

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas  
Carrera de Electricidad

**ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE UNA MICRO  
PLANTA HIDROELÉCTRICA MEDIANTE SIMULACIÓN MONTE-CARLO  
UTILIZANDO EL CAUDAL COMO VARIABLE ALEATORIA**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico

Autor:

Flores Morales Henry Steeven

Tutor:

MSc. Guerra Masson Julio Esteban

Ibarra – Ecuador

2023



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004501886		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Flores Morales Henry Steeven		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra		
<b>EMAIL:</b>	hsfloresm@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0981409429

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	Estimación de la capacidad de generación eléctrica de una micro planta hidroeléctrica mediante simulación Monte-Carlo utilizando el caudal como variable aleatoria
<b>AUTOR (ES):</b>	Flores Morales Henry Steeven
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	24/05/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Eléctrico
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Guerra Masson Julio Esteban MSc.

## CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de mayo de 2023.

**EL AUTOR:**



Flores Morales Henry Steeven  
C.I: 1004501886



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

Yo, Guerra Masson Julio Esteban en calidad de tutor del señor Flores Morales Henry Steeven, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado "ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE UNA MICRO PLANTA HIDROELÉCTRICA MEDIANTE SIMULACIÓN MONTE-CARLO UTILIZANDO EL CAUDAL COMO VARIABLE ALEATORIA."

Para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico, aprobado la defensa, impresión y empastado.

Ing. Guerra Masson Julio Esteban MSc.  
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### Dedicatoria

“Si tus sueños no te hacen temblar las piernas, aún sigues soñando muy bajo”.

Daniel Habif

Dedico este trabajo a mi madre Piedad Morales y padre Segundo Flores, por sus palabras de aliento, aprecio, apoyo y confianza que siempre me han brindado.

A mis hermanos Erik y Franklin por brindarme su amor incondicional, cuidado, alegría y compañía en los momentos más difíciles.

A mi familia, por ofrecer su apoyo moral, fortaleza y sabios consejos.

A mi abuelos, por inculcarme la importancia de la educación, su amor, paciencia y sacrificio incansable hacia su familia.

También quiero dedicar este trabajo a Sarahi quien siempre está pendiente de mí, me anima y cree que puedo lograr cualquier cosa que me proponga.

**Henry Steeven Flores Morales**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### Agradecimientos

Agradezco a Dios por la salud y vida que ha brindado a mis seres queridos y mi persona.

A mis padres por el apoyo moral y económico, fuente de inspiración de inicio a fin en mi formación académica.

Ante todo, mi más sincero agradecimiento al ingeniero Julio Guerra, tutor de trabajo de grado quien con su agradable personalidad y ánimos compartió sus conocimientos. De igual manera a mi asesor PhD Gerardo Collaguazo, por la paciencia, responsabilidad, guía y seguimiento en el presente trabajo de grado.

Mi sincera gratitud al ingeniero Diego Alarcón quien me apoyo con información muy significativa, por su orientación, sabiduría y comentarios de suma importancia para que se efectuó esta investigación.

**Henry Steeven Flores Morales**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>V</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>VI</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>XV</b>
<b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>XVII</b>
<b>Pregunta de investigación</b> .....	<b>XVII</b>
<b>Justificación</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>Alcance</b> .....	<b>XIX</b>
<b>Objetivo General</b> .....	<b>XX</b>
<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>XX</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
1.1.    Energía Hidroeléctrica .....	1
1.2.    Clasificación de las plantas hidroeléctricas.....	1
1.2.1.    Clasificación por su emplazamiento.....	1
1.2.2.    Clasificación por su capacidad instalada.....	3
1.2.3.    Clasificación por la altura de salto.....	4
1.3.    Partes de una micro planta hidroeléctrica .....	5
1.3.1.    Bocatoma.....	5
1.3.2.    Obra de conducción .....	6
1.3.3.    Desarenador .....	6
1.3.4.    Azud .....	6
1.3.5.    Embalse .....	6
1.3.6.    Cámara de carga.....	6
1.3.7.    Obra de toma .....	7
1.3.8.    Tubería de presión .....	7
1.3.9.    Casa de máquinas .....	7
1.3.10.    Desagüe.....	7
1.3.11.    Turbina .....	7
1.3.12.    Generador eléctrico.....	11
1.3.13.    Multiplicador .....	11

1.3.14.	Transformador .....	12
1.4.	Variables principales que intervienen en la generación de micro plantas hidroeléctricas 12	
1.4.1.	Rendimiento de la turbina .....	12
1.4.2.	Rendimiento del generador .....	13
1.4.3.	Caudal .....	13
1.4.4.	Altura de salto de agua.....	13
1.4.5.	Velocidad de corriente de agua .....	15
1.4.6.	Densidad del agua .....	15
1.4.7.	Radio Hidráulico .....	15
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>.....</b>	<b>16</b>
2.1.	Metodología.....	16
2.2.	MATLAB.....	17
2.3.	Ecuaciones que intervienen en la generación de micro planta hidroeléctrica .....	17
2.3.1.	Caudal.....	18
2.3.2.	Altura de saltos de agua .....	18
2.3.3.	Diámetro interno de la tubería de presión .....	21
2.3.4.	Velocidad del flujo en la tubería forzada .....	21
2.3.5.	Pérdidas en las tuberías forzadas .....	21
2.3.6.	Presión nominal en una tubería forzada.....	22
2.3.6.	Eficiencia de los componentes de la instalación de generación .....	22
2.3.7.	Potencia mecánica.....	23
2.3.8.	Potencia eléctrica .....	23
2.4	Método Monte-Carlo .....	24
2.4.1.	Variables Aleatorios .....	24
2.4.2.	Variable aleatoria continua .....	24
2.4.3.	Generación de números aleatorios .....	24
2.4.4.	Ecuaciones del método Monte-Carlo.....	25
2.5.	Desarrollo de la simulación Monte-Carlo para estimar la generación hidroeléctrica.....	26
2.5.1.	Flujograma de la metodología empleada para estimar la generación hidroeléctrica utilizando simulación Monte-Carlo.....	26
2.5.2.	Interfaz de inicio .....	28
2.5.3.	Interfaz de simulación Monte-Carlo.....	29
2.5.4.	Interfaz de variables para la generación hidroeléctrica.....	31



2.5.5. Interfaz de estimación de generación hidroeléctrica .....	32
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>34</b>
3.1. Información general de la micro planta Hidroeléctrica Otavalo #1 .....	34
3.1.1. Tubería de presión .....	35
3.1.3. Equipo electromecánico.....	36
3.1.4. Tableros de control .....	37
3.2. Datos proporcionados por Hidroeléctrica Otavalo #1 .....	38
3.2.1. Datos del caudal.....	38
3.2.3. Datos de generación.....	44
3.3. Análisis de datos de Simulación Monte-Carlo .....	44
3.3.3. Ajuste de distribución.....	45
3.3.3. Generación del caudal aleatorio .....	46
3.4. Parámetros que intervienen en la generación hidroeléctrica .....	53
3.4.1. Altura de saltos de agua .....	53
3.4.2. Diámetro interno de la tubería.....	54
3.4.3. Velocidad de flujo en la tubería forzada .....	54
3.4.4. Presión nominal.....	55
3.4.5. Eficiencia en la planta hidroeléctrica.....	55
3.5. Estimación de generación hidroeléctrica .....	55
3.7. Validación de resultados de simulación.....	61
<b>Conclusiones .....</b>	<b>64</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>65</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>66</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>70</b>
<b>A. Manual de usuario.....</b>	<b>70</b>
<b>B. Código de programación .....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Clasificación de acuerdo con la dirección de entrada del agua:(a) axiales, (b) radiales, (c) tangentes .....	8
Fig. 2 Turbinas de acción:(a) Pelton, (b) Michell-Banki, (c) Turgo .....	9
Fig. 3 Turbinas de reacción:(a) Francis, (b) Hélice, (c) Kaplan .....	10
Fig. 4 Turbinas de reacción:(a) Francis, (b) Hélice, (c) Kaplan .....	11
Fig. 5 Esquema del salto de agua .....	14
Fig. 6 Diagrama de metodología de la investigación .....	16
Fig. 7 Esquema del salto de agua .....	18
Fig. 8 Flujograma de la metodología empleada para desarrollar la simulación Monte-Carlo y estimar la generación Hidroeléctrica .....	28
Fig. 9 Portada del programa.....	29
Fig. 10 Lámina del historial del caudal .....	30
Fig. 11 Lámina del caudal simulado .....	31
Fig. 12 Lámina de variables que intervienen en la generación hidroeléctrica .....	32
Fig. 13 Lámina de generación hidroeléctrica estimada.....	33
Fig. 14 Ubicación geográfica Planta Hidroeléctrica Otavalo #1 .....	34
Fig. 15 Grupo generador 2.....	35
Fig. 16 Tubería de presión .....	35
Fig. 17 Unidad generadora de turbina hidroeléctrica.....	36
Fig. 18 Transformador elevador .....	37
Fig. 19 Tableros de control: (a) regulador de velocidad, (b) distribución, (c) protecciones .....	37
Fig. 20 Caudal histórico del año 2019.....	38
Fig. 21 Caudal histórico del año 2020.....	40
Fig. 22 Caudal histórico del año 2021 .....	41
Fig. 23 Caudal histórico del año 2022 .....	42
Fig. 24 Caudal histórico promedio del año 2019-2020 .....	43
Fig. 25 Generación histórica del año 2019-2022 .....	44
Fig. 26 Probabilidad normal .....	45
Fig. 27 Ajuste de distribución normal .....	46
Fig. 28 Probabilidad normal .....	47
Fig. 29 Probabilidad normal .....	47
Fig. 30 Probabilidad normal .....	48
Fig. 31 Caudal simulado: (a) año 1, (b) año 2, (c) año 3, (d) año 4, (e) año 5 .....	51
Fig. 32 Histograma: (a) año 1, (b) año 2, (c) año 3, (d) año 4, (e) año 5 .....	52

Fig. 33 Plano de tubería de presión .....	54
Fig. 34 Generación simulada: (a) año 1, (b) año 2, (c) año 3, (d) año 4, (e) año 5 .....	58
Fig. 35 Histogramas de generación simulada: (a) año 1, (b) año 2, (c) año 3, (d) año 4, (e) año 5 .....	60
Fig. 36 Generación hidroeléctrica real mensual del año 2019-2022.....	61
Fig. 37 Simulación 1 de generación hidroeléctrica del año del año 1 al año 5.....	62
Fig. 38 Comparación de la generación real y generación simulada.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación por su emplazamiento .....	1
Tabla 2 Clasificación por su capacidad instalada.....	3
Tabla 3 Clasificación por su altura de salto .....	4
Tabla 4 Error de generación del caudal .....	53
Tabla 5 Error de estimación de generación.....	60

## Resumen

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta el desarrollo de proyectos hidroeléctricos es la determinación sobre qué capacidad de generación se obtendrá a partir del recurso hídrico. En el Ecuador se carece de diseños competentes de obras de tal importancia, donde se procede a establecer instalaciones con sencillos criterios, sin el argumento apropiado de las variaciones existentes, ocasionando una mala selección del tamaño óptimo que conlleva a una ineficiencia en la generación hidroeléctrica. Para estimar la capacidad de generación hidroeléctrica de un efluente de agua es necesario generar el mayor número posible de datos aleatorios del caudal, a partir de un historial para poder estimar probabilísticamente la tendencia de cambios de datos. El presente trabajo estima la capacidad de generación eléctrica para el planeamiento de micro plantas hidroeléctricas, mediante simulación Monte-Carlo utilizando el caudal como variable aleatoria. El desarrollo del código de simulación Monte-Carlo se realizó en el programa computacional Matlab, proporcionando un código genérico para estimar la capacidad de generación hidroeléctrica utilizando el caudal aleatorio. Posteriormente se obtuvo el historial de datos del caudal del caso de estudio que se lo utilizó para determinar el comportamiento del caudal simulado, juntamente con la utilización de los fundamentos matemáticos se determinó los valores de las variables que intervienen en la generación hidroeléctrica en el caso de estudio, los resultados obtenidos de generación hidroeléctrica simulados se lo compararon con los valores reales del caso de estudio. Demostrando así que la utilización de simulación Monte-Carlo para la estimación de generación hidroeléctrica es adecuada para el planeamiento de micro plantas hidroeléctricas.

Palabras claves: simulación Monte-Carlo, números aleatorios, caudal, generación hidroeléctrica, estimación.

## Abstract

One of the main problems facing the development of hydroelectric projects is the determination of what generation capacity will obtain from the water resource. In Ecuador, there is a lack of designs competent for works of such magnitude, where the facilities are established with simple criteria, without the proper argumentation of the existing variations, causing a poor selection of the optimal size that leads to inefficiency in hydroelectric generation, to estimate the hydroelectric generating capacity of a water effluent, it is necessary to generate as much random flow data as possible, based on this history to probabilistically estimates the trend of data changes. The present work estimates the electricity generation capacity for the planning of micro hydroelectric plants through Monte-Carlo simulation using the flow as a random variable. The Monte-Carlo simulation development code was carried out in the Matlab computer program, providing a generic code to estimate hydroelectric generation capacity using a flow by chance. Subsequently, the history of the flow data of the case study obtained, which was used to determine the behavior of the simulated flow, together with the use of mathematical foundations, the values of the variables that intervene in hydroelectric generation in the case study, the results obtained from the simulated hydroelectric generation compared with real values of the case study. Thus, the use of Monte-Carlo simulation demonstrated estimation of hydroelectric generation is adequate for planning micro-hydroelectric power plants.



Alejandra Almeida

Capacitador La UEmprende E.P

## Introducción

Un estudio reciente según U.S. Energy Information Administration muestra que el consumo de energía a nivel mundial va a aumentar un 28% entre 2015 y 2040. Lo más posible que ocurra es que los combustibles fósiles habituales continúen figurando una valiosa fuente de energía debido al aumento de preocupación mundial por los cambios y el consumo excesivo de los recursos no renovables (Magaju, Cattapan, y Franca, 2020).

Según United Nations Development Programme (UNDP) aproximadamente 1.400 millones de personas a nivel mundial no disponen acceso a la electricidad y otros 1.000 millones aún no tienen acceso regular en la actualidad. Para 2030 el consumo de energía eléctrica aumentará a una tasa anual correspondiente a 2,5 % según International Energy Agency (IEA) (Guiamel y Han Soo, 2020).

Actualmente las energías renovables han dejado de ser tecnologías costosas y minoritarias para ser plenamente competitivas y eficaces en el momento de cubrir las necesidades de la demanda. Dentro de estas energías renovables se encuentra la energía hidroeléctrica, como principal aliado en la generación de energía limpia y autóctona (Castro, 2006)

La generación hidroeléctrica es una de las energías renovables más antiguas, no obstante, en relación con otras tecnologías es una de las mejor estudiadas. A partir de 2019, la capacidad instalada total de energía hidroeléctrica es de aproximadamente 1150 GW a nivel mundial, que es la más alta entre todas las energías renovables (Rahman, Farrok, y Haque, 2022).

El potencial hidroeléctrico en Latinoamérica y el Caribe (LAC) se estima que representa cerca del 18% del potencial hidroeléctrico a nivel mundial. Brasil y los países andinos como son: Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia concentran las tres cuartas partes de este potencial hidroeléctrico, con más de 500 GW (Alarcón, 2018) .

Existe importante evidencia de relación directamente proporcional a largo plazo del consumo de generación hidroeléctrica al crecimiento económico de los países como Brasil, Chile, Colombia, Ecuador y Perú. El consumo de generación hidroeléctrica afecta positivamente las economías de estos países latinoamericanos (Solarin Ozturk, 2015).

Entre 2010 y 2020, la población del Ecuador aumentó 2,5 millones de personas, extendiendo su población de 15 millones a 17,5 millones de habitantes. El consumo de energía

eléctrica por persona está entre 2010 y 2020, lo que mostró un incremento del 33,0% pasando de 1.105 kWh por habitante a 1.470 kWh (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

Actualmente la actividad de generación eléctrica es realizada por empresas públicas y privadas debidamente habilitadas por la autoridad asociadas para ejercer esta actividad. En el 2020 se registran 139 centrales de generación eléctrica, de las cuales 80 pertenecen a las empresas de generación pública y 59 representan a empresas de generación privada, donde están formadas por: biogás 2, biomasa 3, fotovoltaica 24, hidroeléctrica 64, termoeléctrica 45, eólica 1 (Informe Anual 2020, 2020)

Las micro plantas hidroeléctricas durante su trayectoria han adquirido una atención cada vez mayor debido a su viable ecología y precios que son aceptables, para generar electricidad disponible sin producir gases de efecto invernadero, contaminación nociva o un gasto inapropiado del agua (Wang, y otros, 2009).

La evaluación de pequeños proyectos hidroeléctricos en un área estratégica que reúna las condiciones necesarias de caudal implica formular proyectos alternativos para que sean apoyados por el gobierno central o institución pública o privada para el desarrollo o integración económica. El aprovechamiento hidroeléctrico resuelve la necesidad de compensar energía eléctrica a estas, cumpliendo con los requisitos establecidos (Blanco Rodríguez y Hernández Aldana, 2005).

La planta Hidroeléctrica Otavalo #1, se localiza en la provincia de Imbabura Cantón Otavalo en la Ciudad de Otavalo vía a Quiroga, situada a las orillas del Río Blanco. Compuesta por dos equipos generadores de diferente capacidad, con una potencia nominal de 400 kW.



## **Planteamiento del problema**

Uno de los primordiales problemas a los que se enfrenta el desarrollo de proyectos hidroeléctricos, es la determinación sobre qué capacidad de generación deberá tener una micro planta hidroeléctrica a fin de aprovechar al máximo el recurso hídrico (Castro Valdivia, 2017).

En el Ecuador se carece de diseños técnicos competentes en comparación con la importancia de proyectos de micro plantas hidroeléctricas, donde se procede a establecer instalaciones con sencillos criterios, sin el argumento apropiado de variaciones existentes, estructura e ingeniería para la realización de obras de tal importancia. Ocasionando una mala selección del tamaño óptimo de una micro planta hidroeléctrica, que conlleva a una ineficiencia en el funcionamiento por el cual el potencial eléctrico y los recursos, no son aprovechados por completo (Vivas Rodríguez, 2020).

Para estimar la capacidad de generación eléctrica de un efluente de agua es necesario generar el mayor número posible de datos aleatorios de su caudal, a partir de un histórico para poder estimar probabilísticamente la tendencia de cambio de datos. No se puede conocer las variaciones del caudal a tiempo real para mejorar la eficiencia.

## **Pregunta de investigación**

¿Cómo estimar la capacidad de generación hidroeléctrica considerando el caudal como variable aleatoria mediante una simulación Monte-Carlo?

## **Justificación**

El gobierno ecuatoriano tiene un fundamental accionar en el sector eléctrico, fortaleciendo la matriz energética como pilar fundamental de la productividad, es por eso que el Directorio de la Agencia de Regulación y Control de energía y Recursos Naturales No Renovables ARCERNNER, en la resolución 013/2021, promueve el desarrollo de tecnologías ambientales limpias y de energías alternativas no contaminantes, así como energías renovables, diversificadas de bajo impacto, aprovechando así su privilegiada ubicación geográfica (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2021).

El proyecto de evaluación de la capacidad de generación micro planta hidroeléctrica permitirá facilitar la estimación de la generación hidroeléctrica, es decir, realizar el cálculo probabilístico de la capacidad de generación eléctrica que puede llegar a generar en un punto del efluente, utilizando datos del caudal, parámetros de diseño y funcionamiento de la planta Hidroeléctrica Otavalo #1.

Debido a la carencia de diseños competentes que existen para la importancia de proyectos de micro plantas hidroeléctricas, se va a solucionar la incertidumbre de la capacidad de generación que se puede llegar a obtener mediante un historial de caudal, consiguiendo resultados que posteriormente permitan la toma de decisiones que conlleven a la implementación.

## **Alcance**

La presente investigación se enfoca en el método estadístico Monte-Carlo, donde se determinará la capacidad de generación de una micro planta hidroeléctrica utilizando el caudal como variable aleatoria.

Para el desarrollo del proyecto, se realizará una recopilación de datos históricos del caudal de planta Hidroeléctrica Otavalo #1, con la finalidad de utilizar esa información como variable principal.

El análisis del modelo probabilístico del caudal se realizará con los datos históricos obtenidos. Con el modelo probabilístico se procederá a realizar la simulación del método Monte-Carlo mediante el programa computacional Matlab.

La simulación Monte-Carlo generará una cantidad amplia de variaciones aleatorias a partir de un historial hídrico reducido como información disponible. Proporcionando una gran cantidad de datos proyectados del caudal para la estimación del potencial de micro planta hidroeléctrica que será capaz de generar.

Se tomará en cuenta los parámetros de diseño, funcionamiento, historial hídrico del caudal, historial de generación eléctrica, proporcionada por la planta Hidroeléctrica Otavalo #1. Validando la estimación de la capacidad de generación eléctrica obtenida por simulación en comparación con los datos reales de la micro central hidroeléctrica.

## **Objetivo General**

Estimar la capacidad de generación eléctrica para el planeamiento de micro centrales hidroeléctricas, mediante la simulación Monte-Carlo utilizando el caudal como variable aleatoria.

## **Objetivos Específicos**

1. Describir los parámetros que intervienen en la capacidad de generación micro planta hidroeléctrica.
2. Realizar la simulación Monte-Carlo para la estimación de capacidad de generación de una micro planta hidroeléctrica.
3. Validar la estimación de la capacidad de generación eléctrica en una micro central hidroeléctrica real.

# CAPÍTULO 1

## Parámetros de generación de micro planta hidroeléctrica

El presente capítulo tiene como objetivo presentar los conceptos de clasificación y partes de la generación de una micro planta hidroeléctrica, tiene como base los parámetros y variables principales (caudal, altura de salto de agua, velocidad de corriente de agua, densidad del agua, radio hidráulico) que intervienen en el proceso de generación.

### 1.1. Energía Hidroeléctrica

Las hidroeléctricas cuentan con una infraestructura que tienen acceso a la utilización de la energía cinética del agua de un río, para que posteriormente dicha energía sea convertida en energía eléctrica mediante la utilización de turbinas con sus respectivos generadores. Este procedimiento tiene la posibilidad de retornar el agua utilizada en las mismas condiciones iniciales (Mosquera y Gallego, 2018).

### 1.2. Clasificación de las plantas hidroeléctricas

La forma en cómo se clasifican las plantas hidroeléctricas presentan una gran diversidad categórica. Por ese motivo, se las clasificó de acuerdo con los siguientes aspectos: por su emplazamiento, por su capacidad instalada y clasificación por la altura del salto. Estas plantas se detallan a continuación.

#### 1.2.1. Clasificación por su emplazamiento

Dentro de la clasificación por su emplazamiento se pueden encontrar diferentes tipos de plantas hidroeléctricas, las más comunes son: de embalse, agua fluyente, con canal de derivación y centrales mixtas. Estas se describen en la Tabla 1.

*Tabla 1*

*Clasificación por su emplazamiento*

<b>Tipo de hidroeléctrica</b>	<b>Características principales</b>
Planta de embalse	Embalse que permite almacenar agua. Facultad de elegir en que instante turbinar.

---

	No existe el riesgo de desaprovechar dicho recurso.
	No tiene embalse de regulación.
	Turbina directamente durante la circulación del agua.
Planta de agua fluyente	Puede recibir el agua por medio de un canal.
	Tiene una azud que ayuda a subir el nivel del agua.
	Tiene un azud donde se coloca un canal de toma.
Planta con canal de derivación	Recibe el agua por medio de un canal de toma.
	Consigue un aumento de salto.
	Conformada por un embalse y un canal de derivación.
Planta mixta	El agua es llevada a las turbinas a través de tuberías a presión.
	Localizada en zonas montañosas.

---

*Nota.* Fuente: (Sanz Osorio, y otros, 2016)

Nota: En la Tabla 1 se tiene que la central de embalse como característica principal posee la capacidad de almacenar gran cantidad de agua, eligiendo el instante en el que esta agua almacenada sea tomada para turbinar, sin que exista el riesgo de desaprovechar dicho recurso. La planta de agua fluyente no tiene represa de regulación, por lo tanto, la turbina trabaja directamente durante la circulación del agua de un arroyo, río o canal. Generalmente disponibles en micro plantas hidroeléctricas, ese tipo de plantas disponen de un azud que permite atajar y subir el nivel del agua. Las plantas con canal de derivación reciben el agua por medio de un canal de toma colocada en el azud que la conduce hacia la hidroeléctrica, consiguiendo así un aumento de salto. En el momento que el caudal del arroyo o río aumenta, esta pasa por encima del azud siguiendo su trayectoria natural. Las plantas mixtas engloban un pequeño embalse de almacenamiento de agua, que no tiene la posibilidad de regulación, y en caso de tener dicha regulación esta no supera a un día. De modo que, son hidroeléctricas que pueden determinar en qué instante del día pueden turbinar. Por lo regular se localizan en zonas montañosas en las que el embalse almacena agua de lluvia o de deshielo (Sanz Osorio, y otros, 2016).

### 1.2.2. Clasificación por su capacidad instalada

Los valores de la clasificación de las hidroeléctricas pueden variar de acuerdo con las regulaciones de cada país, por lo tanto, no hay una única posición de clasificación. Según La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), en función de la capacidad instalada las hidroeléctricas se pueden clasificar en: pico centrales, micro centrales, mini centrales, pequeñas hidroeléctricas y centrales hidroeléctricas (Unidad de Planeación Minero Energético, 2015).

Para el entendimiento acerca de la clasificación de hidroeléctricas por su capacidad instalada, se realizó la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Clasificación por su capacidad instalada.*

<b>Tipo de hidroeléctrica</b>	<b>Características principales</b>	<b>Capacidad instalada (kW)</b>
Pico central	Su operación se realiza a fijo de agua, se la puede emplear en zonas que no están interconectadas.	Entre 0,5 y 5
Micro central	Su operación se realiza a fijo de agua, se la puede emplear en zonas que no están interconectadas o casos aislados de zonas interconectadas.	Entre 5 y 50
Minicentral	Su operación se realiza a fijo de agua, se la puede emplear en zonas que no están interconectadas o casos aislados de zonas interconectadas.	Entre 50 y 500
Pequeña central	Su operación se la realiza a filo de agua, se lo puede emplear en zonas	Entre 500 y 20.000

	que no están interconectadas como también en zonas interconectadas.	
Central hidroeléctrica	El caudal con la que trabaja es de gran cantidad, se emplean en zonas nacionales interconectadas.	Mayor a 20.000

*Nota.* Fuente: (Unidad de Planeación Minero Energético, 2015)

Nota: Como se muestra en la Tabla 2 las hidroeléctricas se pueden clasificar de acuerdo con un rango de capacidad instalada. Acorde a su diseño e infraestructura general cada hidroeléctrica sin importar su capacidad instalada tiene el mismo principio de funcionamiento en diferente escala.

De acuerdo con la regulación No. CONELEC 008/08, es considerada una micro planta hidroeléctrica cuando la potencia instalada está en la categoría de 5 a 50 kW. Donde, la generación de energía hidroeléctrica depende fundamentalmente del caudal, salto de agua y el rendimiento de los equipos (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2016).

Definiendo así, a una micro planta hidroeléctrica como una agrupación de infraestructuras, equipos mecánicos y eléctricos que aprovechan la energía cinética que brinda un arroyo, río o canal, para la generación de energía eléctrica a través de uno o más generadores (Chicaiza, 2019).

### 1.2.3. Clasificación por la altura de salto

Esta clasificación por salto es importante, ya que establece el tipo de elementos de una hidroeléctrica. La clasificación es: pequeña, mediana y gran altura. Estas se detallan en la Tabla 3.

*Tabla 3*

*Clasificación por su altura de salto*

Hidroeléctricas de acuerdo con su altura	Características principales
Pequeña altura	Localizadas en terrenos llanos o levemente ondulados.



---

	<p>El salto es menor a los 15 m.</p> <p>Grandes caudales</p> <p>Utiliza centrales de agua fluyente o canal de derivación. Sin ningún tipo de embalse.</p>
Mediana altura	<p>Localizadas en terrenos irregulares.</p> <p>El salto está entre los 10 y 100 m.</p> <p>Caudal intermedio.</p> <p>Tiene un pequeño embalse de almacenamiento de agua.</p>
Gran altura	<p>Localizadas en terrenos montañosos.</p> <p>El salto es mayor a 100 m.</p> <p>Caudal reducido.</p> <p>Tienen un embalse con gran capacidad de acumulación de agua.</p>

---

*Nota.* Fuente: (González, 2012)

Nota: En la Tabla 3 se puede deducir el criterio de clasificación para una hidroeléctrica de pequeña altura se establece sí, es menor a 15 metros, mientras tanto la hidroeléctrica de gran altura sí, es mayor a 100 metros, y una de mediana altura sí, está entre 10 y 100 metros (González, 2012).

Las variaciones de altura de salto de pequeña, mediana y gran altura respectivamente, en los tres casos inician desde la superficie del río o agua almacena en un embalse, hasta la superficie del agua que se encuentra en el desagüe. El valor de la altura de salto determina el tipo de turbinas a usar, instalaciones, presa y obra civil (González, 2012).

### **1.3. Partes de una micro planta hidroeléctrica**

Los elementos más relevantes que componen una micro planta hidroeléctrica son: azud, obra de toma, tubería de presión, turbina, generador eléctrico y transformador. Estas partes se describen a continuación.

#### **1.3.1. Bocatoma**

Es la obra civil dirigida a pequeñas hidroeléctricas en el cual se toma el caudal que se requiere mediante una división parcial del río, esta construcción permite conseguir la potencia de diseño, su construcción es resistente ya que debe soportar las crecientes del efluente (Collazos , Sánchez, y Ortiz, 2015).

#### **1.3.2. Obra de conducción**

Por medio de un canal, o una obra civil como túnel o tubería esta estructura se encarga de conducir el agua generalmente desde la bocatoma hasta la cámara de carga, posee una pequeña pendiente que le permite realizar esta acción (Collazos , Sánchez, y Ortiz, 2015).

#### **1.3.3. Desarenador**

Es necesario que las impurezas como hojas, ramas, piedras que se encuentran en suspensión o son arrastradas por la corriente sean retiradas, por lo tanto, en la etapa de conducción se levanta un tanque con mayores extensiones que la del canal, para que las impurezas pierdan velocidad y sean detenidas evitando el paso hacia las turbinas (Collazos , Sánchez, y Ortiz, 2015).

#### **1.3.4. Azud**

Es una estructura situada perpendicularmente al cauce del río con la misión de elevar el nivel de este y conseguir una zona de aguas tranquilas, desviando el caudal necesario hacia la hidroeléctrica. El azud puede ser extremadamente simple, el tipo más sencillo está formado a base de rocas colocadas directamente en el cauce (Sanz Osorio, y otros, 2016).

#### **1.3.5. Embalse**

El volumen de agua que puede almacenar una estructura de embalse determina la capacidad de regulación. De manera que, a mayor cantidad de agua almacenada, mayor será la libertad para turbinar. Hay embalses que almacenan agua durante horas, días, semanas o meses de modo que le permita turbinar en las horas pico (García, García, y Sarasúa, 2011).

#### **1.3.6. Cámara de carga**

Consiste en un depósito que se encarga de acumular el agua necesaria para cubrir la tubería de presión, considerando las diferentes alteraciones rápidas del caudal. Esta cámara de carga evita el ingreso de aire en la tubería de presión que provocaría sobrepresiones (Ogayar, 2019).

### **1.3.7. Obra de toma**

La obra de toma es una estructura, situada en la presa o en el azud, destinada a desviar el caudal hacia el canal de derivación o hacia la tubería. El agua debe pasar por la obra de toma con la mínima pérdida de carga posible y debe permitir el paso de todo el caudal que requiera la central, independientemente de si el río es de régimen tranquilo o turbulento. Cuando la obra de toma alimenta directamente una tubería de presión, esta coincide con lo que se denomina cámara de carga (Sanz Osorio, y otros, 2016).

### **1.3.8. Tubería de presión**

La tubería de presión se encarga de conducir el agua hasta llegar a las turbinas, con el objetivo de dar movimiento a los generadores de la hidroeléctrica. Estas están diseñadas para resistir altas presiones y reducir pérdidas de energía cinética (Deingenierias, 2019).

El agua circula por las tuberías a una determinada presión y a gran velocidad, por lo que deben reducirse las pérdidas de carga todo lo posible. Estas tuberías tienen la particularidad de ser siempre circulares, es la que menos pérdidas de carga comporta. Los materiales más empleados son: acero, hormigón, polietileno y PVC (Sanz Osorio, y otros, 2016).

### **1.3.9. Casa de máquinas**

Es una obra civil en la que se encuentran las turbinas con sus respectivos generadores, que transforman la energía cinética en mecánica y posteriormente en eléctrica, también puede conformar de otros dispositivos como multiplicadores de velocidad, tableros con sus respectivas protecciones (Collazos , Sánchez, y Ortiz, 2015).

### **1.3.10. Desagüe**

Esta obra puede estar conformada por tuberías o canales que está conectada a la salida del agua que ha sido aprovechada y turbinada para la generación hidroeléctrica, dicha estructura recoge el agua y en el punto conveniente la devuelve al arroyo o río permitiendo así un vaciado total (Ogayar, 2019).

### **1.3.11. Turbina**

La turbina es la parte principal del generador, un motor rotativo que cambia la energía potencial gravitacional proporcionada por un efluente de agua en un trabajo mecánico rotativo. En general, una turbina tradicional está conformada por un estator, rotor y un eje. La energía

cinética del agua hace que giren los álabes provocando un movimiento en la turbina que está incorporada al generador mediante un eje (Kadier, y otros, 2018).

De acuerdo con la dirección de entrada del agua en la turbina, éstas pueden clasificarse en: axiales, radiales (centrípetas y centrífugas), tangenciales. Estas se evidencian en la Figura 2.

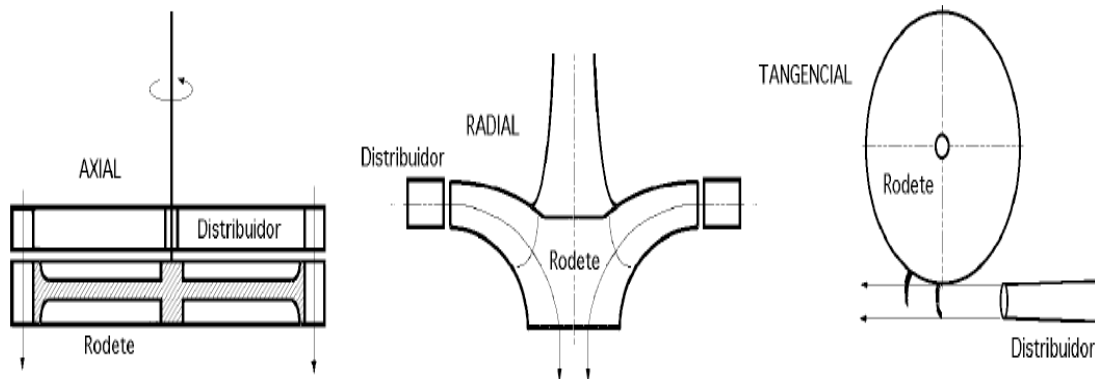


Fig. 1 Clasificación de acuerdo con la dirección de entrada del agua:(a) axiales, (b) radiales, (c) tangentes

Fuente: (Fernández, 2016)

En la Figura 1 se puede observar que, en las axiales, el agua ingresa paralelamente al eje. En las radiales el agua ingresa perpendicularmente al eje, siendo centrífugas cuando el agua va de adentro hacia afuera, y centrípetas, cuando el agua va de afuera hacia adentro. En las tangenciales el agua ingresa de forma lateral o tangencial contra los álabes. Cualquier tipo de clasificación de acuerdo con la disposición del giro del eje, pueden ser horizontal y vertical (Fernández, 2016).

Las turbinas pueden ser de acción y reacción. Estas se detallan a continuación.

### a) Turbina de acción

En las turbinas de acción el flujo de agua llega al rodete con una cierta presión, donde la energía potencial de salto se transmite al rodete en forma de energía cinética. Eso quiere decir que tanto el empuje como la acción del agua coinciden y se dirijan en la misma dirección (Fernández, 2016). Se clasifican en: Pelton, Michell-Banki y Turgo. Estas se representan en la figura 3.

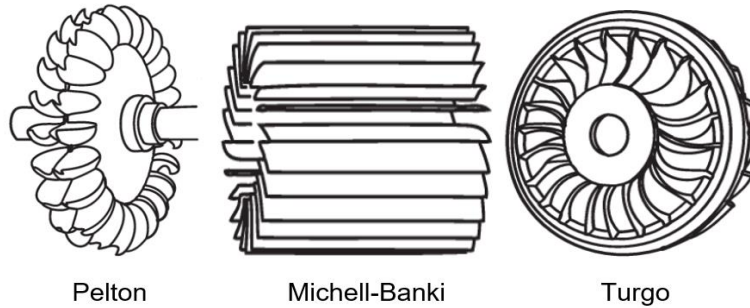


Fig. 2 Turbinas de acción:(a) Pelton, (b) Michell-Banki, (c) Turgo

Fuente: (González, 2012)

En la Figura 2 se puede observar lo siguiente.

- **Turbina Pelton:** en el apartado a) se puede observar que los álabes tienen una forma de cuchara ubicadas en el contorno del rodete y el mismo se conecta a un eje que puede ser horizontal o vertical, el agua choca con los alabes provocando un movimiento rotacional, es tangencial y muy utilizada en grandes saltos (Carta, Calero, Colmenar, y Castro, 2009).
- **Turbina Michell-Banki:** en el apartado b) se observa un diseño diferente al resto con una forma cilíndrica acoplada con alabes alargados, esta es utilizada de pequeñas hidroeléctricas, ya que puede trabajar con pequeños saltos. Se caracteriza por tener una alta eficiencia ya que el agua pasa de forma repetida por los alabes (Sandoval, 2018).
- **Turbina Turgo:** en el apartado c) se observa un diseño similar a la turbina Pelton, en este tipo sus alabes tienen una forma de cuchara, pero con más profundidad asemejándose a cuencanos, los mismos que se encuentran acoplados en el rodete. El flujo de agua que ingresa lo hace de forma lateral en el rodete, pasando por los alabes antes de descargar (Pandey y Karki, 2017).

## b) Turbina de reacción

El agua llega con una cierta presión y en el momento que atraviesan los álabes del rodete esta va a disminuir, de forma que, al descargarse el agua la presión puede ser nula. En estas turbinas la energía cinética se transforma, en energía cinética y la otra de presión, es decir que el empuje y la acción del agua no coinciden, la acción del agua

tendrá una respuesta en dirección contraria al empuje. Se clasifican en: Pelton Francis y Kaplan. Estas se detallan a continuación.

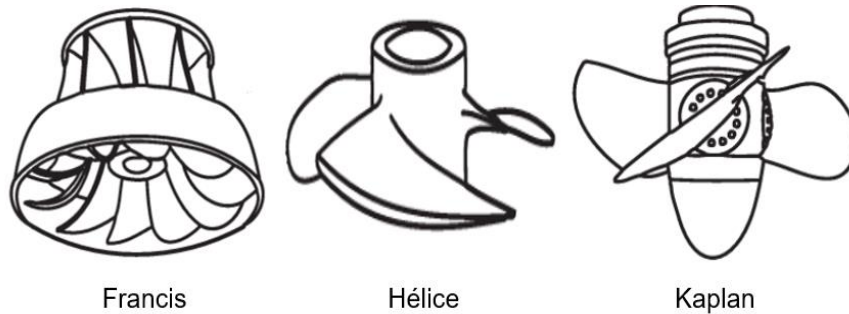


Fig. 3 Turbinas de reacción:(a) Francis, (b) Hélice, (c) Kaplan

Fuente: (González, 2012)

En la Figura 3 se puede observar lo siguiente.

- **Turbina Francis:** en el apartado a) se visualiza que esta turbina consta de álabes curvos, dispuestos rígidamente reforzados con una banda en los extremos de su parte frontal y trasera. Recibe el agua de forma radial, produciendo movimiento a medida que se descarga el flujo de modo a axial (Pandey y Karki, 2017).
- **Turbina Hélice:** en la Figura b) se puede observar que los alabes de esa turbina están acoplados directamente a una base, impidiendo ser ajustable. En la figura se puede apreciar que se asemeja a una hélice de barco, conformada por tres álabes, sin embargo, por lo general pueden ser hasta ocho (Pandey y Karki, 2017).
- **Turbina Kaplan:** en la Figura c) se observa una turbina semejante a la turbina hélice con la misma cantidad de álabes. No obstante, en la turbina Kaplan los álabes tienen la capacidad de ser ajustable a un cierto ángulo, resultado una mayor eficiencia en el momento de descarga (Pandey y Karki, 2017).

En la Figura 4 se puede evidenciar las turbinas: Pelton, Turgo, Francis, Banki y Kaplan representadas en función del caudal y la altura.

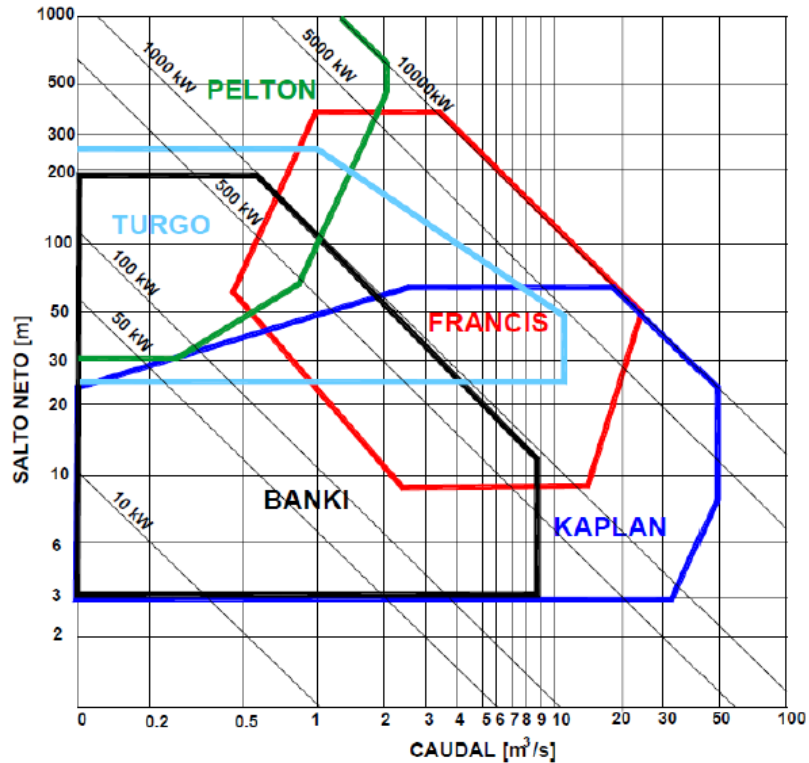


Fig. 4 Turbinas de reacción:(a) Francis, (b) Hélice, (c) Kaplan

Fuente: (Observatorio de Energías Renovables en Uruguay, 2010)

En la Figura 4 se puede evidenciar una gráfica que tiene en el eje de las abscisas ciertos valores del caudal en ( $m^3/s$ ) entre 0 a 100 y en el vertical el salto neto en (m) de 0 a 1000, para estimar una turbina se debe analizar el caudal y el salto, no obstante, se debe considerar el rendimiento de estas. La turbina Kaplan sería la más apropiada para pequeños saltos y caudales que varían.

### 1.3.12. Generador eléctrico

El generador es una máquina eléctrica que convierte la energía mecánica en energía eléctrica de corriente alterna, existen dos tipos; generador sincrónico y asíncrono. El generador sincrónico como alternador es utilizado generalmente en centrales hidroeléctricas y el más frecuente a emplear en pequeñas, mini y micro hidroeléctricas (Valdez, Pacheco Guambaña, Jara, y Palomeque, 2019).

### 1.3.13. Multiplicador

Los generadores tienen unas velocidades de giro fijas por ciertos números de polos, dado que las turbinas se obligan a girar a esa velocidad. No obstante, en las turbinas de

pequeñas potencias que operan con saltos inferiores, la velocidad de giro de la turbina es muy limitado. Sin embargo, en esta situación se ubica un multiplicador de velocidades en la turbina y generador a través de engranajes ubicados en los ejes que se colocan en el rodamiento, incrementando la velocidad conseguida en el eje de la turbina hasta un valor apropiado (Sanz Osorio, y otros, 2016).

#### **1.3.14. Transformador**

Un transformador es un equipo eléctrico que permite elevar o reducir una tensión o voltaje manteniendo la misma potencia. Los transformadores se los utiliza para elevar un voltaje de corriente alterna a un voltaje apropiado para el transporte, y en el otro punto reducir el voltaje. La elevación del voltaje posibilita la reducción de pérdidas en los conductores de transporte (Wagemakers y Escribano, 2017).

### **1.4. Variables principales que intervienen en la generación de micro plantas hidroeléctricas**

Las variables principales que intervienen en una micro planta hidroeléctrica son: rendimiento de las máquinas, caudal, altura de salto de agua, velocidad de corriente de agua, densidad del agua, radio hidráulico. Estos tipos se describen a continuación.

#### **1.4.1. Rendimiento de la turbina**

El funcionamiento básico de las turbinas se resume en el golpe del agua en los alabes que hacen girar un eje sobre sí mismo. La turbina se dimensiona y se diseña para funcionar bajo unas condiciones determinadas de salto y caudal que determinan el punto nominal de funcionamiento. El diseño de la turbina responde al objetivo de disminuir al máximo las pérdidas de energía que se producen en el proceso. El rendimiento nominal de una turbina, por lo tanto, ronda el 90%. Es decir, se aprovechan nueve décimos del salto (García Alarcón, García Martín, y Sarasúa Moreno, 2011).

Las variaciones del aumento y disminución del caudal suponen una pérdida del rendimiento de la turbina. La variación de operación de la turbina no sólo afecta al rendimiento de la máquina, sino que pueden afectar a buen funcionamiento de esta. Caudales y saltos brutos muy superiores o inferiores a los nominales pueden generar desperfectos en la turbina. Por otro lado, en la turbina puede identificarse el rendimiento manométrico asociado con la altura de neta, así mismo el rendimiento volumétrico que relaciona el caudal real con el caudal



teórico, donde el caudal real es el caudal teórico de entrada menos el caudal de fuga entre los áreas de la carcasa y el eje de la máquina y su propio caudal recirculado que se queda en el rodete y finalmente el rendimiento mecánico en el que se considera principalmente de las pérdidas por fricción (García Alarcón, García Martín, y Sarasúa Moreno, 2011).

#### **1.4.2. Rendimiento del generador**

El rendimiento de la máquina eléctrica es bastante alto y no depende en gran medida del punto de operación de la central. En cambio, el rendimiento del generador sí depende de la potencia que genera. En máquinas por debajo de los 10 MW los rendimientos oscilan entre el 92 y el 97%, mientras que para alternadores con potencia superior a los 50 MW los rendimientos son superiores al 98% (García Alarcón, García Martín, y Sarasúa Moreno, 2011).

#### **1.4.3. Caudal**

El caudal es el volumen de agua que pasa por una superficie en un determinado tiempo, está expresado en unidades de volumen por tiempo. El caudal puede medirse de diferentes formas, y la selección de este está ligada con las condiciones que se presentan. Generalmente, los valores del caudal se expresan en relación con la altura del agua (Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2020).

De forma general, el caudal durante las diferentes estaciones anuales sufre grandes variaciones, constatando la existencia de temporadas lluviosas o húmedas, secas y medias. No obstante, no existe un ciclo plenamente definido. Por tal motivo, es de utilidad disponer de un gran número de datos de un historial hidrológico, dependiendo del efluente que se estudia en concreto (Sanz Osorio, y otros, 2016).

En un río puede existir un caudal pico que es el máximo producido que se produce en un evento progresivo, así mismo se puede deducir un caudal medio que se produce en una jornada completa, ese caudal se lo calcula en función de los caudales instantáneos (Sanz Osorio, y otros, 2016).

#### **1.4.4. Altura de salto de agua**

La energía eléctrica que se produce en una micro planta hidroeléctrica es directamente proporcional al aprovechamiento de la altura del salto de agua. La altura del salto de agua es la distancia vertical que se recorre una masa de agua desde un determinado nivel superior a otro inferior (Sanz Osorio, y otros, 2016).

La altura de salto de agua se la puede clasificar en: salto bruto, salto útil, pérdidas de carga y salto neto. Estas se describen a continuación.

En la Figura 4 básicamente se representa las partes de una generación hidroeléctrica donde se indica las distancias que pertenecientes a cada salto de agua.

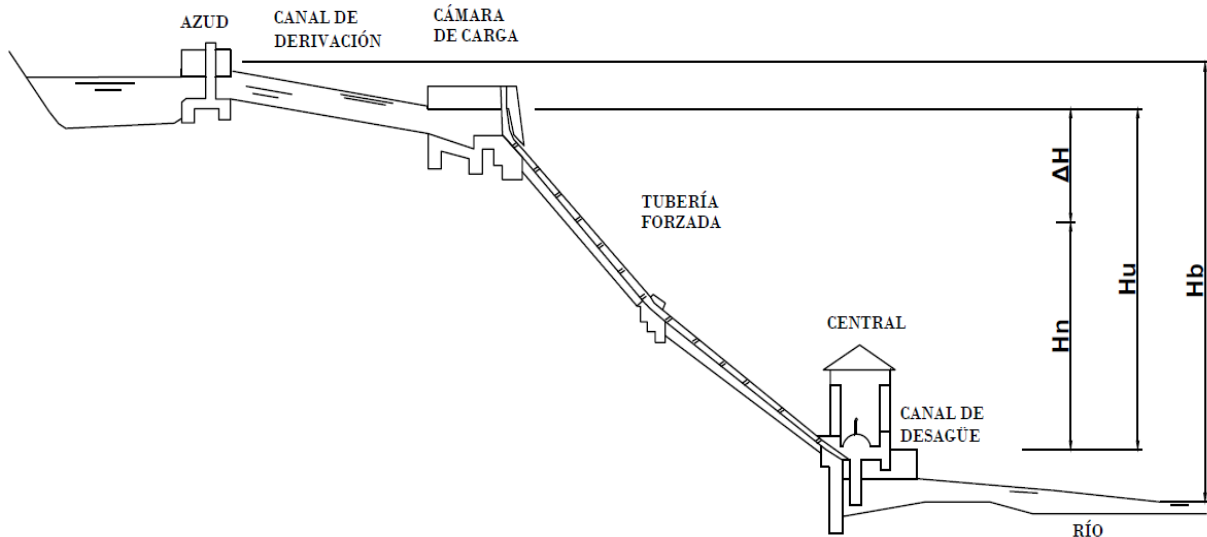


Fig. 5 Esquema del salto de agua

Fuente: (Castellano Galán, 2008)

En la Figura 5 se puede apreciar lo siguiente:

#### a) Salto bruto ( $H_b$ )

Es la distancia perpendicular medida desde la lámina de agua hasta la cámara de descarga, eso quiere decir que es el salto total existente, y su valor es igual a la diferencia de altura entre el nivel de aguas arriba del salto y el nivel inferior. El nivel inferior depende del tipo de turbina, en el caso de las turbinas de reacción corresponde al punto de devolución del agua al río, mientras que en el caso de las turbinas de acción el nivel inferior viene dado por el punto donde el agua golpea a los álabes del rodete (Sanz Osorio, y otros, 2016).

#### b) Salto útil ( $H_u$ )

Es la distancia perpendicular medida desde la lámina de agua de la cámara de carga y el nivel inferior que está conformado por el canal de desagüe, donde se encuentra la turbina (Sanz Osorio, y otros, 2016).

### **c) Pérdidas de altura ( $\Delta H$ )**

Corresponde a la pérdida de altura efectiva proporcionado por rozamientos en los diferentes elementos de transporte y control del caudal (Sanz Osorio, y otros, 2016).

### **d) Salto neto ( $H_n$ )**

Una vez que se conoce el salto útil, se resta las pérdidas de carga, obteniendo el salto neto (Castellano, 2008).

#### **1.4.5. Velocidad de corriente de agua**

La velocidad de la corriente del agua cambia en el caudal en forma horizontal y vertical, siendo así, la cantidad de agua que se recorre en un segundo. Existen diferentes formas para obtener los valores de una velocidad. La velocidad y el caudal son las variables más importantes para el diseño de una hidroeléctrica (Arias, 2019).

#### **1.4.6. Densidad del agua**

Generalmente la densidad del agua en gramos está en una relación cercana a los  $1.000\text{kg/m}^3$ . No obstante, se tiene que tomar en cuenta los diferentes factores que pueden afectar directamente a dicho valor como la temperatura ambiente, presión atmosférica y salinidad (Zarza, 2020).

#### **1.4.7. Radio Hidráulico**

El radio hidráulico está estrechamente ligado con el perímetro mojado, que es la sección transversal de un conductor que tiene contacto del agua con la pared sin tomar en cuenta la superficie no ocupada por el agua. Así, el radio hidráulico es la correspondencia del área del perímetro mojado (Jiménez Terán, y otros, 2016).

## CAPÍTULO 2

### Simulación Monte-Carlo para la estimación de capacidad de generación de una micro planta hidroeléctrica

A través del análisis de la información teórica de las ecuaciones que se utilizaron para el cálculo de los parámetros de una micro planta hidroeléctrica, el modelado matemático de la simulación Monte-Carlo, se realizó un interfaz del programa elaborado en el software de Matlab/App Designer, conformada por las pestañas de (inicio, simulación Monte-Carlo, variables para la generación hidroeléctrica y generación hidroeléctrica simulada).

#### 2.1. Metodología

En la Figura 6 se detalla el procedimiento con el que se desarrolló la Simulación Monte-Carlo que permitió generar caudales aleatorios utilizados para la estimación de la capacidad de generación de una micro planta hidroeléctrica.

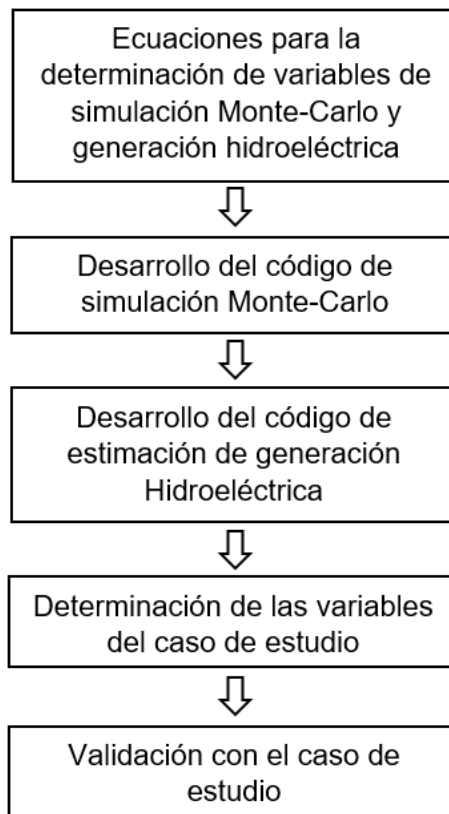


Fig. 6 Diagrama de metodología de la investigación

En primer lugar, se establecieron las ecuaciones que se utilizaron para realizar los cálculos de las variables que intervienen en la simulación Monte-Carlo y generación hidroeléctrica. Posteriormente se desarrolló el código de la simulación Monte-Carlo que permitió generar el caudal aleatorio, de acuerdo con los datos históricos del caudal real. De igual manera se desarrolló el código para estimar la capacidad de generación, esto se lo realizó juntamente con el caudal simulado y las variables de entrada, donde se tiene pleno control.

Se realizó la descripción general del caso de estudio. La hidroeléctrica Otavalo #1 proporcionó los datos del historial del caudal, que se lo utilizó para determinar el comportamiento del caudal simulado, juntamente con la utilización de los fundamentos matemáticos se determinó los valores de los parámetros que intervienen en la generación hidroeléctrica en el caso de estudio. Los resultados obtenidos por la estimación de generación hidroeléctrica se lo compararon con los valores reales del caso de estudio.

## **2.2. MATLAB**

MATLAB es un software computacional técnico que posibilita la ejecución del cálculo de datos numéricos de forma rápida y precisa, acompañado de características de interfaz gráfica y de visualización moderna, idóneas para el trabajo científico e ingenieril. El diseño de MATLAB es abierto y amplio, permitiendo la extensión con Excel, C y otros softwares que son muy utilizados e importantes para importación y exportación de datos. Su nombre abreviado viene de “MATrix LABoratory” (Olivar y Granada, 2019).

Se ha utilizado MATLAB debido a la presencia de patrones de situaciones de muestreo y comportamiento de evolución del historial del caudal que permitió estudiar y a analizar su comportamiento numérico para generar una gran cantidad de números aleatorios de forma instantánea, obtenido así una solución rápida y precisa (MathWorks, 2022).

Para la realización del trabajo de investigación se utilizó la versión R2022b, la cual es proporcionada por la Universidad Técnica del Norte, donde se manejó la extensión MATLAB App Designer para el diseño de una mejor interfaz gráfica.

## **2.3. Ecuaciones que intervienen en la generación de micro planta hidroeléctrica**

Las ecuaciones principales que intervienen en una micro planta hidroeléctrica son: altura de salto de agua, diámetro interno de la tubería, velocidad de corriente de agua, pérdidas y

presión nominal en la tubería forzada, eficiencia de los componentes, potencia mecánica y eléctrica. Estas ecuaciones se describen a continuación.

### 2.3.1. Caudal

Según González (2012) afirma que el caudal en una sección de un conductor se expresa según lo indicado en la Ecuación ( 1 ) .

$$Q = A * v \quad (1)$$

Donde

$Q$ : caudal ( $m^3/s$ )

$A$ : área de la sección ( $m^2$ )

$v$ : velocidad promedio ( $m/s$ )

### 2.3.2. Altura de saltos de agua

El salto hidroeléctrico que puede ser una construcción o curso natural tiene en esencia transformar la energía que posee el agua entre un punto alto y un bajo. En la misma puede representarse pérdidas de energía por el calor disipado y su mayor parte por el rozamiento con los elementos que conforman el sistema (García Alarcón, García Martín, y Sarasúa Moreno, 2011).

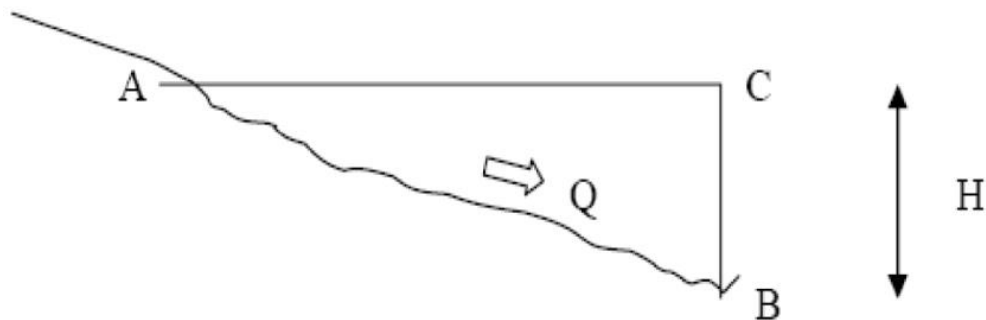


Fig. 7 Esquema del salto de agua

Fuente: (García, García, & Sarasúa, 2011)

En la Figura 7 se puede observar un desnivel geométrico donde, el punto A y el punto B se encuentran en un diferente nivel de altura, representando así, la diferencia de energía cinética que hay entre los dos puntos en una determinada altura H (García Alarcón, García Martín, y Sarasúa Moreno, 2011).

### a) Salto bruto

Según Mott (2006) explica que la ecuación de Bernoulli de flujo de agua entre dos puntos a través de un sistema de conductos se la representa de acuerdo con la Ecuación ( 2 ).

$$e_{AB} = Z_A - Z_B + \frac{P_A - P_B}{\gamma} + \frac{v_A^2 - v_B^2}{2g} \quad (2)$$

Donde:

$e_{AB}$ : energía que posee un fluido entre dos puntos

$Z_A$ : altura A

$Z_B$ : altura B

$P_A$ : presión en el punto A

$P_B$ : presión en el punto B

$\gamma$ : peso específico del fluido

$v_A^2$ : velocidad A

$v_B^2$ : velocidad B

$g$ : constante gravitatoria 9,81

De acuerdo con la Ecuación ( 2 ) considerando lo siguiente  $P_A = P_B = 0$ , se obtiene la Ecuación ( 3 ).

$$v_A^2 = v_B^2 = 0 \quad (3)$$

Según García Alarcón, García Martín, y Sarasúa Moreno (2011) la Ecuación ( 3 ) queda expresada de la siguiente manera:

$$e_{AB} = Z_A - Z_B = H_b \quad (4)$$

$$H_b = Z_A - Z_B \quad (5)$$

Donde:

$e_{AB}$ : energía que posee un fluido entre dos puntos

$H_b$ : salto bruto

$Z_A$ : altura A

$Z_B$ : altura B

#### **b) Pérdidas de altura**

Según Vivas (2020) para el cálculo de las pérdidas se toma la Ecuación ( 6 ).

$$\Delta H = \frac{15}{100} * H_b \quad (6)$$

Donde

$\Delta H$ : pérdidas de altura (m)

$H_b$ : salto bruto

#### **c) Salto útil**

Según Martínez (2015) el cálculo del salto útil se realiza de acuerdo con la Ecuación ( 7 ).

$$Hu = H_n - \Delta H \quad (7)$$

Donde:

$Hu$ : salto útil

$H_n$ : Salto neto

$\Delta H$ : pérdidas de altura (m)

#### **d) Salto neto**

Según Martínez (2015) el salto neto o también conocido como salto real se lo puede determinar de acuerdo con la siguiente Ecuación ( 8 ):

$$Hn = H_b - \Delta H \quad (8)$$

Donde:

$Hn$ : Salto neto



$H_b$ : salto bruto

$\Delta H$ : pérdidas de altura (m)

### 2.3.3. Diámetro interno de la tubería de presión

Según Vásquez (2015) para el cálculo del diámetro interno se requiere la longitud de la tubería forzada, esta medida es desde el tanque de presión hasta la entrada de casa de máquinas. Para ello se utilizó la Ecuación ( 9 ).

$$Di = 0.3 \cdot \sqrt[5]{\frac{Q^2 \cdot L}{H_n}} \quad (9)$$

Donde:

$Di$ : diámetro interno de la tubería (m)

$L$ : Longitud de la tubería (m)

$Q$ : caudal ( $m^3/s$ )

$H_n$ : Salto neto

### 2.3.4. Velocidad del flujo en la tubería forzada

Según Bula (2017) el cálculo de la velocidad del flujo se realiza de acuerdo con la Ecuación ( 10 ).

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_t^2} \quad (10)$$

Donde:

$v$ : velocidad (m/s)

$D_t$ : Diámetro de la tubería (m)

$Q$ : caudal ( $m^3/s$ )

### 2.3.5. Pérdidas en las tuberías forzadas

Según Carta, Calero, Colmenar, Castro (2009) las pérdidas en los conductores pueden ser estimados mediante la Ecuación ( 11 ), de manera que es aplicable a corrientes turbulentas, que fluyen en los conductos de las tuberías forzadas.

$$hf = f \left( \frac{L}{D} \right) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (11)$$

Donde:

$hf$ : pérdidas en las tuberías forzadas

$f$ : factor de adimensional

$L$ : Longitud del tubo ( $m$ )

$D$ : Diámetro de la tubería ( $m$ )

$v$ : velocidad media ( $m/s$ )

$g$ : constante gravitatoria 9,81

### 2.3.6. Presión nominal en una tubería forzada

Según Carrillo (2009) para la presión nominal en una tubería forzada se toma la Ecuación ( 12 ).

$$P = d \cdot g \cdot H_n \quad (12)$$

Donde:

$P$ : Presión nominal del sistema ( $Pa$ )

$d$ : Densidad del fluido 1000 ( $kg/m^3$ )

$g$ : constante gravitatoria 9,81

$H_n$ : Salto neto

### 2.3.6. Eficiencia de los componentes de la instalación de generación

Según Vargas, Haas, Reyes, Salinas, y Morata (2020) para el cálculo de la eficiencia de la generación en una hidroeléctrica se utiliza la Ecuación ( 13 ). La eficiencia en una hidroeléctricas es afecta por la transformación de la potencia hidráulica en mecánica y finalmente a potencia eléctrica, cabe mencionar que la eficiencia no es lineal en una planta hidroeléctrica.

$$n_{total} = n_t * n_g * n_{tr} \quad (13)$$

Donde:

$n_{total}$ : factor de eficiencia

$n_t$ : rendimiento de la turbina

$n_g$ : rendimiento del generador

$n_{tr}$ : rendimiento del transformador

### 2.3.7. Potencia mecánica

La potencia mecánica se la expresa en función del caudal, la altura neta y el rendimiento de la turbina, de acuerdo con la Ecuación ( 14 ).

$$P_m = d * g * Q * Hn * n_t \text{ (W)} \quad (14)$$

Donde:

$d$ : densidad del fluido  $1(kg/m^3)$

$P_m$ : Potencia mecánica (w)

$g$ : constante gravitatoria 9,81  $(m/s^3)$

$Hn$ : salto neto.

$n_t$ : rendimiento de la turbina

$Q$ : caudal  $(m^3/s)$

### 2.3.8. Potencia eléctrica

Según Vargas, Haas, Reyes, Salinas, y Morata (2020) para la obtención de la potencia eléctrica se añade la eficiencia del generador y del transformador a la Ecuación ( 14 ) de la potencia mecánica, definiéndose la siguiente Ecuación ( 15 ):

$$P_e = d * g * Q * Hn * n_t * n_g * n_{tr} \quad (15)$$

Donde:

$P_e$ : Potencia eléctrica (kW)

$d$ : densidad del fluido  $1(kg/m^3)$

$g$ : constante gravitatoria 9,81  $(m/s^3)$

$Q$ : caudal  $(m^3/s)$

$Hn$ : salto neto.

$n_t$ : rendimiento de la turbina

$n_g$ : rendimiento del generador

$n_{tr}$ : rendimiento del transformador

## **2.4 Método Monte-Carlo**

Este método formaliza el comprender de los procesos estocásticos, a través de un procediendo de cálculo fundamentado en variados muestreos de los datos principales de las variables que conforman los problemas que se examinan y estudian. Mientras más muestras se tenga del problema, y el comportamiento de cómo evoluciona, se obtendrá mejores resultados (de la Funte O'Connor, 2017).

### **2.4.1. Variables Aleatorias**

Si bien el concepto tradicional de variable es una representación que adopta diferentes valores, el concepto de variable aleatoria está relacionado al mismo. Donde se puede tomar valores que son consecuencia del azar. Siendo así una función encargada de asignar un valor numérico a cada uno de los puntos del espacio muestral de un ensayo aleatorio (López Fernández, Bofill Placeres, y Palmero Urquiza, 2019).

### **2.4.2. Variable aleatoria continua**

En este modelo de variable aleatoria la posibilidad de que se tome un valor numérico particular se considera cero, para este caso no es posible considerar un valor puntual de una variable continua, la misma variable que es aliada a experimentos, en el que la variable evaluada puede ocupar cualquier valor de acuerdo con los parámetros del ajuste de distribución o intervalo (Segarra, 2019).

### **2.4.3. Generación de números aleatorios**

Los números aleatorios generados por código de ordenador no pueden ser realmente aleatorios, ya que la forma como se generan es completamente determinista, o sea, ningún valor aleatorio es presente. A pesar de eso, las secuencias que se producen con estas repeticiones que imitan ser aleatorias pasan algunas pruebas de aleatoriedad. Algunos escritores optan hacer hincapié en el llamamiento a tales secuencias como números pseudo aleatorios (Cheney y Kincaid, 2012).

Los procesos aleatorios empleados en los ordenadores, como la simulación Monte-Carlo, están fundamentados en una sucesión de números aleatorios indistintamente entre cero y uno. A pesar de que existen registros de números aleatorios, en consecuencia, hay dificultad de utilizarlas para cálculos en los ordenadores (Papadakis, 2010).

Los números aleatorios producidos por los ordenadores son pseudo aleatorios, ya que la secuencia se reitera con una repetición determinada a partir de un conjunto originario. La generación de estos números es viable en general, pero en realidad no son muy aleatorios. La sucesión de números pseudo aleatorios producidos está determinada en su mayoría, por un número fijo conocido como semilla, que libera la serie de secuencias. Los leguajes en su mayoría de programación computación incorporan funciones y ecuaciones que pueden facilitar la generación de números aleatorios (Cheney y Kincaid, 2012).

Para la generación de números aleatorios se ha utilizado la función rand (), que es inyecta en la Función Inversa de Distribución Acumulativa ICDF, funciones que están incorporadas en MATLAB.

#### 2.4.4. Ecuaciones del método Monte-Carlo

Según de la Fuente O'Connor (2017) el método Monte-Carlo está basado en el siguiente resultado.

Sea  $X_1, X_2 \dots$  una secuencia de variables aleatorias independientes que tienen la distribución y la función  $g: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ .

Tal que

$$\mu = E[g(X_1)] = E[g(X_2)] = \dots \quad (16)$$

Se cumple que

$$\frac{g(X_1) + g(X_2) + \dots + g(X_n)}{n} \quad (17)$$

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} g(x) f_{X_1}(x) dx \quad \text{al } n \rightarrow \infty \quad (18)$$

Donde:

$x$ : variable aleatoria

$f_x$ : función de densidad de probabilidad

$g$ : una función

$X_n$ : muestras aleatorias

$n$ : cantidad de números aleatorios

De acuerdo con ese teorema, la disposición para el cálculo que sigue el método Monte-Carlo es:

Para una cantidad que se aspira determinar es posible escribir como:

$$\int_{-\infty}^{\infty} g(x)f_x(x)dx \quad (19)$$

Una variable aleatoria  $X$  con función de densidad de probabilidad PDF representada como  $f_x$ , y para alguna función concreta  $g$ . Asimismo, los números  $x_1, x_2, \dots$  son muestras aleatorias de la distribución de  $f_x$ . Siendo así, la media:

$$\frac{1}{n}(g(x_1) + g(x_2) + \dots + g(x_n)) \quad (20)$$

Aproximando el valor de  $y$  con una exactitud dada por la Ecuación ( 21 ):

$$\frac{1}{\sqrt{n}} \quad (21)$$

## 2.5. Desarrollo de la simulación Monte-Carlo para estimar la generación hidroeléctrica

El programa se lo realizó para calcular variables hidráulicas, mecánicas y potencia eléctrica, de acuerdo con los parámetros de diseño, la simulación se la realizó en App Designer debido a su facilidad para manipular las variables de entrada en cual se tiene pleno control, la misma está conformada por varias pestañas para realizar los cálculos y simulaciones de forma cronológica. Cabe mencionar que el programa se lo realizó para que trabaje de forma genérica, eso quiere decir que se puede ingresar cualquier base de datos de acuerdo como se describe en el manual de usuario Anexo A.

Para el desarrollo del programa se tomó en cuenta: diagrama de flujo, diseño de la portada, simulación Monte-Carlo (historial del caudal y Caudal simulado), variables para la generación hidroeléctrica, generación hidroeléctrica estimada. Estas se detallan a continuación.

### 2.5.1. Flujograma de la metodología empleada para estimar la generación hidroeléctrica utilizando simulación Monte-Carlo

A partir de la metodología que se representa en la Figura 8, donde se tiene como variable principal el caudal registrado, donde se trabaja con valores medios diarios, que han sido promediado de acuerdo con tomas durante cada hora del día a día. Mientras mayor sea el número de datos históricos se obtendrá mejores resultados, para ello se tiene en cuenta

la fundamentación teórica y ecuaciones que específicamente cumplen una función determinada en el programa.

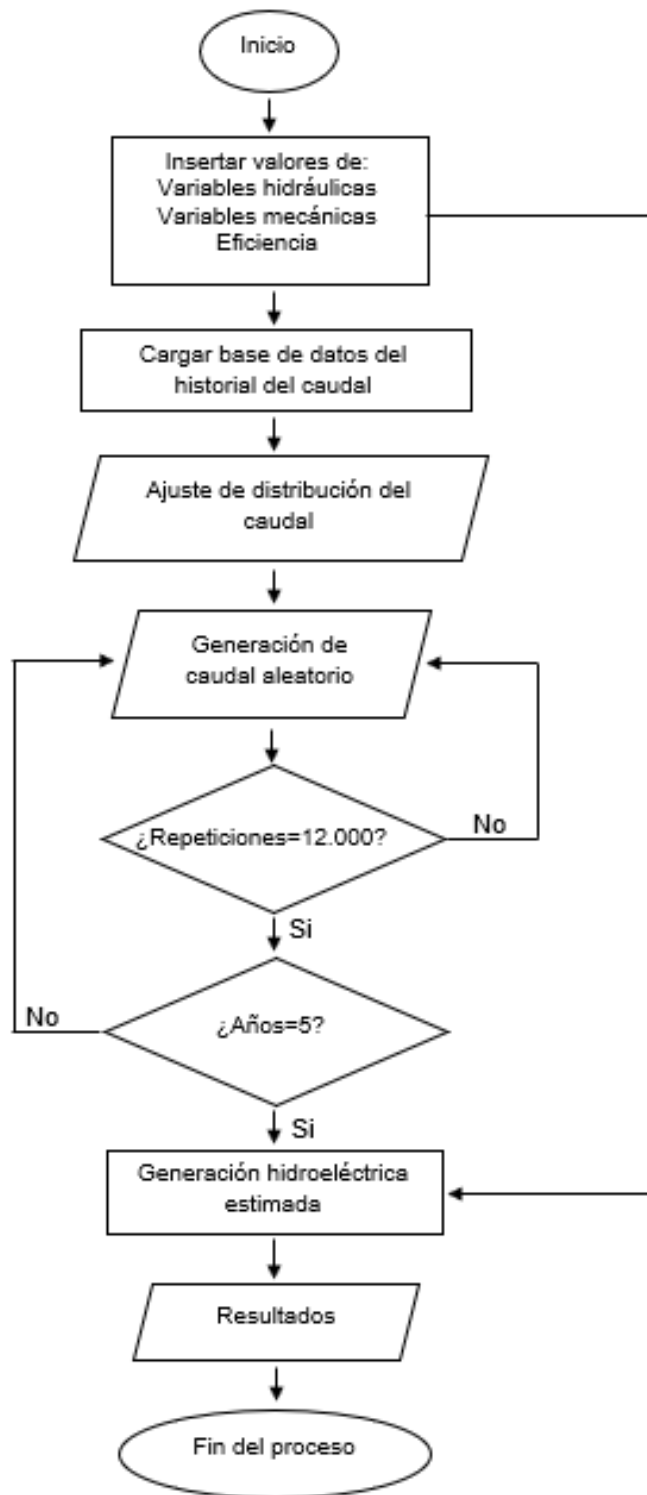


Fig. 8 Flujograma de la metodología empleada para desarrollar la simulación Monte-Carlo y estimar la generación Hidroeléctrica

En la Figura 8 se puede visualizar que el programa se inicializó insertando los valores hidráulicos, mecánicos y eficiencia, donde el usuario puede digitar en ciertos casilleros correspondientes dichos valores.

Posterior a eso, se cargó la base de datos del caudal registrado de acuerdo con el caso de estudio, mediante la utilización de conceptos básicos de probabilidad y estadística se procedió a realizar un ajuste de curva, que para ello se ha seleccionado la distribución normal, siendo la más importante de todas las distribuciones conocidas para una variable aleatoria continua, de igual manera esta distribución se acopla correctamente a datos históricos de caudal debido a la forma como están separados los valores de desviación estándar respecto con la media.

De acuerdo con el ajuste de distribución de los datos históricos del caudal con los parámetros de media y desviación estándar se realizó la simulación Monte-Carlo, donde se generan 12.000 valores aleatorios entre 0 y 1 utilizando la función rand (), cabe reiterar que el ordenador solo puede generar ese tipo de valores que sin inyectados en la Función Inversa de Distribución Acumulativa ICDF del ajuste de distribución, para generar valores del caudal aleatorio.

Finalmente, se han generado 12.000 valores de caudal aleatorio para un año simulado, estos se almacenan en un vector para posteriormente utilizarlos en la estimación de generación hidroeléctrica. Proceso que se repite para cinco años que son representados en diferentes gráficas para visualizar su comportamiento.

### **2.5.2. Interfaz de inicio**

Inicialmente se puede observar en la Figura 9 que el programa contiene diferentes pestañas para realizar los diferentes cálculos y visualizar los resultados.





Fig. 9 Portada del programa

En la Figura 9 se evidencia la interfaz inicial del programa, donde se lo programó para que sea la presentación de este, resaltando a la Universidad y la Carrera de Electricidad con sus respectivos escudos que las caracterizan, el tema de trabajo de grado, el autor y finalmente el año en el que se realizó la programación de la aplicación.

### 2.5.3. Interfaz de simulación Monte-Carlo

Debido a la importancia que presentó este apartado, esta pestaña se le dividió en dos subpestañas: historial del caudal y caudal simulado. Estas se describen a continuación.

#### a) Historial del caudal

En la Figura 10 se puede observar la interfaz del historial del caudal donde se presenta la tabla nombrada (datos del historial), en la cual permite cargar los datos del historial del caudal, almacenándolos en una matriz, para posteriormente realizar un análisis probabilístico y estadístico.

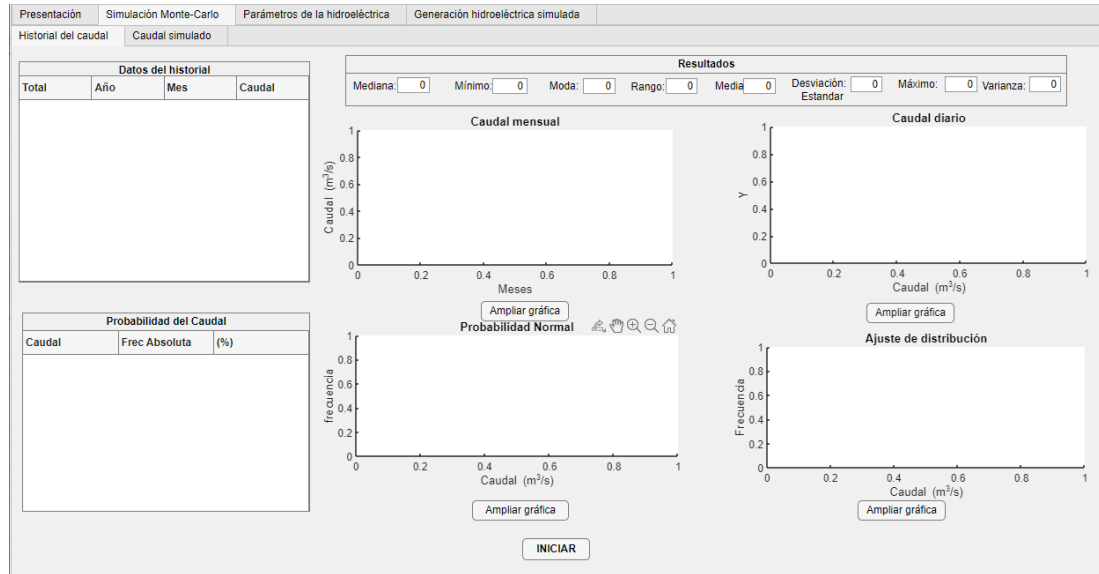


Fig. 10 Lámina del historial del caudal

En la parte izquierda inferior de la Figura 10 se puede identificar una tabla nombrada (probabilidad del caudal), la cual, en base a los datos de la tabla titulada (historial del caudal) hace un análisis comparativo entre todos los elementos del vector caudal y determina la frecuencia relativa en porcentaje, evidenciando el caudal con mayor probabilidad de acuerdo con el caudal histórico que ha sido insertado.

En la parte superior de la Figura 10 se visualiza una tabla con el nombre de (resultados), la cual proporciona información estadística de los datos ingresados del caudal histórico, entre los más destacados la media, valor máximo y mínimo, desviación estándar y varianza. Finalmente se tiene cuatro axes, que son gráficas que permiten visualizar el comportamiento anual y mensual del caudal, probabilidad y la distribución normal con su respectivo histograma.

Cabe mencionar que en este apartado se visualiza tablas y axes en blanco, debido a que se lo está representando de forma genérica. En el capítulo siguiente se inserta información del caudal histórico para iniciar con la estimación de generación hidroeléctrica.

## b) Caudal simulado

En la figura 11 se puede presenciar la segunda subpestaña de la pestaña Simulación Monte-Carlo, en la tabla titulada (caudal aleatorio) que representaría los 12.000 caudales aleatorios que se generaran mensualmente durante un año de simulación, de la misma forma la aplicación está programada para que por cada

corrida genere cinco años de caudal aleatorio simulado. En el Anexo A se encuentra un manual de usuario para saber la manipulación correcta del programa y de esa forma visualizar los cinco años de caudal simulado. Mediante la utilización de la Ecuación ( 20 ) respecto al método Monte-Carlo se obtiene valores promedios mensuales que son reflejados en la tabla titulada (promedio de caudal aleatorio).

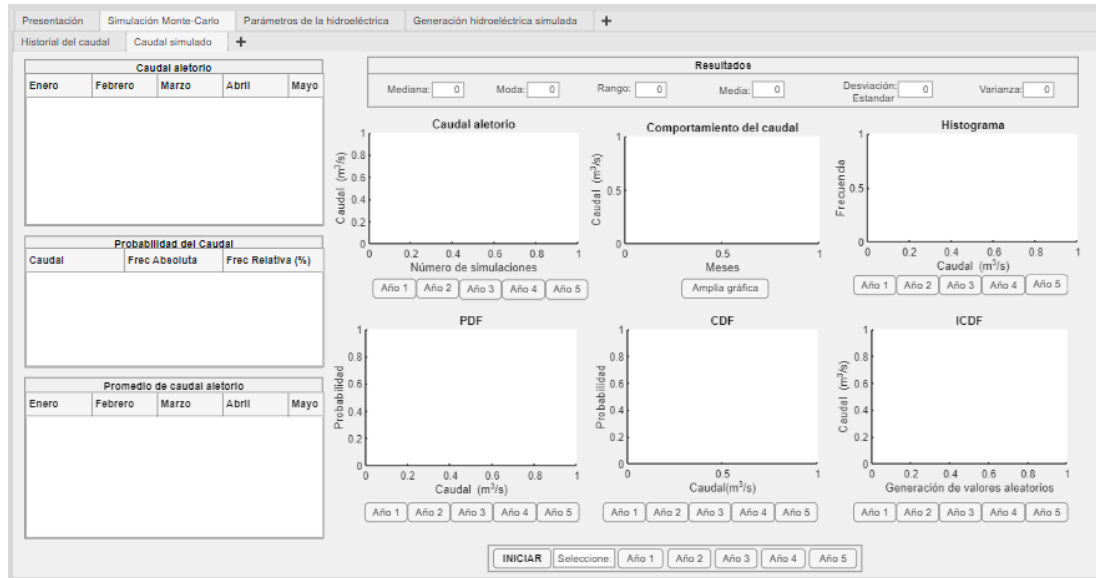


Fig. 11 Lámina del caudal simulado

De acuerdo con la Figura 11, se puede visualizar diferentes axes que, una vez importada una base de datos del caudal histórico, esta permitirá visualizar el comportamiento del caudal aleatorio simulado de los 12 meses durante 5 años. En la misma se contiene resultados de la mediana, moda, rango, desviación estándar, axes de la función de densidad de probabilidad (PDF), función de distribución acumulativa (CDF) y función inversa de distribución acumulativa (ICDF) de acuerdo con cada año de caudal simulación.

#### 2.5.4. Interfaz de variables para la generación hidroeléctrica

En la Figura 12 se puede contemplar que esa lámina se la dividió en dos partes principales: variables hidráulicas y variables de la turbina y rendimiento. Estas se detallan a continuación.

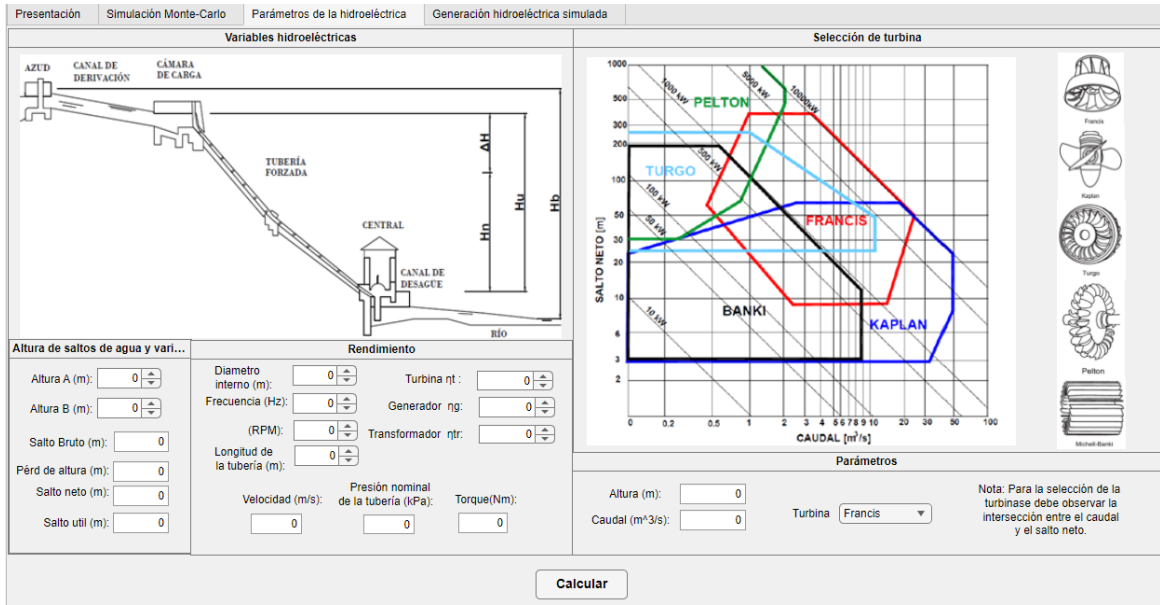


Fig. 12 Lámina de variables que intervienen en la generación hidroeléctrica

### a) Variables hidráulicas

En la interfaz de las variables hidráulicas de la Figura 12 se programó el cálculo de las alturas de saltos de agua mediante la uso de las Ecuaciones ( 1 ), ( 5 ), ( 6 ), ( 7 ) y ( 8 ). Para la presión de la tubería se utilizó la Ecuación ( 12 ) y finalmente para la velocidad del flujo en la tubería se manipuló la Ecuación ( 10 ).

### b) Variables de la turbina y rendimiento

Para el apartado de las variables de la turbina y rendimiento de la Figura 12 se observa una imagen que corresponde a la selección de la turbina. Nótese que el valor reflejado en la opción del caudal será seleccionado de acuerdo con los valores que se encuentran en la cola derecha de la ICDF, siendo observados los valores que son mayores a su media, tomando en cuenta los valores máximos del caudal simulado durante los 12 meses de los 5 años, dejando en opción al usuario de optar por la mejor selección de turbina de acuerdo con el salto neto y el caudal simulado. Por último, se realizó la programación para determinar el valor del rendimiento de la micro planta hidroeléctrica, utilizando la Ecuación ( 13 ).

## 2.5.5. Interfaz de estimación de generación hidroeléctrica

En la Figura 13 se puede apreciar una tabla titulada (estimación de generación hidroeléctrica), donde se representa en una columna el número de simulación, el caudal simulado y la estimación de generación hidroeléctrica, para ese apartado se utilizó un

ciclo for anidado, para seleccionar vector que contiene los caudales aleatorios simulados tomando solamente una celda específica para añadir a la Ecuación ( 15 ) y realizar los respectivos cálculos de la estimación de generación hidroeléctrica. Posterior a eso, dentro del ciclo for se crea un vector que almacena la celda del caudal simulado y la generación hidroeléctrica estimada. Este apartado se lo puede visualizar en el Anexo B, página 98.

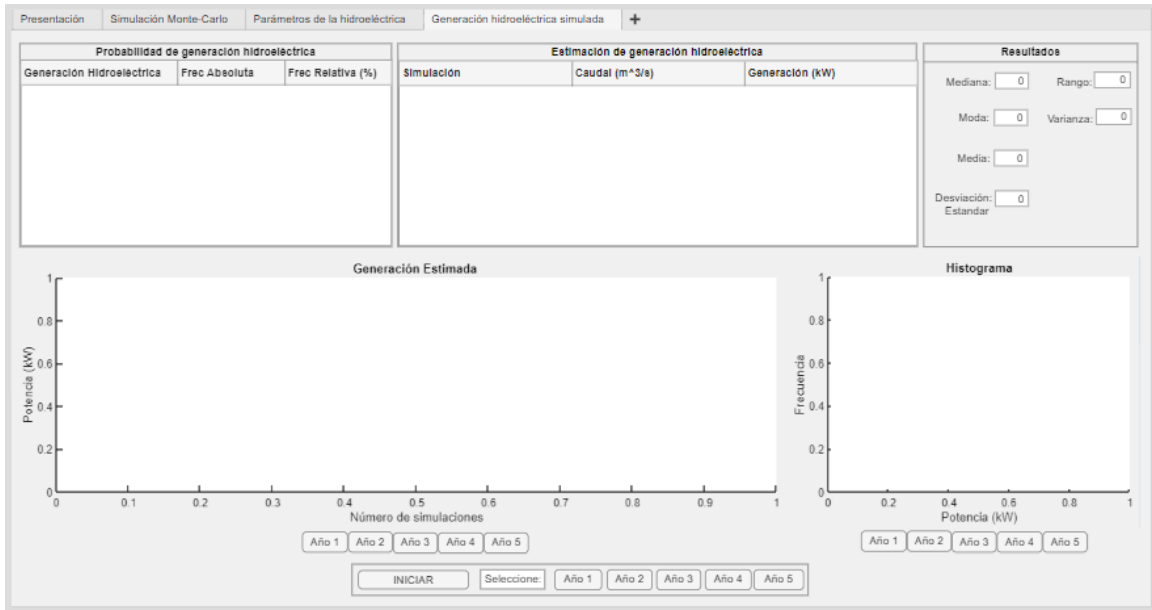


Fig. 13 Lámina de generación hidroeléctrica estimada

En la Figura 13 se puede ver la tabla nombrada (probabilidad de generación hidroeléctrica), de acuerdo con los datos de generación hidroeléctrica simulada se utilizó la estadística para determinar la frecuencia relativa en porcentaje y evidenciar cual es la generación que más se repite, para determinar la probabilidad de estimación de la generación hidroeléctrica.

De acuerdo con la Figura 13, se puede visualizar diferentes axes que permiten evidenciar la predicción de la generación con el número de simulaciones y su respectivo histograma.

## CAPÍTULO 3

### Validación de la estimación de generación hidroeléctrica

El capítulo tiene como fin explicar en detalle las partes principales de la planta Hidroeléctrica Otavalo #1 y los datos proporcionados del caudal y generación. Además, se expone el análisis de datos del caudal aleatorio que es proporcionada por la simulación Monte-Carlo. Asimismo, se realizó los cálculos de los diferentes parámetros que intervienen en la generación hidroeléctrica tomando en cuenta el caudal aleatorio. Finalmente se presenta los resultados obtenidos de la generación hidroeléctrica simulada que fueron comparados con los datos reales en el caso de estudio.

#### 3.1. Información general de la micro planta Hidroeléctrica Otavalo #1

La planta hidroeléctrica cuenta con una capacidad instalada 400 kW, conformada por dos grupos generadores, cada una con una capacidad de 250kW y 150kW que actualmente operan sin ningún problema.

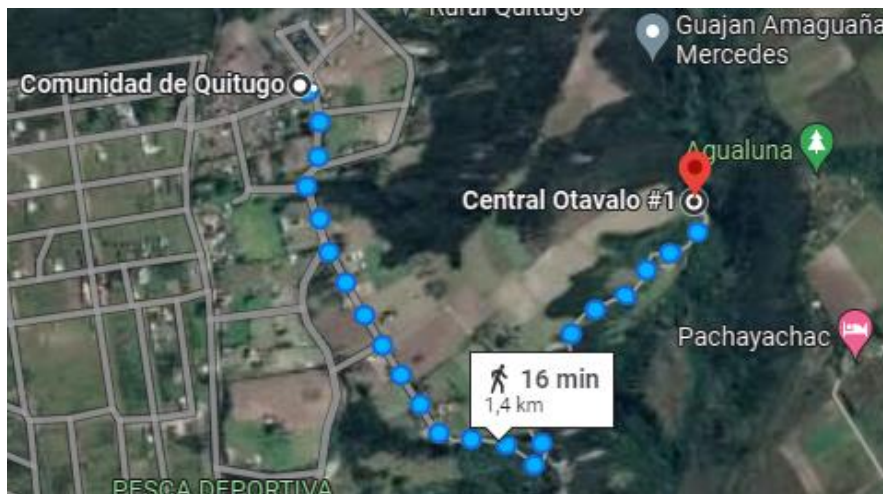


Fig. 14 Ubicación geográfica Planta Hidroeléctrica Otavalo #1

Fuente: Google Maps, 2023

La planta Hidroeléctrica Otavalo #1 se encuentra ubicada en la comunidad de Quitugo, cantón Otavalo, provincia de Imbabura aproximadamente a 2,7 km de la ciudad de Otavalo, en la vía Otavalo-Quiroga. El lugar tiene coordenadas de latitud 0,265054 y longitud -78, 266491. En la Figura 14 se muestra el recorrido desde la comunidad Quitugo hacia la casa de máquinas de la hidroeléctrica.

En la Figura 15 se muestra el montaje físico del grupo generador 2 que se utilizó como caso de estudio, donde se destaca el generador y la turbina.



Fig. 15 Grupo generador 2

En la Figura 15 se observa el grupo generador modelo SFW250-10/850, fabricado en Guanfdong, China, la misma que cuenta con un manual de montaje y operación donde contiene información de la tubería de presión, turbina, generador, protecciones, tableros y transformador. Estás se detallan a continuación.

### 3.1.1. Tubería de presión

En la Figura 16 se presenta la tubería de presión de llegada para el grupo dos de la Hidroeléctrica Otavalo #1.



Fig. 16 Tubería de presión

En la Figura 16 se visualiza la tubería de presión que ingresa a la casa de máquinas correspondiente al grupo generador 2, cabe mencionar que el número del grupo es de acuerdo con el orden que en el que se presenta a la tubería de presión principal, de ahí el nombre de grupo dos. El diámetro interno es de 600 mm y 685 mm de diámetro externo, de acuerdo con la información del manual.

### 3.1.3. Equipo electromecánico

Está conformado por: turbina, generador, regulador de velocidad transformador elevador y tableros de control. Estos se detallan a continuación.

#### a) Turbina

Es una turbina tipo Francis, modelo SFW-10/850 con un número de serie FCF 1607080, que fue fabricada en mayo del año 2016, diseñada para trabajar con un caudal nominal de 1,0 ( $m^3/s$ ).

#### b) Generador

En la Figura 17 se visualiza los datos de la turbina acoplada con el generador.

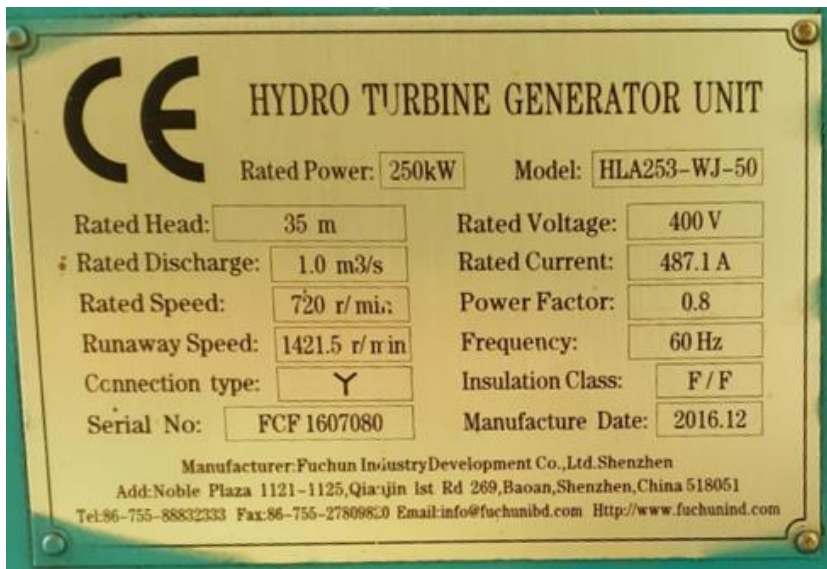


Fig. 17 Unidad generadora de turbina hidroeléctrica

La turbina se acopla a un generador modelo HLA253-WJ-50 con el mismo número de serie de la turbina. Tiene una capacidad nominal de generación de 250 kW con un voltaje de 400 V. En la Figura 17 se puede observar otro tipo de características que destacan a este grupo generador.



### c) Regulador de velocidad

El regulador de velocidad es el encargado de mantener la velocidad constante de operación, en caso de que se desacople la carga evitando que el equipo se sobre revolucione, para el grupo generador dos se tiene un sistema automatizado.

### d) Transformador elevador

Este equipo se encuentra ubicado en la parte exterior de la casa de máquinas. Véase la Figura 18.



Fig. 18 Transformador elevador

En la Figura 18 se puede identificar que se trata de un transformador de 650 kVA, en la cual se encarga de elevar los 400 V a 13,8 kV para poder ser transportada la energía eléctrica.

### 3.1.4. Tableros de control

En la casa de máquinas se encuentran tres tableros de control que se muestran en la Figura 19.



Fig. 19 Tableros de control: (a) regulador de velocidad, (b) distribución, (c) protecciones

En el apartado a) de la Figura 19 se representa el tablero de regulador de velocidad y cierre de válvulas en el apartado b) se representa el tablero de distribución y finalmente en el apartado c) se observa el tablero de protecciones.

### 3.2. Datos proporcionados por Hidroeléctrica Otavalo #1

La planta Hidroeléctrica Otavalo #1 presentó detalladamente la información sobre los caudales ( $m^3/s$ ) y generación (kW), desde el 01 de enero del año 2019 hasta diciembre del año 2022, información que ha sido tomada mediante los valores medios durante cada hora.

#### 3.2.1. Datos del caudal

Se recopiló información desde el año 2019 a 2022. Esta se detalla a continuación.

##### a) Datos del caudal del año 2019

El caudal proporcionado representa la media de los caudales diarios de cada hora durante el tiempo que ha sido turbinado. En la Figura 20 se representan los datos del caudal medio diario, mensual y anual que corresponden al año 2019 del grupo #2 de la planta Hidroeléctrica Otavalo #1

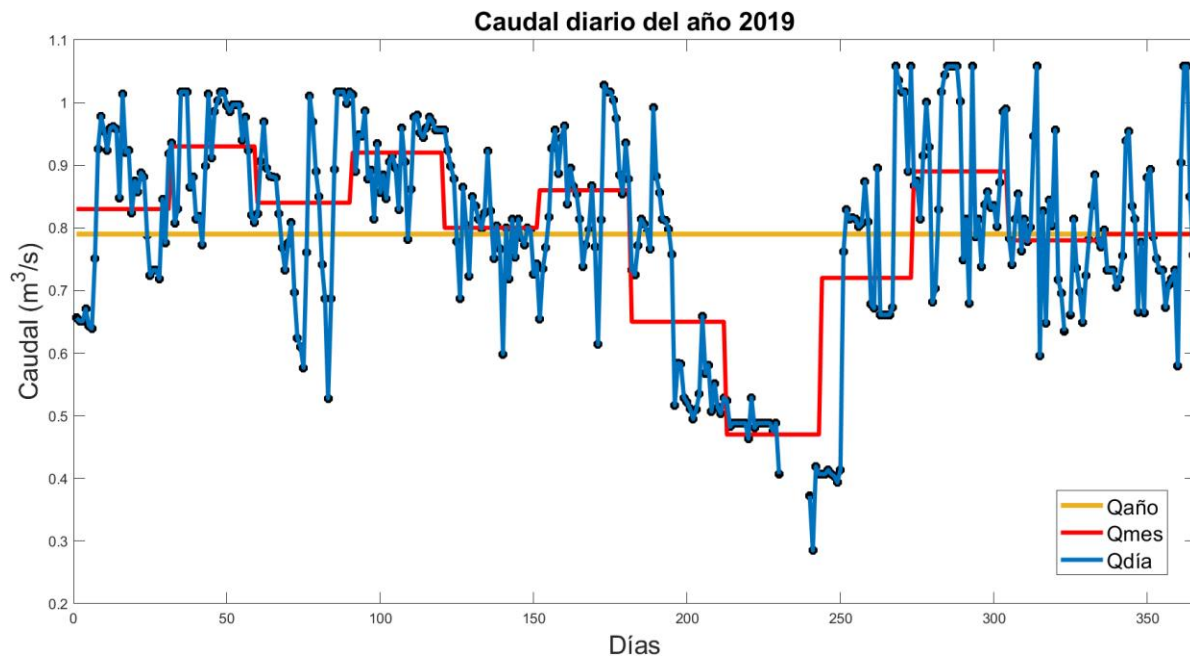


Fig. 20 Caudal histórico del año 2019

En la Figura 20 se visualiza la curva que representa los caudales medios diarios con una media de  $0,79 (m^3/s)$  que está figurada en la misma. En la curva del promedio mensual del caudal, se evidencia la variación que existe en cada mes, la etapa seca que va desde

junio hasta principios de septiembre por lo que el caudal promedio del mes de agosto es  $0,48 (m^3/s)$ , llegando a ser el menor al resto del año 2019. En la época estival de principios de septiembre a mediados de febrero ha representado variaciones entre los promedios mensuales, nótese que el mismo intervalo se tiene caudales que se alejan demasiado del caudal promedio, observándose valores distantes. La etapa húmeda de que inicia a finales de febrero hasta mayo, se visualiza un caudal mayor al resto del año de  $0,93 (m^3/s)$  correspondiente al caudal promedio del mes de febrero, debido a que la precipitación alcanza su pico.

En la Figura 20 en el día 8 en de agosto la planta hidroeléctrica sale de sincronismo debido a que se realizó el mantenimiento anual, el mismo que finalizo el día 12 de agosto, poniéndose de vuelta en sincronismo. De acuerdo con los comentarios proporcionados por el ingeniero a cargo se opta en realizar el mantenimiento en esas fechas de sequía ya que se tiene un bajo caudal, incluso en ciertos días se llega a parar por completo la producción. De igual forma, el día 19 de noviembre sale de sincronismo por taponamiento del tanque de presión, poniéndose de vuelta en sincronismo el día 21 del mismo mes, teniendo datos nulos, los cuales se ignoran en la Figura 20, ocasionando un corte en la curva.

#### **b) Datos del caudal del año 2020**

En la Figura 21 se visualiza la curva del caudal diario, en la cual es el promedio del caudal turbinado que fueron tomados durante cada hora, de igual forma el caudal mensual que es el valor del caudal promedio del año 2020, y finalmente se representa el promedio del caudal anual del grupo dos de la planta Hidroeléctrica Otavalo #1.

En la Figura 21 se observa la curva que representa los caudales medios diarios donde se tiene una media de  $0,83 (m^3/s)$  que se la representa como  $Q_{año}$ . En la curva del promedio mensual del caudal, se evidencia la variación que existe en cada mes, la etapa seca que va desde junio hasta principios de septiembre. Nótese que en el mes de agosto se obtiene el menor caudal diario de  $0,36 (m^3/s)$  durante todo el año. En la época estival de principios de septiembre a mediados de febrero. La etapa húmeda está entre finales de febrero a mayo, donde se visualiza un promedio mensual de marzo  $0,92 (m^3/s)$  mayor al resto del año, debido a que la precipitación alcanza su pico.

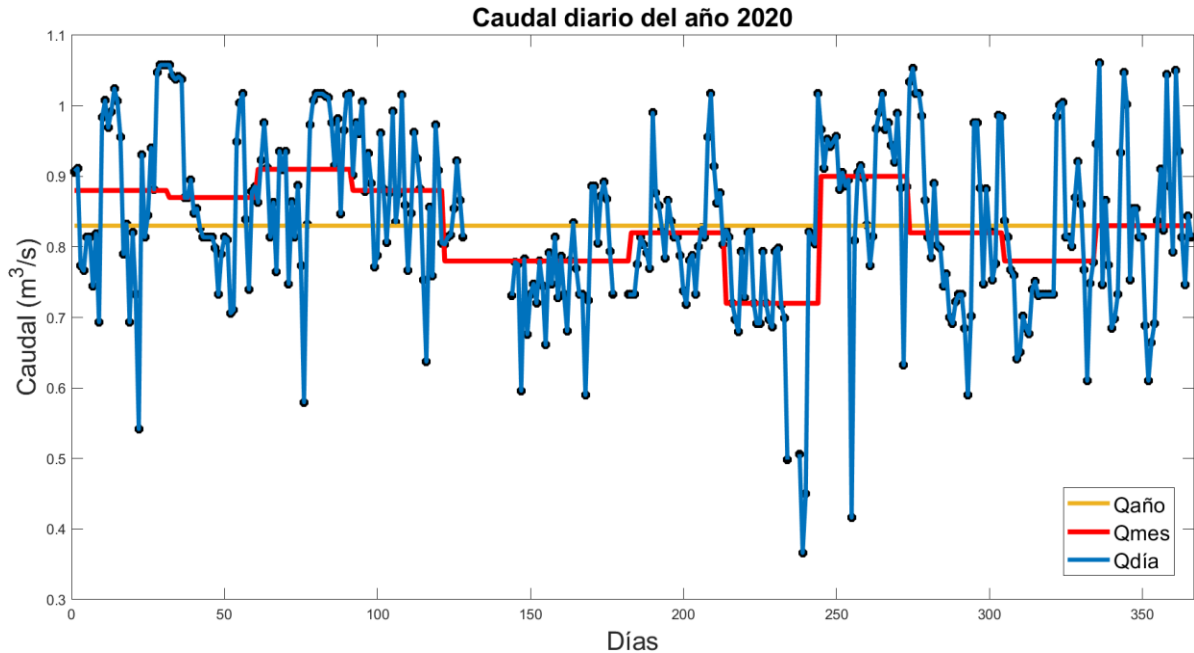


Fig. 21 Caudal histórico del año 2020

En la figura 21, se observa que el día 8 de mayo hay una ausencia de datos del caudal turbinado, debido a que los cuatro operadores que realizan 4 turnos tuvieron vacaciones durante de 15 días, el 24 de mayo la central hidroeléctrica entró en sincronismo. De igual forma el 25 de junio la planta hidroeléctrica sale de sincronismo, debido a que se realizó el mantenimiento anual, el mismo que finalizó el día 30 del mismo mes, poniéndose en sincronismo. El día 20 de agosto la planta es obligada a salir de sincronismo por no abastecer con el caudal necesario a la turbina, poniéndose en sincronismo el día 25 del mismo mes.

### c) Datos del caudal del año 2021

En la Figura 22 se representa la curva del caudal diario, en la cual es el promedio del caudal turbinado de cada hora. De igual forma, el caudal mensual que es el valor del caudal promedio durante el año 2021, y finalmente se representa el promedio del caudal anual del grupo dos de la planta Hidroeléctrica Otavalo #1.

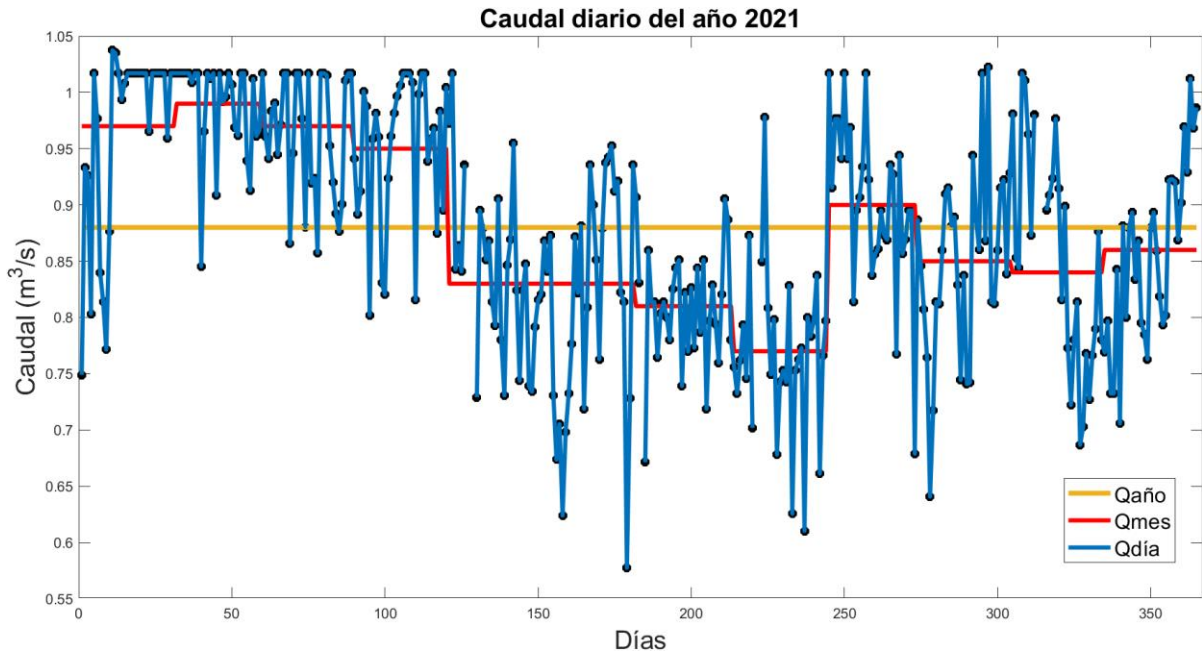


Fig. 22 Caudal histórico del año 2021

En la Figura 22 se visualiza la curva que representa los caudales medios diarios donde se tiene una media de  $0,88 \text{ (m}^3/\text{s)}$  que se la representa como  $Q_{año}$ . En la curva del promedio mensual del caudal, se evidencia la variación que existe en cada mes, en la etapa seca que inicia desde junio hasta principios de septiembre. Nótese que en el mes de julio se obtiene el menor caudal diario de  $0,57 \text{ (m}^3/\text{s)}$  durante el resto del año, en la época estival que inicia a principios de septiembre hasta mediados de febrero, el mes de agosto se visualiza que el caudal promedio diario se mantiene distante del caudal promedio mensual. La etapa húmeda está entre finales de febrero a mayo, donde se visualiza un promedio mensual de febrero  $0,97 \text{ (m}^3/\text{s)}$  siendo el mayor al resto del año, debido a que la precipitación alcanza su pico.

En la Figura 22, el 7 mayo la planta hidroeléctrica sale de sincronismo debido a que existió un taponamiento en la bocatoma, el 9 mayo entró en sincronismo. De igual forma el 9 de agosto la planta hidroeléctrica sale de sincronismo, para desarenar la bocatoma, finalizó el día 10 del mismo mes, poniéndose en sincronismo. El día 20 de agosto la planta es obligada a salir de sincronismo por abastecer con el caudal necesario a la turbina, poniéndose en sincronismo el día 25 del mismo mes. El 8 de noviembre la planta hidroeléctrica sale de sincronismo, debido a que se realizó el mantenimiento anual, el mismo que finalizó el día 12 del mismo mes, poniéndose en sincronismo.

#### d) Datos del caudal del año 2022

En la Figura 23 se visualiza la curva del caudal diario, en la cual es el promedio del caudal turbinado de cada hora. De igual forma, el caudal mensual que es el valor del caudal promedio durante el año 2022. Finalmente se representa el promedio del caudal anual del grupo dos de la planta Hidroeléctrica Otavalo #1.

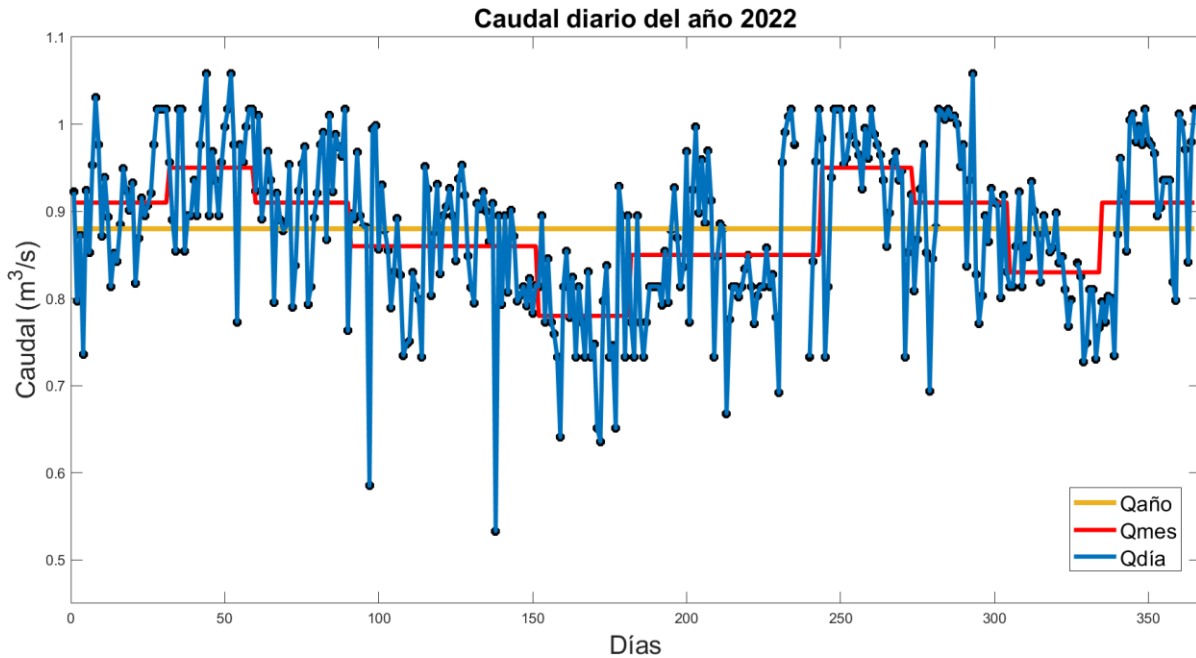


Fig. 23 Caudal histórico del año 2022

En la Figura 23 se visualiza la curva que representa los caudales medios diarios donde se tiene un valor mínimo de  $0,58 (m^3/s)$ , máximo de  $1,04 (m^3/s)$  y una media de  $0,88 (m^3/s)$  que se la representa como Qaño. En la curva del promedio mensual del caudal, se evidencia la variación que existe durante cada mes. La etapa seca que inicia en junio hasta principios del mes septiembre, nótese que en el mes de junio se obtiene el menor promedio mensual de  $0,78(m^3/s)$ . La etapa húmeda que inicia a finales de febrero hasta mayo, en el mes de febrero se alcanzó un caudal de  $0,97(m^3/s)$  siendo el mayor al resto del año. En la época estival de principios de septiembre a mediados de febrero, debido a las irregularidades que existió en ese año se tiene un caudal promedio de  $0,96 (m^3/s)$  en el mes de septiembre, asemejándose al caudal que se genera en la etapa húmeda.

En la figura 23, el 22 de noviembre la planta hidroeléctrica sale de sincronismo debido a que existió un taponamiento en la bocatoma. El 23 de agosto la planta hidroeléctrica sale

de sincronismo, debido a que se realizó el mantenimiento anual, el mismo que finalizo el día 28 del mismo mes, poniéndose en sincronismo.

#### e) Datos del caudal promedio del historial

En la Figura 24 se visualiza la curva del promedio de los caudales diarios correspondientes al año 2019 a 2022 del grupo dos de la planta Hidroeléctrica Otavalo #1. Se realizó esta representación gráfica para visualizar el comportamiento del promedio mensual respecto al promedio anual

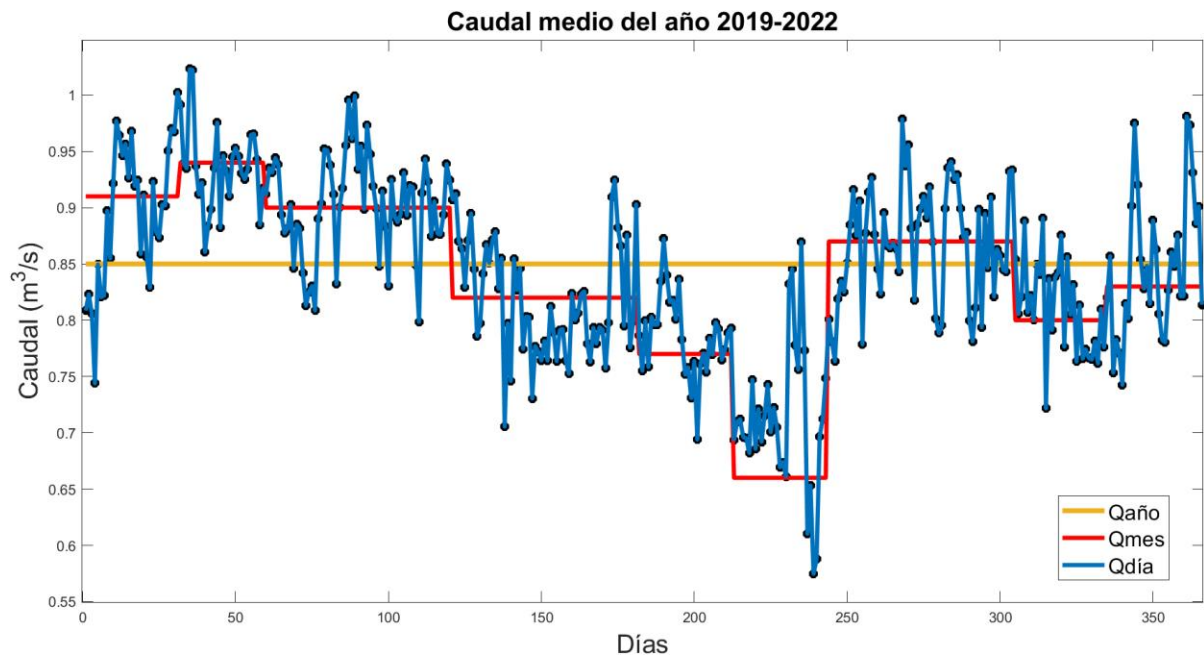


Fig. 24 Caudal histórico promedio del año 2019-2020

En la Figura 24 se visualiza la curva que representa los caudales medios diarios donde se tiene un valor mínimo de  $0,58 (m^3/s)$ , máximo de  $1,03 (m^3/s)$  y una media de  $0,85 (m^3/s)$  que se la representa como Qaño. En la curva del promedio mensual del caudal, se evidencia la variación que existe en cada mes de acuerdo con las diferentes estaciones climáticas. La etapa seca que inicia en el mes de junio hasta principios de septiembre se tiene que; en el mes de agosto se hace presente el menor promedio mensual de  $0,66(m^3/s)$ . La etapa húmeda que está entre finales de febrero a mayo, se visualiza un promedio mensual de  $0,94(m^3/s)$  correspondiente al mes de febrero, manifestándose como el mes donde se ha generado un mayor caudal durante los cuatro años de caudal histórico, debido a que la precipitación alcanza su pico.

### 3.2.3. Datos de generación

En la Figura 25 se evidencia la potencia activa (kW) que se ha generado en el día a día durante los años 2019, 2020, 2021 y 2022 del grupo generador dos de la planta Hidroeléctrica Otavalo #1

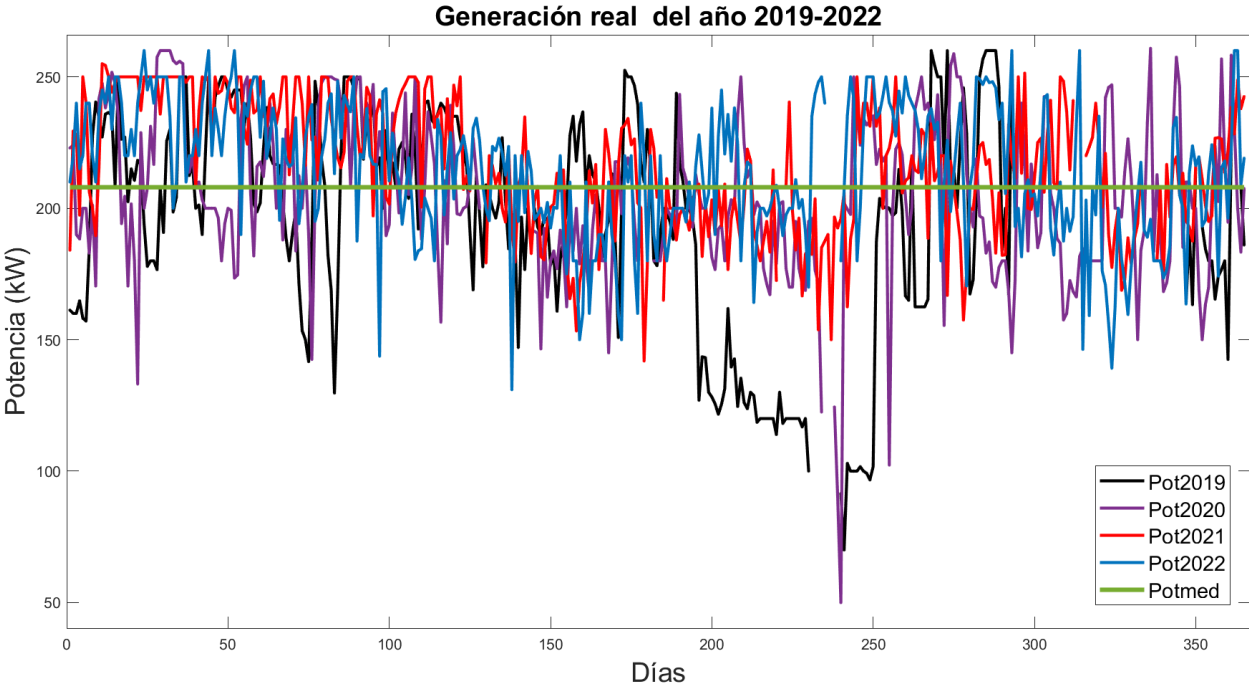


Fig. 25 Generación histórica del año 2019-2022

En la Figura 25 la producción en la época seca que va desde junio hasta principios de septiembre se obtiene una baja generación, inclusive en varios días se llega a detener la producción por la falta de agua para ser turbinada, llegando a los límites que posteriormente sale de sincronismo, cabe mencionar que durante los cuatro años siempre ha detenido la producción por falta del recurso hídrico durante esa época. En la época húmeda que es entre finales de febrero a mayo se visualiza que la generación de los cuatro años se mantiene constantes y por encima de la media en comparación con el resto de los meses. En la época estival de principios de septiembre a mediados de febrero se tiene una generación regular ya que existen muchos días donde el caudal permanece bajo su promedio.

