,2,2,2,2,3,3,3,1,3,3,2,2,2
280	2,2,2,2,2,3,3,2,2,2,3,2,2,2	326	3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3
281	2,2,2,2,2,3,2,2,2,2,2,2,2,2	327	1,1,2,1,1,2,2,2,2,2,2,2,2,2
282	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	328	2,2,3,2,2,3,2,2,3,2,2,3,3,3
283	4,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	329	1,1,2,1,1,2,3,3,2,3,3,2,2,2
284	2,3,2,4,3,2,2,3,2,2,3,2,3,2	330	3,1,3,1,1,3,1,1,3,2,1,3,1,2
285	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	331	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
286	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	332	1,1,3,1,1,1,1,1,2,1,1,2,3,3
287	5,3,4,3,3,5,3,3,4,3,5,4,4,4	333	2,2,3,3,2,2,2,2,2,3,2,2,3,3
288	2,2,3,2,2,3,2,2,1,2,2,3,3,3	334	1,2,1,2,2,1,2,2,1,1,2,1,2,1
289	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2	335	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1
290	2,3,2,3,3,2,3,3,3,3,3,2,3,3	336	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
291	1,1,1,1,1,1,1,2,1,3,1,3,1,3	337	2,3,1,2,3,1,3,1,3,3,3,3,1,1
292	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2		
293	3,2,2,2,3,3,1,2,3,3,2,3,3,3		
294	2,2,3,3,2,2,2,2,2,3,2,2,3,3		
295	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2		
296	5,3,4,4,3,5,3,3,4,3,5,4,4,4		
297	3,3,2,3,3,2,3,2,2,3,2,2,2,2		
298	3,3,1,3,2,1,3,3,3,3,3,3,1,1		
299	3,1,3,1,1,3,1,1,3,2,1,3,1,2		
300	2,3,2,4,3,2,2,3,2,2,3,2,3,2		
301	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2		
302	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2		
303	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2		
304	4,2,2,2,3,3,1,2,3,3,2,3,3,3		
305	2,2,1,2,2,1,2,2,3,2,2,3,1,1		
306	2,3,2,2,3,2,2,2,3,2,2,2,2,2		
307	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2		
308	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1		
309	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1		
310	1,1,1,3,4,4,5,4,3,4,4,4,3,2		
311	2,3,2,2,3,2,2,3,1,2,3,1,2,2		
312	3,3,3,3,3,3,2,2,1,2,2,3,3,3		
313	2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2		
314	2,2,3,3,2,2,2,2,2,3,2,2,3,3		
315	3,3,2,3,3,2,3,2,2,3,2,2,2,2		
316	1,2,1,2,2,1,2,2,1,1,2,1,2,1		
317	3,1,3,1,1,3,1,1,3,2,1,3,1,2		



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Yoner Huarcaya Ccamapaza  
identificado con DNI 43478933 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Maestría en Informática con mención en Matemática y simulación computacional,

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ Redes Bayesianas Para Determinar los Patrones de Uso  
de los Medios de transporte Urbano de la ciudad de  
Puno, 2021 ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 25 de Mayo del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Yoner Hvarcaya Ecumapaza,  
identificado con DNI 43478933 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Maestría en Informática con mención en: Matemática y simulación computacional,  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“Redes Bayesianas para Determinar los Patrones de Uso  
de los Medios de Transporte Urbano de la ciudad de  
Puno, 2021”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 25 de Mayo del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella