

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA PETROLERA**



**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE PRESIONES Y CAUDALES EN LA
DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL EN LAS REDES PRIMARIAS DE
LA CIUDAD DE EL ALTO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DEEP
LEARNING”**

**Proyecto de grado presentado para optar al título de Licenciado
en Ingeniería Petrolera**

**POSTULANTE: UNIV. RODRIGO LIMBER APAZA CHAMBI
TUTOR: M. SC. ING. MARIO DAZA BLANCO**

**La Paz - Bolivia
2024**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

En memoria de mi querido hermano, Omar Gonzalo Apaza Chambi (+), cuya presencia sigue iluminando nuestros corazones desde el reino celestial.

Expreso mi profundo agradecimiento a mis padres por el don preciado de la existencia y por su constante acompañamiento a lo largo de mi camino.

Dirijo palabras de gratitud hacia el generoso corazón que caracteriza a nuestra familia, reconociendo su inquebrantable apoyo en cada etapa de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo agradecimiento a la divina providencia por las bendiciones otorgadas.

A su vez, pretendo manifestar mi sincero reconocimiento a mis estimados docentes de la carrera de Ingeniería Petrolera de la Universidad Mayor de San Andrés que han aportado académicamente a mi formación tanto personal como profesional.

De manera similar. Expreso mi agradecimiento al **PhD. Ing. Mario Daza Blanco** por el apoyo y tutoría brindada en el desarrollo del proyecto y haberme brindado parte de su tiempo en evaluar el mismo.

Asimismo, deseo expresar mi gratitud a la distinguida Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés, reconocida como la principal institución educativa en Bolivia, al ostentar actualmente entre los primeros puestos en el ranking nacional de universidades.

INDICE GENERAL

1	CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	1
1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	ANTECEDENTES.....	3
1.2.1	Antecedentes generales.....	3
1.2.2	Antecedentes académicos.....	4
1.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.3.1	Identificación del problema.....	7
1.3.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.4	OBJETIVOS.....	10
1.4.1	Objetivo general.....	10
1.4.2	Objetivos específicos.....	10
1.5	JUSTIFICACIÓN.....	11
1.5.1	Justificación técnica.....	11
1.5.2	Justificación económica.....	11
1.5.3	Justificación socio-ambiental.....	11
1.6	ALCANCE.....	12
1.6.1	Alcance temático.....	12
1.6.2	Alcance geográfico.....	12
1.6.3	Alcance temporal.....	13

2	CAPITULO II: DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL A NIVEL DOMÉSTICO	14
2.1	GENERALIDADES DEL TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS.....	14
2.1.1	Definición de transporte de hidrocarburos.....	14
2.1.2	Distribución de gas natural.....	14
2.2	REDES DE DISTRIBUCIÓN	15
2.3	TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	16
2.3.1	Red de transporte	16
2.3.2	Red primaria.....	18
2.3.3	Red secundaria	18
2.4	CARACTERÍSTICAS DE UNA RED PRIMARIA	19
2.4.1	Material de una red primaria	19
2.4.2	Estación de recibo y transferencia	21
2.4.3	EDR.....	23
2.5	PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE REDES PRIMARIAS.....	24
2.5.1	Procesos operativos.....	24
2.5.2	Normas de operación en redes primarias	25
2.5.3	Prevención de daños	26
2.5.4	Mantenimiento.....	27

2.6	CARACTERÍSTICAS DEL CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA RED PRIMARIA	28
2.6.1	Criterios en el diseño de redes.....	28
2.6.2	Ecuaciones para el diseño de Red primaria	30
3	CAPITULO III: DEEP LEARNING Y SU APLICACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL EN REDES PRIMARIAS	35
3.1	Definición de Deep Learning	35
3.2	Características del Deep Learning	37
3.3	Entrenamiento desde cero	39
3.4	Modelo de Deep Learning para el control de compresores.....	40
3.5	DEEP LEARNING EN MATLAB.....	44
4	CAPITULO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO	48
4.1	DATOS OPERATIVOS.....	48
4.2	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN DE LA RED PRIMARIA DE GAS DE LA CIUDAD DE EL ALTO.	49
4.2.2	Estación distrital de regulación.....	59
4.3	PROCESO DE SIMULACIÓN CON DEEP LEARNING	59
4.3.1	Carga de datos.....	59
4.3.2	Especificaciones de opciones de redes de gas.....	60
4.3.3	Red de trenes.....	60

4.3.4	Red de prueba	62
4.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	63
4.5	VARIACIÓN DE PRESION Y CAUDAL.....	64
5	CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO	67
5.1	ESTUDIO DE COSTOS	67
5.1.1	Costos fijos.....	67
5.1.2	Costos Variables	67
5.1.3	Depreciación anual del proyecto	68
5.1.4	Inversión inicial del proyecto	69
5.1.5	Factibilidad económica.....	70
5.2	ESTUDIO DE BENEFICIOS.....	71
5.2.1	Estudio del Van	71
5.2.2	Estudio del TIR.....	72
5.2.3	Análisis de sensibilidad	73
6	CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
6.1	CONCLUSIONES.....	75
6.2	RECOMENDACIONES	76
7	BIBLIOGRAFÍA	77
8	ANEXOS	81

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. 1: Distribución del gas natural.....	8
Figura 1. 2: EDR	9
Figura 1. 3: Red primaria en la ciudad del alto	13

CAPITULO II

Figura 2. 1 Transporte y distribución del gas natural	15
---	----

CAPITULO III

Figura 3. 1 Redes neuronales organizadas en capas que constan de una serie de nodos interconectados.	38
Figura 3. 2 Ejemplo de una red con muchas capas convolucionales.....	39
Figura 3. 3 Entrenamiento de datos.....	41
Figura 3. 2 Aplicación del Deep learning en Matlab.....	44
Figura 3. 5 Entrenamiento de datos de deep learning con Matlab.....	45
Figura 3. 6 Procedimiento básico del Deep learning.....	45
Figura 3. 7 Algoritmo de una inteligencia artificial.....	46

CAPITULO IV

Figura 4. 1 Diagrama de flujo.....	55
Figura 4. 1 Resultados de simulación en Deep learning	61

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla 2. 1 Porcentajes mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos	30
---	----

CAPITULO IV

Tabla 4. 1 Localización del proyecto a aplicar	48
Tabla 4. 2 Perfil longitudinal.....	50
Tabla 4. 3 Perfil longitudinal.....	51
Tabla 4. 4 Peso Molecular del gas natural	51
Tabla 4. 5 Peso Molecular del gas natural	52
Tabla 4. 6 Variables de operación de la Red Primaria de la C. Periférica	54
Tabla 4. 7 City Gate de Senkata	54
Tabla 4. 8 Determinación de la demanda doméstica	56
Tabla 4. 9 Consumo sector doméstico.....	57
Tabla 4. 10 Análisis del EDR	63

CAPITULO V

Tabla 5. 1 Costos fijos	70
Tabla 5. 2 Costos variables del proyecto	71
Tabla 5. 3 Depreciación anual del proyecto	71
Tabla 5. 4 Inversión inicial del proyecto	72
Tabla 5. 5 Flujo de caja.....	73
Tabla 5. 6 Variables económicas del proyecto	76

RESUMEN EJECUTIVO

En este proyecto de grado se analizó y estudió las presiones y caudales en la distribución del gas natural dentro de las redes primarias de la ciudad de El Alto haciendo uso del algoritmo artificial denominado Deep learning. Se desarrolló un sistema de predicción rápida capaz de manejar las condiciones de operación en las estaciones de despacho hasta las EDR de las redes primarias de gas natural utilizando el método de Deep Learning.

Posteriormente, se obtuvo las presiones y caudales máximos y mínimos necesarios en el proceso de distribución de gas natural en la red primaria específica dentro de la urbanización de la ciudad de El Alto hasta sus estaciones de regulación, debido a los cambios de demanda que se presentan. Se diseñó y efectuó el cálculo de una nueva red primaria con caudales óptimos de entrada y salida de una unidad de despacho en la ciudad de El Alto con los datos obtenidos con el Deep Learning.

A través un estudio de factibilidad técnico y económico se ha demostrado que el proyecto es factible desde una óptica cualitativa determinando las ventajas que son mayores a las desventajas y desde una óptica cuantitativa donde se observa que el TIR y el VAN son muy aceptables en la parte económica.

Se ha podido realizar efectivamente el análisis cuantitativo para la determinación de caudales y presiones en la distribución del gas natural en redes primarias de la ciudad de El Alto mediante la aplicación de Deep Learning, demostrando que es necesario ajustar la presión para mejorar la distribución.

ABSTRACT

In this degree project, the pressures and flows in the distribution of natural gas within the primary networks of the city of El Alto were analyzed and studied using the artificial algorithm called Deep learning. A rapid prediction system was developed capable of managing the operating conditions at the dispatch stations up to the EDR of the primary natural gas networks using the Deep Learning method.

Subsequently, the maximum and minimum pressures and flows necessary in the natural gas distribution process in the specific primary network within the urbanization of the city of El Alto to its regulation stations were obtained, due to the changes in demand that occur. A new primary network was designed and calculated with optimal inlet and outlet flows of a dispatch unit in the city of El Alto with the data obtained with Deep Learning.

Through a technical and economic feasibility study it has been shown that the project is feasible from a qualitative perspective, determining the advantages that are greater than the disadvantages and from a quantitative perspective where it is observed that the IRR and the NPV are very acceptable in the economical.

The quantitative analysis has been effectively carried out to determine flows and pressures in the distribution of natural gas in primary networks of the city of El Alto through the application of Deep Learning, demonstrating that it is necessary to adjust the pressure to improve distribution.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.

La cadena de la industria del gas natural se suele dividir en tres partes: exploración y producción upstream, midstream transporte y distribución aguas abajo como el puente conectando áreas aguas arriba y aguas abajo, el transporte juega un papel importante en asegurar tanto la economía de producción y suministro es seguro para el consumo urbano (Zhang et al., 2019). El transporte por oleoducto toma al oleoducto como transportista y utiliza instalaciones para presurizar el gas natural, por lo que fluye de alta presión a baja presión y por lo tanto transportado al destino. Comparado con otros transportistas, la tubería tiene las ventajas de bajo costo de transporte, gran volumen de transporte, alta seguridad rendimiento y baja pérdida de transporte. Sobre todo, cuanto menos ocupación del suelo mediante tuberías enterradas y menor impacto de las malas condiciones meteorológicas/de tráfico dificultan el transporte por tuberías más adecuado para el suministro de energía urbana (Li et al., 2020).

El enorme sistema de ductos de gas natural constituye la principal arteria de operación. Debido a que el gas natural tiene las características de inflamabilidad y explosión, ya sea la presión y el flujo en la tubería siempre se mantienen en un rango razonable durante su transmisión y consumo es la consideración clave para suministro de gas seguro, estable y continuo a los usuarios urbanos. Por lo tanto, el control y la regulación precisos del caudal y la presión valores en el gasoducto es el enfoque clave para reducir la seguridad riesgo del sistema de red de gasoductos y mejorar la eficiencia en la gestión y regulación.

El suministro de energía urbana en la ciudad de El Alto a través de gasoductos generalmente se lleva a cabo mediante contratos, planes y asignaciones (Lv y Ding, 2020). El contrato es la compraventa anual acuerdo de volumen y precio firmado entre los vendedores empresa y el usuario, que es más la determinación de macro recursos. El plan mensual, es el plan específico y arreglo para el consumo de gas del usuario en el siguiente mes, que es más claro y más instructivo. Diariamente la cesión es la base para que el usuario extraiga el gas consumo del día siguiente. Gracias a los complejos sistemas de estaciones en zonas urbanas redes de suministro de gas natural, el centro de control debe aprender la información de estaciones importantes a tiempo y con precisión, y el personal de despacho debe hacer una evaluación correcta y decisiones de la operación general para emitir una guía precisa de instrucciones. Por lo tanto, construir un esquema de despacho de tuberías con una respuesta rápida y una regulación inteligente es propicio para la operación a largo plazo, efectiva, económica y estable del sistema de suministro de gas natural en redes primarias.

Los sistemas de despacho en redes primarias generalmente son sugeridos por modelado numérico y simulación de flujo y transporte comportamientos en el flujo de la tubería, por el cual el cálculo de la presión y flujo se requiere que sea lo más exacta posible en la toma de decisiones (Ahmadian Behrooz y Boozarjomehry, 2015; Madoliat et al., 2016; Sundar y Zlotnik, 2018). Debido a la compleja estructura topológica y la hidrodinámica mecanismos de la red de gasoductos de gas natural, los investigadores han se ha centrado en los métodos numéricos acelerados para rápidamente predecir las características clave de la operación (Steinbach, 2007; Liu et al., 2020).

La reciente popularidad de los métodos de aprendizaje (Deep Learning) ha abierto una nueva ventana para simulaciones rápidas y precisas de gasoductos. Se informó un estudio innovador en (Zhang et al., 2021), utilizando técnica de aprendizaje profundo para predecir el flujo de transporte en determinadas estaciones clave. El escenario de ingeniería simplificado, así como la autoadaptativa red neuronal profunda, demostró ser eficaz en el flujo estimaciones. Otras aplicaciones de técnicas basadas en datos y algoritmos de aprendizaje profundo en los sistemas de transporte de energía han informado en (Zheng et al., 2021) y (Su et al., 2021). En este papel, se propondrá un escenario de ingeniería más realista para imitar el proceso práctico de despacho para sugerir en los planes de despacho adecuados para mantener o cambiar el abastecimiento de gas natural al casco urbano. Se utilizará la técnica de aprendizaje profundo para el suministro de energía. Con el fin de predecir las presiones y caudales óptimos para una adecuada distribución en el casco urbano de gas natural en las redes primarias.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Antecedentes generales

Con el desarrollo de pequeñas industrias y microempresas en la ciudad del alto, se ha visto necesario incrementar el abastecimiento de gas natural para la generación de energía, funcionamiento de hornos y calentamiento del hogar. Según estadística del INE (2021) el incremento de empresas en la ciudad de El Alto es mayor que en Santa Cruz o en la ciudad de La Paz y por tanto la demanda de gas natural es mayor.

Las ciudades de La Paz, El Alto, Oruro, Viacha, se abastecen de gas a partir del gasoducto al Altiplano (GAA), que se alimenta a partir del nodo de Rio Grande en Santa Cruz. Se han realizado varias instalaciones de redes secundarias en las zonas principales de la ciudad del alto pero últimamente las redes primarias no han estado abasteciendo de manera efectiva, esto debido a que las presiones desde las estaciones varían y se necesita un rediseño en su distribución.

1.2.2 Antecedentes académicos

Macías (2014) en su trabajo de fin de año de titulación ANÁLISIS DE MODELOS DE OPTIMIZACIÓN DE REDES DE TRANSMISIÓN DEL GAS NATURAL CON ÉNFASIS EN EL SISTEMA COLOMBIANO realiza un compendio de los modelos de optimización en la transmisión de las redes de gas natural aplicados al contexto de los sistemas de transporte del gas natural en Colombia.

Oziadacs (1987) un ingeniero inglés, en su trabajo de investigación denominado SIMULACIÓN NUMÉRICA DE REDES DE GAS NATURAL, observa que las redes de distribución de gas natural son generalmente redes malladas, es decir que para pasar de un punto de suministro de la red a un consumidor de la red, en general son posibles varias rutas. Por tanto, no es posible conocer el caudal en una determinada sección de tubería sin realizar una simulación numérica. Propone entonces, que la simulación numérica permite determinar las presiones y caudales que se encontrarán en la red, en función de los caudales entrantes (puntos de suministro de la red) y salientes (típicamente consumidores de gas).

Cortés (2018) en su trabajo de Maestría de la UNAM denominado MODELADO DE REDES DE GAS NATURAL INTEGRADAS AL SISTEMA ENERGETICO

NACIONAL, utiliza un modelo capaz de replicar la infraestructura de la industria de gas natural, para apoyar en la planeación del transporte de gas natural, para garantizar el cumplimiento de la demanda al año 2050, esto bajo la premisa de realizarse al mínimo costo posible. El modelo lo planteó como un problema de optimización lineal entero mixto, el cual fue diseñado con un alto nivel de flexibilidad ya que otorga al usuario la facilidad de definir el nivel de agregación más adecuado para el análisis que se busca realizar. El autor optó por la modelación de programación lineal por el hecho de que le permitió encontrar el valor mínimo a través de la combinación de variables tanto continuas como binarias.

Tarifa & Erdman (2007), en su trabajo de investigación ANÁLISIS DE UNA RED DE TRANSPORTE DE GAS, propone un método para analizar una red de gas utilizando herramientas de simulación, y fue utilizado para estudiar una red de transporte de gas existente en Argentina. Las etapas que componen el método propuesto son: 1) análisis del sistema (identificación de parámetros, perturbaciones, variables manipulables, variables de estado y variables de salida); 2) simulación estacionaria; 3) simulación dinámica; 4) estudio de casos (análisis de sensibilidad, estabilidad, controlabilidad, etc.). Una vez identificadas las variables críticas del sistema, la simulación estacionaria permitió determinar, para distintos escenarios posibles, la cantidad y la presión del gas entregado a cada destino.

Grundel (2013), propone una técnica de reducción utilizando descomposición ortogonal adecuada y base radial sustitutos de función para reducir la complejidad de la red de tuberías como así como el tiempo de CPU utilizado para los cálculos.

Ahmadian Behrooz (2015) utiliza una técnica ortogonal para resolver el problema de gobierno ecuaciones considerando las propiedades del balance de energía. Los

conceptos de circuitos electrónicos de resistencia, capacitancia y inductancia se propusieron en (Ke y Ti, 2000) para construir ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) de primer orden precisión, lo que reduce significativamente el costo computacional en comparación con las ecuaciones de gobierno convencionales. Mientras tanto, las ecuaciones de gobierno convencionales se linealizaron en (Zhou et al., 2021) y se realizó la transformada de Laplace para implementar los problemas temporales, para los cuales el finito explícito método de diferencia fue adaptado para resolver la discretización de formulaciones (Madoliat et al., 2016).

El método de optimización de enjambre se adaptó para acelerar el flujo de cálculos de tasa. Los solucionadores implícitos también se desarrollaron bajo trabajos científicos de Behbahani-Nejad et al., 2019 y Bermúdez y Shabani, 2019, donde se usó el método de elementos finitos (FE) de alto orden para implementar la discretización. El método de Euler implícito fue adaptado en (Steinbach, 2007; Liu et al., 2020) para implementar simulación de oleoductos considerando condiciones temporales, que luego se usó más para sugerir el suministro de energía con incertidumbres de los componentes del gas y la demanda de energía. Tuvo inclinaciones que se incorporaron en las ecuaciones de gobierno (Herrán-González et al., 2009), en el que el Crank–Nicolson utilizó el esquema para implementar la discretización numérica. Fenómenos prácticos de mezcla de gas natural con diferentes componentes fue investigado en (Guandalini et al., 2017), y se utilizó el enfoque convencional basado en el volumen para resolver las ecuaciones de gobierno que incorporan la formulación de energía teniendo en cuenta el poder calorífico.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.3.1 Identificación del problema.

El gas natural ha sido reconocido como un suplemento relativamente limpio. Implementado al mercado energético mundial, y el transporte por tuberías es preferido en la práctica por razones económicas y de seguridad. En este papel, se es necesario diseñar un escenario simplificado para el control de la red primaria de gas natural, en el que el flujo de entrada de una determinada estación sea suficiente para poder abastecer la demanda dentro de las zonas industriales y barrios en la ciudad de El Alto.

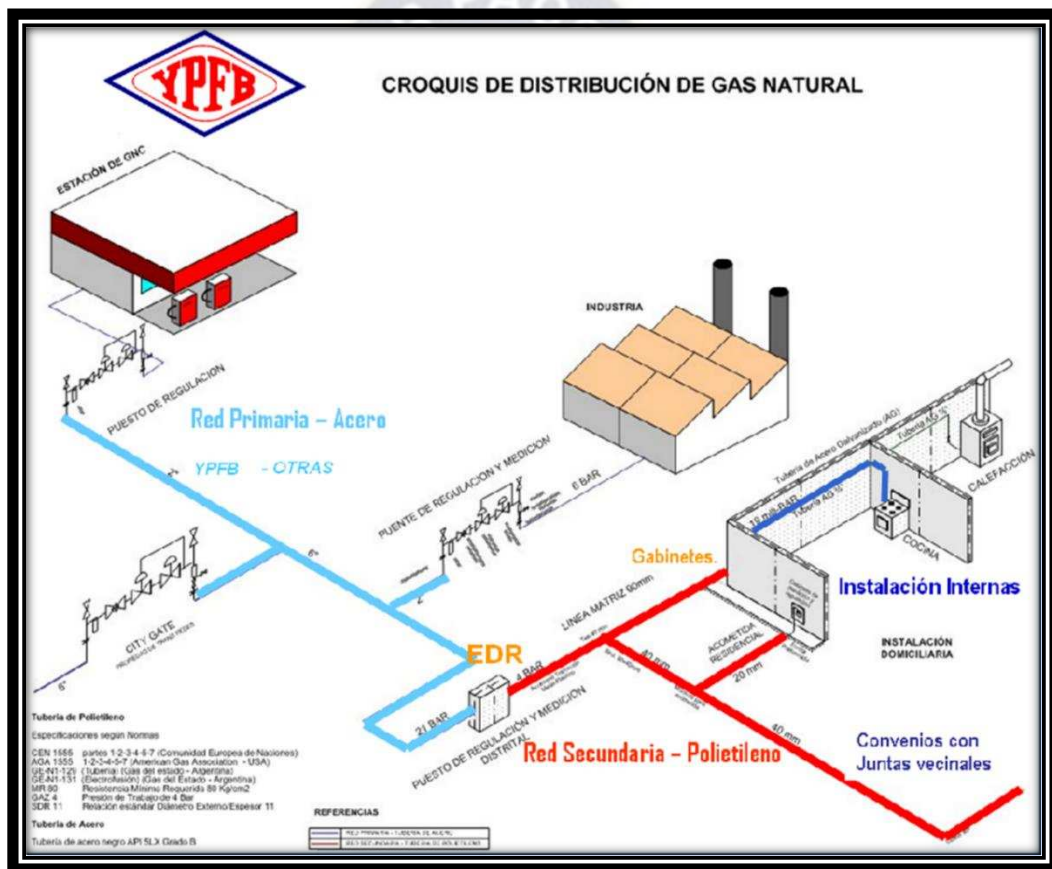
Algunos modelos como las ecuaciones de Taylor y las ecuaciones de flujo no han podido adaptarse a las condiciones operativas de la ciudad, ya que aún se generan variaciones en la presión y bastantes quejas en los clientes que consumen el gas porque a veces el caudal disminuye generando problemas en los procesos industriales.

Se necesita volver a promediar el flujo de la estación para disminuir los problemas de abastecimiento con un modelo mejorado que utilice un software con mayor capacidad de iteración y con menos error en el cálculo. Esto quiere decir que se necesita jugar con los valores del flujo de las estaciones para ver cómo varía la distribución del gas natural y si está llegando de manera adecuada a las casas y industrias que necesitan el gas para su consumo. Al jugar con las variaciones de los caudales y presiones podemos ver cuáles son los máximos y mínimos valores para cumplir con la distribución eficiente y también para poder estimar los costos mínimos de operación generando un ahorro, ya que el gas últimamente está escaseando. Por otra parte, realizar estas iteraciones para los nodos es muy complicado y a

veces generan fallas entonces se necesita de una metodología más accesible y más avanzada.

Al instalar bastantes EDR debido al incremento de la demanda de gas natural y al incremento de construcción de redes secundarias, las presiones y caudales no se pueden controlar ni predecir y es necesario contar con una herramienta. En la siguiente imagen se puede ver el esquema de la red primaria y la red secundaria.

Figura 1. 1: Distribución del gas natural



Fuente: YPFB Transporte, 2020

Para mantener, aumentar o disminuir el suministro de energía a la zona urbana de acuerdo con el cambio de demanda y problemas de política y contratos, los despachadores necesitan la predicción del flujo adecuado como consecuencia de posibles operaciones para tomar decisiones con respecto a los planes de despacho.

Así, para un proceso de despacho inteligente es necesario proponer una herramienta inteligente para ayudar a las decisiones prácticas del plan utilizando el aprendizaje profundo. Además, el suministro de energía dirigido a la el área urbana debe ser determinada como el objetivo de despacho, y un también se necesita tolerancia a errores para comprobar el rendimiento de planes de operación.

Figura 1. 2: Estacion Distrital de Regulaicon (EDR)



Fuente: Obtenido D1 EDR de la Red primaria en la Ciudad de El Alto, 2022

La EDR no se puede controlar a distancia en las redes primarias y se necesita de un sistema programado ya que a veces baja y sube la presión debido a que las redes secundarias consumen excesivamente.

También es necesario conocer si la distancia a las estaciones afecta a la distribución correcta del gas y el flujo del mismo en función a las variaciones de la demanda que se presenta a diario en la ciudad de El Alto

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En función a la anterior identificación del problema se puede plantear la siguiente pregunta de investigación para llevar a cabo el proyecto de grado:

- ¿Existe algún sistema de predicción rápido que sea capaz de manejar varias condiciones de operación, como ser las presiones, variaciones de caudales en función a la variación de demanda diaria de gas natural para optimizar la distribución del mismo en las redes urbanas de la ciudad de El Alto ?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Realizar el análisis para la determinación de presiones y caudales en la distribución del gas natural en redes primarias de la ciudad de El Alto mediante la aplicación de Deep Learning.

1.4.2 Objetivos específicos

- Desarrollar un sistema de predicción rápida capaz de manejar las condiciones de operación en las estaciones de despacho hasta las EDR de las redes primarias de gas natural utilizando el método de Deep Learning.
- Obtener las presiones y caudales máximos y mínimos necesarios en el proceso de distribución de gas natural en la red primaria específica dentro de la urbanización de la ciudad de El Alto hasta sus estaciones de regulación, debido a los cambios de demanda que se presentan.

- Diseñar y efectuar el cálculo de una nueva red primaria con caudales óptimos de entrada y salida de una unidad de despacho en la ciudad de El Alto con los datos obtenidos con el Deep Learning.
- Realizar un estudio de factibilidad técnico y económico.

1.5 JUSTIFICACIÓN.

1.5.1 Justificación técnica.

El proyecto desarrolla un diseño optimizado del control de la presión y distribución del caudal en las unidades de despacho en redes primarias de gas natural en la ciudad de El Alto aplicando lo último en simulación numérica que es la inteligencia artificial basado en Deep Learning generando un nuevo modelo de distribución y un programa óptimo de caudales máximos y mínimos en función a las variaciones de demanda en determinados periodos.

1.5.2 Justificación económica.

Con él nuevo sistema de diseño óptimo basado en redes artificiales para el control de flujo en la distribución de gas natural en redes primarias se optimiza el costo ya que se disminuirá la pérdida de caudales, lo que significa un ahorro para la empresa ya que también se distribuirá mejor los periodos de mantenimiento para evitar todo tipo de fuga y en lo posible todo tipo de accidentes. También se evitaran queja en los clientes generando algún perjuicio legal Y algún perjuicio operativo dentro de la industria en la ciudad de El Alto.

1.5.3 Justificación socio-ambiental

El proyecto es amigable con el medio ambiente ya la tecnología no daña al medio ambiente, cumpliendo normativas medio ambientales, beneficiando al ser humano

ya que no produce emisión de gases tóxicos y el control de esta red primaria generaría más empleos para ingenieros químicos, petroquímicos y petroleros.

Se aplicarán normas medioambientales y estudio de riesgos para evitar todo daño en el personal que maneje estos procesos advirtiendo las causas y consecuencias que se pueden generar con el manejo irresponsable de este proceso.

1.6 ALCANCE

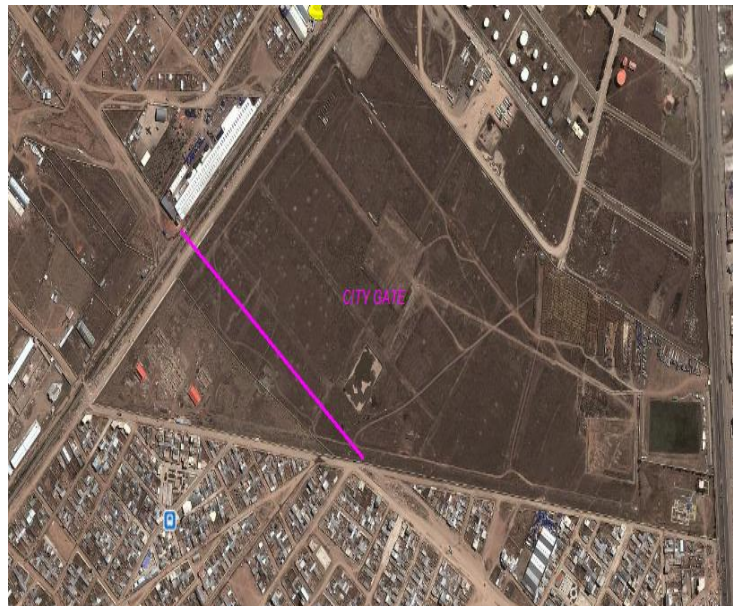
1.6.1 Alcance temático.

El presente proyecto se desarrollará en un tramo de red primaria en la Ciudad de El Alto con datos actualizados. Se aplicarán las materias de Transporte de hidrocarburos I y II, Operaciones unitarias, Simulación numérica y Computación para Ingeniería. Por otra parte se aplican los conceptos básicos de inteligencia artificial y la teoría de Deep Learning en el manejo y control en estaciones de gas natural.

1.6.2 Alcance geográfico.

El proyecto se aplica dentro de la Unidad Distrital de Operación y Mantenimiento El Alto, dependiente de la Distrital de Redes de Gas El Alto, de acuerdo al Plan Nacional de la DOM y tuvo programado realizar variantes de Red Primaria en la Ciudad de El Alto, bajo la normativa legal vigente y con la finalidad de garantizar la continuidad del servicio de Gas Natural en la Zona virgen del Carmen, la que está limitada por las calle Néstor Galindo y la avenida Periférica, del Distrito 2 de El Alto.

Figura 1. 3: Red primaria en la ciudad del alto



Fuente: Elaborado con software Google Earth, 2022

1.6.3 Alcance temporal.

Para la realización del presente proyecto se tomará un tiempo de 3 meses a partir de este mes del año 2022 con datos históricos desde enero de 2018 hasta diciembre de 2020

CAPITULO II: DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL A NIVEL DOMÉSTICO

2.1 GENERALIDADES DEL TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS

2.1.1 Definición de transporte de hidrocarburos

En el mundo del petróleo los oleoductos y los buques tanqueros son los medios por excelencia para el transporte del crudo. El paso inmediato al descubrimiento y explotación de un yacimiento es su traslado hacia los centros de refinación o a los puertos de embarque con destino a exportación. (INEGAS CAPACITACIÓN, 2021)

En resumen, el transporte de petróleo tiene dos momentos netamente definidos:

- El traslado de la materia prima desde los yacimientos hasta la refinería donde finalmente será procesada para obtener los productos derivados.
- La distribución propiamente dicha, cuando los subproductos llegan hasta los centros de consumo.

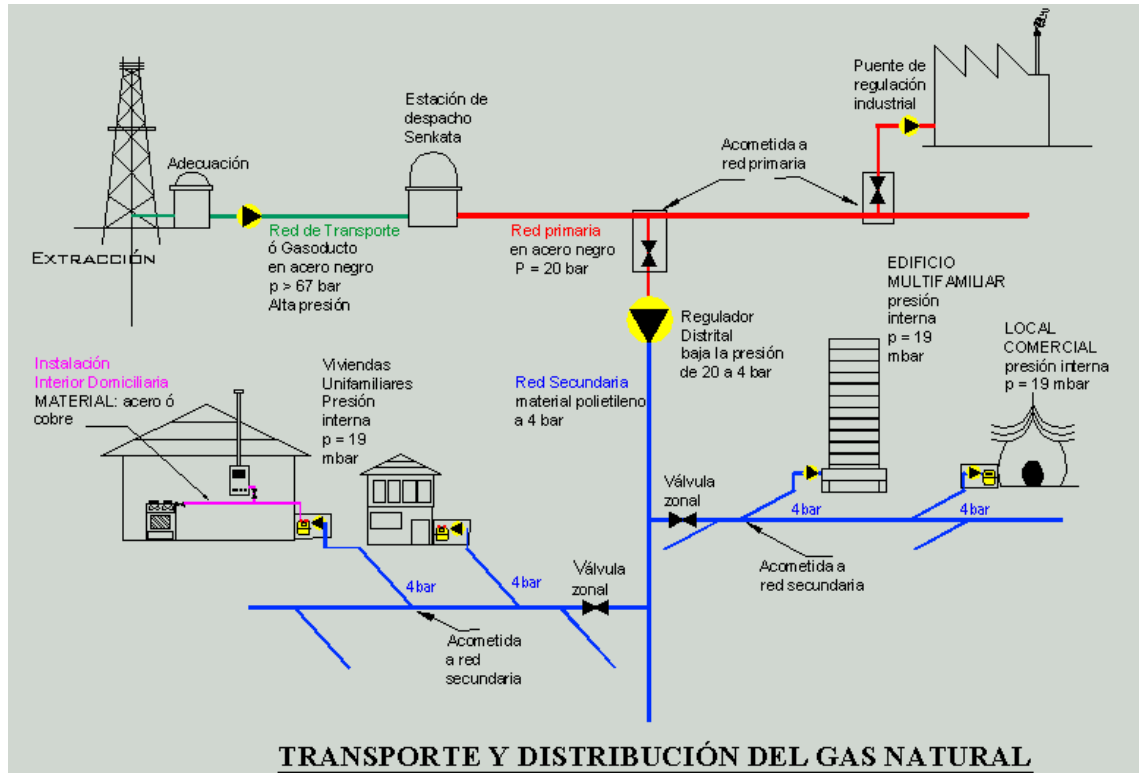
En proyecto de grado no se hará énfasis en el transporte de hidrocarburos líquidos ya que el tema trata simplemente de la distribución del gas natural y sería un desperdicio de tiempo para el lector ya que solo se hace énfasis en el comportamiento de este tipo de materia para la distribución óptima del mismo.

2.1.2 Distribución de gas natural

El gas natural se obtiene desde la extracción de un reservorio generado por el departamento de producción pasando a la red de transporte o gasoducto que fluye con la ayuda de compresores. Después llega a la estación o unidad de despacho, posteriormente es de gas se transporta por redes primarias de acero negro que fluyen a una presión de 20 bares hasta las reguladoras distritales o EDR.

Posteriormente se desprende en las redes secundarias que fluyen con una presión de 4 bares y distribuyendo el gas a domicilios locales edificios multifamiliares y pequeñas industrias, las redes secundarias están constituidas por polietileno.

Figura 2. 1 Transporte y distribución del gas natural



Fuente: YPFB Transporte, 2020

2.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN

Es un sistema de tuberías que se diseña y se instala para llevar el gas natural desde un centro de producción (planta o pozo) hasta los diferentes nodos, clientes o centros de consumo. Las redes primarias y secundarias son redes de distribución planificadas para la distribución de gas y así satisfacer la necesidad de una ciudad es un aspecto sumamente interesante.

Comúnmente el ingeniero de diseño se ve obligado a visualizar el futuro y a estar en condiciones de predecir el consumo de gas en el futuro. A tal fin se deben prever situaciones como las que a continuación se mencionan:

- Condiciones seguras e inseguras que eventualmente podrían producirse.
- Costumbres de la población que permitan satisfacer las necesidades de energía.
- Crecimiento de la ciudad, tanto en lo relativo a la población como el desarrollo industrial y comercial.

2.3 TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

2.3.1 Red de transporte

La red de transporte de gas natural es el transporte principal que conecta desde la extracción del gas hasta las refinerías, es decir es el gasoducto primario que comprende de estaciones de compresión y diámetros entre 6 a 12 pulgadas.

El sistema clásico de transporte de gas entre dos puntos determinados es el gasoducto (tuberías de acero con carbono, de elevada elasticidad), bien enterrado en la superficie terrestre o bien en el fondo de los océanos. La capacidad de transporte de los gasoductos depende de la diferencia de presión entre sus extremos y de su diámetro (a medida que éste aumenta, lo hace la capacidad de transporte).

La forma de hacer circular el gas a través de los gasoductos no es otra que aumentar en determinados puntos de los mismos la presión del gas. Esta acción se

realiza en las estaciones de compresión, que aseguran la correcta circulación de los caudales de gas, compensando las pérdidas de presión que se producen en el transporte. El control de los flujos de gas se realiza desde instalaciones donde se reciben las medidas de presiones, temperaturas, caudales y poderes caloríficos (centros de control).

Las infraestructuras existentes en el sistema gasista para el transporte de gas comprenden los gasoductos, estaciones de compresión, estaciones de regulación y medida, centros de control, redes primarias, redes secundarias, etc. (energíaysociedad.es, 2022)

La red de transporte de gas natural se divide en red de transporte primario (gasoductos con presiones de diseño superiores a 60 bar) y red de transporte secundario (gasoductos con presiones de diseño entre 16 y 60 bar). (energíaysociedad.es, 2022)

El sistema de transporte para el Mercado Interno Sur abastece a las ciudades de Sucre, Potosí y Tarija y otras poblaciones que se encuentran a lo largo del ducto, mediante los gasoductos: Gasoducto Taquiperenda-Cochabamba (GTC), Gasoducto Tarabuco-Sucre (GTS), Gasoducto Sucre-Potosí (GSP), Gasoducto Villamontes-Tarija (GVT). (ypfbtransporte.com.bo/nuestras-operaciones/sistemas-de-transporte-de-gas, 2022)

El sistema Mercado Interno Occidente abastece a las ciudades de Cochabamba, Oruro y La Paz y poblaciones que se encuentran cerca al Gasoducto al Altiplano (GAA). (ypfbtransporte.com.bo/nuestras-operaciones/sistemas-de-transporte-de-gas, 2022)

El sistema Mercado interno Norte abastece a las poblaciones intermedias que se encuentran a lo largo del Gasoducto Carrasco-Yapacaní-Colpa-Río Grande (GCY) y el Gasoducto Carrasco-Cochabamba (GCC). (ypfbtransporte.com.bo/nuestras-operaciones/sistemas-de-transporte-de-gas, 2022)

El sistema de transporte de gas para el Mercado de Exportación cubre los volúmenes contratados para Brasil y Argentina y también atiende la demanda interna de la ciudad de Santa Cruz y otras poblaciones a lo largo de los ductos de este sistema que son el Gasoducto Río Grande Yacuiba (GSCY) y el Gasoducto Integración Juana Azurduy (GIJA). (ypfbtransporte.com.bo/nuestras-operaciones/sistemas-de-transporte-de-gas, 2022)

2.3.2 Red primaria

Sistema de Distribución de Gas Natural que opera a presiones mayores a 4 bar hasta 42 bar inclusive, compuesta por tuberías de acero, válvulas, accesorios y cámaras de válvulas, que conforman la matriz del Sistema de Distribución. (Normas ANH, 2015)

2.3.3 Red secundaria

Sistema de Distribución de Gas Natural que opera a presiones mayores a 0,4 bar hasta 4 bar inclusive, compuesta por tuberías, Acometidas, válvulas, accesorios y cámaras de válvulas, aguas abajo de la brida de salida de la Estación Distrital de Regulación. (Normas ANH, 2015)

2.4 CARACTERÍSTICAS DE UNA RED PRIMARIA

2.4.1 Material de una red primaria

El material del que se componen las tuberías de una red primaria es de material en base polietileno. El polietileno se usa para diferentes tipos de productos finales, y para cada uno de ellos se utilizan también en diferentes procesos, entre los más comunes se encuentran los siguientes:

- Extrusión: Películas, cables, hilos, tuberías.
- Co-extrusión: Películas y láminas multicapa.
- Moldeo por inyección: Partes en tercera dimensión.
- Inyección y soplado: Botellas de diferentes tamaños.
- Extrusión y soplado: Bolsas o tubos de espesor delgado.
- Extrusión y soplado de cuerpos huecos: Botellas de diferentes tamaños.
- Rotomoldeo: Depósitos y formas huecas de grandes dimensiones.

El polietileno tiene un color lechoso translúcido, pero este color se puede modificar con tres procedimientos:

- Añadir pigmento polvo al PE antes de su procesamiento.
- Colorear todo el PE antes de su procesamiento.
- Usar un concentrado de color, el cual representa la forma más económica y fácil de colorear un polímero.

Aditivos necesarios para el uso final son importantes, dependiendo de la función final se recomienda por ejemplo antioxidantes, antiinflama, antiestáticos y antibacteriales.

El polietileno es químicamente el polímero de cadena lineal más simple y se obtiene de la polimerización del etileno ($\text{CH}_2\text{-CH}_2$), del que se deriva su nombre.

Este polímero puede ser producido por diferentes reacciones de polimerización, como por ejemplo:

- Polimerización por radicales libres: es el método más antiguo de síntesis polimérica, y por este método se sintetizó por primera vez el polietileno y el polipropileno. Es un método de polimerización por el que un polímero se forma por la adición sucesiva de bloques de construcción (monómeros) gracias a su elevada reactividad de los radicales libres.

Los polietilenos comercializados para la producción de tuberías para conducción de gas son en realidad polietilenos de media densidad (MDPE) y de alta densidad (HDPE), con antioxidantes, colorantes y aditivos para ser resistentes a la luz y mejorar la procesabilidad del compuesto.

2.4.1.1 Características de la tubería de polietileno para redes primarias

Es necesario que las tuberías de polietileno que se empleen para la conducción de gas natural deben cumplir con algunas características tales como:

- Resistencia a la degradación: Protección a la degradación producida por los rayos ultravioletas.

- Flexibilidad.
- Resistencia Química a agentes orgánicos e inorgánicos.
- Agrietamiento ambiental: no deben presentarse pérdidas de presión cuando se efectúe el ensayo de esfuerzo de agrietamiento ambiental el cual consiste en someter al polietileno a un esfuerzo poliaxial en presencia de agentes químicos y solventes.
- Creep: se refiere a la deformación no lineal de una tubería hasta producirse la rotura.
- Permeabilidad.
- Compatibilidad: Facilidad de acople en las uniones o conexiones.

2.4.2 Estación de recibo y transferencia

Las estaciones de recibo y transferencia es el lugar donde el transportador entrega el gas al distribuidor. En estas estaciones, la presión de entrada puede ser la máxima permitida en las líneas primarias, 1400 psi, y la presión de salida puede variar de acuerdo al tamaño o las necesidades de la población a servir, pero en ningún caso puede ser inferior a los 500 psi.

Las estaciones de despacho se componen de los siguientes elementos mencionados:

2.4.2.1 Tanques separadores

Son instalados a la entrada de las estaciones para separar los líquidos de la corriente del gas, y poderlo entregar dicho gas en condiciones secas a la red de distribución. La presencia de los líquidos se debe primordialmente a residuos de

líquidos dejados en las tuberías, líquidos de los equipos de las plantas de gas y condensados del gas natural. Su diseño y construcción dependen básicamente de las características del gas proveniente del yacimiento.

2.4.2.2 Filtros

Son equipos diseñados para retirar todas las partículas sólidas mayores a 5 micras que puedan encontrarse en el flujo del gas. El filtro consta de dos partes, la carcasa que es el recipiente donde se almacena el lecho filtrante y el elemento filtrante que es el encargado de la filtración del flujo del gas. Dicho elemento filtrante son generalmente materiales porosos o permeables como la fibra de vidrio moldeadas con resinas poliméricas.

2.4.2.3 Trampas de despacho y recibo de raspadores

Es el proceso de limpieza de una tubería mediante un raspador o limpiador que se desplaza a través de la red por el diferencial de presión que se crea. Para introducir el limpiador a la red se utiliza una trampa de despacho y para su retiro se utiliza una trampa de recibo. Dichas trampas son By-pass que se realiza a la tubería principal.

2.4.2.4 Reguladores

Los reguladores son los elementos encargados de reducir la presión en el flujo del gas. Estos elementos se disponen en la estación de acuerdo a la necesidad de reducción de presión. De acuerdo al diferencial de presión, se establecerán el número de etapas de regulación, tales como regulación de única etapa, regulación en doble etapa, regulación monitora (dos reguladores en serie, el primero trabaja,

el segundo monitorea y entra a trabajar si el primero falla, regulación en paralelo (dos reguladores en paralelo).

2.4.2.5 Medidores

Los medidores son los instrumentos destinados a registrar el volumen de gas que es entregado por el transportador al distribuidor, para efectos de facturación y cobro.

2.4.2.6 Cromatógrafos

La cromatografía de gases es una técnica utilizada para la separación, identificación y cuantificación de una mezcla.

2.4.2.7 Válvulas

Las válvulas son dispositivos que se abren o cierran para permitir o detener el paso de un fluido por una tubería, máquina, o instrumento, gracias a un mecanismo que poseen. Existen válvulas de bola, de compuerta, de globo, mariposa, de diafragma, checks, de alivio de presión, de control entre otras.

2.4.3 EDR

El gas es transportado por la red primaria a presiones de 1400 psi, y es entregado al distribuidor, en puntos seleccionados, denominados estaciones de regulación, ubicadas en el casco urbano de las ciudades de forma que puedan abastecer de manera uniforme el área donde son ubicadas y adicionalmente que permitan la expansión de la red de una forma ordenada y adecuada. Las estaciones de regulación reducen la presión proveniente de la red primaria a valores de 60 psi, valor de presión para las líneas secundarias o de polietileno.

Las estaciones de regulación se caracterizan por lo siguiente (Calderón, 2015):

- No poseen tanque odorizador.
- No tienen tanques separadores

- Usualmente no tienen sistema de medición
- No tienen teas.

La norma aplicable para el diseño y construcción de estaciones es la NTC 3949, Estaciones de regulación de presión para redes de transporte y distribución de gas combustible. (Calderón, 2015)

2.5 PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE REDES PRIMARIAS

2.5.1 Procesos operativos

La entrega del gas por parte del transportador a la empresa distribuidora, quien finalmente conduce el gas hacia los usuarios finales, está definida por una serie de actividades que se describen a continuación:

1. Medición del gas recibido: esta actividad se refiere a la entrega del gas por parte del transportador al distribuidor. Por tanto es una actividad de mucho cuidado, ya que un error en la medición conlleva a consecuencias económicas graves.
2. Nominaciones, Solicitud de gas y transporte de gas: esta actividad se refiere a la planificación de los consumos totales de un centro de consumo (ciudades, poblaciones), con el objeto de informar al productor y al transportador las cantidades de gas a despachar y la capacidad de la red primaria a reservar volúmenes de gas. Las nominaciones están reglamentadas por los contratos. Para el sector del gas actualmente existe un mercado de libre comercio.
3. Programas de mantenimiento: actualmente los programas de mantenimiento están reglamentados por ley, para garantizar la seguridad en la prestación

del servicio. Dentro de los programas de mantenimiento están los planes de re-seguimiento de líneas, revisión de instalaciones internas, mantenimiento preventivo de estaciones de regulación. Adicionalmente deben existir programas complementarios al programa de mantenimiento, tales como educación ciudadana, planes de contingencia, con el propósito de minimizar los riesgos en la prestación del servicio.

4. Programas internos: Son aquellas actividades derivadas de la experiencia adquirida por la empresa distribuidora durante la operación.

2.5.2 Normas de operación en redes primarias

Todas las compañías operadoras de redes de transporte y distribución de gas deben cumplir con los siguientes requisitos generales:

- Establecer manuales documentados, que cubran los procedimientos de operación de la red, durante las operaciones normales y de mantenimiento.
- Establecer procedimientos de arranque, operación y parada para todos los equipos, y tomar medidas apropiadas para velar que se cumplan. Estos procedimientos deben delinear las medidas preventivas y las verificaciones requeridas para asegurar el funcionamiento apropiado de todo el equipo de parada, control y alarma.
- Establecer sistemas de medición, de las diferentes variables de operación que a criterio del operador incidan en la estabilidad del sistema y las cuales permitan garantizar la operación normal de las redes de transporte y distribución.

- Establecer planes de contingencia para los casos en que falle el sistema, se presenten accidentes u otras contingencias, así como para familiarizar a los trabajadores con estos planes.
- Realizar el registro y análisis de las fallas y accidentes, con el fin de determinar las causas y reducir la probabilidad que las mismas se presenten nuevamente.
- Revisar y actualizar los manuales, planes y procedimientos, de acuerdo con la experiencia o cuando cambien las condiciones de operación o las instalaciones.

2.5.3 Prevención de daños

Así mismo, la empresa debe mantener como mínimo las siguientes consideraciones para la prevención de daños:

- Llevar un registro de las entidades que normalmente llevan a cabo actividades de excavación en el área de instalación de las redes.
- Notificar a las entidades referidas la existencia, localización, condiciones de operación de la red, el tipo de señalización existente, de manera que el tercero pueda ubicar la tubería durante sus excavaciones.
- Manejar un archivo de recibo y registro de la notificación de las actividades de excavación.
- Con el fin de tener un mayor cubrimiento de las acciones que deben tomarse para prevenir los daños causados por terceros, se debe implementar un programa de educación al público tendiente a reducir y prevenir el riesgo de

daños por terceros. Dicho programa debe incluir reuniones informativas y capacitación a grupos comunitarios.

- Contar con un plan de contingencia de acuerdo a la legislación.

2.5.4 Mantenimiento

Todas las compañías operadoras de redes de transporte y distribución de gas deben contar con un manual documentado de mantenimiento que corresponda a las actividades del operador y cumpla como mínimo con los siguientes puntos:

- Planes e instrucciones detalladas para los empleados encargados de la operación y mantenimiento de las redes durante el funcionamiento normal y cuando se presenten reparaciones.
- Prestar atención especial a las secciones de las instalaciones que representen mayor riesgo al público en el evento de una emergencia o debido a exigencias de mantenimientos de emergencia o construcciones.
- En redes de distribución, una vez se establezca la ejecución de trabajos por parte de terceros que puedan afectar las redes, debe disponerse de personal que ejecuta las inspecciones en dichas áreas. La frecuencia de inspección debe ser definida por el operador. Cuando se presenten condiciones inusuales en la operación y el mantenimiento de las instalaciones, tales como fallas, fugas muy importantes, se debe realizar estudios y tomar las decisiones adecuadas. En este caso se debe iniciar un programa planificado para probar, reacondicionar, reemplazar o abandonar las redes.

2.6 CARACTERÍSTICAS DEL CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA RED PRIMARIA

2.6.1 Criterios en el diseño de redes.

El objetivo del diseño de una red de gas es suministrar el fluido a los usuarios finales a los que va destinados, por lo que:

1. Deberá ser capaz de alimentar a todos los clientes para la que fue diseñada, aun en su pico de consumo.
2. El diseño deberá comprender y justificar en su protocolo de cálculo, la capacidad de la red para abastecer todos los consumos previstos, así sean domésticos, comerciales, industriales y GNV.
3. Los métodos de cálculo deberán tener en cuenta, además de los consumos específicos de la población, en el momento del diseño, su incremento por mejoras del servicio y mayor confort a lo largo del tiempo durante la utilidad de la red y por futuras ampliaciones.
4. Los materiales permitidos para el tendido de la red de distribución de gas son las tuberías de polietileno y las tuberías de acero.
5. El diámetro mínimo de una tubería de Red Secundaria, exceptuando las acometidas será de DN 40 mm, a pesar que el cálculo pueda dar como resultado diámetros menores. Para las acometidas el diámetro mínimo será de DN 20 mm.
6. Previo al diseño de redes secundarias que van a ser alimentadas por una red primaria existente deberá verificarse la capacidad de esta última a objeto de que sea suficiente para alimentar a las cargas de caudal existentes y proyectadas.

7. Las redes primarias deberán contemplar la protección catódica conforme a normativa aplicable.
8. Para el cálculo del caudal de la demanda se deberán considerar los siguientes aspectos:
 - El número de usuarios (N) proyectado deberá ser en un tiempo mínimo de 10 años utilizando datos estadísticos actualizados.
 - El caudal total (Q_T) será la suma de los caudales correspondientes a cada una de las categorías establecidas en el reglamento vigente. El caudal total será parámetro para el diseño de la red primaria y los caudales de las categorías doméstica y comercial se utilizará en el diseño de la red secundaria.

$$Q_T = Q_S + Q_{IND} + Q_{GNV} \quad (2.1)$$

Para el cálculo del caudal de demanda para la red secundaria se utilizara la siguiente fórmula:

$$Q_S = Q_{DOM} + Q_{COM} \quad (2.2)$$

Por otra parte:

$$Q_S = [A_1 C_1 S_1 + A_2 C_2 S_2] N \quad (2.3)$$

(Subíndices: 1 de cocina; 2 de calentador de agua)

Referencia:

A = Porcentaje de cobertura del aparato, (%)

C = Consumo del aparato, (m³ (s) /h)

S = Coeficiente de simultaneidad del aparato, (adimensional)

N = Número de usuarios de categoría domestico proyectado,
(adimensional)

Q_s = Caudal demandado proyectado en la red secundaria
(adimensional)

Q_{DOM} = Caudal demandado en la categoría doméstica, (m³ (s) /h)

Q_{COM} = Caudal demandado en la categoría comercial, (m³ (s) /h)

Q_{IND} = Caudal demandado en la categoría industrial, (m³ (s) /h)

Q_{GNV} = Caudal demandado en la categoría GNV, (m³ (s) /h).

El caudal de consumo comercial será evaluado y debidamente justificado por la Empresa Distribuidora. Los porcentajes mínimos de los coeficientes A y S se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 2. 1 Porcentajes mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos

Porcentajes Mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos			
Cobertura del aparato		Coeficiente de simultaneidad	
Cocina (A 1)	Calentador de agua (A 2)	Cocina (S 1)	Calentador de agua (S 2)
A establecer	20 %	15 %	30 %

Fuente: Normativa ANH, 2015

2.6.2 Ecuaciones para el diseño de Red primaria

Para el diseño de la Red Primaria se podrá emplear la ecuación de Weymouth para diámetros comprendidos entre 2 hasta 12 pulgadas.

$$Q = 3,7435 \times 10^{-3} E \times \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \times \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{GT_m LZ}\right)^{0,5} \times D^{2,667} \quad (2.4)$$

Referencia:

Q = Caudal en condiciones estándar, (m³ (s) /día)

E = Factor de eficiencia de la tubería, un valor decimal menor o igual que 1,
(adimensional) T_b = Temperatura base, K (273+°C)

P_b = Presión base, (kPa)

P₁ = Presión absoluta de entrada, (kPa)

P₂ = Presión absoluta de salida, (kPa)

G = Gravedad específica del gas, (adimensional)

T_m = Temperatura promedio de flujo del gas, K (273+°C)

L = Longitud de tubería, (km)

Z = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

D = Diámetro interno de la tubería, (mm).

El subíndice b, denota condiciones estándar de presión y temperatura (condiciones base).

Dicha ecuación se podrá utilizar para el cálculo de la capacidad de caudal de un sistema de redes de tuberías de gas.

2.6.2.1 Factor de compresibilidad del gas

Para el factor de compresibilidad del gas se tiene:

$$Z = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{344400 * P_{prom} * 10^{1.785*SG}}{T_{prom}^{3.825}} \right) \right]} \quad (2.5)$$

2.6.2.2 Corrección por diferencia de nivel.

Para calcular el caudal de la tubería tomando en cuenta la elevación en su recorrido, la ecuación de Weymouth incorpora un parámetro de ajuste:

$$Q = 3,7435 \times 10^{-3} E \times \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \times \left(\frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{GT_m L_e Z}\right)^{0,5} \times D^{2,667} \quad (2.6)$$

La longitud equivalente tiene la siguiente expresión:

$$L_e = \frac{L(e^s - 1)}{s} \quad (2.7)$$

Siendo:

$$s = 0,0684 \times G \times \left(\frac{H_2 - H_1}{T_m Z}\right) \quad (2.8)$$

Referencia:

L_e = Longitud equivalente de tubería

L = Longitud de la tubería, (km)

s = Parámetro de ajuste por elevación, (adimensional)

e = Base del logaritmo natural, ($e=2,718\dots$)

H_1 = Elevación de la tubería de entrada, (m)

H_2 = Elevación de la tubería de salida, (m)

T_m = Temperatura promedio de flujo del gas, K ($273+oC$)

Z = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional).

La longitud L_e y el término e^s , toma en cuenta la diferencia de elevación entre la tubería de entrada y la de salida.

2.6.2.3 Velocidad de flujo.

En general la velocidad en cualquier punto “i” de la tubería está dada por:

$$V = 14,7349 \times \left(\frac{Q}{D^2}\right) \left(\frac{P_b}{T_b}\right) \left(\frac{ZT_{promi}}{P_{promi}}\right) \quad (2.9)$$

Referencia:

v = Velocidad del gas, (m/s)

Q = Caudal en condiciones estándar, (m³ (s) /día)

D = Diámetro interno de la tubería, (mm)

P_b = Presión base, (kPa)

T_b = Temperatura base, K (273+°C)

Z = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

T_{prom i} = Temperatura promedio de flujo del gas en el punto i, K (273+°C)

P_{prom i} = Presión en el punto i de la tubería, (kPa).

2.6.2.4 Velocidad erosional.

Al crecer la velocidad, se pueden presentar ruidos y vibraciones. Adicionalmente altas velocidades pueden causar erosiones en el interior de la tubería a lo largo del tiempo. El límite máximo de la velocidad del gas es usualmente calculado aproximadamente por la siguiente ecuación:

$$V_e = 1,22 \frac{C}{\sqrt{\rho}} \quad (2.11)$$

Referencia:

V_e = Velocidad erosional de flujo, (m/s)

C = Constante empírica, se aplica un valor de 100 para servicio continuo y 125 para servicio intermitente, (adimensional)

ρ = Densidad del gas a temperatura de flujo, (kg/m³).

Esta fórmula puede ser expresada en términos de presión y temperatura:

$$V_e = 1,22C \sqrt{\frac{Z \times R \times T}{29G \times P}} \quad (2.12)$$

Referencia:

V_e = Velocidad erosional, (m/s)

Z = Factor de compresibilidad del gas a temperatura de flujo, (adimensional)

R = Constante universal de los gases, (8.314,4472 Nm/kmol K)

T = Temperatura del gas, K (273+°C)

G = Gravedad específica del gas, (adimensional)

P = Presión absoluta del gas, (Pa).

CAPITULO III: DEEP LEARNING Y SU APLICACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL EN REDES PRIMARIAS

3.1 DEFINICIÓN DE DEEP LEARNING

El aprendizaje profundo (también conocido como aprendizaje estructurado profundo o aprendizaje jerárquico) es parte de una familia más amplia de métodos de aprendizaje automático basados en representaciones de datos de aprendizaje, en lugar de algoritmos específicos de tareas. El aprendizaje puede ser supervisado, semi-supervisado o no supervisado.

- Permite generar una buena representación de los datos a través de varias capas.
- Un algoritmo que se ejecuta en varios pasos.
- En general, cada capa es un conjunto de “neuronas” (Perceptron).

El aprendizaje profundo alcanza unos niveles de precisión de reconocimiento nunca vistos. Esto contribuye a que la electrónica de consumo satisfaga las expectativas de los usuarios, y resulta crucial en aplicaciones críticas para la seguridad, tales como los vehículos sin conductor. Los últimos avances en el ámbito del aprendizaje profundo han llegado a un punto en el que este supera a las personas en algunas tareas; por ejemplo, en la clasificación de objetos presentes en imágenes.

Aunque las primeras teorías sobre el aprendizaje profundo se desarrollaron en la década de los ochenta, existen dos razones principales por las que solo ha empezado a resultar útil recientemente:

El Deep Learning requiere grandes cantidades de datos etiquetados. Por ejemplo, para el desarrollo de un vehículo sin conductor se necesitan millones de imágenes y miles de horas de vídeo.

El Deep Learning requiere una potencia de cálculo significativa. Las GPU de alto rendimiento tienen una arquitectura paralela que resulta eficiente para el aprendizaje profundo. En combinación con “clusters” o con el cálculo en la nube, esto permite a los equipos de desarrollo reducir el tiempo necesario para el entrenamiento de una red de aprendizaje profundo de semanas a horas o incluso menos.

Las aplicaciones de Deep Learning se utilizan en sectores tan variados como la conducción autónoma y los dispositivos médicos.

Conducción autónoma: Los investigadores del ámbito de la automoción emplean el aprendizaje profundo para detectar automáticamente objetos tales como señales de stop y semáforos. Además, el aprendizaje profundo se utiliza para detectar peatones, lo que contribuye a reducir los accidentes.

Sector aeroespacial y de defensa: El aprendizaje profundo se utiliza para identificar objetos desde satélites que localizan áreas de interés e identifican las zonas seguras o no seguras para las tropas.

Investigación médica: Los investigadores del cáncer utilizan el aprendizaje profundo para detectar células cancerígenas de forma automática. Algunos equipos de UCLA han construido un microscopio avanzado que produce un conjunto de

datos multi-dimensional empleado para entrenar una aplicación de aprendizaje profundo a fin de identificar con precisión las células cancerígenas.

Automatización industrial: El aprendizaje profundo está ayudando a mejorar la seguridad de los trabajadores en entornos con maquinaria pesada, gracias a la detección automática de personas u objetos cuando se encuentran a una distancia no segura de las máquinas.

Electrónica (CES): El aprendizaje electrónico se usa en la audición automatizada y la traducción del habla. Por ejemplo, los dispositivos de asistencia doméstica que responden a la voz y conocen sus preferencias se basan en aplicaciones de aprendizaje profundo.

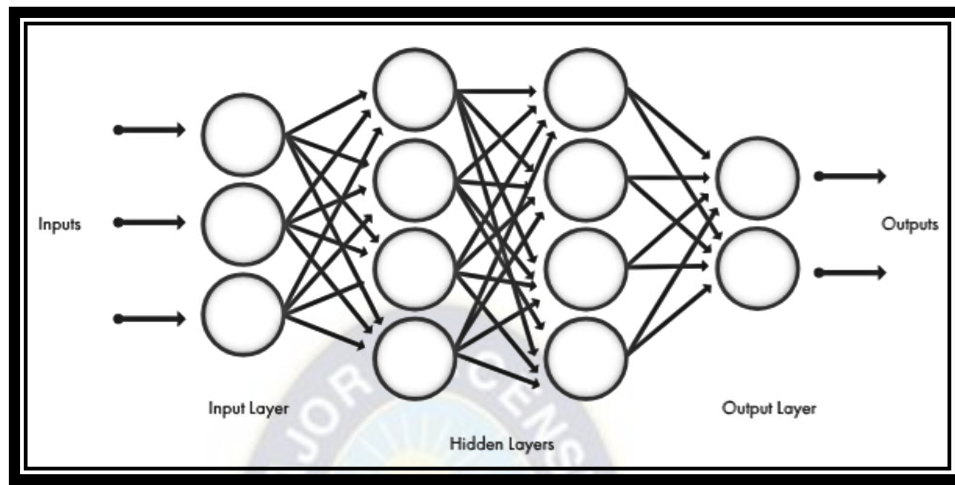
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL DEEP LEARNING

La mayor parte de los métodos de aprendizaje emplean arquitecturas de redes neuronales, por lo que, a menudo, los modelos de aprendizaje profundo se denominan redes neuronales profundas.

El término “profundo” suele hacer referencia al número de capas ocultas en la red neuronal. Las redes neuronales tradicionales solo contienen dos o tres capas ocultas, mientras que las redes profundas pueden tener hasta 150.

Los modelos de Deep Learning se entrenan mediante el uso de extensos conjuntos de datos etiquetados y arquitecturas de redes neuronales que aprenden directamente a partir de los datos, sin necesidad de una extracción manual de características.

Figura 3. 1 Redes neuronales organizadas en capas que constan de una serie de nodos interconectados.



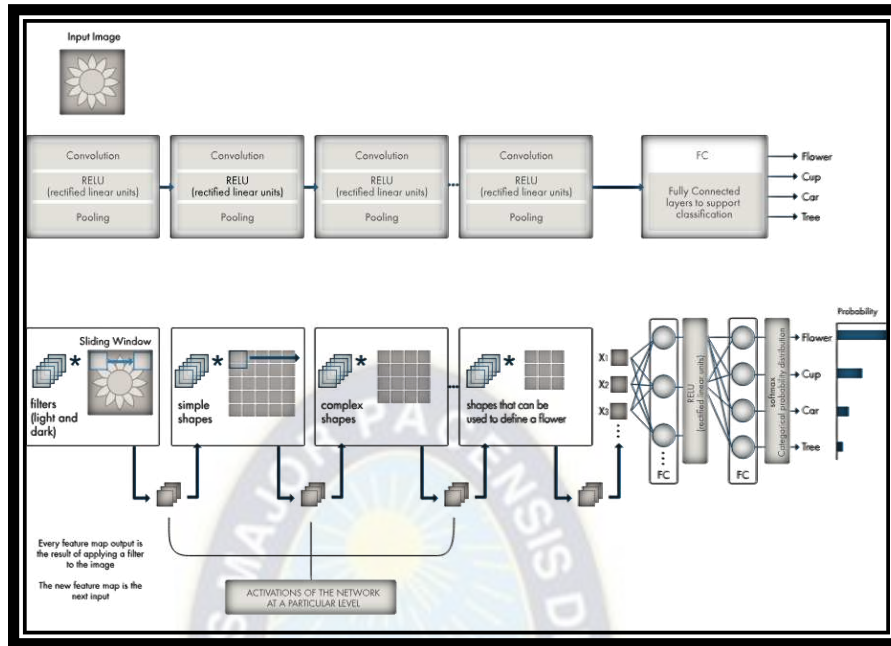
Fuente: Datascientest.com, 2023

Uno de los tipos más populares de redes neuronales profundas son las conocidas como redes neuronales convolucionales (CNN o ConvNet). Una CNN convoluciona las características aprendidas con los datos de entrada y emplea capas convolucionales 2D, lo cual hace que esta arquitectura resulte adecuada para procesar datos 2D, tales como imágenes.

Las CNN eliminan la necesidad de una extracción de características manual, por lo que no es necesario identificar las características utilizadas para clasificar las imágenes. La CNN funciona mediante la extracción de características directamente de las imágenes. Las características relevantes no se entrenan previamente; se aprenden mientras la red se entrena con una colección de imágenes.

Esta extracción de características automatizada hace que los modelos de Deep Learning sean muy precisos para tareas de visión artificial, tales como la clasificación de objetos.

Figura 3. 2 Ejemplo de una red con muchas capas convolucionales



Fuente: Datascientest.com, 2023

Las CNN aprenden a detectar diferentes características de una imagen mediante decenas o cientos de capas ocultas. Cada capa oculta aumenta la complejidad de las características de la imagen aprendidas. Por ejemplo, la primera capa oculta podría aprender cómo detectar bordes, mientras la segunda aprende cómo detectar formas más complejas propias de la forma del objeto que se intenta reconocer.

3.3 ENTRENAMIENTO DESDE CERO

Para entrenar una red profunda desde cero, se recopila un conjunto de datos etiquetados muy amplio y se diseña una arquitectura de red que aprenda las características y el modelo. Esto resulta útil para las aplicaciones nuevas o las aplicaciones que tendrán un número muy elevado de categorías de salida. Este enfoque es menos común porque, debido a la gran cantidad de datos y a la velocidad de aprendizaje, se suele tardar días o semanas en entrenar estas redes.

3.4 MODELO DE DEEP LEARNING PARA EL CONTROL DE COMPRESORES

Se espera que las redes neuronales artificiales diseñadas sean fáciles de extraer las características clave de los datos de entrada y el descubrimiento entre la relación subyacente entre la salida y la entrada. Para llevar a cabo la tarea de control de tubería, se determinan las características de entrada y el objetivo de salida como las operaciones del compresor y el flujo de entrada en cierta estación respectivamente.

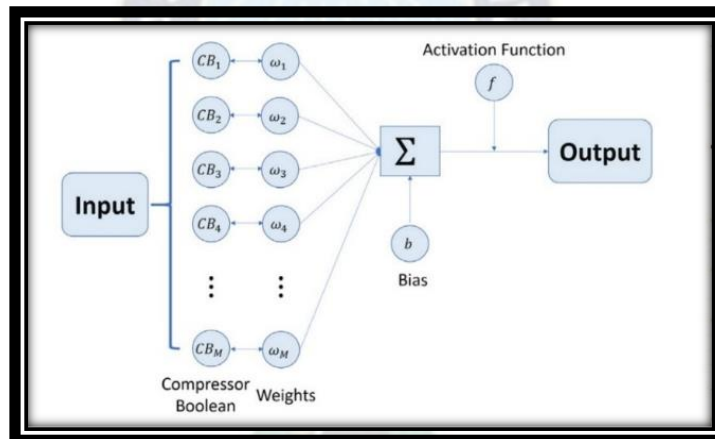
Se determina que las características de entrada son los N índices booleanos del compresor, definidos como “0” para el compresor parado y “1” para el funcionamiento del compresor, también escrito como CB. Los subíndices indican la ubicación del compresor y la salida de la primera red de relleno es de dimensión M . Los parámetros M y N denota el número de compresores con operación efectiva registro (no fuera de línea) en el período de entrenamiento y objetivo respectivamente.

La predicción de salida es el flujo en la i -ésima estación clave determinada, denotado por V_i . Por ejemplo, en el caso de los datos de transporte durante el período 1 (2020–2021) utilizados como datos de entrenamiento en este papel, M es igual a 29 para la Tubería 1 y 22 para la Tubería 2. Si el modelo entrenado se utiliza para predecir el flujo durante el mismo período, N es igual a 29 para la Tubería 1 y 22 también para la Tubería 2. Sin embargo, si el modelo entrenado se usa para predecir el flujo durante el período 2 (2021–2022), N es igual a 22 para la tubería 1, en la que $M - N = 7$. Se necesitan “compresores fantasma” para rellenar los datos de prueba para el en aras de uniformar las dimensiones de los datos. Los “compresores fantasma” se definen en las mismas ubicaciones que en las

estaciones fuera de línea, y configurado como siempre parado durante las operaciones.

En otras palabras, se supone que el control inteligente de tuberías está funcionando en solo los compresores efectivos, que de hecho es el caso real. La red autoadaptativa diseñada en este proyecto es capaz de rellenarlo automáticamente los datos de prueba si es necesario después de leer los datos de entrenamiento y prueba. Por ejemplo, si queremos predecir el flujo durante el Período 1 usando el modelo entrenado con datos de producción en el Período 2, 7 “fantasma se necesitan compresores para rellenar los datos de entrenamiento.

Figura 3. 3 Entrenamiento de datos



Fuente: Datascientest.com, 2023

La siguiente ecuación modela la simulación en cada nodo en las capas ocultas, como se muestra en la Figura anterior.

$$y_i = f_i(W_i * C_{Bi} + b_i) \quad (3.1)$$

Donde y_i y C_{Bi} denotan la salida y la entrada de esta capa re- respectivamente, f_i denota la función de activación aplicada en esta capa y b_i denota el sesgo introducido para un mejor desempeño.

Wisconsin es el parámetro entrenado que evalúa el trabajo de cada compresor hecho para mantener el flujo en la tubería. Si varias capas ocultas están incluidos en la estructura de la red, la entrada de la siguiente capa es la salida de la anterior, y la siguiente ecuación es formulada para describir el esquema (utilizando tres capas de activación como ejemplo):

$$v = f3(W3 * f2(W2 * f1(W1 * CBin + b1) + b2) + b3) \quad (3.2)$$

Donde CBin denota las características de entrada iniciales, para compresor de índices booleanos, W_i , $i = 1, 2, 3$ denota los pesos en cada capa i , b_i , $i = 1, 2, 3$ denota el sesgo en cada capa y v denota el salida final, para el valor de entrada en cierta estación.

El algoritmo de aprendizaje profundo autoadaptativo está diseñado para auto-ajustar automáticamente su estructura para rellenar los "compresores fantasma" en los datos de entrenamiento o prueba según sea necesario. Por ejemplo, si la operación en el período 2 se usa como entrenamiento y operación en el período 1 se usa como prueba, $M - N = 7$ "compresores fantasma" se rellenarán en los datos de entrenamiento, modificando el CBin en Eq. (2) para que la capacitación sea:

$$CBin = \{CB1, CB2, CB3, \dots, CBN, CBN + 1, CBN + 2, \dots, CBM\} \quad (3.3)$$

y la salida final v en la capa de regresión permanece como v_A . Por otro lado, si la operación en el período 1 se utiliza como entrenamiento y la operación en el período 2 se usa como prueba, 7 "compresores fantasma" se agregará a los datos

de prueba, lo que requerirá 7 compresores más valores booleanos agregados a C_{Bin} en Eq. (2) para el proceso de prueba impuesto. Todo el C_{BN+1} , C_{BN+2} , . . . , C_{BM} siempre se establecen en cero, indicando no activo para los "compresores fantasma" en la tubería control. Como la cantidad de datos de operación realistas siempre es limitada, el sobreajuste es difícil de evitar en nuestros estudios.

El problema a menudo ocurre cuando hay demasiados parámetros involucrados en el entrenamiento del modelo y los datos soportados para el entrenamiento y las pruebas no es suficiente para obtener un vector de peso confiable para la entrada características que representan las reglas físicas subyacentes. Por lo general, un el bajo rendimiento se da como resultado en la validación del modelo de test- ing datos, mientras que un rendimiento perfecto se puede lograr en el proceso de entrenamiento después de ajustar los hiperparámetros. Este problema también se conoce como modelo sobreparametrizado, y una adicional restricción es una solución común para reducir el daño causado por sobreajustado a nuestro modelo entrenado final. En la práctica, un extremadamente Se puede obtener una gran norma para los parámetros de peso de ciertas características de entrada, especialmente para los valores booleanos utilizados en este estudio, que es la principal causa del sobreajuste. Para resolver este problema, la función de pérdida se puede construir con una penalización término para los pesos grandes, como se muestra en la ecuación. (3.4)

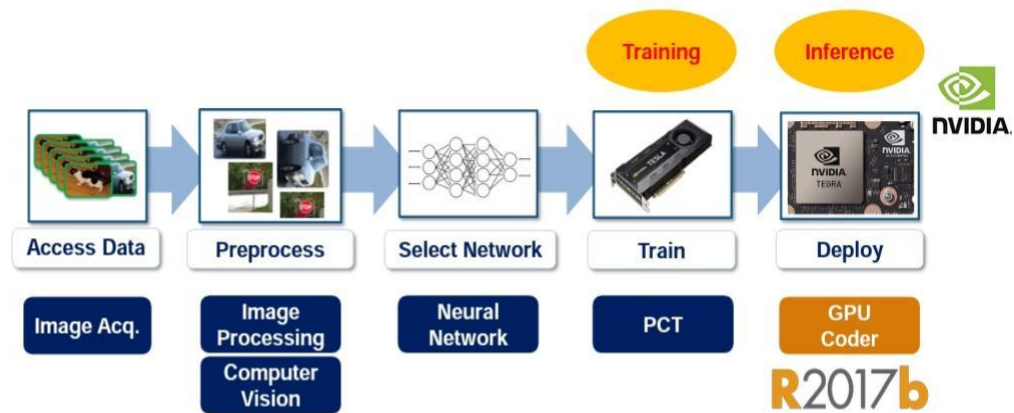
$$L = \frac{1}{N} \sum \| v - \hat{v} \|^2 + \lambda \| W \|^2 \quad (3.4)$$

Donde \hat{v} y v denotan los datos y el modelo de predicción realistas del flujo de entrada respectivamente, N denota el número de datos de entrenamiento y L es la función de pérdida con una penalización L_2 término de pesos W con el coeficiente de regularización λ .

3.5 DEEP LEARNING EN MATLAB

En Matlab el Deep learning es una especie de iteración que sigue el principio bayesiano escogiendo el mayor y menor de los datos repetidas veces.

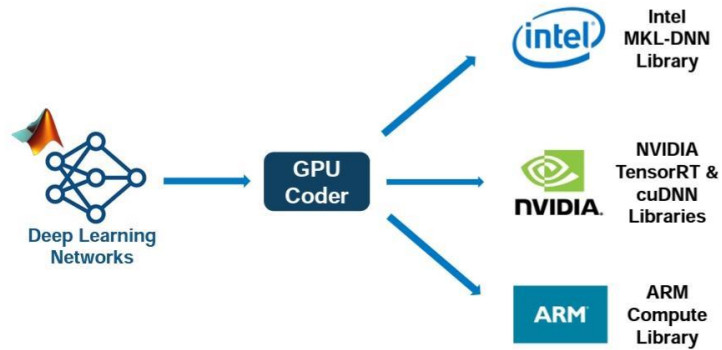
Figura 3. 4 Aplicación del Deep learning en Matlab



Fuente: Matlab Capacitation, 2017

Según la anterior gráfica se debe ingresar los datos, después procesarlos por la computadora finalmente seleccionarlos en una red neuronal y entrenarlos o calcular los del mayor al menor. Después vota resultado de imágenes mostrando puntos óptimos.

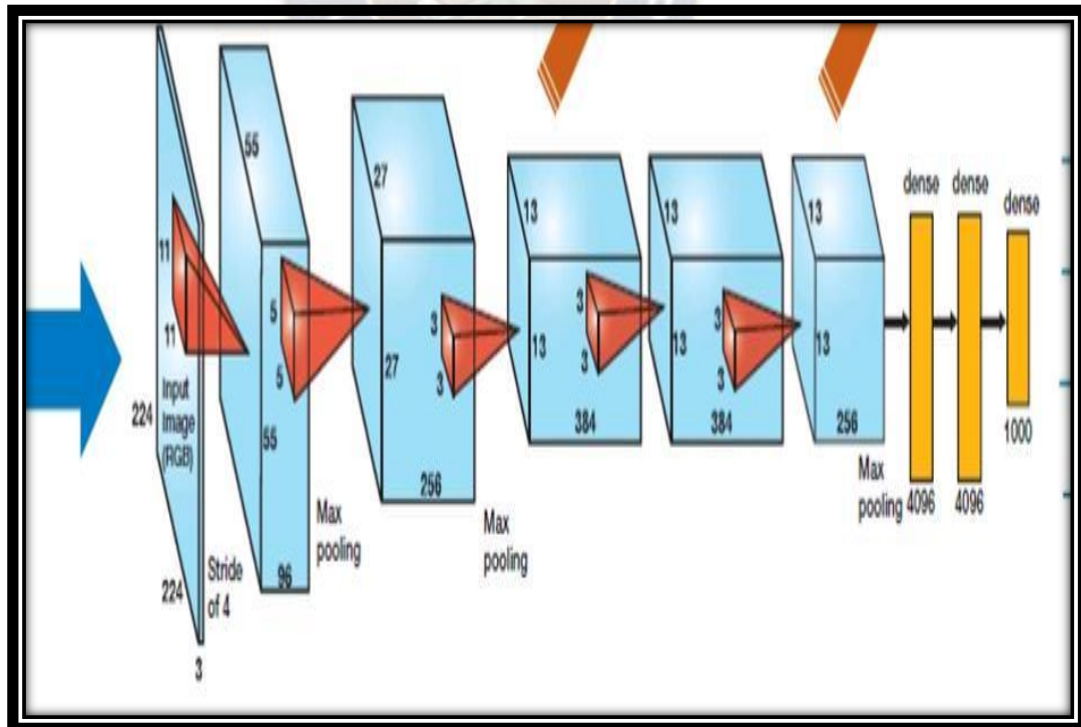
Figura 3. 5 Entrenamiento de datos de deep learning con Matlab



Fuente: Matlab Capacitation, 2017

El Deep learning en matlab utiliza librerías para almacenar los datos Cómo ser el software Intel, Nvidia y Arm. Esta herramienta Es muy poderosa ya qué sirve para almacenar datos de empresas grandes como ser en este caso de YPFB y se puede almacenar también en la nube en caso de que se pierda documentación.

Figura 3. 6 Procedimiento básico del Deep learning

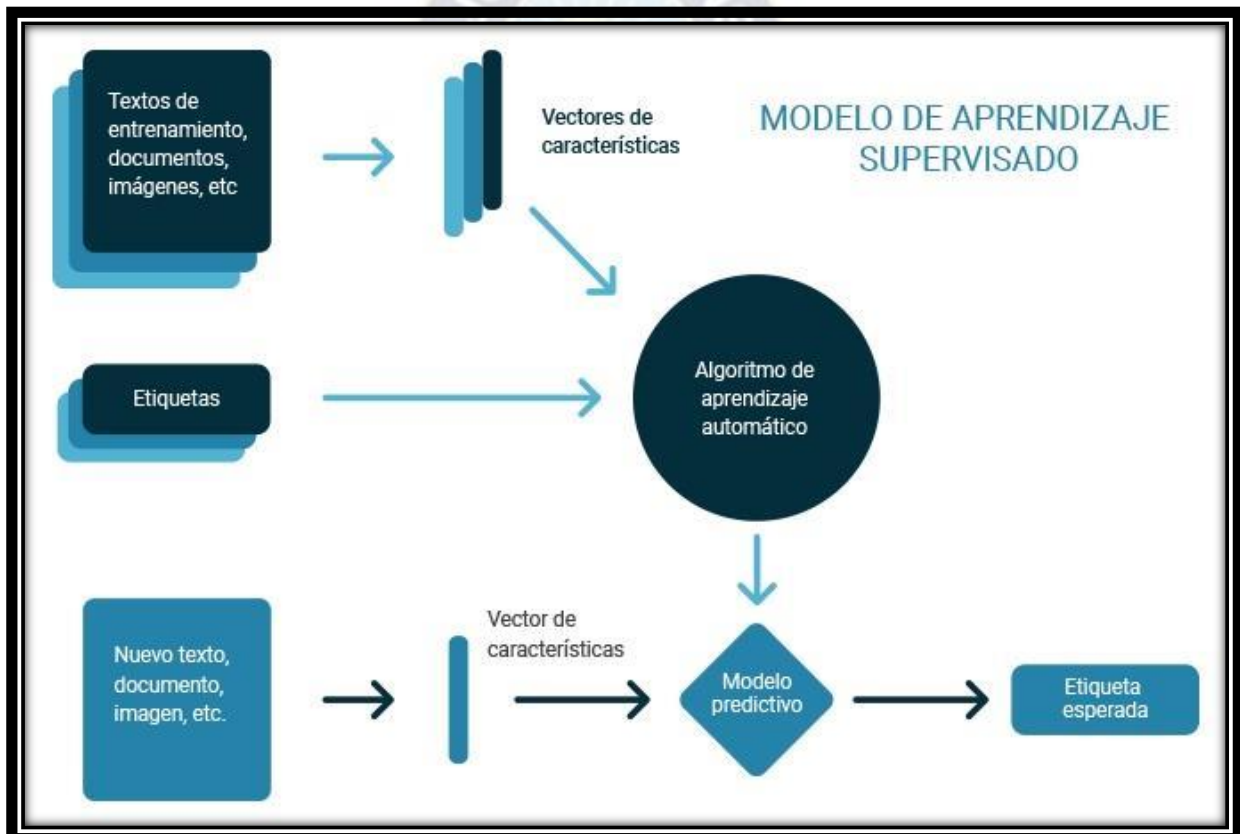


Fuente: Matlab Capacitation, 2017

En la anterior figura se puede observar la intersección de dos prismas y con diferentes valores en su altura y su anchura, lo cual automáticamente con esta inteligencia artificial escoge el valor óptimo para interceptar estos dos prismas. Este es el principio esencial del Deep learning con la simulación tratando de buscar relación entre variables que se aplicará en el proyecto de grado propuesto.

Según Gonzales 2018 algoritmo que se debe seguir para realizar un análisis basado en inteligencia artificial es el siguiente

Figura 3. 7 Algoritmo de una inteligencia artificial



Fuente: Imágenes Google <https://medium.com/soldai/tipos-de-aprendizaje-autoomatico>

Según el anterior algoritmo todo dato debe ingresar a un sistema automático para el cual dar un modelo predictivo Este modelo se puede basar en textos documentos e imágenes que en este caso son valores de presión y caudales que se ingresa a la base de datos. Los resultados esperados o etiqueta son aquellos resultados máximos y mínimos que se tienen a través del análisis para futuros diseños y propuestas de ingeniería.



CAPITULO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1 DATOS OPERATIVOS

LOCALIZACIÓN.

Tabla 4. 1 Localización del proyecto a aplicar

Departamento	La Paz
Provincia	Murillo
Municipio	El Alto
Localidad	El Alto

Fuente: YPFB Transporte, 2022

Se tiene también las imágenes del medidor del domicilio para evitar problemas legales no se nombrará la dirección del mismo.

Figura 4. 1 Imagen de medidor de gas domiciliario A



Fuente: Propiedad de YPFB Transporte, 2022, imagen obtenida por fotografía propia

Figura 4. 2 Imagen de medidor de gas domiciliario AB



Fuente: Propiedad de YPFB Transporte, 2022, imagen obtenida por fotografía propia

La presión operativa es de 1500 Psi y la temperatura ambiente de la ciudad del Alto igual a 15 °C.

4.2 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN DE LA RED PRIMARIA DE GAS DE LA CIUDAD DE EL ALTO.

La Unidad Distrital de Operación y Mantenimiento El Alto, dependiente de la Distrital de Redes de Gas El Alto, de acuerdo al Plan Nacional de la DOM tiene programado realizar variantes de Red Primaria en la Ciudad de El Alto, bajo la normativa legal vigente y con la finalidad de garantizar la continuidad del servicio de Gas Natural en la Zona virgen del Carmen, la que está limitada por las calles Néstor Galindo y la avenida Periférica, del Distrito 2 de El Alto.

A continuación, se muestra la ubicación de la zona en estudio:

Figura 4. 3 Calle Néstor Galindo, Zona Villa el Carmen



Fuente: Google Maps, 2023

A continuación, se presenta la progresiva de ductos de la red primaria de la red primaria:

Tabla 4. 2 Perfil longitudinal

Progresiva (m)	Altura (m)
0+000	3972,26
0+010	3971,93
0+020	3971,60
0+030	3971,26
0+040	3970,93
0+050	3970,60
0+060	3970,26

Fuente: YPFB Transportes, 2018

Obtenemos las longitudes de cada tramo:

$$L = \sqrt{|H_2 - H_1|^2 + (Prog_2 - Prog_1)^2}$$

$$L_1 = \sqrt{|3971,93 - 3972,20|^2 + (10 - 0)^2}$$

$$L_1 = 10,0054 \text{ m}$$

Esta longitud se adquiere aplicando a través de datos obtenidos de la empresa y sacando promedio este es la longitud equivalente y para cada tramo se obtiene de la siguiente forma.

Obteniendo las longitudes de cada tramo:

Tabla 4. 3 Perfil longitudinal

L_1	10,0054435
L_2	10,0054435
L_3	10,0057783
L_4	10,0054435
L_5	10,0054435
L_6	10,0057783

Fuente: Elaboración Propia en base a ecuaciones planteadas, 2023

La longitud equivalente es igual a:

$$L_e = \sum_{i=1}^n L_i$$

$$L_e = 10,005443 + 10,005443 + 10,005778 + 10,005443 + 10,005443 + 10,005778$$

$$L_e = 60,033 \text{ m} \cong 0,037 \text{ millas}$$

Hallando el peso específico del gas en función de los componentes del mismo, se tiene:

Tabla 4. 4 Peso Molecular del gas natural

Componente	Fracción volumétrica	Peso molecular
CH ₄	0,9134	16
C ₂ H ₆	0,0426	34
C ₃ H ₈	0,0121	44
n-C ₄ H ₁₀	0,0143	58
C ₅ H ₁₂	0,0166	72
CO ₂	0,0010	44
TOTAL	1,0000	17,83

Fuente: YPFB Transportes, 2018

Utilizando la relación se tiene:

$$S = \frac{M_g}{M_{aire}}$$

Para una temperatura ambiente de 68 °F y una Presión de 14,7 PSI, el peso molecular del aire es igual a 28,84 gr/mol, entonces:

$$S = \frac{17,83}{28,84}$$

$$S = 0,618$$

El factor de costura tiene ese valor y por lo tanto no ejerce una presión alta en la tubería.

Para las propiedades pseudo críticas, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 4. 5 Peso Molecular del gas natural

Componente	Fración volumétrica	Presión Crítica (Psi)	Yi*Pci	Temperatura Crítica (°F)	Yi*Tci
CH4	0,9134	667	609,2378	-116,68	-106,57551
C2H6	0,0426	707,8	30,15228	90,7	3,86382
C3H8	0,0121	615	7,4415	205,92	2,491632
n-C4H10	0,0143	548,8	7,84784	305,51	4,368793
C5H12	0,0166	488,1	8,10246	385,7	6,40262
CO2	0,0010	1069,5	1,0695	87,73	0,08773
TOTAL	1,0000		663,8514		-89,360917

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del GPSA, 2021

Para el cálculo de las propiedades críticas de la mezcla se tiene:

$$P_c = 663,85 [Psi]$$

$$T_c = -89,36 [°F] = 205,58 K$$

Se trabaja con la presión operativa de 1500 Psi y la temperatura ambiente de la ciudad del Alto igual a 15 °C, entonces. Para las propiedades reducidas:

$$P_r = \frac{P}{P_c}$$

$$P_r = \frac{1500}{663,85}$$

$$P_r = 2,26$$

$$T_r = \frac{T}{T_c}$$

$$T_r = \frac{285,15}{205,58}$$

$$T_r = 1,39$$

Relacionando la P_r y T_r en la gráfica de compresibilidad que se encuentra en Anexos, se determina que el factor de compresibilidad del gas es de:

$$Z = 0,815$$

Para el factor de fricción, utilizamos la siguiente expresión mostrada en el anterior capítulo:

$$f = 0,004 \left(1 + \frac{12}{0,276D} \right)$$

$$f = 0,004 * \left(1 + \frac{12}{0,276 * 6 * 2,54 * 10} \right)$$

$$f = 0,00514$$

Se definen según datos obtenidos mediante la empresa y otros anteriormente calculados las siguientes variables de operación de la red primaria de gas natural de la ciudad del Alto:

Tabla 4. 6 Variables de operación de la Red Primaria de la C. Periférica

Variable	Valor
Temperatura de operación, T (K)	288
Gravedad específica del gas, γ_g ,	0,618
Factor de compresibilidad del gas, Z	0,815
Presión de entrega, P_1 (Psi)	1500
Caudal de operación, Q (m ³ /s)	2,00
Longitud de la tubería, L (m)	60,03
Factor de fricción de la tubería, f	0,00514

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del GPSA, 2023

Se puede describir las anteriores variables identificadas, destacando que el caudal tiene ese valor ya que está en función al número de habitantes alrededor de esa red, debido a que cada domicilio y departamento consume de 25 a 35 metros cúbicos por hora. Y las microempresas y mediana de 50 a 100 metros cúbicos hora. Por otra parte la presión de entrega es de 1500 Psi y la temperatura de operación es de 15 ° C. Las otras variables se obtuvieron en base a los parámetros principales de operación.

Con estos datos se puede dar comienzo al análisis ya que el fin del proyecto es determinar si el caudal varía debido a las variaciones de presión con el pasar del tiempo ocasionado por choques y pequeñas fugas en las redes.

4.2.1.1 Descripción de las características y fallas de la red primaria de gas natural en la ciudad de El Alto

El tramo de variantes del City Gate que parte de Senkata tiene las siguientes características.

Tabla 4. 7 City Gate de Senkata

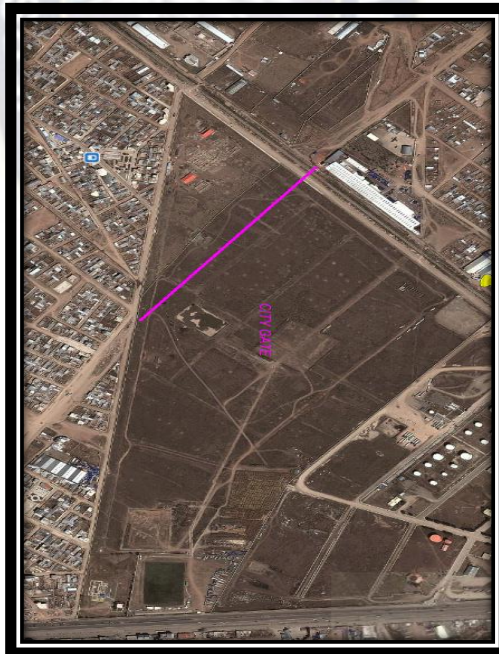
TRAMO VARIANTES CITY GATE SENKATA	
Construcción de variante de red primaria entorno tecnológico Bolivia mar y abandono de la tubería paralela.	
Longitud	1.589,83 metros distribuidos en una línea de

	560,46 metros Anillo Rio Seco, 510,66 metros RP Viacha y 518,71 metros Loop
Diámetro	6 pulgadas
MATERIALES	
TUBERÍA	1.589,83 m API 5L Tubería Tricapa
TEE	1 unidad (6 pulgadas)
VALVULAS	2 unidades (6 pulgadas)
BRIDAS	11 unidades (6 pulgadas)
BRIDA CIEGA	1 unidad (6 pulgadas)
MANTAS TERMOCONTRAIBLES	133 unidades (6 pulgadas)

Fuente: YPFB Transporte, 2021

A continuación, se detalla la imagen de la red primaria

Figura 4. 4 Área de aplicación y análisis



Fuente: YPFB Transporte, 2021

El cálculo, diseño y dimensionamiento de una red de tuberías de distribución de gas natural está basado en modelos matemáticos aplicados a la mecánica de fluidos.

Para la construcción de la red primaria se identifican las siguientes características:

- Presiones de suministro
- Densidad relativa de gas
- Coeficiente de Compresibilidad
- Coeficiente de Velocidad
- Coeficiente de Simultaneidad
- Propiedades químicas del gas
- Caudal Requerido o de Consumo

4.2.1.2 Presiones

Las presiones que se tendrán en el sistema de distribución serán las siguientes
350 psi Línea Primaria

4.2.1.3 Demanda

En base a los resultados oficiales del Censo Nacional de Población y Vivienda 2012, que determina una tasa de crecimiento poblacional de 0,9% anual.

La distribución se prevé para la avenida periférica para repartir gas natural alrededor de 6 edificios y un total aproximado de 120 departamentos.

La distribución de gas y la duración de los equipos se prevee para 10 años.

4.2.1.4 Determinación de la demanda doméstica

Tabla 4. 8 Determinación de la demanda doméstica

AÑO	POBLACIÓN	HOGARES	USUARIOS
2012	9221	4317	4317
2013	11270	5276	5276
2014	11556	5410	5410
2015	11850	5548	5548

2016	12151	5689	5689
2017	12459	5833	5833
2018	12776	5981	5981
2019	13100	6133	6133
2020	13433	6289	6289
2021	13774	6449	6449
2022	14124	6613	6613
2023	14483	6780	6780

Fuente: YPFB TRANSPORTES, 2018

4.2.1.5 Consumo sector doméstico - caudales horarios pico

De acuerdo a una evolución demográfica y geográfica del sector residencial para un horizonte de 10 años, ahora es posible determinar el caudal máximo horario (caudal pico) y dimensionar la red de distribución.

$$Q = [(P \times C \times S) \text{ cocina}] \times N$$

Referencia:

Q = Caudal demandado en m³

P = Porcentaje de hogares con aparato

C = Consumo promedio de una cocina en m³/h

S = Simultaneidad

N = Número de familias (año 2022)

Tabla 4. 9 Consumo sector doméstico

Tipo de artefacto	Consumo m ³ /h	Simultaneidad
Cocina común (4 hornallas)	38,6	2

Fuente: Agencia Nacional de Hidrocarburos

Los coeficientes de simultaneidad para estos aparatos son los suministrados por la American Gas Association (AGA).

Luego,

$$Q = [(0,7 \times 38,6 \times 2)] \times 120$$

$$Q = 6484 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se observa que el valor obtenido del caudal está en función a la demanda Y al número de equipos que necesite cubrir esta materia prima por tanto será la cantidad necesaria que se distribuirá a los consumidores.

4.2.1.6 Consumo sector industrial:

En la zona periférica de la Ciudad de el Alto existen 2 industrias que son las siguientes:

- Una GNV
- Una industria de ladrillos

$$Q = [(P \times C \times S) \text{ industria}] \times N$$

Referencia:

Q = Caudal demandado en m³

P = Porcentaje de las industrias

C = Consumo promedio de una industria en m³/h

S = Simultaneidad

N = Número de industrias

$$Q = [(0,3 \times 100 \times 2) i] \times 2$$

$$Q = 120 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para determinar el caudal máximo de consumo en la Avenida Periférica de la Ciudad de el Alto para un horizonte de 10 años se tiene:

$$Q_{TOTAL} = Q_{RESIDENCIAL} + Q_{INDUSTRIAL}$$

$$Q_{TOTAL} = 6484 \frac{m^3}{h} + 120 \frac{m^3}{h}$$

$$Q_{TOTAL} = 6604 \frac{m^3}{h} \approx 1,8 \frac{m^3}{s}$$

Por tanto, se afirma que la red de gas natural, satisface la demanda en esa zona.

4.2.2 Estación distrital de regulación

La Estación Distrital de Regulación que se instalará en la Avenida Periférica de la Ciudad de el Alto, tendrá una capacidad de 2 m³/s.

4.2.2.1 Permiso para cruces y derecho de vía

Las empresas a las que se les otorgue el servicio de ejecución serán responsables de sus respectivas autorizaciones de tránsito y paso, así como de los trámites necesarios para la empresa de servicios, y sus instalaciones.

4.2.2.2 Fallas en la entrega de gas

Cuando disminuye la presión de entrega, se genera una disminución en el caudal y puede afectar al volumen constante de entrega. Esto se debe a que cada vez se integran más hogares e industrias a la red de distribución de gas

4.3 PROCESO DE SIMULACIÓN CON DEEP LEARNING

4.3.1 Carga de datos

El Deep learning cuenta con librerías y pasos que se pueden descargar pero es responsabilidad de la persona que está haciendo la simulación definir las variables

y las tablas de las mismas que se cargan en Excel. Se procede a cargar los datos operativos con varias presiones de la red primaria anteriormente calculada. Se realizó 100 iteraciones para proceder a cargar los datos. El detalle del código se encuentra en Anexos

4.3.2 Especificaciones de opciones de redes de gas

Especifique las opciones de entrenamiento.

- Entrene la red mediante el descenso de gradiente estocástico con impulso (SGDM).
- Entrene usando longitud es más pequeñas
- Baraja los datos cada época.
- Supervise la precisión de la red durante el entrenamiento especificando datos de validación.
- Muestre el progreso del entrenamiento en un gráfico y suprima la salida detallada de la ventana de comandos.

El software entrena a la red con los datos de entrenamiento y calcula la precisión de los datos de validación a intervalos regulares durante el entrenamiento. Los datos de validación no se utilizan para actualizar los pesos de la red.

```
miniBatchSize = 16;

options = trainingOptions( 'adam' , ...
    'MiniBatchSize' , miniBatchSize, ...
    'Shuffle' , 'every-epoch' , ...
    'ValidationData' , tblValidation, ...
    'Plots' , 'training-progress ' , ...
    'Detallado' , false);
```

4.3.3 Red de trenes

Un tren es simplemente una cadena de códigos para que itere seguidas veces es decir que va desde una variable inicial hasta una variable final más uno. Se

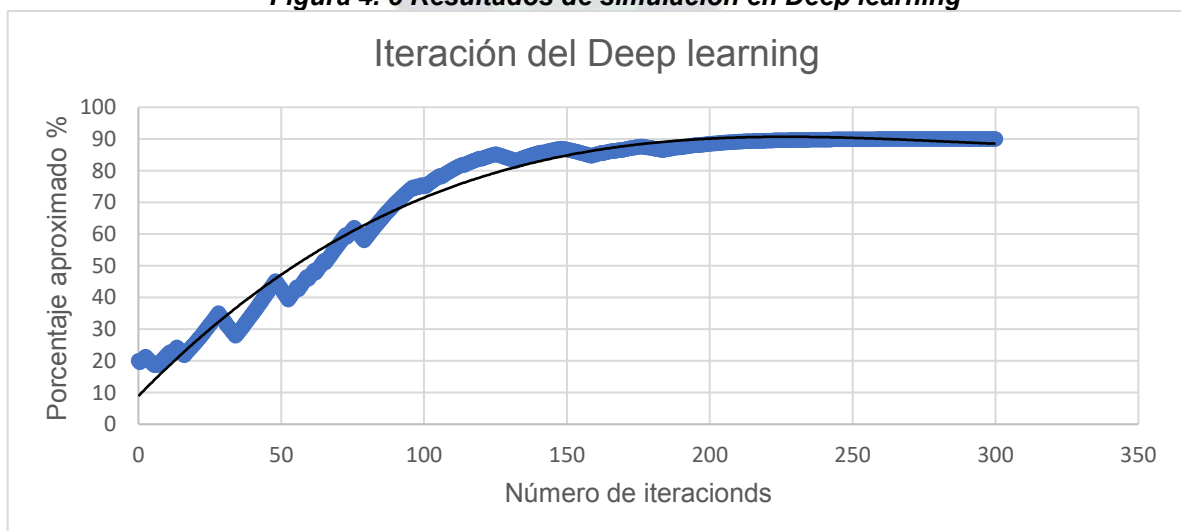
entrena la red utilizando la arquitectura definida por **layers**, los datos de entrenamiento y las opciones de entrenamiento. De manera predeterminada, **trainNetworkusa** una GPU si hay una disponible (requiere Parallel Computing Toolbox™ y una GPU habilitada para CUDA® con capacidad de cómputo 3.0 o superior). De lo contrario, utiliza una CPU. También puede especificar el entorno de ejecución mediante el '**ExecutionEnvironment**' argumento de par nombre-valor de **trainingOptions**.

El gráfico de progreso del entrenamiento muestra la pérdida y la precisión del mini lote y la pérdida y la precisión de la validación. Para obtener más información sobre el gráfico de progreso de la capacitación, consulte Supervisar el progreso de la capacitación de aprendizaje profundo .

```
net = trainNetwork(tblTrain,labelName,capas,opciones);
```

Se muestra los resultados de la simulación:

Figura 4. 5 Resultados de simulación en Deep learning

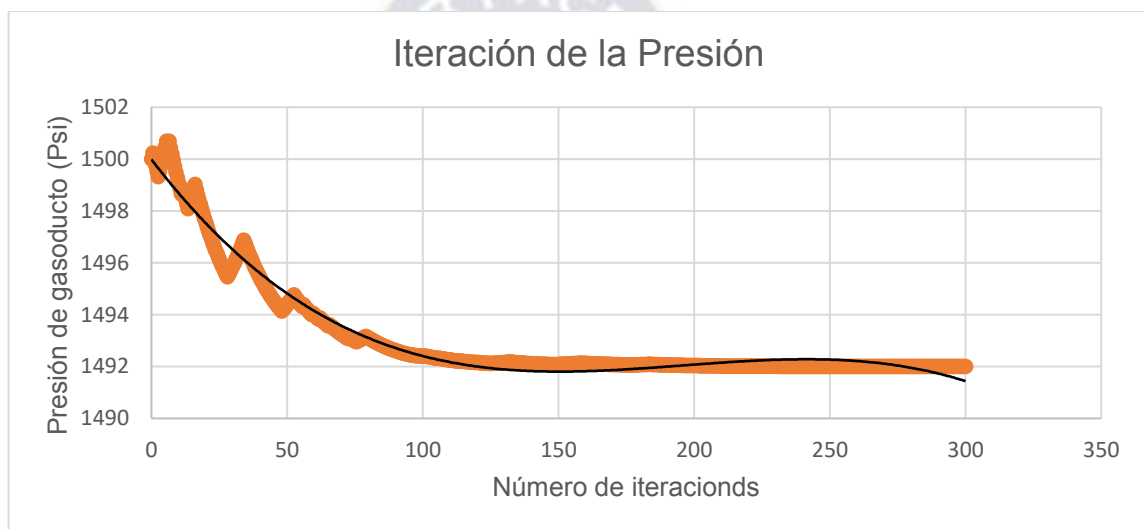


Fuente: Elaboración propia en base a datos de simulación, 2023

En la anterior figura se puede observar cómo se van promediando los datos de presión de gas obteniendo en el tiempo de operación. La gráfica azul muestra el valor del rendimiento de la red para una presión calculada en el tramo. Y en el tiempo se mantendrá ese valor como se puede observar en la curva roja que se puede declinar hasta en un 20%.

Iterando la presión del ducto se tiene:

Figura 4. 6 Resultados de simulación en Deep learning para la variación de la presión



Fuente: Elaboración propia en base a datos de simulación, 2023

4.3.4 Red de prueba

Prediga las etiquetas de los datos de prueba usando la red entrenada y calcule la precisión. Especifique el mismo tamaño de diámetro mínimo utilizado para el entrenamiento.

```
YPred = classify(net,tblTest(:,1:end-1), 'MiniBatchSize',miniBatchSize);
```

Calcular la precisión de la clasificación. La precisión es la proporción de las etiquetas que la red predice correctamente.

```
YTest = tblTest{:,nombreEtiqueta};
```

```
precisión = sum(YPred == YTest)/numel(YTest)
```

```
precisión = 0.9688
```

Ver los resultados en una matriz de confusión.

```
cifra
```

```
gráfico de confusión (YTest, YPred)
```

4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego el Deep learning va a predecir cuántos equipos EDR con posibles daños y sin posibles fallas podrán fallar en el futuro y el número que se muestra en el siguiente cuadro según datos de presión que también se han utilizado:

Tabla 4. 10 Análisis del EDR

Estado actual de los equipos EDR	EDR sin falla en la red	29	2
	EDR con falla en la red	2	3
		EDR sin falla en la red	EDR con falla en la red
		Predicción de clases	

Fuente: Elaboración propia en base a datos de simulación, 2023

Se puede interpretar que de los equipos sin falla antes de comenzar el trabajo de los 29 dos pueden fallar y de los que están sin falla puede aumentar uno más Y serían tres que fallen. Parece que los resultados son simples pero todo se obtuvo con relación de presiones y más de 100 datos relacionados con cálculos que se hicieron correr en el matlab.

4.5 VARIACIÓN DE PRESION Y CAUDAL

Se utilizan los diferentes caudales que se han obtenido con la Inteligencia artificial y se calcula la variación de presión y se determina cuál es la presión óptima a utilizar en función al caudal máximo.

Aplicamos la siguiente ecuación

$$Q = 3,7435 \times 10^{-3} E \times \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \times \left(\frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{GT_m L_e Z}\right)^{0,5} \times D^{2,667}$$

Despejando la presión se tiene:

$$P_1 = (GT_m L_e Z)^{0,5} \left[\frac{Q}{3,7435 \times 10^{-3} E \times \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \times D^{2,667}} \right]$$

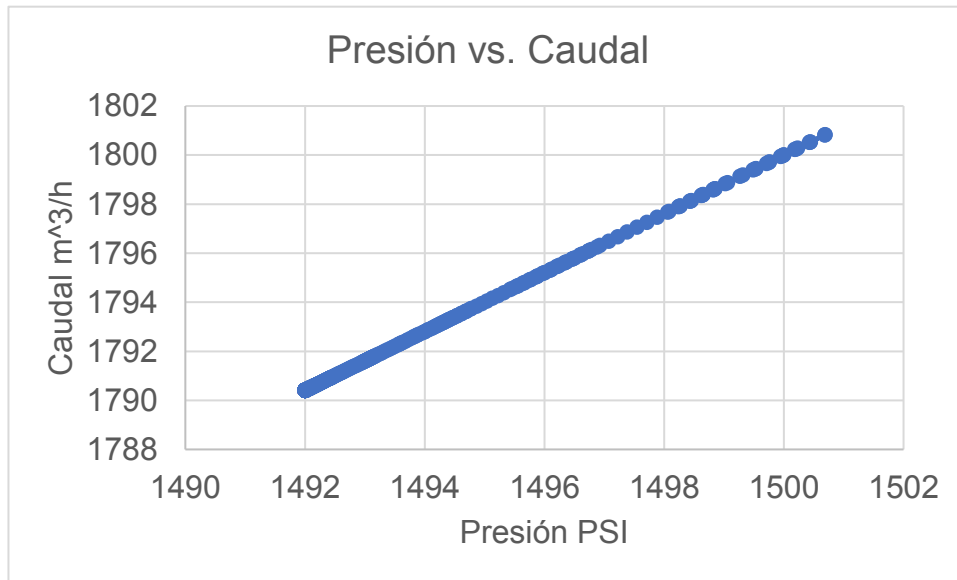
Por otra parte calculando con los caudales obtenidos se obtiene las siguientes presiones:

Tabla 4. 11 Iteración de Caudal y Presión

$Q(\frac{m^3}{h})$	P(psi)
1800	1500
1800,279893	1500,233244
1799,991795	1499,993162
1799,712143	1499,760119
1799,440686	1499,533905
1799,177182	1499,314318
1799,432968	1499,527473
1799,696246	1499,746872
1799,967237	1499,972697
1800,246169	1500,205141
1800,533278	1500,444399
1800,828807	1500,690672
1800,52461	1500,437175
1800,819884	1500,683236
...	...
...	...
...	...