### 3.3. Análisis de datos de Simulación Monte-Carlo

Para la simulación Monte-Carlo se inició con el ajuste de curva, la función de densidad de probabilidad (PDF), función de distribución acumulativa (CDF) y función inversa de



distribución acumulativa (ICDF) para obtener la generación de valores aleatorios del caudal. Estos se describen a continuación.

### 3.3.3. Ajuste de distribución

Inicialmente se utilizó una probabilidad normal para determinar si los datos se adaptan a una distribución normal, la misma que se debe combinar con un análisis de probabilidad normal con pruebas de hipótesis de normalidad, eso se visualiza en la figura 26.

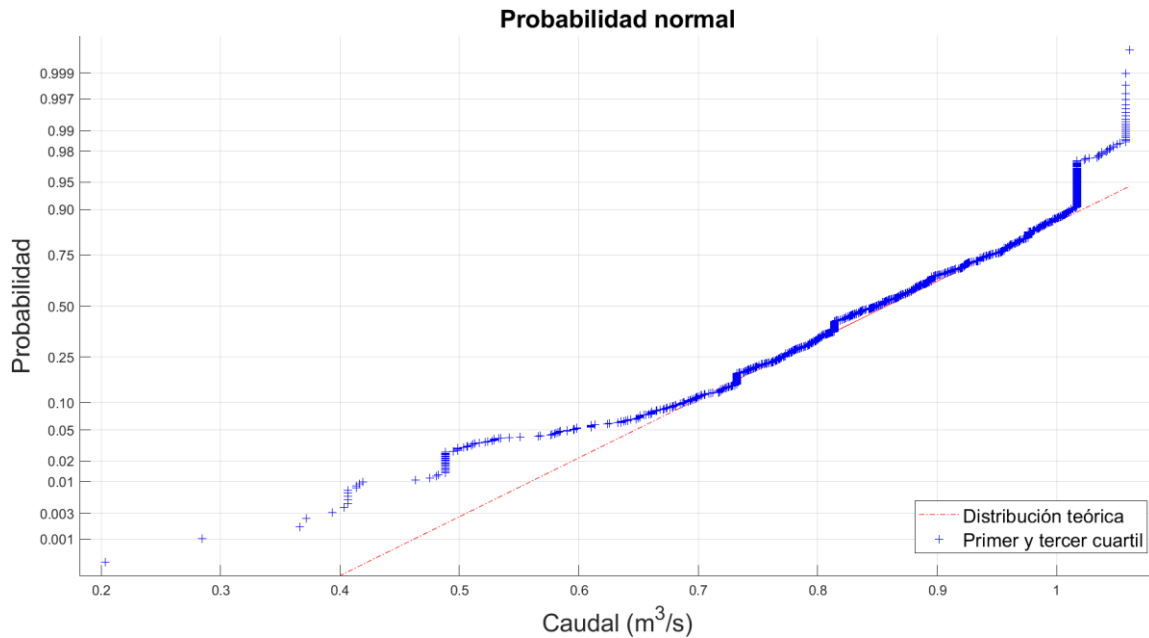


Fig. 26 Probabilidad normal

En la Figura 26 los signos representan la probabilidad empírica frente al valor para cada caudal. La línea continua conecta los percentiles 25 y 75 de los datos del caudal y una línea discontinua los extiende hasta los extremos de los datos. Los valores del eje de las ordenadas son probabilidades de cero a uno, la distancia entre las marcas en el eje de las ordenadas coincide con la distancia entre cuantiles de una distribución normal. Los cuantiles están muy juntos cerca de la media (percentil 50) y se extienden simétricamente a medida que se alejan de la media. En la gráfica de probabilidad normal, si la mayoría de los puntos de los datos del caudal caen cerca de la línea, es razonable una suposición de normalidad.

En la Figura 26 se determinó un modelo probabilístico del caudal mediante información historia de cuatro años, para ello se realizó un ajuste de distribución normal.

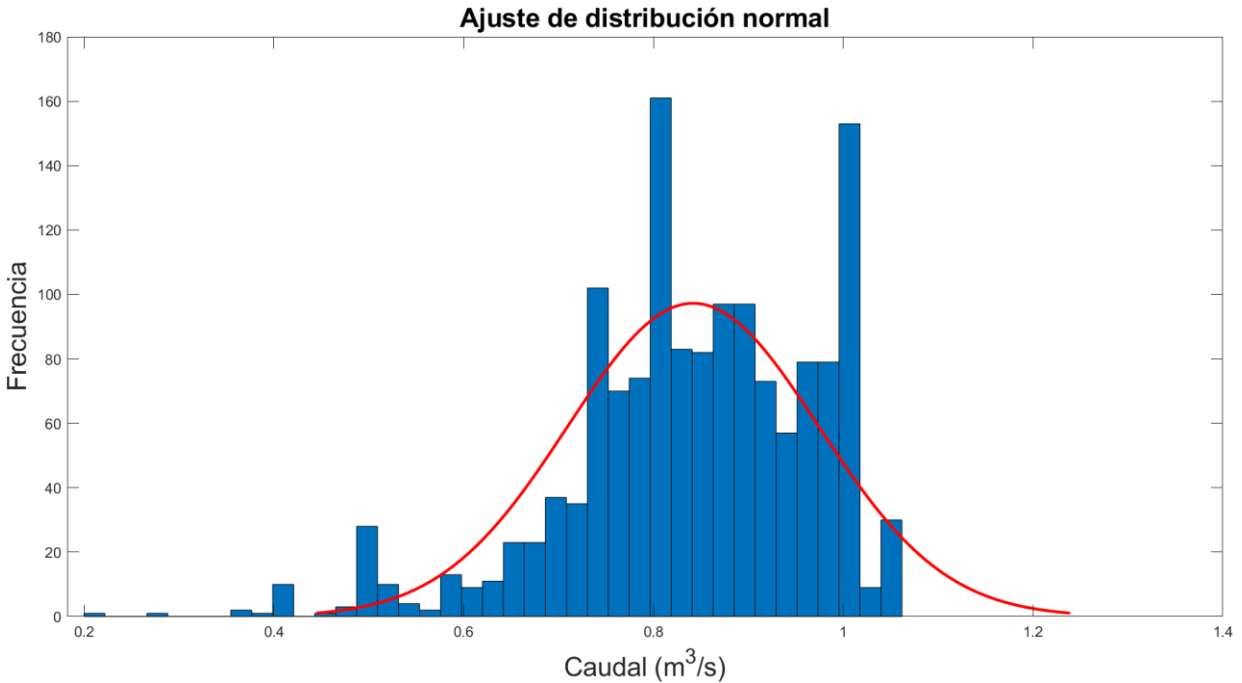


Fig. 27 Ajuste de distribución normal

En la Figura 27 se identifica en el eje de las abscisas el historial del caudal donde la mayoría de los caudales se concentran en el rango de 0,8 a 0,9 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), teniendo como resultado una media de 0,85 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) y una desviación estándar de 0,13, en el eje de las ordenadas se visualiza el total de datos que se repiten en el caudal más conocida como la frecuencia, nótese que el caudal de 0,8 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) se repite 158 veces siendo la barra con mayor altura al resto.

### 3.3.3. Generación del caudal aleatorio

En la Figura 28 se representa la función de densidad de probabilidad (PDF), donde cada valor del caudal está asociado a una probabilidad de ser observada. Las áreas asociadas a la altura están relacionada a valores del caudal que están concentrados de acuerdo con la distribución que tienden a tener una mayor probabilidad.

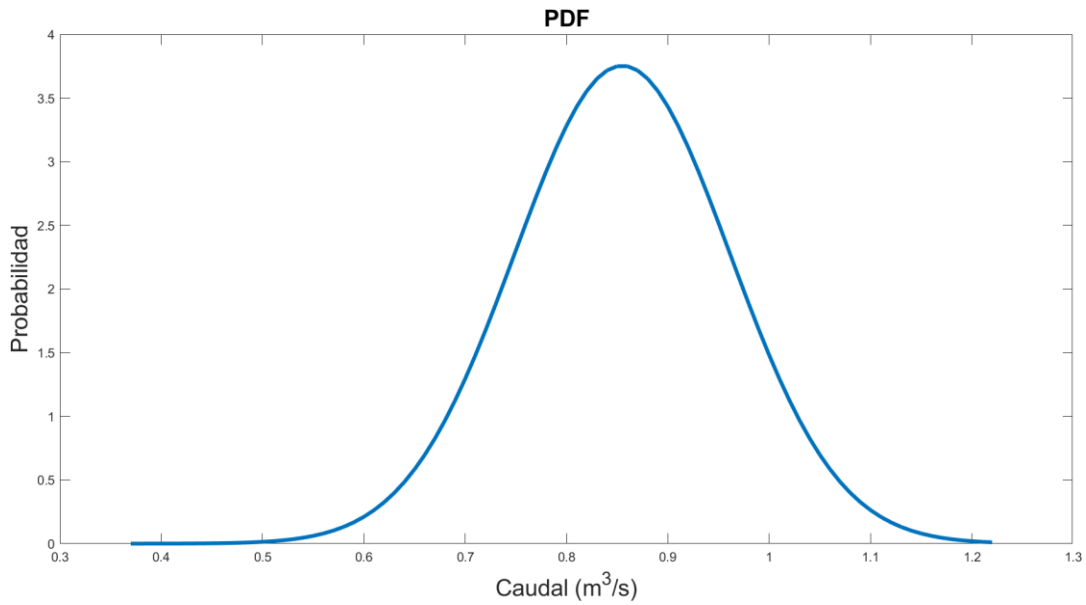


Fig. 28 Probabilidad normal

En la Figura 28 se postuló la función de densidad de probabilidades (PDF) para cada elemento del sistema, estableciendo la probabilidad existente de que se obtenga un caudal determinado. La función de densidad de probabilidad tiene como parámetros, la media, desviación estándar correspondiente al caudal histórico.

Posteriormente se obtuvo la función de distribución acumulativa (CDF). La Figura 30 representa el comportamiento de la integral de la función de densidad de probabilidad expuesta en la Figura 28.

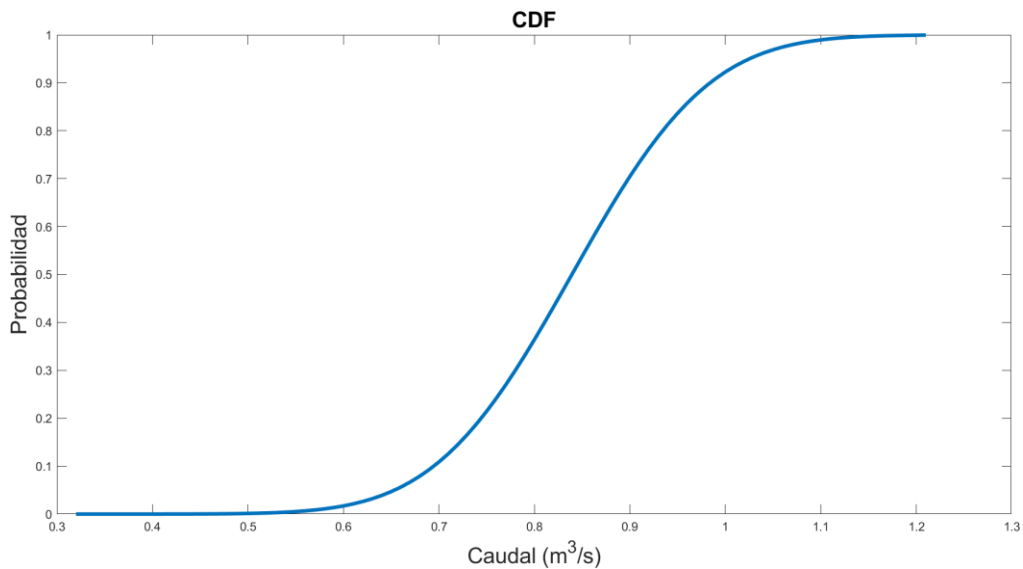


Fig. 29 Probabilidad normal

En la Figura 28 en el eje de las ordenadas se visualiza la probabilidad que existe de acuerdo con el caudal registrado, donde la función de densidad de probabilidad está entre valores menores o iguales a cero y valores menores o iguales a 1. En los valores iniciales de la curva se denota bajas derivadas, debido a la existencia de valores inusuales del caudal, asociándose a una probabilidad poco probable. De igual forma para los valores finales, debido a que se han registrado caudales poco frecuentes, sus derivadas son menores, provocando una baja probabilidad de obtener esos valores del caudal. Nótese que sus derivadas han aumentado en los valores medios del caudal de la distribución, provocando una mayor probabilidad de ser observados. Eso explica la forma de s de dicha función.

La denominada función inversa de probabilidad acumulada (ICDF) se la visualiza en la Figura 30, donde representa la función inversa de la función de distribución acumulativa (CDF) que fue expuesta en la Figura 29.

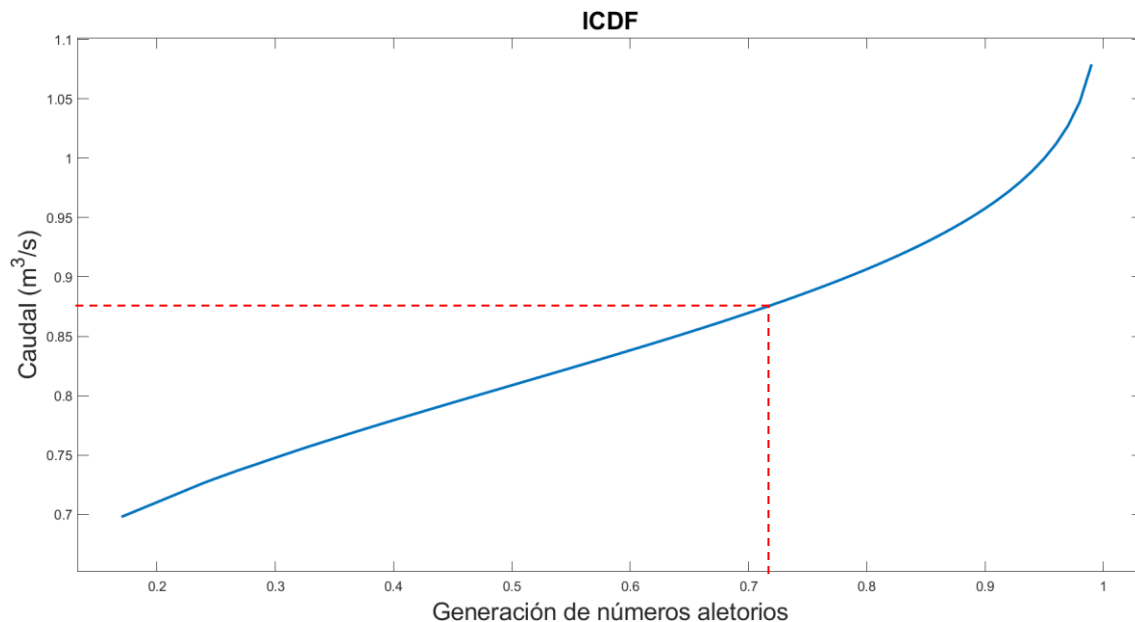
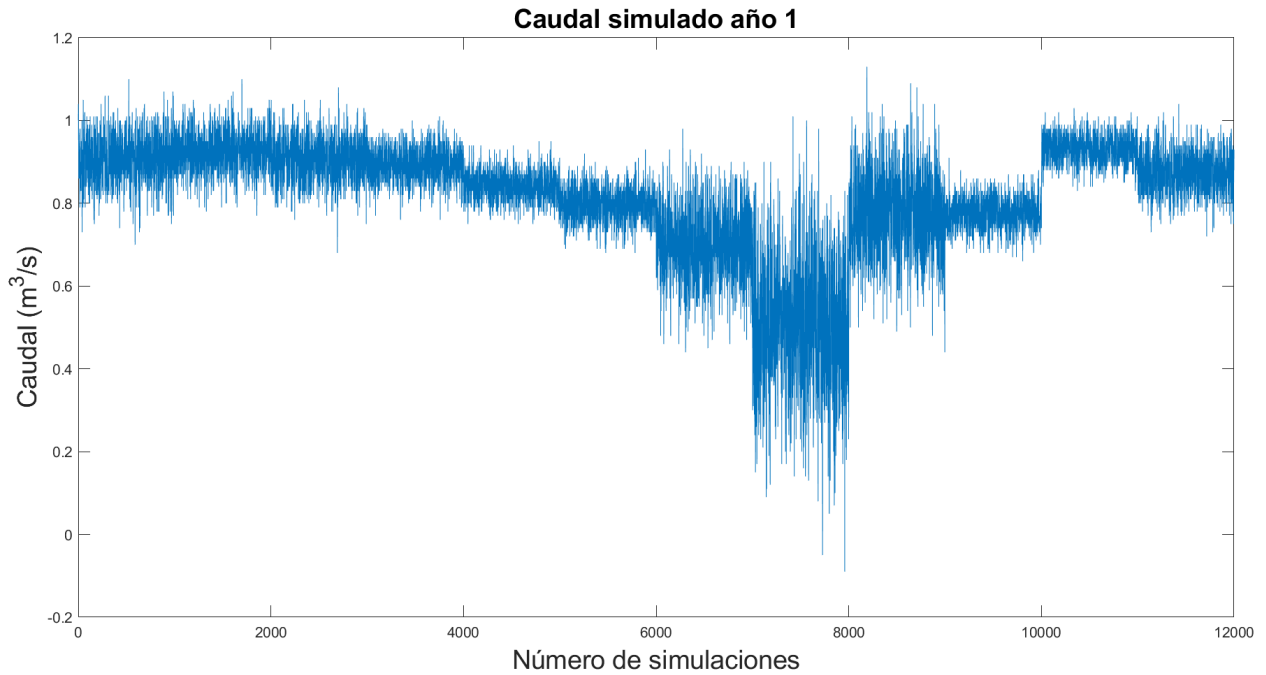


Fig. 30 Probabilidad normal

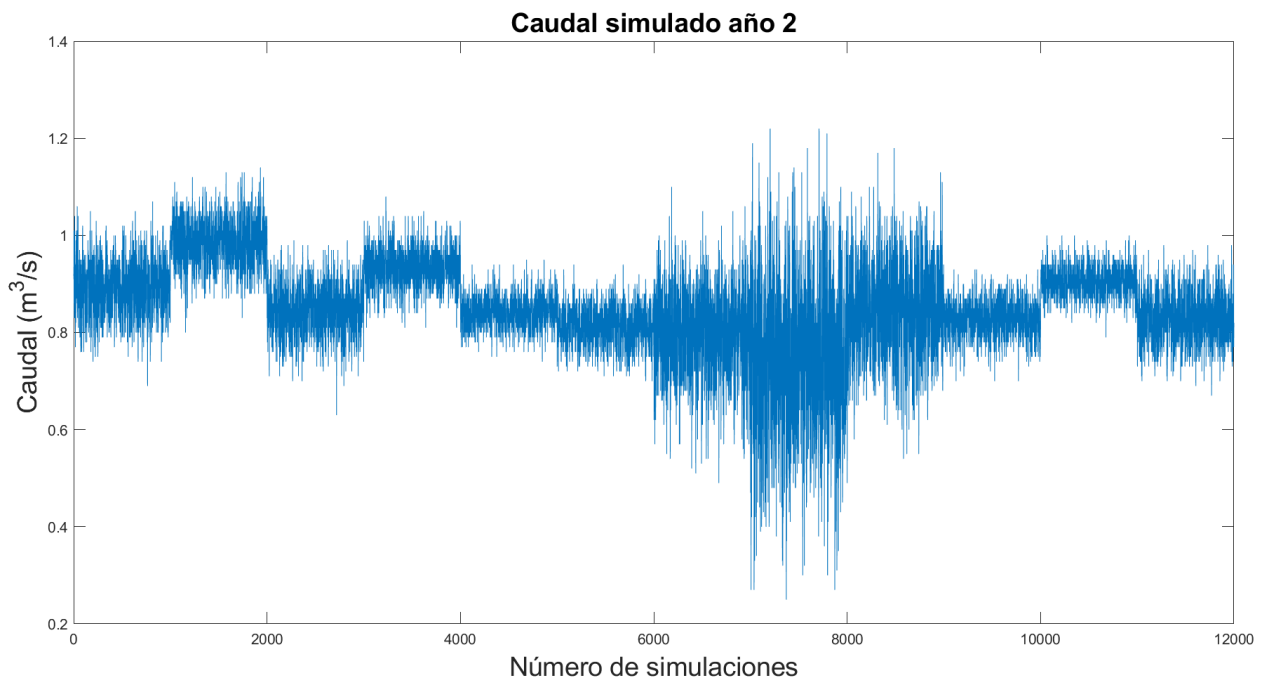
Por último, mediante la utilización del ajuste de distribución del historial del caudal se generaron 12000 números aleatorios entre cero y uno que fueron evaluados en la función inversa de probabilidad acumulada, obteniendo como resultado 12000 caudales aleatorios para cada año. En la Figura 30 solamente se representa la generación de un valor aleatorio entre 0 y 1 que fue evaluado en la ICDF obteniendo como resultado un valor del caudal aleatorio. MATLAB cuenta con la función `icdf('Normal',p,mu,sigma)` donde se toma en cuenta el ajuste de

distribución, la generación de números aleatorios y los parámetros de media y desviación estandar.

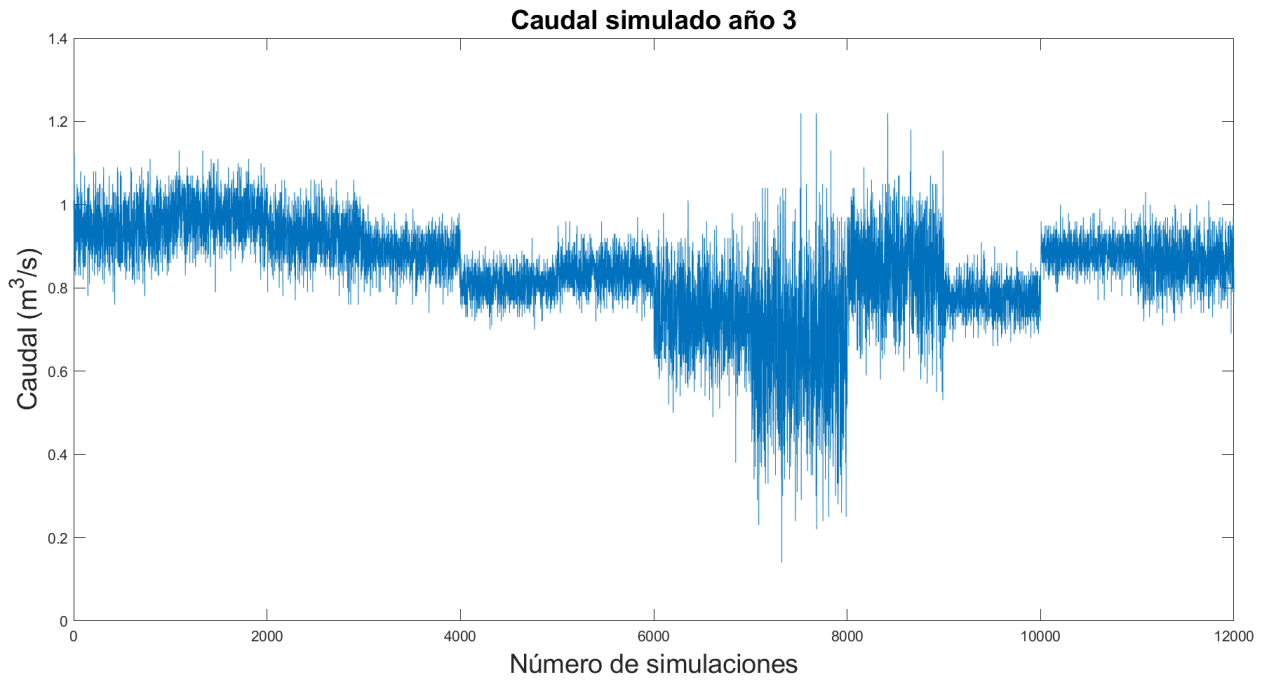
En la figura 31 se visualiza el comportamiento del caudal simulado para cinco años, donde se han generado 12000 caudales aleatorios para cada año.



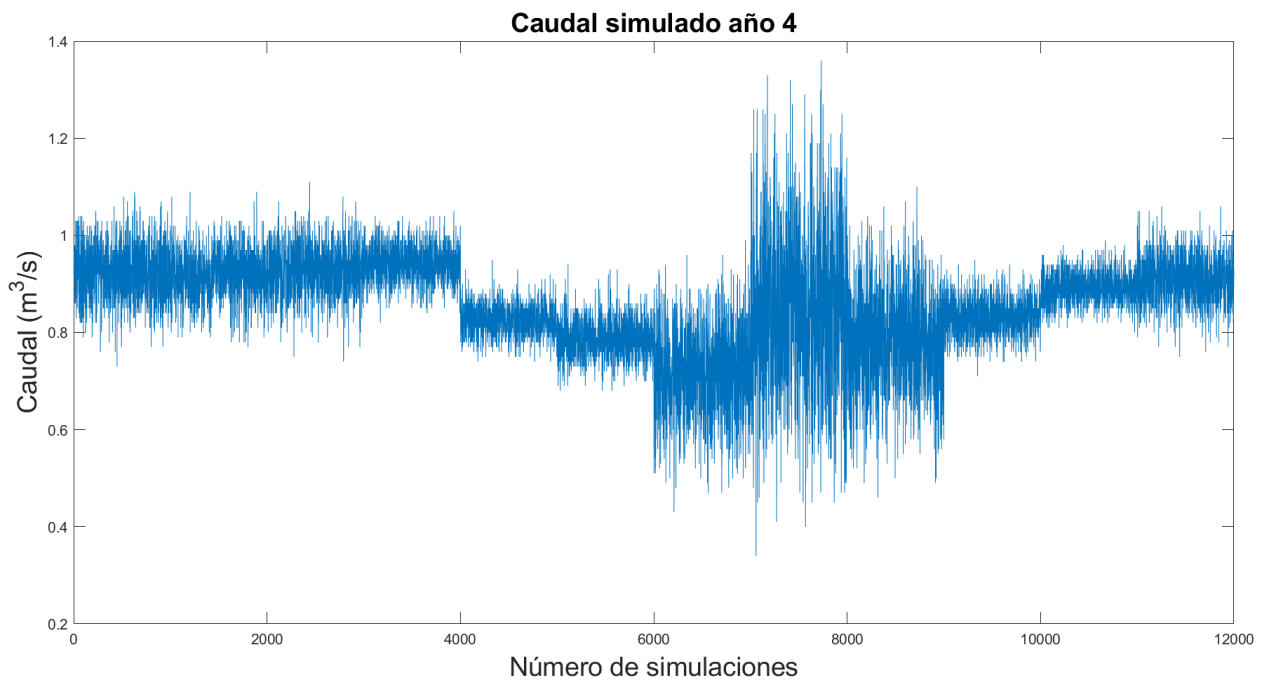
(a)



(b)



(c)



(d)

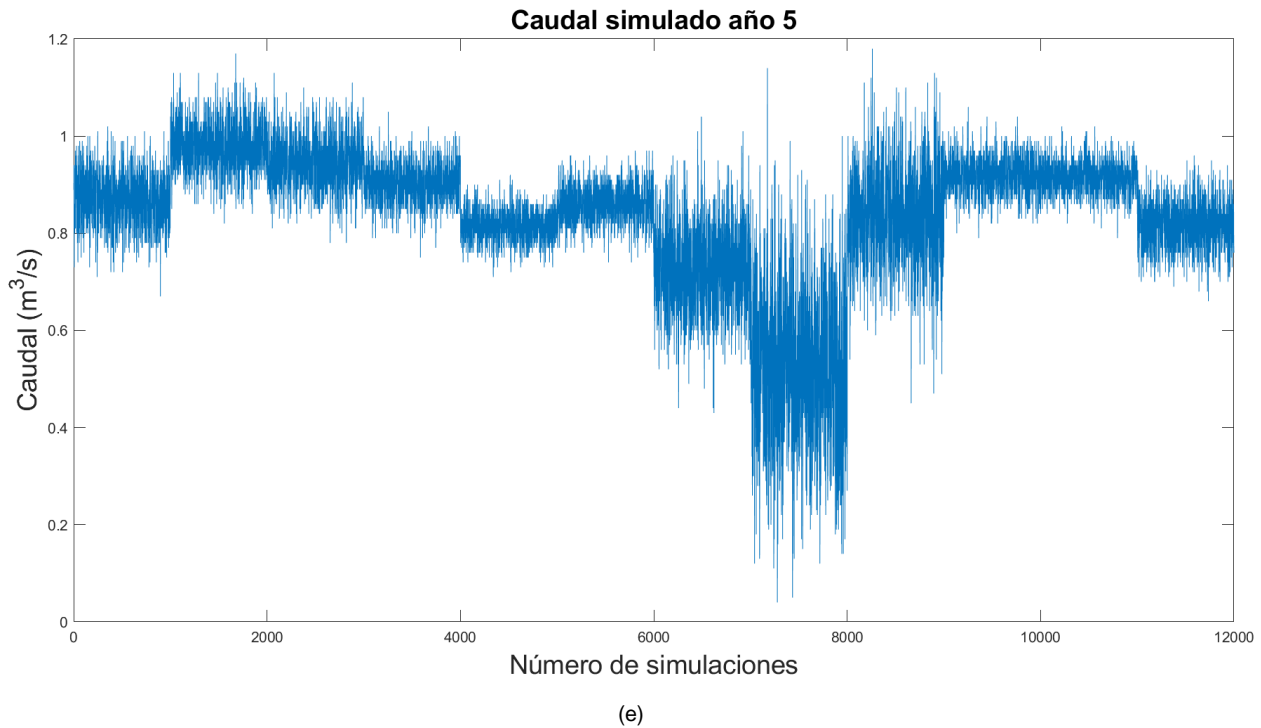


Fig. 31 Caudal simulado: (a) año 1, (b) año 2, (c) año 3, (d) año 4, (e) año 5

En la Figura 31 se identifica el caudal de los cinco años, evidenciándose el comportamiento mensual nótese que los cinco años son semejantes, debido a que se ha tomado la información mensual de los cuatro años de caudal histórico, con los parámetros de media, y desviación estándar, eso para cada año de caudal simulado. De igual forma, este apartado se lo puede visualizar en el código del programa en el Anexo B, página 83.

En las diferentes gráficas de generación de caudales aleatorios se observa la variación que existente entre la etapa húmeda, seca y estival. Existen valores que sobrepasan los límites, tanto inferior como superior que son considerados como valores atípicos, manteniéndose distantes con el resto de la simulación. Al tratarse, de una estimación no todos los valores tienen que estar en el correcto margen de acuerdo con el historial del caudal. Nótese en la Figura 31 que la mayoría de los datos se aglomeran de acuerdo con el ajuste de distribución, son tantos los valores que se encuentran cercanos al valor promedio formando un trazado notorio.

Para los cinco años, se tiene un valor promedio de: 0,80, 0,82, 0,81, 0,79, 0,87 ( $m^3/s$ ) respectivamente. Una vez obtenidos los datos de caudales simulados a lo largo de un año, fue necesario ordenarlos de acuerdo con su magnitud, evidenciase la cantidad de veces que se repite un caudal. En la Figura 32 se representan los histogramas correspondientes a cada año de simulado.

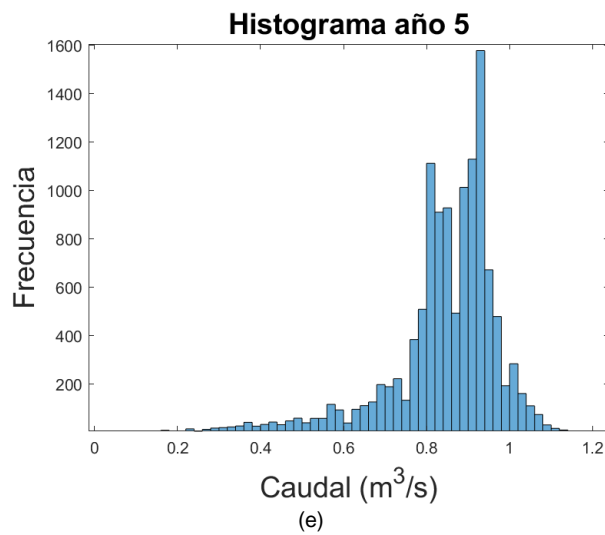
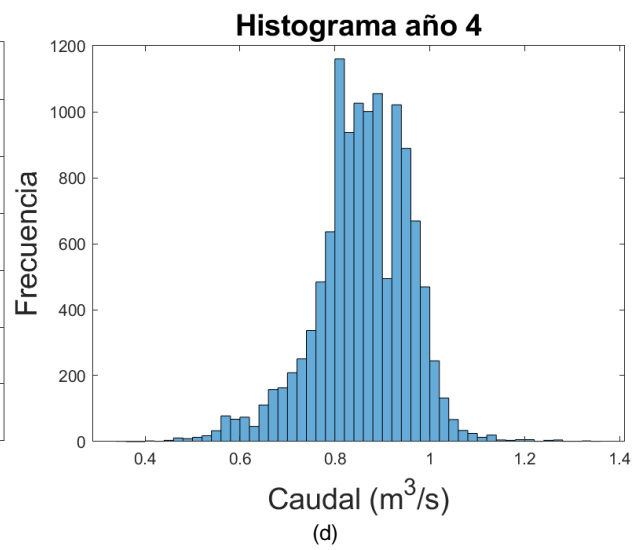
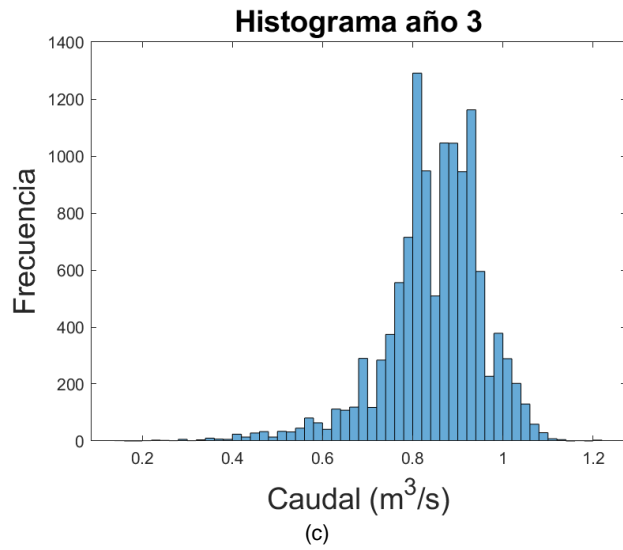
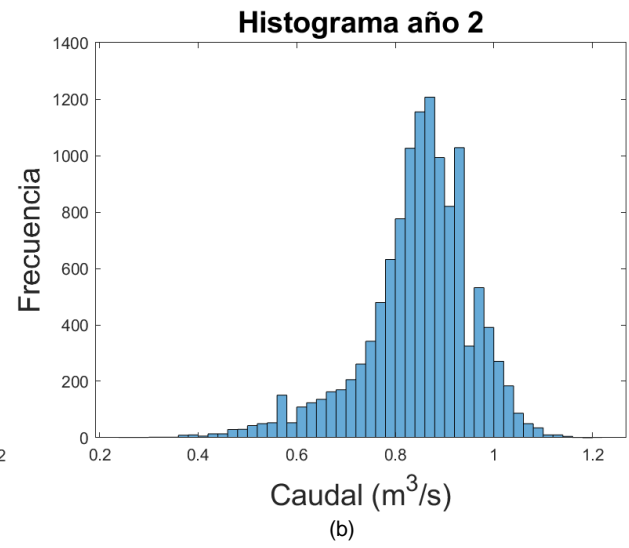
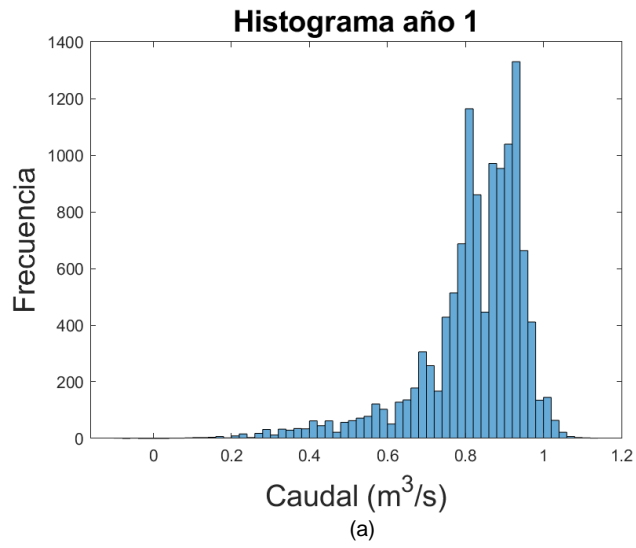


Fig. 32 Histograma: (a) año 1, (b) año 2, (c) año 3, (d) año 4, (e) año 5



De acuerdo con las cinco gráficas la mayoría de los datos se concentran entre el caudal de 0,8 a 0,9( $m^3/s$ ), que son conglomerados como los picos más altos. No obstante, en la Figura 32 se observan picos que salen del rango antes mencionado, afectando la apariencia del histograma, debido a que estos fueron simulados utilizando los parámetros (de media y desviación estándar) del caudal histórico, pero con valores aleatorios. Conforme con la Ecuación ( 21 ) mientras más caudales aleatorios se genere se obtiene una mejor exactitud.

Para el cálculo del error absoluto del caudal simulado se hizo utilización de los valores reales promedios de caudal proporcionado por Hidroeléctrica Otavalo #1 y el caudal simulado. Estos valores de representan en la Tabla 4.

*Tabla 4*

*Error de generación del caudal*

<b>Caudal Real (<math>m^3/s</math>)</b>	<b>Simulado (<math>m^3/s</math>)</b>
0,79	0,82
0,83	0,86
0,88	0,85
0,88	0,86
	0,84

Nota: En la Tabla 4 se representan los valores promedios anuales correspondientes a los valores reales y simulados con un promedio de 0,85 y 0,84 ( $m^3/s$ ) respectivamente. Obteniendo un valor de error absoluto de 0,10%.

### **3.4. Parámetros que intervienen en la generación hidroeléctrica**

Los principales parámetros que se calcularon en el caso de estudio son: altura de salto de agua, velocidad de corriente de agua, diámetro interno de la tubería, presión nominal y eficiencia en la hidroeléctrica. Estos se describen a continuación.

#### **3.4.1. Altura de saltos de agua**

Para la altura de saltos de agua se utilizó aplicaciones móviles de Android (Altímetro, Altímetro Preciso, Altimeter). Se realizó las diferentes mediciones de la altura del salto geodésico del agua, en el caso de estudio, para posteriormente promediarlas y evitar cualquier tipo de error. Concluyendo que, se tiene una altura  $Z_A = 2478,2$  (m) y altura  $Z_B = 2432,2$  (m), la medición se lo realizó desde el tanque de carga y la casa de máquinas. Datos que fueron

evaluados en las ecuaciones correspondientes a la altura de saltos de agua, estos resultados se pueden visualizar al correr el programa en la lámina correspondiente.

Para el cálculo del salto bruto se utiliza la Ecuación ( 5 ) donde se obtiene un valor de 45,9 m. Para el cálculo de pérdidas se utiliza la Ecuación ( 6 ) obteniendo un resultado de 6,8 m. Para el cálculo del salto útil se lo realizó de acuerdo con la Ecuación ( 7 ) obteniendo 32,13 m y para ello se remplazó los resultados de las Ecuaciones ( 8 ) y ( 6 ). Para el cálculo del salto neto, conocido también como el salto real, se lo determinó con la Ecuación ( 8 ) donde se remplaza los resultados de las Ecuaciones ( 5 ) y ( 6 ) consiguiendo un resultado de 39 m.

### 3.4.2. Diámetro interno de la tubería

Si bien existen fórmulas para para calcular el diámetro interno de la tubería de acuerdo con el caudal, longitud de la tubería y la altura neta, este no es el caso debido a que existen planos donde se señalan las medidas de la tubería de presión en el caso de estudio.

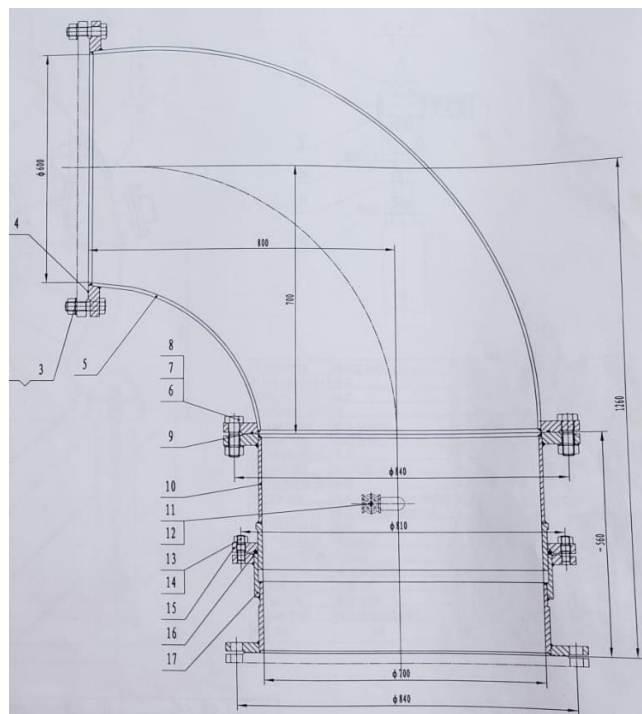


Fig. 33 Plano de tubería de presión

En la Figura 33 se observa el plano de la tubería de presión para el grupo generador 2 de planta Hidroeléctrica Otavalo #1, donde se aprecia un diámetro de 600 mm.

### 3.4.3. Velocidad de flujo en la tubería forzada

Para calcular la velocidad del flujo del agua en la tubería forzada se utiliza la Ecuación ( 10 ), donde se remplazó los datos del caudal y el diámetro interno de la tubería de presión. Para el caso del caudal se ha promediado los valores generadores que se encuentran en la probabilidad de 0,98 a 1,02 considerando los valores máximos que se pueden llegar a generar en la cola de la función CDF, valor que en las simulaciones se aproxima 1 ( $m^3/s$ ), dando como resultado un valor de 2,60 ( $m/s$ ).

#### **3.4.4. Presión nominal**

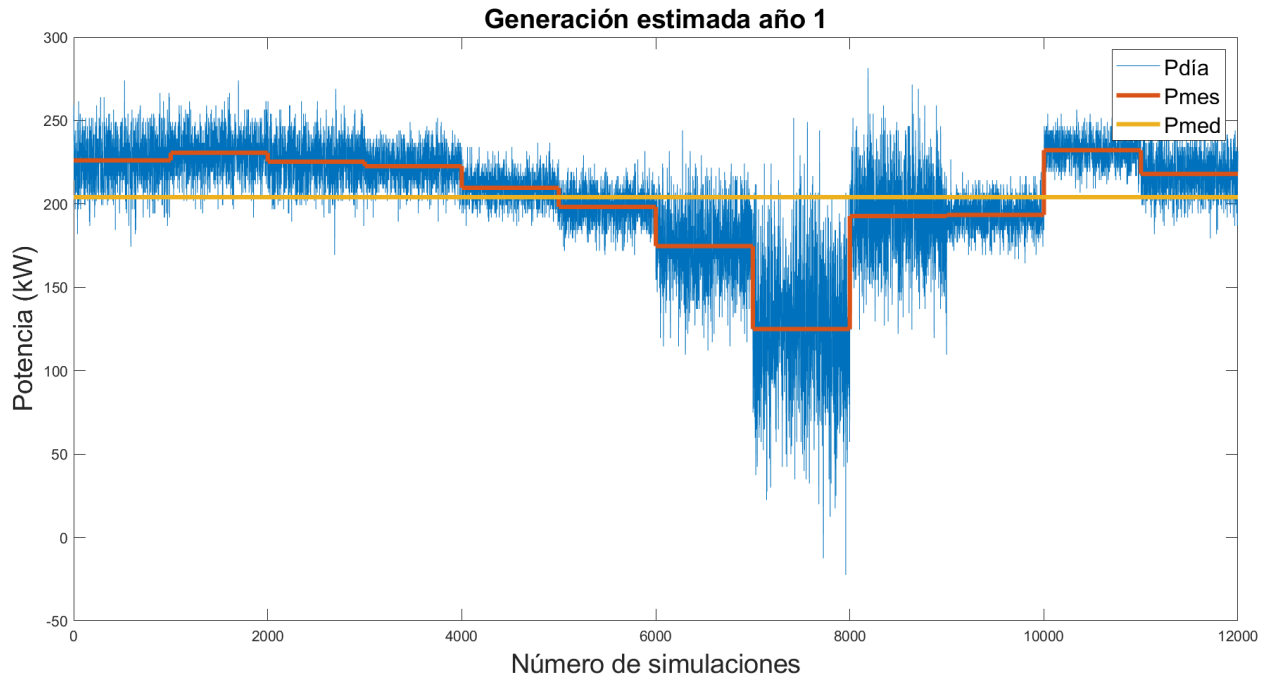
Para encontrar la presión nominal de la tubería se utiliza la Ecuación ( 12 ). Obtenido el valor de 386,6 ( $kPa$ ).

#### **3.4.5. Eficiencia en la planta hidroeléctrica**

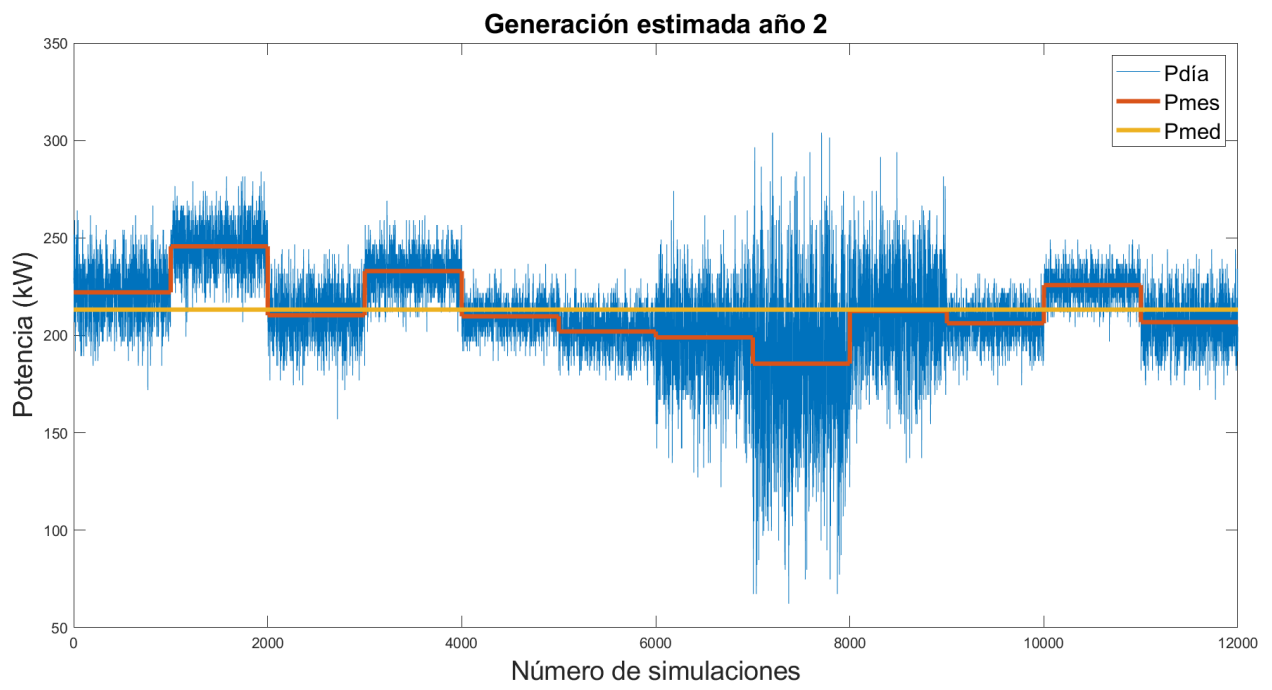
Para el rendimiento de la planta hidroeléctrica se ha considerado el rendimiento de la turbinado  $n_t = 0,9$ , generador  $n_g = 0,8$  y transformador  $n_{tr} = 0,8$ . Valores que son evaluados en la Ecuación ( 13 ) para obtener el factor de eficiencia total de 0,58.

### **3.5. Estimación de generación hidroeléctrica**

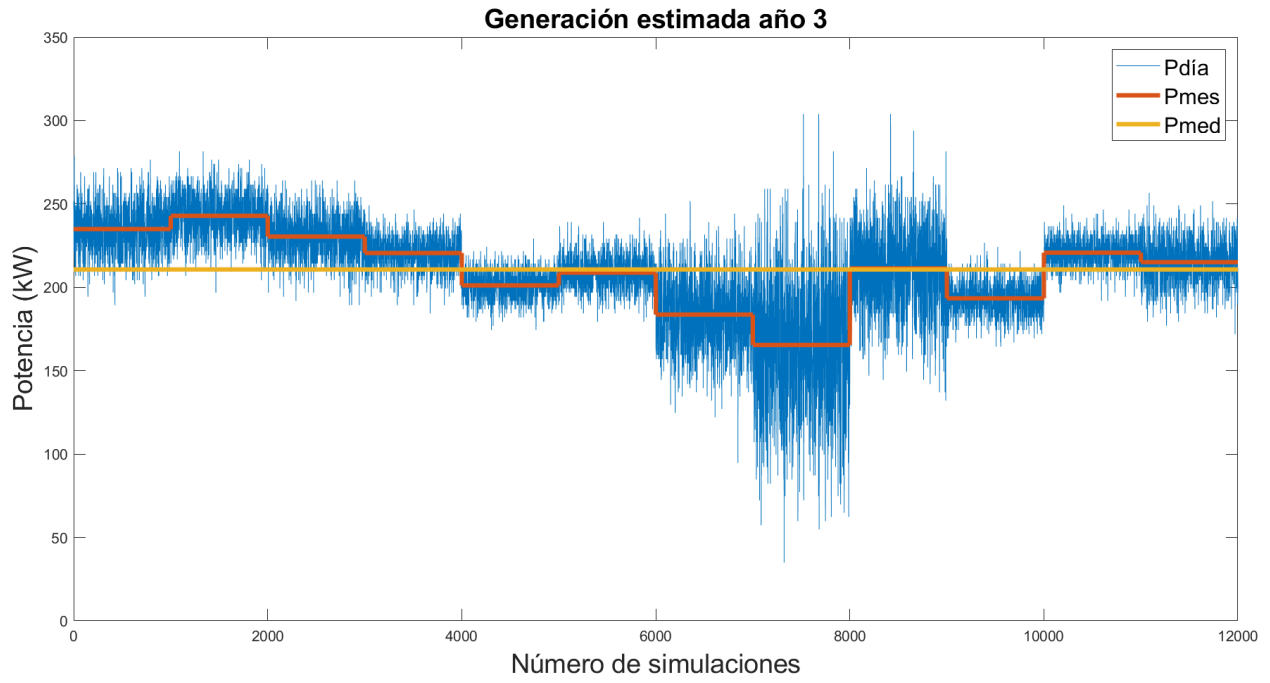
Para calcular la generación simulada se tomó el valor de cada celda del vector que contine los valores del caudal aleatorio y se los inyectó en la Ecuación ( 15 ). El código se encuentra en el Anexo B, a partir de la página 95. En la Figura 34 se puede apreciar los resultados de la generación simulada que representa a los cinco años.



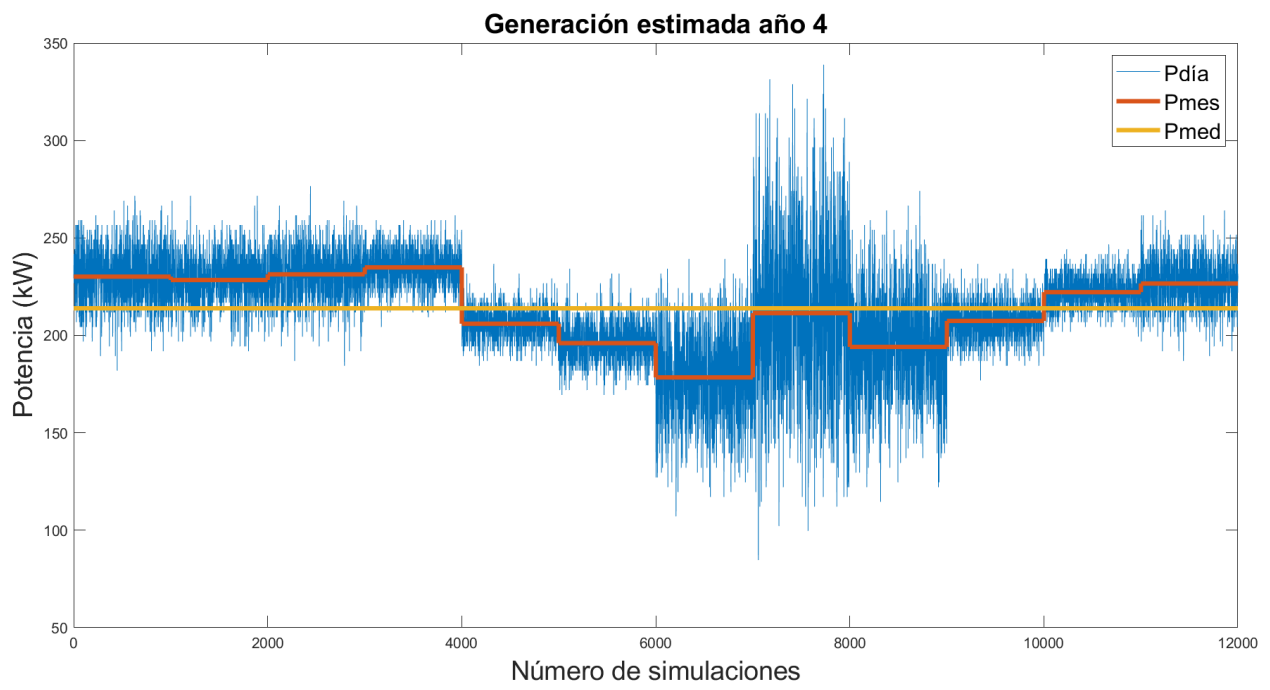
(a)



(b)



(c)



(d)

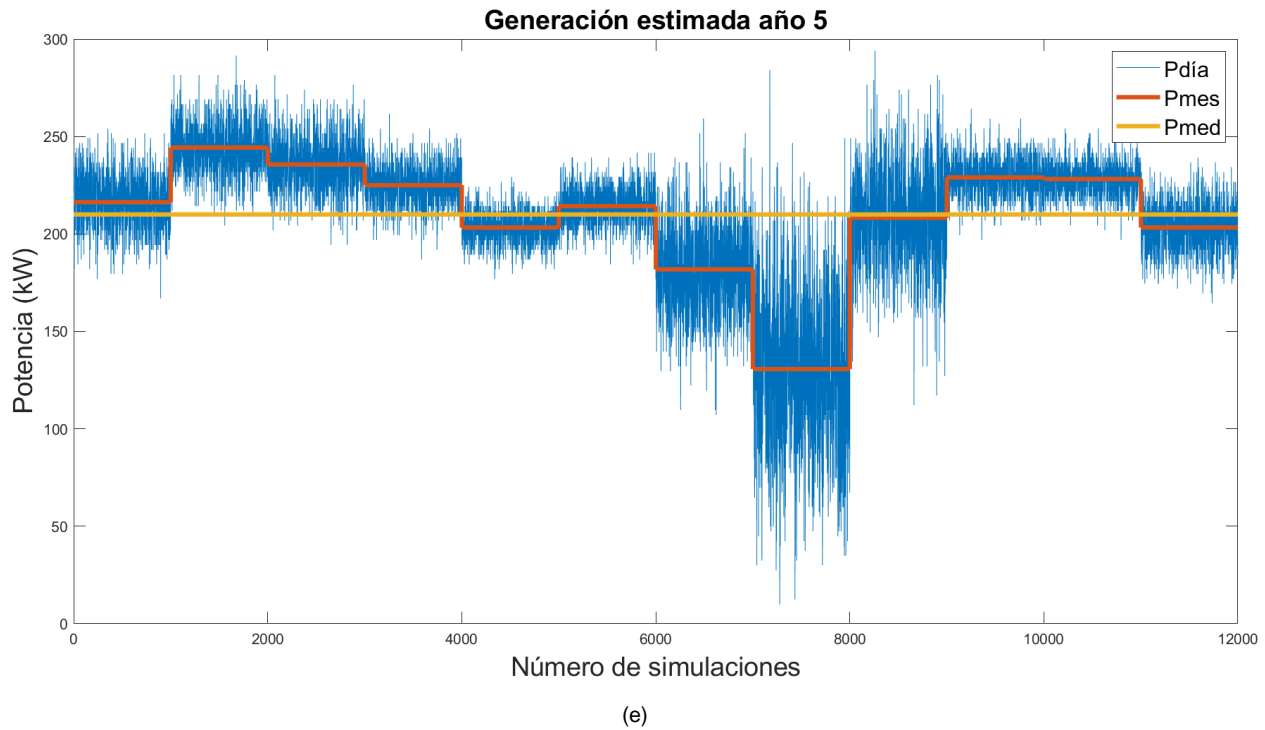


Fig. 34 Generación simulada: (a) año 1, (b) año 2, (c) año 3, (d) año 4, (e) año 5

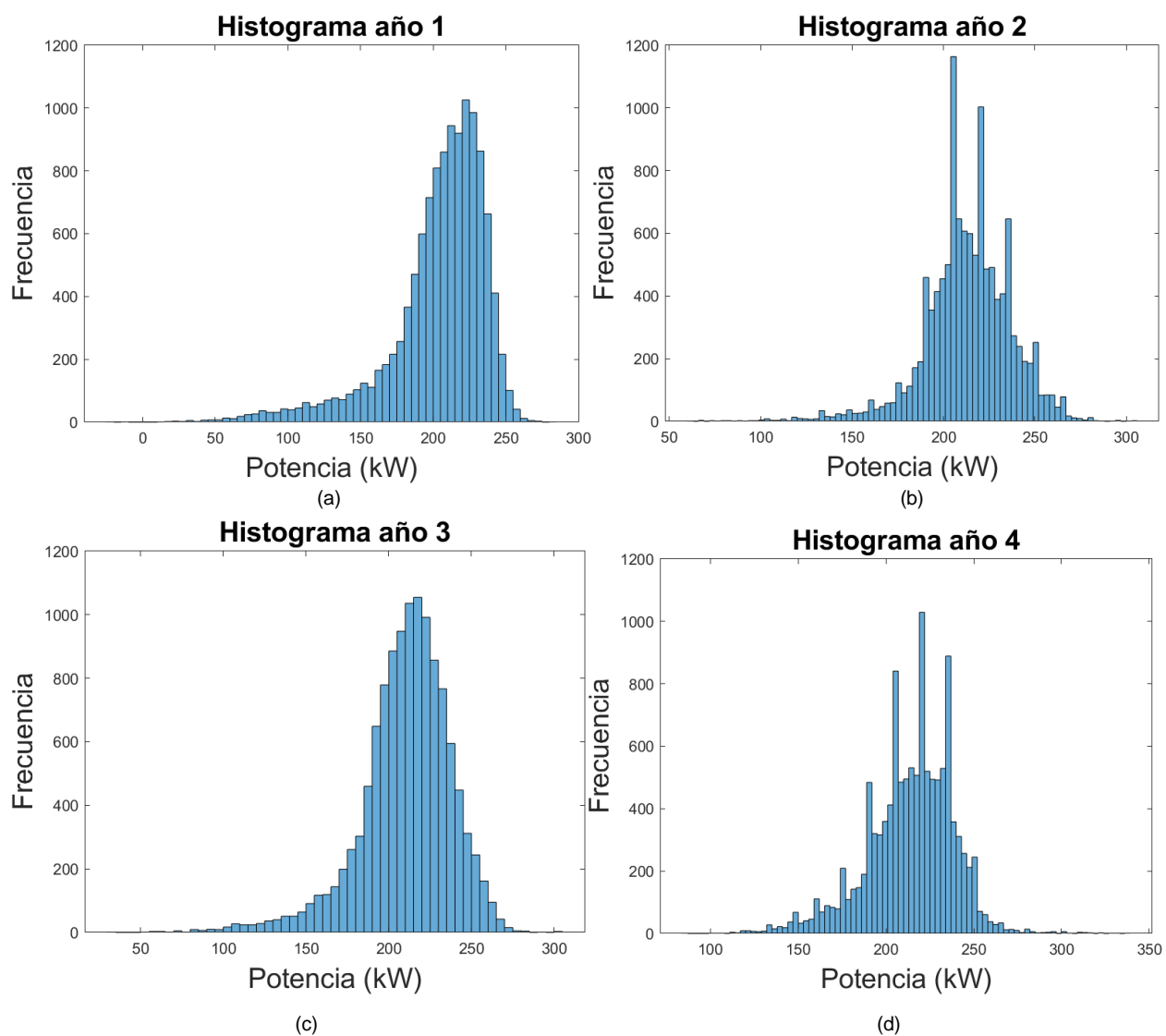
De acuerdo con la Figura 34, los resultados de la generación simulada se exhiben varios detalles dignos de destacar:

Se debe puntualizar que la representación de la potencia (kW) es el resultado de computar el caudal aleatorio en la Ecuación ( 15 ). Si bien en las gráficas del caudal real se identifica registros donde la planta hidroeléctrica ha sido suspendida debido alguna falla o mantenimiento, en la generación simulada esto no se da. La razón representativa es que en las simulaciones no se presentan imprevistos que pueden generarse en el día a día, factor que se debe tener en cuenta, aunque no es del todo relevante en el resultado, ya que, para realizar los promedios diarios del caudal real, solamente se toma en cuenta los datos turbinados.