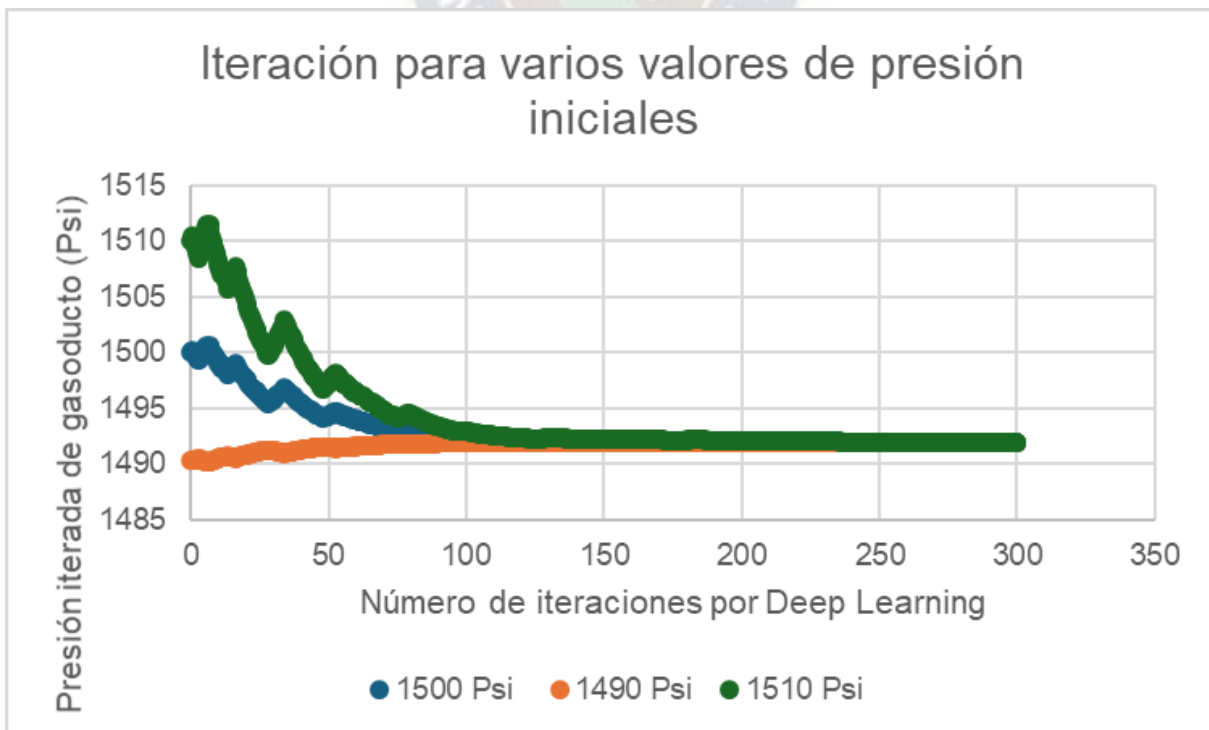
Fuente: Elaboración propia en base a datos de simulación, 2023

Gráficamente:



Fuente: Elaboración propia en base a datos de simulación, 2023

Iterando bajo Deep learning para varios valores de presión inicial se tiene:



Fuente: Elaboración propia en base a datos de simulación, 2023

Por otra parte se llega a los resultados de los objetivos

Tabla 4. 12 Objetivos alcanzados

Objetivos cumplidos	Ventajas	Desventajas
Se determinó el caudal en la distribución del gas natural en redes primarias con el cálculo de demanda	El aspecto positivo fue que se obtiene el caudal en un valor intermedio y estadístico	El aspecto negativo es que no se tiene un valor exacto y se tendría que planificar en planta el valor aproximado que se debería utilizar
Se obtuvo las presiones y caudales, 1500,69Psi como máximo y 1492 Psi como mínimo necesarios en el proceso de distribución de gas natural en la red primaria específica dentro de la urbanización de la ciudad de El Alto.	Como efecto positivo se puede afirmar que igual se obtiene un valor máximo para evitar todo tipo de accidentes durante el transporte.	A se puede firmar que lo negativo es que no se tiene una presión exacta y solo rangos lo cual igual debe analizarse en consultoría con cuál trabajar.
Se pudo desarrollar un sistema de presión práctico basado en Matlab, capaz de manejar las condiciones de operación en las estaciones de despacho hasta las EDR de las redes primarias de gas natural utilizando el método de Deep Learning.	Una ventaja es de que el programa ya viene para armar y fácilmente de manipular e introducir datos	La desventajas que si no conoces el fundamento de más la app o sigues cursos no se puede entender la simulación

Fuente: Elaboración propia en base a datos de simulación, 2023

CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 ESTUDIO DE COSTOS

5.1.1 Costos fijos

A continuación se presentan los costos fijos considerando los costos de simulación y los costos de los equipos de la red primaria considerando un análisis de flujo de caja:

Costos fijos

COSTOS FIJOS	Mensual	Tipo
SERVICIOS BÁSICOS	10.000	adm
MANO DE OBRA DIRECTA (MOD)	37.500	adm
MANO DE OBRA INDIRECTA (MOI)	14.000	adm
SEGURIDAD INDUSTRIAL	12.500	adm
MANTENIMIENTO DE REDES	30.000	Operativo
GASTOS GRALES. DE LEVANTAMIENTO DE DATOS	5.000	Ventas
IMPUESTOS	5.750	
TOTAL COSTO FIJO MES	114.750	

Fuente: Elaboración propia en base en el análisis de Deep learning , 2022

El costo fijo de levantamiento del proyecto para el mantenimiento y prevención de perdidas mensual es de 114.750 Bolivianos

5.1.2 Costos Variables

A continuación se presentan los costos variables:

Costos variables del proyecto

	Cantidad	V/r Unit	Mensual

Accesorios	0	200	0,000
Válvulas	0	3.500,00	0.000
Simulación con Software	1	10.000,00	10.000
Soldadura	2	10.000,00	20.000
Compresor de aire	3	14.000,00	42.000
Pérdida de combustible	240	17,5	4.200
Equipos de seguridad	8	1.000,00	8.000
Equipos electrónicos	6	4.000	24.000
TOTAL COSTO VARIABLE- MES			108.200

Fuente: Elaboración propia en base en el análisis de Deep learning , 2022

El costo variable de levantamiento del proyecto para el mantenimiento y prevención con pérdidas iniciales mensuales es de 108.200 Bolivianos.

5.1.3 Depreciación anual del proyecto

Para la inversión inicial del proyecto se cuenta con la siguiente tabla:

Depreciación anual del proyecto

PROPIEDAD PLANTA Y EQUIPO	Valor	Vida Útil/ Años	Depreciación Anual
Equipos de control ERD	56000	8	7000,00
Compresor	2000	6	333,33
Ductos	38000	10	3800,00
Computadora	3800	4	950,00
Válvula	6484,3	10	648,43
Cascos	200	5	40,00
Guantes	750	10	75,00

Trajes de seguridad	700	10	70,00
Accesorios	445	10	44,50
PLCs	16895,2	10	1689,52
Vehiculo	140000	5	28000,00
Filtro	3500	10	350,00
Impresoras	1000	5	200,00
Total	269.775		43.201

Fuente: Elaboración propia en base en el análisis de Deep learning , 2022

La depreciación anual del proyecto es de 43.201 Bolivianos

5.1.4 Inversión inicial del proyecto

Se tiene la siguiente tabla donde se describe la inversión total del proyecto

Tabla 5. 1 Inversión inicial del proyecto

CAPITAL DE TRABAJO	
COSTOS FIJOS AL MES	114.750
COSTOS VARIABLES AL MES	108-200
DOS MESES DE COSTOS Y GASTOS	445.900
GASTOS DE PREOPERATIVOS	16.500
Materia Prima	105.400
TOTAL INVERSION INICIAL	567.800
INFLACIÓN PROYECTADA - VENTAS	5,00%
INCREMENTO COSTOS	4,00%

Fuente: Elaboración propia en base en el análisis de Deep learning , 2022

La inversión inicial del levantamiento de datos, la simulación la compra de nuevos ductos para las redes de distribución es de 567.800 Bolivianos, lo aproximadamente equivale a medio millón de bolivianos.

5.1.5 Factibilidad económica

Para un análisis de tres años, se tiene:

Flujo de caja con mejora

	0	1	2	3
INGRESOS	-	\$b 1.600.000,00	\$b1.680.000,00	\$b1.764.000,00
(-)COSTOS DE VENTAS	-	\$b 150.000,00	\$b 156.000,00	\$b 156.000,00
(=) UTILIDAD BRUTA	-	\$b 1.450.000,00	\$b1.524.000,00	\$b1.608.000,00
GASTOS DE VENTAS	-	\$b 25.000,00	\$b 25.000,00	\$b 25.000,00
GASTOS ADMINISTRACION	-	\$b 888.000,00	\$b 888.000,00	\$b 888.000,00
(-) DEPRECIACION	-	\$b 43.200,78	\$b 43.200,78	\$b 43.200,78
(+) AMORTIZACION DIFERIDOS e	-			
UTILIDAD OPERACIONAL	-	\$b 493.799,22	\$b 567.799,22	\$b 651.799,22
GASTOS FINANCIEROS	-	\$b 10.000,00	\$b 10.000,00	\$b 10.000,00
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	-	\$b 483.799,22	\$b 557.799,22	\$b 641.799,22
IUE AL 25%	-	\$b 120.949,80	\$b 139.449,80	\$b 160.449,80
UTILIDAD NETA	-	\$b 362.849,41	\$b 418.349,41	\$b 481.349,41
RESERVA LEGAL 5%	-	\$b 18.142,47	\$b 20.917,47	\$b 24.067,47
UTILIDAD DEL EJERCICIO	567.800	\$b 344.706,94	\$b 397.431,94	\$b 457.281,94

Fuente: Elaboración propia en base en el análisis de Deep learning , 2022

5.2 ESTUDIO DE BENEFICIOS

5.2.1 Estudio del Van

Se puede desarrollar un proyecto de inversión cuando el valor actual neto total (VAN o NVP) de todos los flujos de efectivo es positivo, y un proyecto de inversión se rechaza cuando el VAN es negativo. Para calcular el VAN se determinan todos los flujos de efectivo y los flujos de efectivo futuros se recalculan al valor actual del dinero descontándolos por la tasa de interés. La fórmula que se suele mencionar para calcular el VAN es:

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^t \frac{FC}{(1+r)^t} \quad (6.1)$$

Referencia:

VAN = Valor Actual Neto

I_o = Inversión Inicial en \$us

FC = Flujo de efectivo de cada año en \$us

r = interés en tanto por 1, en nuestro proyecto se considera 12% de interés en tanto por 1, en nuestro proyecto se considera 12%

El flujo de caja será la utilidad estimada en Bs como parte de los ingresos generados para el presupuesto generado por los ahorros del proyecto.

- VAN:

$$VAN = -567.800 + \frac{344.706,94}{(1+0,12)^1} + \frac{397.431,94}{(1+0,12)^2} + \frac{457.281,94}{(1+0,12)^3}$$

$$VAN = Bs 382.288,62$$

El proyecto está proyectado para su financiamiento en 3 años; por lo tanto, para hallar el VAN, recurrimos al siguiente criterio:

- Si VAN > 0 ES RENTABLE
- Si VAN = 0 ES INDIFERENTE
- Si VAN < NO ES RENTABLE

Por lo tanto:

$$VAN = Bs 382.288,62 > 0 \text{ Por lo tanto es rentable}$$

5.2.2 Estudio del TIR

La TIR se puede definir como la tasa de descuento a la que el valor presente de todos los flujos de efectivo futuros (o beneficios hipotéticos esperados monetizados) es igual a la inversión inicial, es decir, la tasa a la que una inversión se equilibra. Se puede utilizar para medir y comparar la rentabilidad de las inversiones.

El TIR se calcula con la siguiente formula:

$$\sum_{n=0}^N \frac{FC}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0 \quad (6.2)$$

- TIR

$$-567.800 + \frac{344.706,94}{(1 + TIR)^1} + \frac{397.431,94}{(1 + TIR)^2} + \frac{457.281,94}{(1 + TIR)^3} = 0$$

$$TIR = 46\%$$

- Relación Beneficio – Costo

$$RBC = \frac{\text{Valor Presente Ingresos}}{\text{Inversión} + \text{Valor Presente Egresos}} = \frac{\sum_{i=1}^5 \frac{\text{Ingresos}}{(1 + t)^t}}{I_0 + \sum_{i=1}^5 \frac{\text{Egresos}}{(1 + t)^t}}$$

$$RBC = \frac{\frac{1.600.000}{(1 + 0,12)^1} + \frac{1.680.000}{(1 + 0,12)^2} + \frac{1.764.000}{(1 + 0,12)^3}}{567.800 + \frac{1.116.200,78}{(1 + 0,12)^1} + \frac{1.122.200,78}{(1 + 0,12)^2} + \frac{1.122.200,78}{(1 + 0,12)^3}}$$

$$RBC = 1,06$$

Se tiene el siguiente recuadro que relaciona el TIR, el VAN y la relación de costos y beneficios:

Variables económicas del proyecto

VALOR PRESENTE NETO	382.288,62
TIR	46%
Rel Ben / Costo	1,06

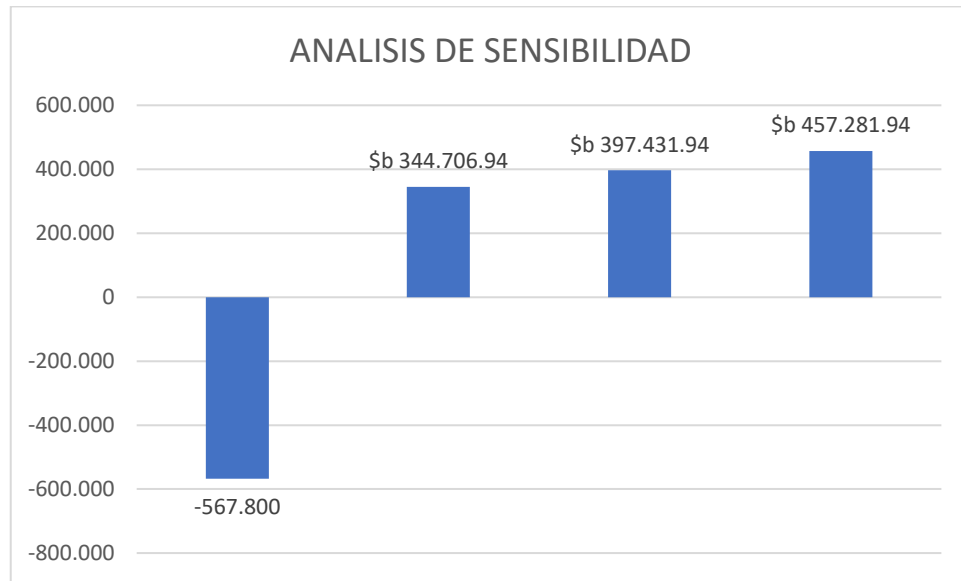
Fuente: Elaboración propia en base en el análisis de Deep learning , 2022

Se observa que la relación costo beneficio supera el valor de 1 y también el VAN es mayor a 0 , y el TIR es de 46% y es mayor al 12%, por lo tanto es factible.

5.2.3 Análisis de sensibilidad

A continuación se representa gráficamente el flujo de caja viendo cómo crecen los ingresos y cómo se cubre el rápidamente la inversión de levantamiento de datos y renovación de redes primarias

Análisis de sensibilidad



Fuente: Elaboración propia en base en el análisis de Deep learning , 2022

Se puede observar en la anterior figura que la inversión se lo recupera rápidamente debido a los ingresos que se generan en la red de gas natural.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se desarrolló un sistema de predicción rápida capaz de manejar las condiciones de operación en las estaciones de despacho hasta las EDR de las redes primarias de gas natural utilizando el método de Deep Learning.
- Se obtuvo las presiones y caudales máximos y mínimos necesarios en el proceso de distribución de gas natural en la red primaria específica dentro de la urbanización de la ciudad de El Alto hasta sus estaciones de regulación, debido a los cambios de demanda que se presentan.
- Se ha diseñado y efectuado el cálculo de una nueva red primaria con caudales óptimos de entrada y salida de una unidad de despacho en la ciudad de El Alto con los datos obtenidos con el Deep Learning.
- A través un estudio de factibilidad técnico y económico se ha demostrado que el proyecto es factible desde una óptica cualitativa determinando las ventajas que son mayores a las desventajas y desde una óptica cuantitativa donde se observa que el Tir y el van son muy aceptables en la parte económica.
- Se ha podido realizar efectivamente el análisis cuantitativo para la determinación de caudales y presiones en la distribución del gas natural en redes primarias de la ciudad de El Alto mediante la aplicación de Deep Learning obteniendo valores mínimos de 1790

m³/h hasta valores máximos de 1800 m³/h, demostrando que es necesario ajustar la presión para mejorar la distribución.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar las presiones y caudales con las que opera la red primaria y también la red secundaria en la ciudad de El alto, cheque con estos datos también se puede estimar para otras ciudades y mejorar la distribución a los hogares y a las empresas que dependen del gas natural.
- La actualización y análisis de variables operativas en la distribución del gas natural debe ser necesaria para reducir los costos Ya que esta materia prima está disminuyendo en el tiempo y es necesario mejorar y no gastar demasiado ya que este es un recurso no renovable.
- La búsqueda de métodos cuantitativos basados en el uso de software computarizado se ha hecho una obligación en las empresas tanto petroleras como las dedicadas a otros rubros para poder buscar valores máximos y mínimos que permitan mejorar el rendimiento y desarrollo operativo de dichas empresas.
- La inteligencia artificial se utiliza bastante en empresas extranjeras y es necesario que Bolivia se adapte a este tipo de simulaciones que permiten estimar el control de variables para poder operar al costo mínimo y también poder ahorrar en el futuro y generar más ingresos.

BIBLIOGRAFÍA

- Akatsu S, Tomita S, Mori YH, Ohmura R. Thermodynamic simulations of hydrate- based removal of carbon dioxide and hydrogen sulfide from low-quality natural gas. *Ind Eng Chem Res* 2013;52(43):15165–76. <https://doi.org/10.1021/ie402010p>.
- Alfaki M, Haugland D. Strong formulations for the pooling problem. *J Global Optim* 2013;56(3):897–916. <https://doi.org/10.1007/s10898-012-9875-6>.
- Audet C, Brimberg J, Hansen P, Le Digabel S, Mladenović N. Pooling problem: alternate formulations and solution methods. *Manage Sci* 2004;50(6):761–76. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1030.0207>.
- Chaczykowski M, Zarodkiewicz P. Simulation of natural gas quality distribution for pipeline systems. *Energy* 2017;134:681–98. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.06.020>.
- Cheli L, Guzzo G, Adolfo D, Carcasci C. Steady-state analysis of a natural gas distribution network with hydrogen injection to absorb excess renewable electricity. *Int J Hydrogen Energy* 2021;46(50):25562–77. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.05.100>.
- Dell’Isola M, Ficco G, Lavallo L, Moretti L, Tofani A, Zuena F. A resilience assessment simulation tool for distribution gas networks. *J Nat Gas Sci Eng* 2020; 84:103680. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2020.103680>.