En la Figura 34 se puede apreciar la generación simulada que representa los cinco años, teniendo una media de 197, 203, 201 196, 213 kW respectivamente. En la curva del promedio mensual del caudal, se evidencia la variación que existe en cada mes, la etapa seca que va desde junio hasta principios de septiembre, en la época estival de principios de septiembre a mediados de febrero. La etapa húmeda está entre finales de febrero a mayo, donde se visualiza un promedio mensual de generación mayor al resto del año, debido a que en teoría la precipitación alcanza su pico.

En la Figura 34 se puede apreciar valores de potencia (kW) que no están distribuidos de manera uniforme cada cierto mes o periodo, esto es debido a que no se ha trabajado con valores máximos ni mínimos, recordando que se aplicó simulación Monte-Carlo, en la cual trabajó con un ajuste de distribución y la ICDF identificando los caudales que más se repiten en cierto intervalo de tiempo para obtener caudales simulados semejantes a los reales.

No obstante, en la Figura 35 se visualizan los histogramas de cada uno de los cinco años simulados, permitiendo determinar la variación media diaria que existe de acuerdo con los 12000 valores de potencia (kW) por cada año.



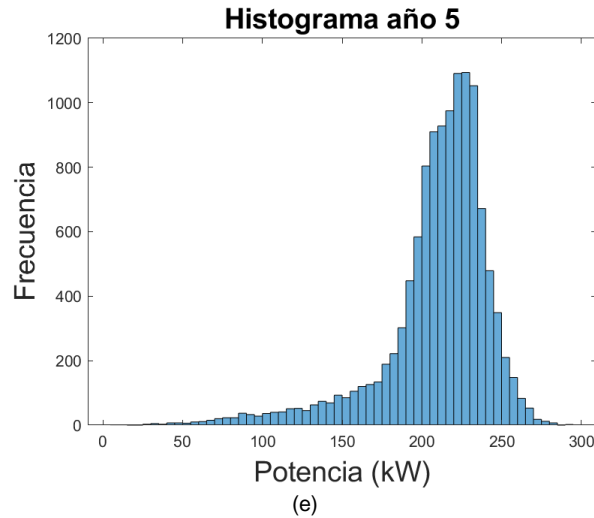


Fig. 35 Histogramas de generación simulada: (a) año 1, (b) año 2, (c) año 3, (d) año 4, (e) año 5

En la figura 35, nótese que la mayoría de la generación hidroeléctrica se encuentra en el rango de 230 a 230 (kW), es importante mencionar que el rendimiento de la hidroeléctrica no es lineal, ya que existen variaciones manométricas, volumétricas y mecánicas.

Para el cálculo del error absoluto de estimación de la generación hidroeléctrica se hizo utilización de los valores reales promedios de la potencia proporcionado por Hidroeléctrica Otavalo #1 y la estimación de la generación hidroeléctrica. Estos valores de representan en la Tabla 4.

*Tabla 5*

*Error de estimación de generación*

<b>Potencia Real (kW)</b>	<b>Potencia Simulada (kW)</b>
194,15	204,11
204,33	213,22
216,20	210,73
216,32	213,91
	209,99

Nota: En la Tabla 5 se representan los valores promedios anuales correspondientes a los valores reales y simulados con un promedio de 208 y 220 (kW) respectivamente. Obteniendo un valor de error absoluto de 1,27%.



### 3.7. Validación de resultados de simulación

Para la validación de la capacidad de generación estimada se ha utilizado los datos del grupo generador dos de la planta Hidroeléctrica Otavalo #1, en la cual se evidencia la potencia activa histórica durante 4 años de forma mensual y se los compara con los datos de generación simulada mensual durante 5 años.

Inicialmente, en la Figura 36 se visualiza el promedio mensual de la potencia que ha sido generada en la planta Hidroeléctrica Otavalo #1 del grupo dos del año 2019 a 2022, se lo ha expresado en meses debido a que la simulación Monte-Carlo de acuerdo con la Ecuación ( 20 ) toma la sumatoria de todos valores aleatorios correspondientes al caudal que posteriormente han sido evaluados en la Ecuación ( 15 ) entre el valor total del caudal aleatorio.

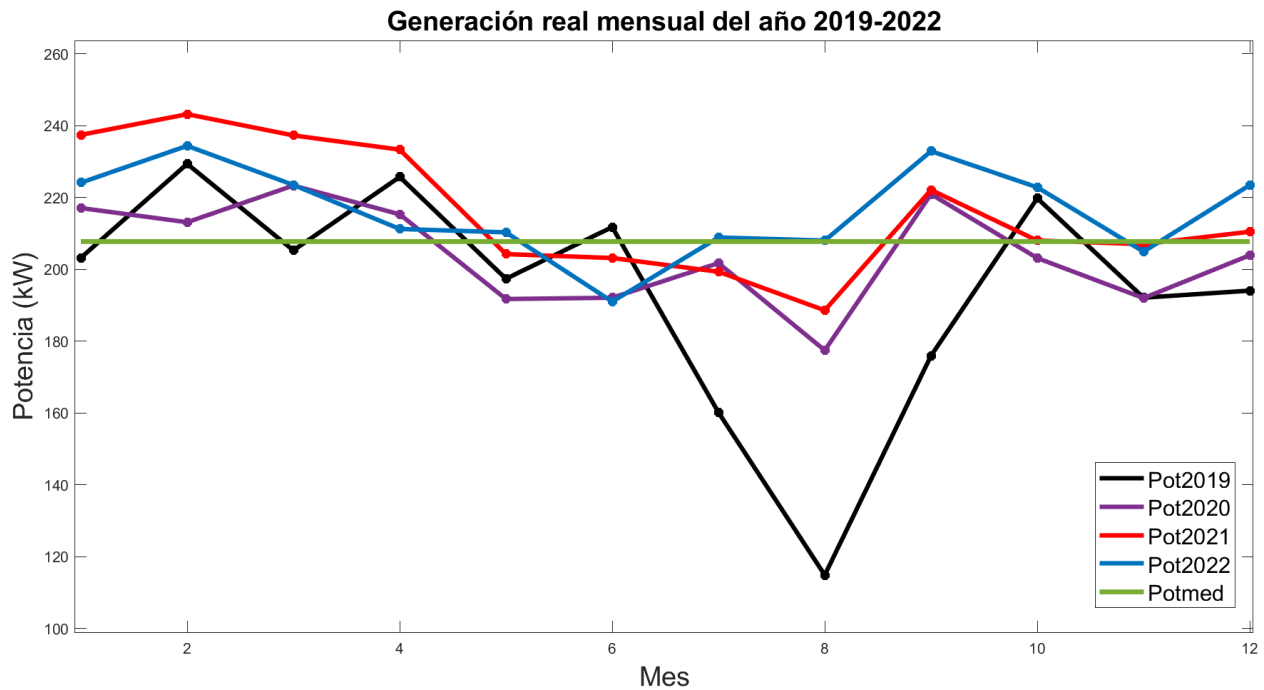


Fig. 36 Generación hidroeléctrica real mensual del año 2019-2022

En la Figura 36 se muestra la potencia mensual del caso de estudio donde se tiene un promedio de 202 kW durante los 4 años. De la misma forma se representa el comportamiento mensual del año 2019 a 2022 donde se obtuvo una potencia promedio de 194, 204, 216, 216 kW respectivamente.

. En la Figura 37, se muestran los resultados de la generación hidroeléctrica simulada, mismas que son mostradas en la venta titulada generación simulada del programa.

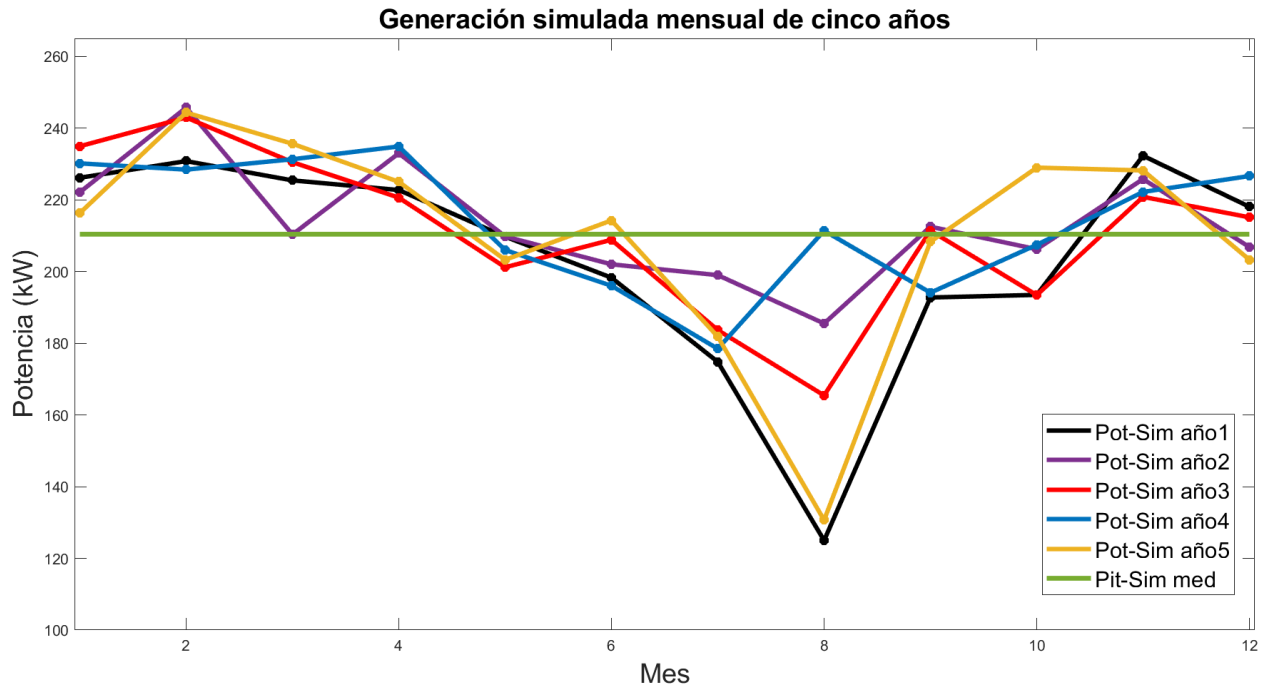


Fig. 37 Simulación 1 de generación hidroeléctrica del año del año 1 al año 5

En la Figura 37 se muestra la potencia (kW) simulada, donde se obtuvo un valor promedio de 208 kW. De la misma forma se representa el comportamiento mensual de los cinco años simulados donde se obtuvo una potencia promedio de 204, 213, 211, 214 y 210 kW respectivamente, donde se obtuvo un promedio de estimación de 1,25%. Resultados que se utilizaron para realizar la comparación con los valores reales como se indica en la Figura 38.

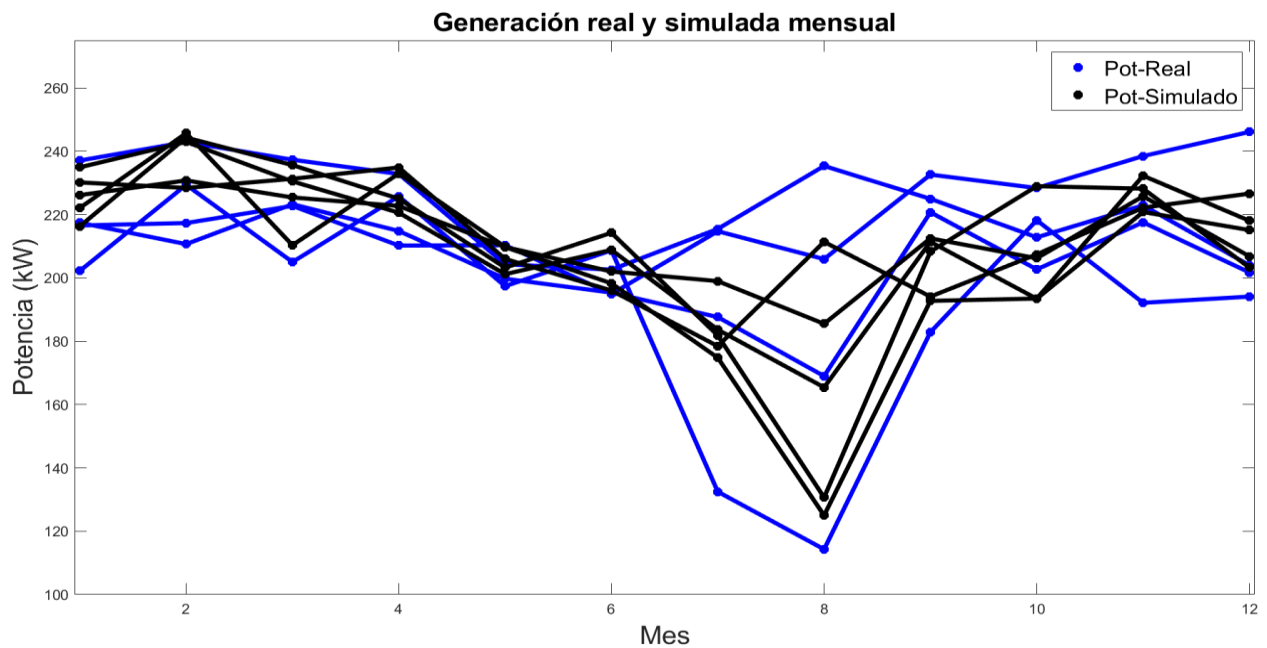


Fig. 38 Comparación de la generación real y generación simulada

En la Figura 38 se visualiza la integración los resultados obtenidos de estimación de la generación hidroeléctrica y los valores reales de generación de la planta Hidroeléctrica Otavalo #1 del grupo dos. Verificando la similitud entre las diferentes curvas.

## Conclusiones

- Una micro planta hidroeléctrica se rige a los mismos principios de funcionamiento de una central hidroeléctrica tradicional, simplemente a una menor capacidad. Una obra de este tipo necesita fundamentalmente de la bocatoma de agua, obras de conducción, tanque de acumulación, tubería de presión, turbina, generador y transformador. De la misma forma existen diferentes parámetros que intervienen en la generación hidroeléctrica como: rendimiento del equipo electromecánico, caudal, altura de salto de agua.
- La realización de un código genérico con un interfaz amigable que permite ejecutar una estimación de generación de una micro planta hidroeléctrica de forma accesible, caracterizándose en la facilidad de observar el comportamiento del caudal simulado y estimación de generación mediante la aplicación del método de simulación Monte-Carlo.
- Se realizaron comparaciones de los resultados simulados respecto al caso de estudio real, verificándose la semejanza que existe entre las curvas de generación hidroeléctrica y los promedios anuales. Concluyendo que dicho programa es adecuado para el planeamiento de micro plantas hidroeléctricas.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda realizar un programa para estimar la capacidad de generación hidroeléctrica mediante simulación Monte-Carlo que trabaje con dos variables aleatorias al mismo tiempo, caudal y rendimiento de una micro planta hidroeléctrica.

## Referencias

- AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. (2021). Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica. Obtenido de [https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res\\_nro\\_\\_arcernnr-013-2021.pdf](https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res_nro__arcernnr-013-2021.pdf)
- Alarcón, A. D. (2018). *El sector hidroeléctrico en Latinoamérica: Desarrollo, potencial y perspectivas*.
- Blanco Rodríguez, P. J., & Hernández Aldana, M. X. (octubre de 2005). Metodología para la realización de pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en comunidades rurales. *Metodología para la realización de pequeños proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en comunidades rurales*.
- Bula, M. (08 de Julio de 2017). Flujo en tuberías y pérdidas. Obtenido de <https://www.slideshare.net/miguelbula75/problema-2-flujo-en-tuberas-y-prdidas>
- Carrillo, O. (2009). SOLUCIÓN A LA CARENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE POSEE EL FUNDO LOS CHILCOS, COMUNA DE LA UNIÓN, MEDIANTE UNA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA. Valdivia, Chile. Obtenido de <https://docplayer.es/41546959-Universidad-austral-de-chile.html>
- Carta, J., Calero, R., Colmenar, A., & Castro, M. (2009). Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables. Madrid, España. Obtenido de [https://www.academia.edu/28888909/Centrales\\_de\\_energ%C3%ADas\\_renovables\\_Generaci%C3%B3n\\_el%C3%A9ctrica\\_con\\_energ%C3%ADas\\_renovables](https://www.academia.edu/28888909/Centrales_de_energ%C3%ADas_renovables_Generaci%C3%B3n_el%C3%A9ctrica_con_energ%C3%ADas_renovables)
- Castellano Galán, J. (2008). ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE CENTRALES MICROHIDRÁULICAS. APLICACIÓN A ZONA RURAL SUBDESARROLLADA. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4729/Mem%C3%B2ria.pdf>
- Castro Valdivia, D. (2017). METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN GUATEMALA: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE FINANCIACIÓN DE LAS INVERSIONES COMO PARÁMETRO BÁSICO PARA EL ESTUDIO DE LA VIABILIDAD. *METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN GUATEMALA: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE FINANCIACIÓN DE LAS INVERSIONES COMO PARÁMETRO BÁSICO PARA EL ESTUDIO DE LA VIABILIDAD*.
- Castro, A. (2006). *Minicentrales hidroeléctricas*. Madrid.
- Cheney, W., & Kincaid, D. (2012). *Métodos numéricos y computación*. Sexta Edición.
- Chicaiza, A. M. (diciembre de 2019). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA "PLANTA NOROCCIDENTE" PERTENECIENTE A LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE QUITO (EPMAPS). Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20588?mode=full>

- Collazos, A., Sánchez, V., & Ortiz, R. (2015). Microcentrales Hidroeléctricas con aplicación de máquinas reversibles. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/70362>
- Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). (2016). PROCEDIMIENTOS PARA PRESENTAR, CALIFICAR Y APROBAR LOS PROYECTOS FERUM. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELEC-008-08.pdf>
- de la Fuente O'Connor, J. L. (2017). *Ingeniería de los Algoritmos y Métodos Numéricos. Un acercamiento práctico avanzado a la computación científica e ingenieril con Matlab*. Segunda edición. Obtenido de [http://www.jldelafuenteoconnor.es/Libro2017\\_NV\\_10-8\\_SP.pdf](http://www.jldelafuenteoconnor.es/Libro2017_NV_10-8_SP.pdf)
- Deingenierias. (8 de marzo de 2019). Partes y componentes de una central hidroeléctrica. Obtenido de [https://deingenierias.com/hidroelectricas/partes-de-una-central-hidroelectrica/#2\\_Tuberia\\_forzada](https://deingenierias.com/hidroelectricas/partes-de-una-central-hidroelectrica/#2_Tuberia_forzada)
- Fernández, P. (2016). TURBINAS HIDRÁULICAS. Obtenido de <http://www.jimic.cl/appv/Congreso/PDF/TURBINAS%20HIDR%C1ULICAS%20Pedro%20Fernandez%20Diez.pdf>
- Francisco López, J. (03 de octubre de 2017). *Economipedia*. (P. estocástico, Productor) Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/proceso-estocastico.html>
- García, C., García, T., & Sarasúa, J. (2011). SALTOS HIDROELÉCTRICOS Conceptos básicos y aplicaciones. Madrid, España. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/170208>
- González, J. (2012). Energías renovables. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/46748>
- Guiamel, I. A., & Han Soo, L. (15 de Abril de 2020). Potential hydropower estimation for the Mindanao River Basin in the Philippines based on watershed modelling using the soil and water assessment tool. *ScienceDirect*, 1010-1028.
- Informe Anual 2020. (2020). *Informe Anual 2020*. Ecuador.
- Irazusta, M. (2018). DISEÑO DE MICROTURBINA TURGO. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11366/Informe%20Completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jiménez Terán, J. M., García Pacheco, V. H., Lozano Laez, D., Zavala Arreola, O., Ortiz Cedano, A., Castillo González, E., & Romero López, R. (2016). Manual de Apuntes de la Experiencia Educativa de Tuberías y Canales. Obtenido de <https://www.ingcivilfree.org/2016/01/manual-de-apuntes-de-la-experiencia.html>
- Kadier, A., Kalil, M., Pudukudy, M., Hasan, H., Mohamed, A., & Hamid, A. (2018). Pico hydropower (PHP) development in Malaysia: Potential, present status, barriers and future perspectives. *ScienceDirect*, 2796-2805. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117310249>
- López Fernández, R., Bofill Placeres, A., & Palmero Urquiza, D. E. (2019). *PROBABILIDADES CON UN ENFOQUE AMBIENTALISTA*. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/131887>

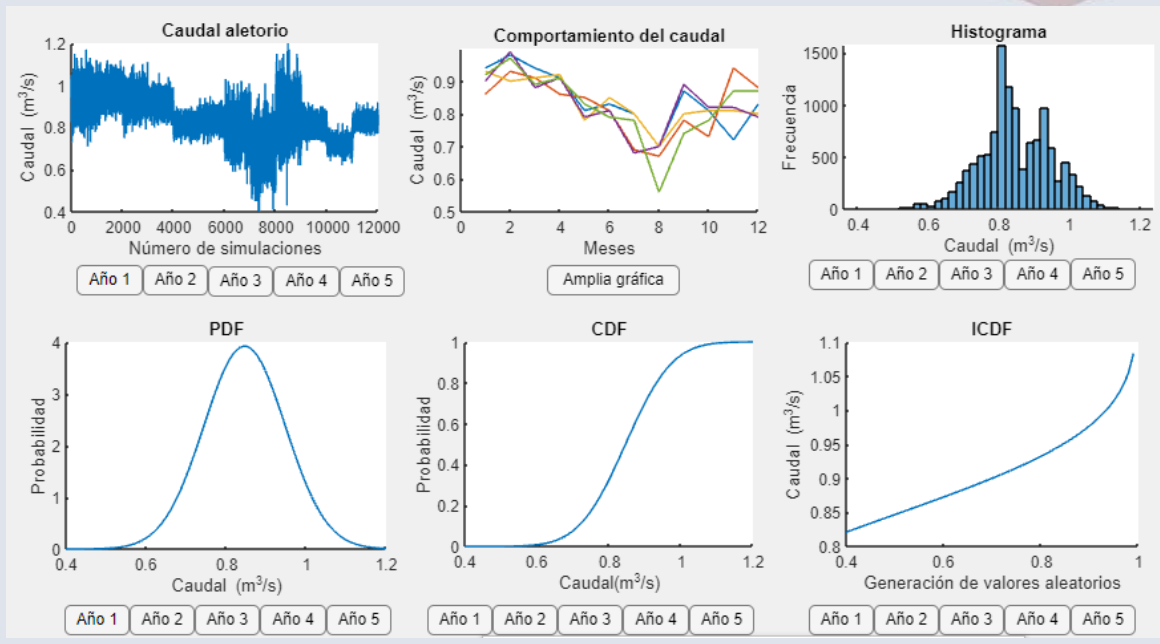
- Magaju, D., Cattapan, A., & Franca, M. (1 de julio de 2020). Identification of run-of-river hydropower investments in data scarce regions using global data. *ScienceDirect*, 30-41. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.07.001>
- Martínez, E. (2015). Optimización de minicentrales hidroeléctricas dedicadas a otros usos. Logroño, España. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/95401>
- MathWorks. (2022). Simulación Monte Carlo. Obtenido de [https://la.mathworks.com/discovery/monte-carlo-simulation.html?s\\_tid=srchtitle\\_funciones%20Monte%20carlo\\_1](https://la.mathworks.com/discovery/monte-carlo-simulation.html?s_tid=srchtitle_funciones%20Monte%20carlo_1)
- Ministerio de Energía y Minas. (agosto de 2020). Obtenido de Ministerio de Energía y Minas: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/5900-2/>
- Mosquera, L., & Gallego, C. (8 de octubre de 2018). Planta Micro-Hidroeléctrica. Colombia. Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17822/3/2020\\_%20Turbina\\_Zona\\_Interc onectada.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17822/3/2020_%20Turbina_Zona_Interc onectada.pdf)
- Mott, R. (2006). Mecánica de fluidos aplicada. Sexta edición. Obtenido de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/fluidos-mott-6ed.pdf>
- Observatorio de Energías Renovables en Uruguay. (2010). Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) en Uruguay. Obtenido de <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/documentos/publicaciones/PCH%20en%20Uruguay.pdf>
- Ogayar, B. (21 de Noviembre de 2019). Energía hidráulica y energía mareomotriz. España. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=BXjIDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Hidroel%C3%A9ctricas+libro&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=BXjIDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Hidroel%C3%A9ctricas+libro&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Olivar, L., & Granada, H. (2019). NOTAS DE ANÁLISIS NUMÉRICO CON MATLAB. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/121005>
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2020). Guía de prácticas hidrológicas. Obtenido de [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10456](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10456)
- Pandey, B., & Karki, A. (2017). HYDROELECTRIC ENERGY: Renewable Energy and the Environment. Boca Raton, Estados Unidos.
- Papadakis, S. M. (junio de 2010). DESARROLLO DE UN CÓDIGO DE CÁLCULO BASADO EN EL MÉTODO DE MONTE CARLO ORIENTADO A LA REALIZACIÓN DE CORRECCIONES DE EXPERIMENTOS NEUTRÓNICOS. Argentina. Obtenido de <http://ricabib.cab.cnea.gov.ar/269/1/1Papadakis.pdf>
- Rahman, A., Farrok, O., & Haque, M. M. (13 de febrero de 2022). Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean and osmotic. *ScienceDirect*, 161.
- Sandoval, W. (julio de 2018). Conceptos Básicos de Centrales Hidroeléctricas. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/326560960\\_Capitulo\\_6\\_Conceptos\\_Basicos\\_de\\_Centrales\\_Hidroelectricas](https://www.researchgate.net/publication/326560960_Capitulo_6_Conceptos_Basicos_de_Centrales_Hidroelectricas)



- Sanz Osorio, J. F., Almécija, C., Bludszuweit, H., Fraile, J. J., García, D., Navarro, M., . . . Román Wilhelmi, J. (2016). *ENERGÍA HIDROELÉCTRICA*. Segunda Edición. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/44824>
- Segarra, L. (2019). CÁLCULO DEL VOLUMEN DE PETRÓLEO ORIGINAL EN SITIO A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE GEOESTADÍSTICA Y EL MÉTODO MONTECARLO, CASO ESTUDIO CAMPO DEL ORIENTE ECUATORIANO. La Libertad, Santa Elena, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/4969/UPSE-TIP-2019-0006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Solarin, S. A., & Ozturk, I. (2 de agosto de 2015). On the causal dynamics between hydroelectricity consumption and economic growth in Latin America countries. *ScienceDirect*, 1857-1868.
- Unidad de Planeación Minero Energético. (9 de octubre de 2015). HIDROENERGÍA. Colombia. Obtenido de [http://www1.upme.gov.co/Energia\\_electrica/Atlas/Atlas\\_p25-36.pdf](http://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p25-36.pdf)
- Vargas, L., Haas, J., Reyes, L., Salinas, F., & Morata, D. (2020). Generación de Energía Eléctrica con Fuentes Renovables. Santiago de Chile: Primera Edición. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/221694>
- Vásquez, V. (agosto de 2015). Estudio y diseño de un sistema micro-hidroeléctrico para generación y abastecimiento de energía eléctrica mediante energía renovable para una vivienda típica del sector de Sinincay perteneciente al Cantón Cuenca. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10515/1/UPS-CT005495.pdf>
- Vivas Rodríguez, B. (2020). Diseño de una micro central hidroeléctrica para la hacienda Las Garzas.
- Vivas, B. (febrero de 2020). DISEÑO DE UNA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA PARA LA HACIENDA LAS GARZAS. Ibarra, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10289>
- Wang, L., Lee, D.-J., Chen, L.-Y., Yu, J.-Y., Jan, S.-R., Chen, S.-J., . . . Blyden, B. (2009). A Micro Hydro Power Generation System for Sustainable Microgrid Development in Rural Electrification of Africa. *IEEE*.
- Zarza, L. (2020). ¿Cuál es la densidad del agua? Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/cual-es-densidad-agua>

# MANUAL DE USUARIO

## Estimación de Generación Hidroeléctrica mediante Simulación Monte-Carlo

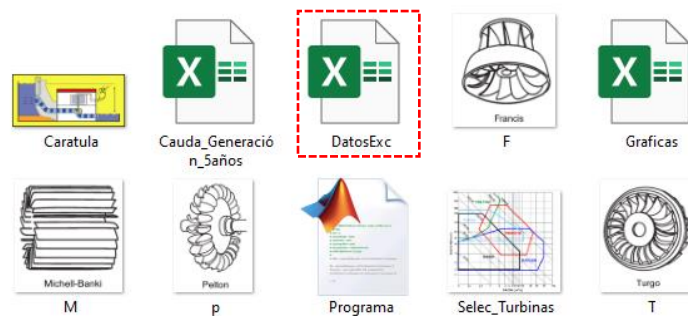


La aplicación Estimación de Generación Hidroeléctrica (EGH) es un programa para registrar y presentar datos de estimación de generación hidroeléctrica para la planificación de proyectos hidroeléctricos. En esta guía del usuario se da un enfoque general de las particularidades de la aplicación, indicándose las instrucciones que se debe seguir para utilizar correctamente la aplicación.

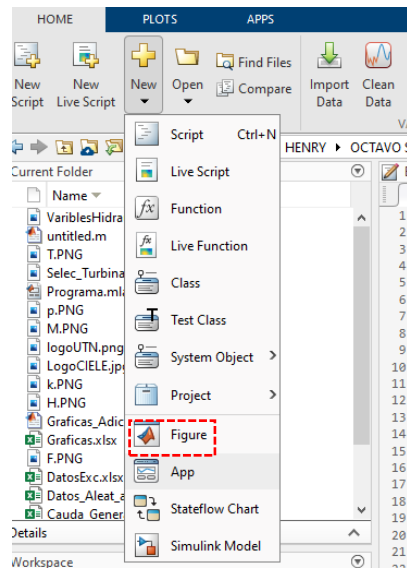
La aplicación está desarrollada en el lenguaje de programación para Matlab R2022a. Cerciórese de que el ordenador satisfaga los requisitos mínimos para su correcto funcionamiento. El presente programa es con fines académicos, el autor no se responsabiliza por datos ingresados que dan resultados incoherentes. La aplicación genera un archivo Excel (Caudal\_Generación\_5años), donde se representan los valores del caudal aleatorio y la generación hidroeléctrica en la hoja 1, en la hoja 2 se representan los valores mensuales promedio de cada año.