- Dyachenko SA, Zlotnik A, Korotkevich AO, Chertkov M. Operator splitting method for simulation of dynamic flows in natural gas pipeline networks. *Physica D* 2017; 361:1–11. <https://doi.org/10.1016/j.physd.2017.09.002>.
- Elaoud S, Hafsi Z, Hadj-taieb L. Journal of petroleum science and engineering numerical modelling of hydrogen-natural gas mixtures flows in looped networks. *J Petrol Sci Eng* 2017;159:532–41. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2017.09.063>.
- Ficco, G., Frattolillo, A., Zuena, F., & Dell’Isola, M. (2022). Analysis of Delta In-Out of natural gas distribution networks. *Flow Measurement and Instrumentation*, 84 (December 2021), 102139. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2022.102139>.
- Gaykema EW, Skryabin I, Prest J, Hansen B. Assessing the viability of the ACT natural gas distribution network for reuse as a hydrogen distribution network. *Int J Hydrogen Energy* 2021;46(23):12280–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.11.051>.
- Guandalini G, Colbertaldo P, Campanari S. Dynamic modeling of natural gas quality within transport pipelines in presence of hydrogen injections. *Appl Energy* 2017;185:1712–23. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.006>.
- Herr´an-Gonz´alez A, De La Cruz JM, De Andr´es-Toro B, Risco-Martín JL. Modeling and simulation of a gas distribution pipeline network. *Appl Math Model* 2009;33 (3):1584–600. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2008.02.012>.

- Karpash O, Darvay I, Karpash M. New approach to natural gas quality determination. J Petrol Sci Eng 2010;71(3–4):133–7. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2009.12.012>.
- Li, Y., Liu, L., Jin, Y., Wu, 2021. Characterization and development of marine natural gas hydrate reservoirs in clayey-silt sediments: A review and discussion. Advances in Geo-Energy Research 5 (1), 75–86.
- Liu, E., Lv, L., Ma, Q., Kuang, J., Zhang, L., 2019. Steady-state optimization operation of the west–east gas pipeline. Adv. Mech. Eng. 11, 1687814018821746.
- Ma T, Wu J, Hao L. Energy flow modeling and optimal operation analysis of the micro energy grid based on energy hub. Energy Convers Manage 2017;133: 292–306. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.12.011>
- Madoliat, R., Khanmirza, E., Moetamedzadeh, H.R., 2016a. Transient simulation of gas pipeline networks using intelligent methods. Journal of Natural Gas Science and Engineering 29, 517–529.
- Madoliat, R., Khanmirza, E., Moetamedzadeh, H.R., 2016b. Transient simulation of gas pipeline networks using intelligent methods. Journal of Natural Gas Science and Engineering 29, 517–529.
- Nianzhong, L., Kaiming, C., Jianhua, F., 2005. Intelligent pigging technology and application for gas pipelines. Natural Gas Industry 25 (116).
- Nourian, R., & Mousavi, S. M. (2019). Design and implementation of an expert system for periodic and emergency control under uncertainty: A

case study of city gate stations. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 66(September 2018), 306–315.

<https://doi.org/10.1016/j.jngse.2019.04.007>.

- Oviedo, K., Malpartida Moya, J.E., 2019. Field data collection using gis technology
- for the management of geohazards and third-party damage threats in the pipeline transportation system of natural gas (ng) and natural gas liquids (ngl). In: ASME International Pipeline Geotechnical 429 Conference. American Society of Mechanical Engineers, V001T03A002.
- Oz, N.E., Mete, S., Serin, F., Gul, M., 2019. Risk assessment for clearing and grading process of a natural gas pipeline project: An extended topsis model with pythagorean fuzzy sets for prioritizing hazards. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 25, 1615–1632.

ANEXOS

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA RED PRIMARIA.

1. NOMBRE DEL PROYECTO.

TOTAL	LONGITUD(m)
CONSTRUCCIÓN DE RED PRIMARIA OBRAS CIVILES Y MECÁNICAS POBLACION DE KONANI	1.707,00

2. LOCALIZACIÓN.

DEPARTAMENTO: LA PAZ
PROVINCIA: AROMA
MUNICIPIO: SICA SICA
LOCALIDAD: GERMÁN BUSCH (KONANI)

3. PRECIO REFERENCIAL.

TOTAL	PRECIO REFERENCIAL(Bs)
CONSTRUCCIÓN DE RED PRIMARIA OBRAS CIVILES Y MECÁNICAS POBLACIÓN DE KONANI	996.133,39
Novecientos noventa y seis mil ciento treinta y tres 39/100 bolivianos	

4. NÚMERO DE FRENTES DE TRABAJO (CALIFICABLE) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RED PRIMARIA, OBRAS CIVILES Y MECÁNICAS POBLACIÓN KONANI

Nro. DE FRENTE	OBJETIVO	OBSERVACIONES
1	OBRA MECÁNICA	TRABAJOS RELACIONADOS CON SOLDADURAS/MANTEO REVESTIMIENTOS/INTERVENCIONES/INSTALACIONES DEL SPAT DE LA EDR.
2	OBRA CIVIL	TRABAJOS RELACIONADOS CON REMOCIONES/EXCAVACIONES/RELLENOS Y COMPACTADOS/REPOSICIONES/BASE DE LA EDR/CASETA DE PROTECCIÓN DE LA EDR/OBRAS CIVILES DEL SPAT DE LA EDR.

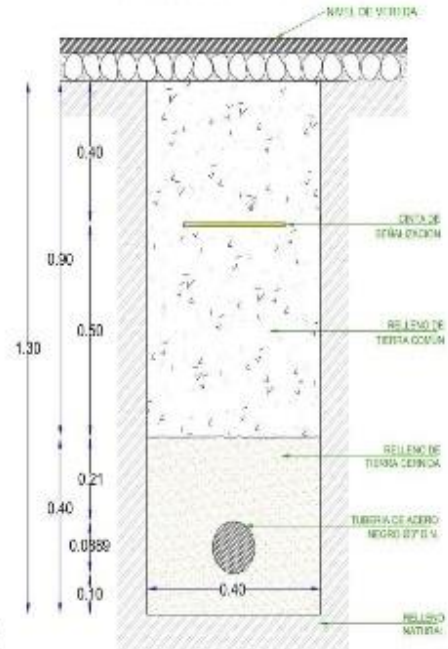
El PROPONENTE deberá presentar de forma obligatoria un diagrama de flujo que explique y mencione los números de frentes de trabajo en Obras Civiles y Mecánicas, a su vez deberá mencionar uno por uno el personal Clave de Trabajo, el cargo a ocupar en el proyecto y finalmente deberá reflejar en el Organigrama que el PROPONENTE presentará en su propuesta.

5. HERRAMIENTAS Y EQUIPO MÍNIMO

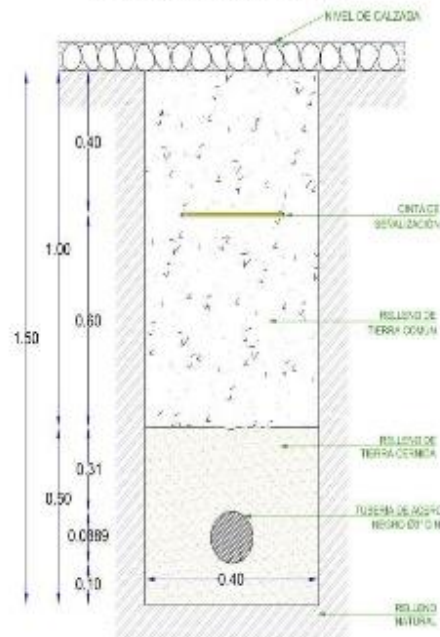
La empresa Proponente deberá presentar un detalle de las características y el estado actual de los **Equipos/Maquinaria y/o herramientas mínimas** a ser utilizadas en la obra, de acuerdo a **Especificaciones técnicas de obras civiles y obras mecánicas (ANEXO II)**. Este detalle deberá estar Firmado por el Representante Legal de la empresa.

La Empresa Contratista, estará obligado a mantener el Equipo y Maquinaria Mínimo en todo momento en Obra, caso contrario será sancionada por la **SUPERVISIÓN** de acuerdo a contrato y normativa.

VISTA - CORTE PARA RELLENADO DE ZANJA EN VEREDA DE LINEA DE TUBERIA DE ACERO NEGRO



VISTA - CORTE PARA RELLENADO DE ZANJA EN CALZADA



 Y.P.F.B.		
GERENCIA NACIONAL DE REDES Y DUCTOS		
ZANJA TIPO CONSTRUCCION RED PRIMARIA		
		PLANO : Nº 1
FECHA: SEPTIEMBRE 2015	APROBADO:	ESCALA: SE

ANEXOS

CÓDIGO DE SIMULACIÓN

Lea los datos de la caja de transmisión del archivo CSV "transmissionCasingData.csv".

```
filename = "RedprimariaData.csv";  
tbl = readtable(filename, 'TextType', 'String');
```

Convierta las etiquetas de predicción en categóricas mediante la `convertvars` función.

```
labelName = "Condición del diente del engranaje" ;  
tbl = convertvars(tbl, nombreEtiqueta, 'categórico' );
```

Vea las primeras filas de la tabla.

cabeza (tbl)

respuesta= tabla 8x21

```
-0.94876 -0.9722 1.3726 0.98387 0.81571 3.6314 -0.041525 2.2666 2.0514 0.8081 28562 1.1429  
0.03151581 79.931 0 6.75e -06 3.23e-07 162.13 "Sensor Dra.  
-0.97537 -0.98958 1.3937 0.99105 0.81571 3.6314 -0.023777 2.2598 2.0203 0.81017 29418 1.1362  
0.0377835 70.325 0 5.08e -08 9.16e -08 226.12 ""  
1.0502 1.0267 1.4449 0.98491 2.8157 3.6314 -0.04162 2.2658 1.9487 0.80853 31710 1.1479  
0.031565 125.19 0 6.74e-06 2.85e-07 0 6.74e-06 2.85e-07  
1.0227 1.0045 1.4288 0.99553 2.8157 3.6314 -0.016356 2.2483 1.9707 0.81324 30984 1.1472  
0.032088 112.5 0 4.99e-06 2.4e-03 162.1 Drift Drift Drift Drift "NoSenShaft Drift"  
1.0123 1.0024 1.4202 0.99233 2.8157 3.6314 -0.014701 2.2542 1.9826 0.81156 30661 1.1469  
0.03287 108.86 0 3.62e-06 2.28e-07 "230.86 0 3.62e-06 2.28e-07 "Desgaste del eje defectuoso" NoSenShaft  
Drift"  
230.  
1.0464 1.0275 1.4477 1.0011 2.8157 3.6314 -0.042849 2.2455 1.9449 0.81595 31665 1.1417  
0.034159 98.838 0 1.73e-06 1.55e-07 0.034159 98.838 0 1.73e-06 1.55e-07 0 1.73e-06 1.55e-07 0.034159  
98.838 0 1.73e-06 Desgaste del eje por falla de eje
```

```
1.0459 1.0257 1.4402 0.98047 2.8157 3.6314 -0.035405 2.2757 1.955 0.80583 31554 1.1345 0.0353
44.223 0 1.11e-06 1.39e-07 "SenShaft Wear Drift" 230.3rift
```

Para entrenar una red usando características categóricas, primero debe convertir las características categóricas a numéricas. En primer lugar, convierta los predictores categóricos en numéricos mediante la `convertvars` función especificando una matriz de cadenas que contenga los nombres de todas las variables de entrada categóricas. En este conjunto de datos, hay dos características categóricas con nombres "SensorCondition" y "ShaftCondition".

```
categoricalInputNames = [ "SensorCondition" "ShaftCondition" ];
tbl = convertvars(tbl,categoricalInputNames, 'categorical' );
```

Recorra las variables de entrada categóricas. Para cada variable:

1. Convierta los valores categóricos en vectores codificados one-hot usando la `onehotencode` función.
2. Agregue los vectores one-hot a la tabla usando la `addvars` función. Especifique para insertar los vectores después de la columna que contiene los datos categóricos correspondientes.
3. Quite la columna correspondiente que contiene los datos categóricos.

```
for i = 1:numel(categoricalInputNames)
    nombre = categoricalInputNames(i);
    oh = onehotencode(tbl(:,nombre));
    tbl = addvars(tbl,oh, 'Después', nombre);
    tbl(:,nombre) = [];
```

```
fin
```

Divide los vectores en columnas separadas usando la `splitvars` función.

```
tbl = splitvars(tbl);
```

Vea las primeras filas de la tabla. Observe que los predictores categóricos se han dividido en varias columnas con los valores categóricos como nombres de variables.

cabeza (tbl)

respuesta= tabla 8×23

```
-0,94876 -0,9722 1,3726 0,98387 0,81571 3,6314 -0,041525 2,2666 2,0514 0,8081 28562 1,1429
0,031581 79,931 0 6,75e-06 3,23e 2,13 1 Diente sin fallo 0
-0.97537 -0.98958 1.3937 0.99105 0.81571 3.6314 -0.023777 2.2598 2.0203 0.81017 29418 1.1362
0.037835 70.325 0 Diente 5.08e-08 9.206e-08 Fallo 1.02
1.0502 1.0267 1.4449 0.98491 2.8157 3.6314 -0.04162 2.2658 1.9487 0.80853 31710 1.1479
0.031565 125.19 0 6.74e-06 2.85e-07 10 No 1 2. Diente Defecto
1.0227 1.0045 1.4288 0.99553 2.8157 3.6314 -0.016356 2.2483 1.9707 0.81324 30984 1.1472
0.032088 112.5 0 4.99e-06 2.4e-03 1 0 Diente 1. Fallo 1.
1.0123 1.0024 1.4202 0.99233 2.8157 3.6314 -0.014701 2.2542 1.9826 0.81156 30661 1.1469
0.03287 108.86 0 3.62e-06 2.28e-07 103 0. Diente Defecto 1
1.0275 1.0102 1.4338 1.0001 2.8157 3.6314 -0.02659 2.2439 1.9638 0.81589 31102 1.0985 0.033427
64.576 0 2.55e-06 1.65e-09 1 0 No 1 Diente 0
1.0464 1.0275 1.4477 1.0011 2.8157 3.6314 -0.042849 2.2455 1.9449 0.81595 31665 1.1417
0.034159 98.838 0 1.73e-06 1.55e-07 103 0. Diente Defecto 1
1.0459 1.0257 1.4402 0.98047 2.8157 3.6314 -0.035405 2.2757 1.955 0.80583 31554 1.1345 0.0353
44.223 0 1.11e-06 1.39e-07 1 0 No 1 Diente 0.3
```

Ver los nombres de clase del conjunto de datos.

```
classNames = categorías (tbl {:, labelName})
```

```
classNames = 2 × 1 celda
```

```
{'Sin falla EDR'}
```

```
{'Defecto EDR' }
```

Dividir el conjunto de datos en conjuntos de entrenamiento y validación

Divida el conjunto de datos en particiones de entrenamiento, validación y prueba. Reserve el 15 % de los datos para la validación y el 15 % para las pruebas.

Ver el número de observaciones en el conjunto de datos.

```
numObservaciones = tamaño(tbl,1)
```

```
numObservaciones = 208
```

Determine el número de observaciones para cada partición.


```

numObservationsTrain = piso(0.7*numObservaciones)
numObservacionesTren = 145
numObservationsValidation = piso (0.15 * numObservaciones)
numObservacionesValidation = 31
numObservationsTest = numObservaciones - numObservacionesTrain -
numObservacionesValidation
numObservacionesTest = 32

```

Cree una matriz de índices aleatorios correspondientes a las observaciones y divida usando los tamaños de partición.

```

idx = randperm(numObservaciones);
idxTren = idx(1:numObservacionesTren);
idxValidation =
idx(numObservacionesTrain+1:numObservacionesTrain+numObservacionesVal
idation);
idxTest =
idx(numObservacionesTrain+numObservacionesValidation+1:end);

```

Particione la tabla de datos en particiones de entrenamiento, validación y prueba utilizando los índices.

```

tblTrain = tbl(idxTrain,:);
tblValidación = tbl(idxValidación,:);
tblPrueba = tbl(idxPrueba,:);

```

Definir arquitectura de red

Defina la red para la clasificación.

Defina una red con una capa de entrada de entidades y especifique el número de entidades. Además, configure la capa de entrada para normalizar los datos mediante la normalización de puntuación Z. A continuación, incluya una capa totalmente conectada con un tamaño de salida de 50, seguida de una capa de normalización por lotes y una capa ReLU. Para la clasificación, especifique otra capa totalmente conectada con un tamaño de salida correspondiente al número de clases, seguida de una capa softmax y una capa de clasificación.

```
numFeatures = tamaño (tbl, 2) - 1;
numClasses = numel(classNames);
capas = [
    featureInputLayer(numFeatures, 'Normalización' , 'zscore' )
    capa totalmente conectada (50)
    capa de normalización por redes de instalación
    reluLayer
    capa totalmente conectada (numClasses)
    softmaxLayer
    capa clasificación];
```

Nombre: Rodrigo Limber Apaza Chambi

Contacto Telefónico: +591 63619131

Dirección correo electrónico: apazalimborodri@gmail.com



DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-1418/2024
La Paz, 09 de mayo de 2024

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **03 de mayo de 2024**, por **RODRIGO LIMBER APAZA CHAMBI** con C.I. N° **6033329 LP**, con número de trámite **DA 780/2024**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"ESTUDIO Y ANALISIS DE PRESIONES Y CAUDALES EN LA DISTRIBUCION DEL GAS NATURAL EN LAS REDES PRIMARIAS DE LA CIUDAD DE EL ALTO MEDIANTE LA APLICACION DE DEEP LEARNING"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO:

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley N° 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena"*



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs.: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Uriolagoitia,
Zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Ciro Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, N° 243.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Jumin, Galería Central,
Of. 14.
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.
Telf.: 72018160

fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO:

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: **"ESTUDIO Y ANALISIS DE PRESIONES Y CAUDALES EN LA DISTRIBUCION DEL GAS NATURAL EN LAS REDES PRIMARIAS DE LA CIUDAD DE EL ALTO MEDIANTE LA APLICACION DE DEEP LEARNING"** a favor del autor y titular: **RODRIGO LIMBER APAZA CHAMBI** con C.I. N° **6033329 LP** bajo el seudónimo **FANTASMA**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

CASA/lm

Firmado Digitalmente por:

Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI
CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS
LA PAZ - BOLIVIA



Firma:



BW76y9Yh7Xb96j

PARA LA VALIDACION DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB www.senapi.gob.bo/verificacion Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CÓDIGO QR.



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs.: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2. Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriolagotia,
Zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Ciro Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, N° 243.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14.
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.
Telf.: 72018160

www.senapi.gob.bo