### Procedimiento

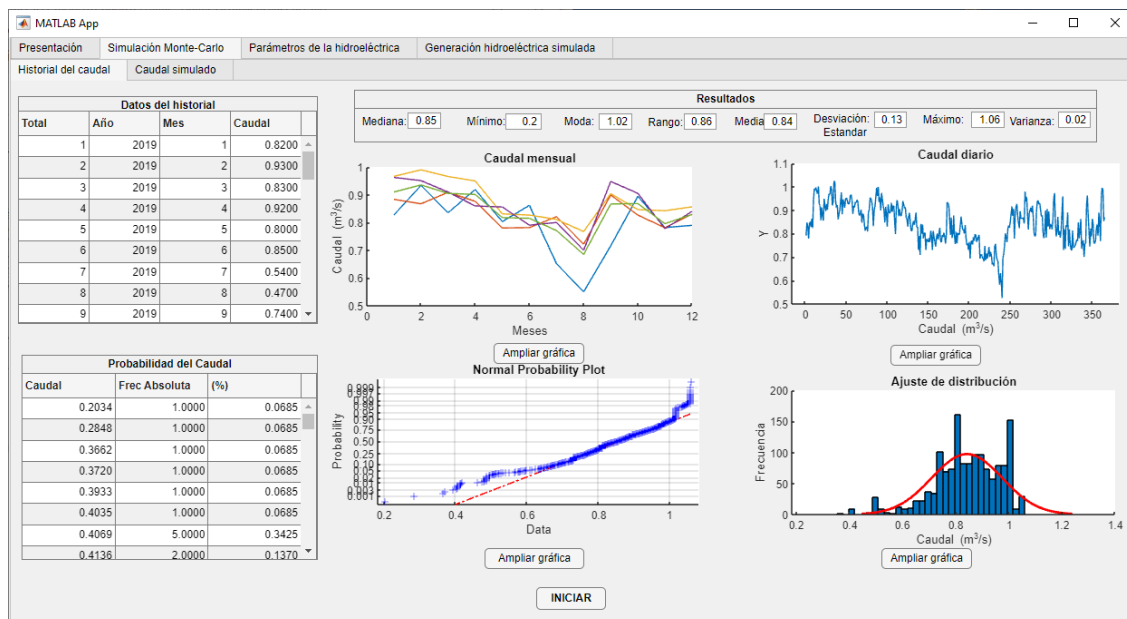
1. Abra la carpeta EGH y busque el archivo DatosExc, donde se presentan 5 hojas en el cual se debe cargar la base de datos del caudal, se presenta un ejemplo como hacerlo.



2. Inicialice MATLAB en la pestaña de Home haga clic en New y diríjase a App. Seleccione la carpeta donde se encuentra el programa EGH y seleccione el archivo titulado Programa y proceda a correr el programa.

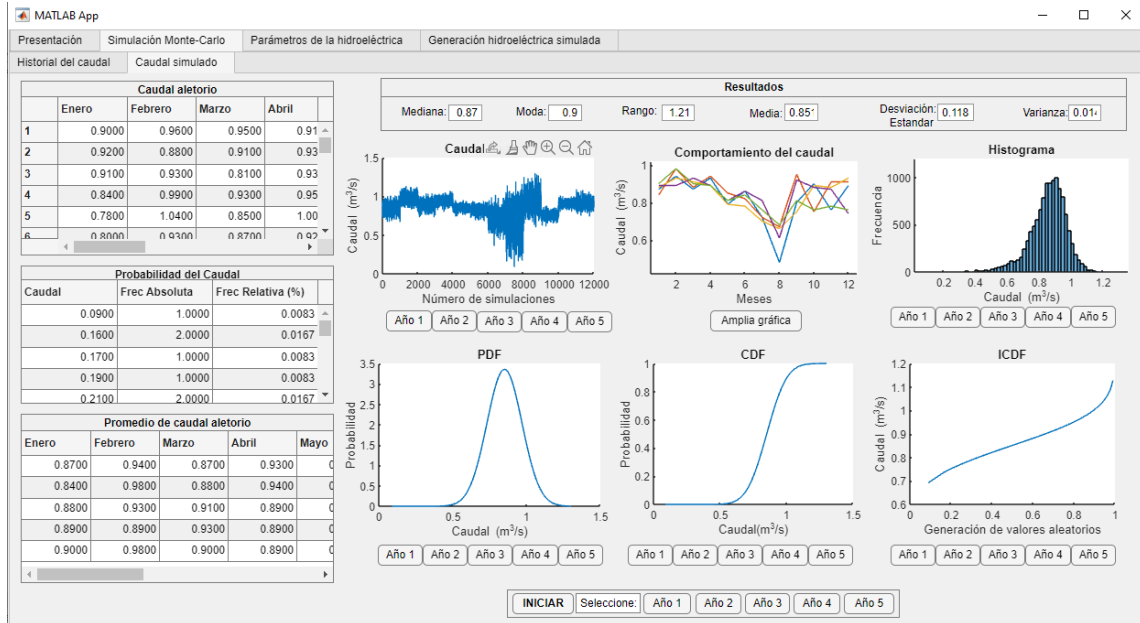


3. Posteriormente se debe seleccionar la pestaña de (Simulación Monte-Carlo/ Historial del caudal), y oprimir el botón INICIAR, en ese apartado se tomará los datos que se han registrado en el archivo DatosExc, visualizándose sus respectivas gráficas y datos probabilísticos estadísticos. De igual manera en cada una de las gráficas se tiene el botón (Ampliar gráfica) que permite visualizar de mejor manera el comportamiento de los datos ingresados.

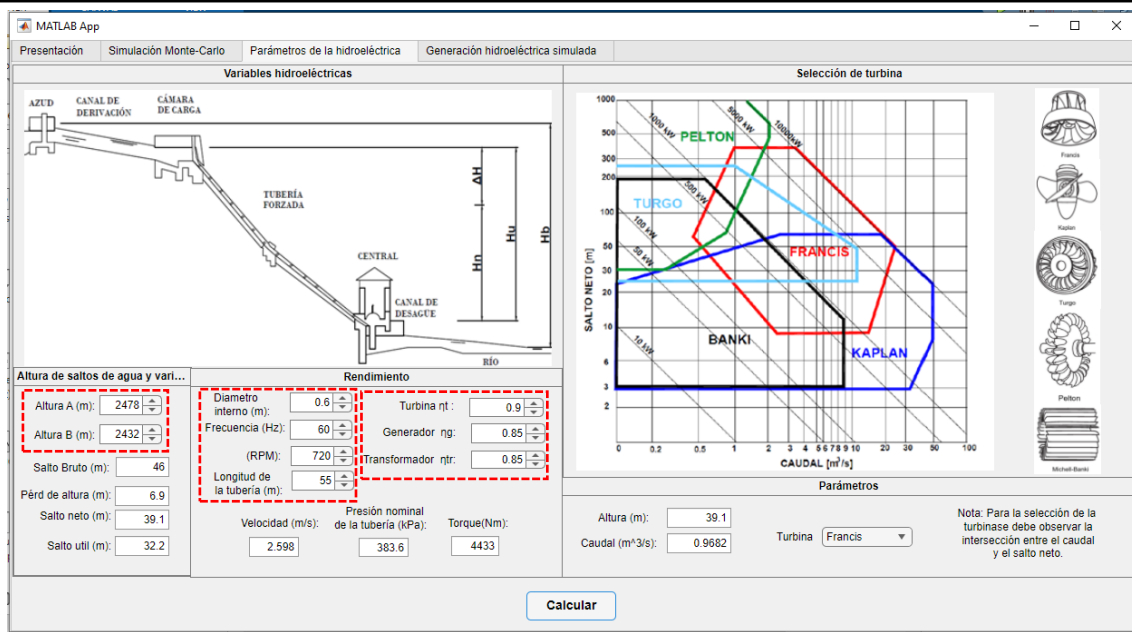


4. En la siguiente pestaña de (Simulación Monte-Carlo/ Caudal simulado) se debe oprimir el botón INICIAR para proceder a generar el caudal aleatorio esto sucede para 5 años, por

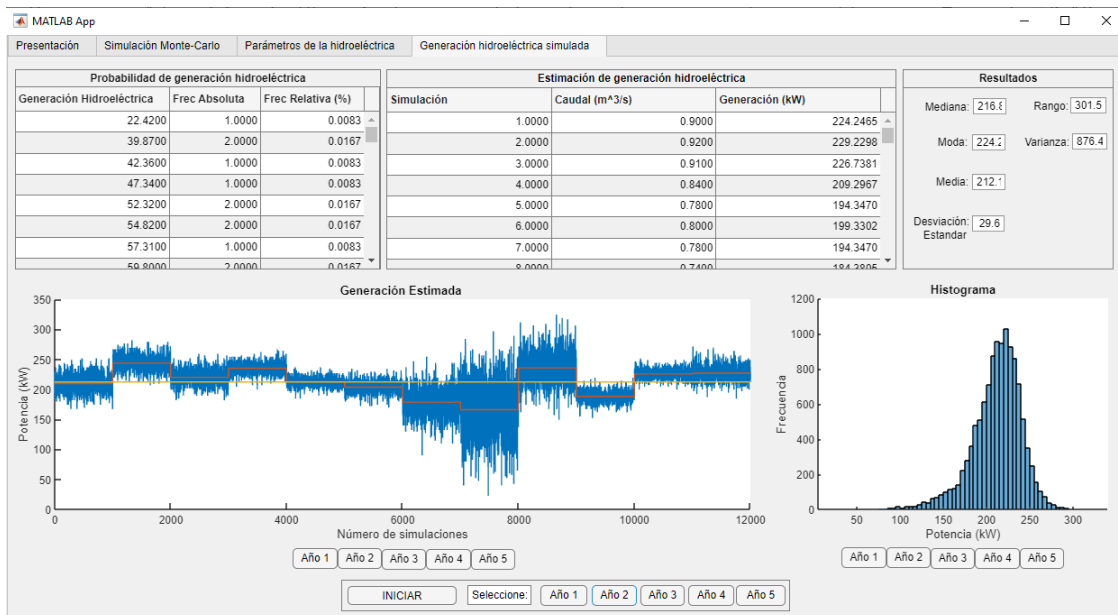
consiguiente, en la parte inferior se tiene la opción de elegir el año que se quiere observar los resultados, de igual manera de bajo de cada gráfica se encuentran los botones que permiten visualizar de mejor manera los resultados obtenidos.



5. Una vez generado el caudal aleatorio se abre la pestaña de (Parámetros de la hidroeléctrica) en el cual se debe ingresar los diferentes parámetros para realizar las diferentes operaciones que son utilizadas en la siguiente pestaña (Generación hidroeléctrica simulada), para ello oprima el botón INICIAR. De igual manera se tiene la selección de la turbina donde el usuario puede elegir la mejor opción, dependiendo del caudal ( $m^3/s$ ) y altura neta ( $m$ ).



6. Finalmente, se tiene la pestaña de (Generación hidroeléctrica simulada), oprima el botón INICIAR para presentar los resultados que se han obtenido en cada año, para ver uno u otro año solamente oprima las opciones que se presenta en los botones inferiores, debajo de cada grafica se tiene las opciones para poder ampliar las gráficas y poder visualizar de mejor manera el comportamiento de cada gráfica.



## B. Código de programación

```
{
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Electricidad
Trabajo de grado
Henry Steeven Flores Morales
}

classdef Programa < matlab.apps.AppBase

% Properties that correspond to app components
properties (Access = public)
    UIFigure                matlab.ui.Figure
    TabGroup                matlab.ui.container.TabGroup
    PresentacinTab         matlab.ui.container.Tab
    ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_15  matlab.ui.control.Label
    ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_14  matlab.ui.control.Label
    ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_13  matlab.ui.control.Label
    ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_12  matlab.ui.control.Label
    ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_11  matlab.ui.control.Label
    ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_10  matlab.ui.control.Label
    ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_9   matlab.ui.control.Label
    Image_4                matlab.ui.control.Image
    ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_8   matlab.ui.control.Label
    CARRERADEELECTRICIDADLabel_2  matlab.ui.control.Label
    Image_3                matlab.ui.control.Image
    UNIVERSIDADTCNICADELNORTELabel_2  matlab.ui.control.Label
    SimulacinMonteCarloTab      matlab.ui.container.Tab
    TabGroup3               matlab.ui.container.TabGroup
    HistorialdelcaudalTab      matlab.ui.container.Tab
    AmpliargrficaButton_13     matlab.ui.control.Button
    AmpliargrficaButton_10     matlab.ui.control.Button
    ProbabilidaddelCaudalPanel matlab.ui.container.Panel
    UITable2                matlab.ui.control.Table
    DatosdelhistorialPanel    matlab.ui.container.Panel
    UITable                 matlab.ui.control.Table
    AmpliargrficaButton_3     matlab.ui.control.Button
    ResultadosPanel          matlab.ui.container.Panel
    DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_5  matlab.ui.control.Label
    VarianzaEditField         matlab.ui.control.NumericEditField
    RangoEditField           matlab.ui.control.NumericEditField
    DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_3  matlab.ui.control.Label
    DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_2  matlab.ui.control.Label
    DesviacionEstandarEditField  matlab.ui.control.NumericEditField
    MinimoEditField          matlab.ui.control.NumericEditField
    SaltoutilmEditFieldLabel_3  matlab.ui.control.Label
    MaximoEditField          matlab.ui.control.NumericEditField
    SaltoutilmEditFieldLabel_2  matlab.ui.control.Label
    MediaEditField           matlab.ui.control.NumericEditField
    PrddidasdealturamEditFieldLabel_2  matlab.ui.control.Label
    ModaEditField            matlab.ui.control.NumericEditField
end
end
```

SaltonetomEditFieldLabel_2	matlab.ui.control.Label
MedianaEditField	matlab.ui.control.NumericEditField
SaltoBrutomEditFieldLabel_2	matlab.ui.control.Label
AmpliargrficaButton	matlab.ui.control.Button
INICIARButton	matlab.ui.control.Button
UIAxes6_2	matlab.ui.control.UIAxes
UIAxes3	matlab.ui.control.UIAxes
UIAxes15_11	matlab.ui.control.UIAxes
UIAxes5	matlab.ui.control.UIAxes
CaudalsimuladoTab	matlab.ui.container.Tab
Ao5Button_11	matlab.ui.control.Button
Ao4Button_11	matlab.ui.control.Button
Ao3Button_11	matlab.ui.control.Button
Ao2Button_11	matlab.ui.control.Button
Ao1Button_12	matlab.ui.control.Button
Ao5Button_10	matlab.ui.control.Button
Ao4Button_10	matlab.ui.control.Button
Ao3Button_10	matlab.ui.control.Button
Ao2Button_10	matlab.ui.control.Button
Ao1Button_11	matlab.ui.control.Button
AmpliargrficaButton_6	matlab.ui.control.Button
Panel_2	matlab.ui.container.Panel
EditField_7	matlab.ui.control.EditField
Ao5Button_5	matlab.ui.control.Button
Ao4Button_5	matlab.ui.control.Button
Ao3Button_5	matlab.ui.control.Button
Ao2Button_5	matlab.ui.control.Button
Ao1Button_5	matlab.ui.control.Button
INICIARButton_2	matlab.ui.control.Button
ProbabilidaddelCaudalPanel_2	matlab.ui.container.Panel
UITable2_2	matlab.ui.control.Table
Ao5Button_6	matlab.ui.control.Button
Ao4Button_6	matlab.ui.control.Button
Ao3Button_6	matlab.ui.control.Button
Ao2Button_6	matlab.ui.control.Button
Ao1Button_6	matlab.ui.control.Button
ResultadosPanel_2	matlab.ui.container.Panel
DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_8	matlab.ui.control.Label
VarianzaEditField_2	matlab.ui.control.NumericEditField
RangoEditField_2	matlab.ui.control.NumericEditField
DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_7	matlab.ui.control.Label
DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_6	matlab.ui.control.Label
DesviacionEstandarEditField_2	matlab.ui.control.NumericEditField
MediaEditField_2	matlab.ui.control.NumericEditField
PrdidasdealturamEditFieldLabel_3	matlab.ui.control.Label
ModaEditField_2	matlab.ui.control.NumericEditField
SaltonetomEditFieldLabel_3	matlab.ui.control.Label
MedianaEditField_2	matlab.ui.control.NumericEditField
SaltoBrutomEditFieldLabel_3	matlab.ui.control.Label
Ao5Button_3	matlab.ui.control.Button
Ao4Button_3	matlab.ui.control.Button
Ao3Button_3	matlab.ui.control.Button
Ao2Button_3	matlab.ui.control.Button
Ao1Button_10	matlab.ui.control.Button



Ao5Button_2	matlab.ui.control.Button
Ao4Button_2	matlab.ui.control.Button
Ao3Button_2	matlab.ui.control.Button
Ao2Button_2	matlab.ui.control.Button
Ao1Button_2	matlab.ui.control.Button
PromediodecaudalaletorioPanel	matlab.ui.container.Panel
UITable4	matlab.ui.control.Table
CaudalaletorioPanel	matlab.ui.container.Panel
UITable3	matlab.ui.control.Table
UIAxes6_4	matlab.ui.control.UIAxes
UIAxes6_3	matlab.ui.control.UIAxes
UIAxes8	matlab.ui.control.UIAxes
UIAxes10	matlab.ui.control.UIAxes
UIAxes9	matlab.ui.control.UIAxes
UIAxes7	matlab.ui.control.UIAxes
ParmetrosdelahidroelctricaTab	matlab.ui.container.Tab
ParmetrosPanel	matlab.ui.container.Panel
EditField_3Label_5	matlab.ui.control.Label
EditField_3	matlab.ui.control.NumericEditField
EditField_3Label	matlab.ui.control.Label
EditField_2	matlab.ui.control.NumericEditField
EditField_2Label	matlab.ui.control.Label
TurbinaDropDown	matlab.ui.control.DropDown
TurbinaDropDownLabel	matlab.ui.control.Label
RendimientoPanel	matlab.ui.container.Panel
EditField_8	matlab.ui.control.NumericEditField
LongituddelatuberamSpinner_2	matlab.ui.control.Spinner
LongituddelatuberamSpinner_2Label	matlab.ui.control.Label
PrdidasdealturamEditFieldLabel_6	matlab.ui.control.Label
SaltoBrutomEditField_2	matlab.ui.control.NumericEditField
SaltoBrutomEditFieldLabel_5	matlab.ui.control.Label
PresinnominaldelatuberaPaEditField	matlab.ui.control.NumericEditField
PresinnominaldelatuberaPaEditFieldLabel	matlab.ui.control.Label
RPMSpinner	matlab.ui.control.Spinner
RPMSpinnerLabel	matlab.ui.control.Label
FrecuenciaHzSpinner	matlab.ui.control.Spinner
FrecuenciaHzSpinnerLabel	matlab.ui.control.Label
DiametrointernomSpinner	matlab.ui.control.Spinner
DiametrointernomSpinnerLabel	matlab.ui.control.Label
TransformadortrSpinner	matlab.ui.control.Spinner
TransformadorLabel	matlab.ui.control.Label
GeneradorgSpinner	matlab.ui.control.Spinner
GeneradorLabel	matlab.ui.control.Label
TurbinatSpinner	matlab.ui.control.Spinner
TurbinaLabel	matlab.ui.control.Label
CalcularButton_5	matlab.ui.control.Button
SeleccindeturbinaPanel	matlab.ui.container.Panel
Image10	matlab.ui.control.Image
Image9	matlab.ui.control.Image
Image8	matlab.ui.control.Image
Image7	matlab.ui.control.Image
Image5	matlab.ui.control.Image
Image4	matlab.ui.control.Image
VariablesdelahidroelctricasPanel	matlab.ui.container.Panel

```

Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelectricasPanel matlab.ui.container.Panel
SaltoutilmEditField matlab.ui.control.NumericEditField
SaltoutilmEditFieldLabel matlab.ui.control.Label
PrdidasdealturamEditField matlab.ui.control.NumericEditField
PrdidasdealturamEditFieldLabel matlab.ui.control.Label
SaltonetomEditField matlab.ui.control.NumericEditField
SaltonetomEditFieldLabel matlab.ui.control.Label
SaltoBrutomEditField matlab.ui.control.NumericEditField
SaltoBrutomEditFieldLabel matlab.ui.control.Label
AlturaBmSpinner matlab.ui.control.Spinner
AlturaBmSpinnerLabel matlab.ui.control.Label
AlturaAmSpinner matlab.ui.control.Spinner
AlturaAmSpinnerLabel matlab.ui.control.Label
Image3 matlab.ui.control.Image
Generacin hidroelectricas simulada Tab matlab.ui.container.Tab
Ao5Button_9 matlab.ui.control.Button
Ao4Button_9 matlab.ui.control.Button
Ao3Button_9 matlab.ui.control.Button
Ao2Button_9 matlab.ui.control.Button
Ao1Button_9 matlab.ui.control.Button
ResultadosPanel_3 matlab.ui.container.Panel
Diametro internodelatuberamSpinnerLabel_11 matlab.ui.control.Label
VarianzaEditField_3 matlab.ui.control.NumericEditField
Diametro internodelatuberamSpinnerLabel_9 matlab.ui.control.Label
Desviacion EstandarEditField_3 matlab.ui.control.NumericEditField
RangoEditField_3 matlab.ui.control.NumericEditField
Diametro internodelatuberamSpinnerLabel_10 matlab.ui.control.Label
MediaEditField_3 matlab.ui.control.NumericEditField
PrdidasdealturamEditFieldLabel_4 matlab.ui.control.Label
ModaEditField_3 matlab.ui.control.NumericEditField
SaltonetomEditFieldLabel_4 matlab.ui.control.Label
MedianaEditField_3 matlab.ui.control.NumericEditField
SaltoBrutomEditFieldLabel_4 matlab.ui.control.Label
Panel matlab.ui.container.Panel
EditField_6 matlab.ui.control.EditField
INICIARButton_3 matlab.ui.control.Button
Ao5Button_7 matlab.ui.control.Button
Ao4Button_7 matlab.ui.control.Button
Ao3Button_7 matlab.ui.control.Button
Ao2Button_7 matlab.ui.control.Button
Ao1Button_7 matlab.ui.control.Button
Ao5Button_8 matlab.ui.control.Button
Ao4Button_8 matlab.ui.control.Button
Ao3Button_8 matlab.ui.control.Button
Ao2Button_8 matlab.ui.control.Button
Ao1Button_8 matlab.ui.control.Button
Probabilidaddegeneracin hidroelectricaPanel matlab.ui.container.Panel
UITable6 matlab.ui.control.Table
Estimacin de generacin hidroelectricaPanel matlab.ui.container.Panel
UITable5 matlab.ui.control.Table
UIAxes14 matlab.ui.control.UIAxes
UIAxes12 matlab.ui.control.UIAxes

```

end

```

% Callbacks that handle component events
methods (Access = private)

% Image clicked function: Image_3, Image_4
function Image_4Clicked(app, event)

end

% Value changed function: AlturaBmSpinner
function AlturaBmSpinnerValueChanged(app, event)
    Zb = app.AlturaBmSpinner.Value;
end

% Value changed function: AlturaAmSpinner
function AlturaAmSpinnerValueChanged(app, event)
    Za = app.AlturaAmSpinner.Value;
end

% Button pushed function: CalcularButton_5
function CalcularButton_5Pushed(app, event)
    global Hn
    global caudal_fin
    global rendimiento
    Za = app.AlturaAmSpinner.Value;
    Zb = app.AlturaBmSpinner.Value;
    Den = 1000;
    g = 9.81;
    Hb = Za-Zb; %Cálculo de altura bruta
    PerH = (15/100)*Hb; %Cálculo de perdidas de altura
    Hn = Hb-PerH; %Cálculo de altura neta
    Hu = Hn-PerH; %Cálculo de altura útil
    app.SaltoBrutomEditField.Value = Hb;
    app.PrdidasdealturamEditField.Value = PerH;
    app.SaltonetomEditField.Value = Hn;
    app.SaltoutilmEditField.Value = Hu;
    app.EditField_3.Value = Hn;

    r_tur = app.TurbinatSpinner.Value;
    r_gen = app.GeneradorgSpinner.Value;
    r_trans = app.TransformadortrSpinner.Value;
    rendimiento = r_tur*r_gen*r_trans; %cálculo de rendimiento
    rpm = app.RPMSpinner.Value;

    sec = pi * app.DiametrointernomSpinner.Value; % Cálculo A
    vel = (4*1)/(pi*(0.7)^2); %Cálculo de velocidad Q en la tubería
    pre = g*Hn; %Presión en la tubería
    Pmec = Den*g*caudal_fin*Hn*r_tur %Potencia mecánica
    w = rpm*2*pi/60; % Velocidad angular
    T = Pmec/w %torque
    app.SaltoBrutomEditField_2.Value = vel;
    app.PresinnominaldelatuberaPaEditField.Value = pre;
    app.EditField_8.Value = T;
end

```

```

% Callback function
function CacularButton_2Pushed(app, event)

end

% Callback function
function CacularButton_3Pushed(app, event)

end

% Callback function
function LimpiarButtonPushed(app, event)

end

% Value changed function: TurbinaDropDown
function TurbinaDropDownValueChanged(app, event)

end

% Button pushed function: INICIARButton
function INICIARButtonPushed(app, event)
    %Variables globales
    global datos_anio
    global datos_mes
    global datos_caudal
    global media
    global desvia_est
    global datos
    global datos_total
    global tabla

    global datos_hoja2
    global datos_hoja2_mes
    global datos_hoja2_a1
    global datos_hoja2_a2
    global datos_hoja2_a3
    global datos_hoja2_a4
    global datos_hoja2_amm

    global datos_hoja3
    global datos_sem_a1
    global datos_sem_a2
    global datos_sem_a3
    global datos_sem_a4
    global datos_sem_to

    global x
    global p
    global y
    global y2

    %Importar hojas1 de Excel
    datos = readtable("DatosExc.xlsx");

```

```

app.UITable.Data = datos;
datos_anio = datos.a;
datos_mes = datos.m;
datos_total = datos.t;
datos_caudal = round(datos.c,2);

%Importar hojas2 de Excel
datos_hoja2 = readtable("DatosExc.xlsx","Sheet","Hoja2");
datos_hoja2_mes = datos_hoja2.mes;
datos_hoja2_a1 = datos_hoja2.a1;
datos_hoja2_a2 = datos_hoja2.a2;
datos_hoja2_a3 = datos_hoja2.a3;
datos_hoja2_a4 = datos_hoja2.a4;
datos_hoja2_amm = datos_hoja2.mm;

mat_mes = [datos_hoja2_a1; datos_hoja2_a2; datos_hoja2_a3;
datos_hoja2_a4;];
valor_a = (1:12);
dias = [valor_a'; valor_a'; valor_a'; valor_a'];

%Importar hojas3 de Excel
datos_hoja3 = readtable("DatosExc.xlsx","Sheet","Hoja3");
datos_sem_a1 = datos_hoja3.a1;
datos_sem_a2 = datos_hoja3.a2;
datos_sem_a3 = datos_hoja3.a3;
datos_sem_a4 = datos_hoja3.a4;
datos_sem_to = datos_hoja3.to;
datos_sem_m = datos_hoja3.m;

plot(app.UIAxes15_11,datos_sem_m,'LineWidth',2)
app.UIAxes15_11.XLim = [1 365]
app.UIAxes15_11.YLim = [0.2 1.2]

mediana = median(datos_sem_to);
app.MedianaEditField.Value = round(mediana,2);
desvia_est = std(datos_sem_to);
app.DesviacionEstandarEditField.Value = round(desvia_est,2);
media = mean(datos_sem_to);
app.MediaEditField.Value = round(media,2);
moda = mode(datos_sem_to);
app.ModaEditField.Value = round(modas,2);
maximo = max(datos_sem_to);
app.MaximoEditField.Value = round(maximo,2);
minimo = min(datos_sem_to);
app.MinimoEditField.Value = round(minimo,2);
rango = range(datos_sem_to);
app.RangoEditField.Value = round(rango,2);
varianza = var(datos_sem_to);
app.VarianzaEditField.Value = round(varianza,2);

ordenar = sort(datos_sem_to);
tabla = tabulate(ordenar);
app.UITable2.Data = tabla;

```

```

x = sort(datos_sem_to);
y = normpdf(x,media,desvia_est);

histfit(app.UIAxes6_2,datos_sem_to)
%histogram(datos_sem_to)

normplot(app.UIAxes3,datos_sem_to)

%Gráfica del caudal mensual
plot((app.UIAxes5),datos_hoja2_mes,datos_hoja2_a1, ...
      datos_hoja2_mes,datos_hoja2_a2,datos_hoja2_mes, ...
      datos_hoja2_a3, datos_hoja2_mes,datos_hoja2_a4, ...
      datos_hoja2_mes, datos_hoja2_amm, 'LineWidth',2)
app.UIAxes5.XLim = [1 12]
app.UIAxes5.YLim = [0.2 1.2]
end

% Button pushed function: AmpliargrficaButton
function AmpliargrficaButtonPushed(app, event)
    global datos_sem_to
    normplot(datos_sem_to)
    title ('Probabilidad normal','FontSize',18)
    lgd = legend('Distribución teórica','', 'Primer y tercer cuartil')
    lgd.FontSize = 14
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Probabilidad','FontSize',18)
end

% Callback function
function intentoButtonPushed(app, event)

end

% Size changed function: SimulacinMonteCarloTab
function SimulacinMonteCarloTabSizeChanged(app, event)
    position = app.SimulacinMonteCarloTab.Position;
end

% Callback function
function intento2ButtonPushed(app, event)
%% Set up the Import Options and import the data
opts = delimitedTextImportOptions("NumVariables", 2);

% Specify range and delimiter
opts.DataLines = [1, Inf];
opts.Delimiter = ",";

% Specify column names and types
opts.VariableNames = ["VarName1", "VarName2"];
opts.VariableTypes = ["double", "double"];

% Specify file level properties
opts.ExtraColumnsRule = "ignore";
opts.EmptyLineRule = "read";

```

```

% Import the data
TP = readtable("D:APP\data_mov_parab.csv", opts);
clear opts

t = TP.VarName1;
x = TP.VarName2;
op = t.^2;
op1 = t.*x
plot(t,x)
histogram(t)
app.UITable2.Data = t;
end

% Callback function
function AmpliargrficaButton_2Pushed(app, event)
    global datos_anio
    global datos_mes
    global datos_caudal
    global datos_total
    plot(datos_total, datos_caudal) %Gráfica del caudal anual
end

% Callback function
function AmpliargrficaButton_4Pushed(app, event)
    global x
    global y
    plot(x,y,'LineWidth',3)
    title ('Función de densidad de probabilidad')
    xlabel('Caudal(m^3/s)')
    ylabel('PDF')
end

% Button pushed function: AmpliargrficaButton_3
function AmpliargrficaButton_3Pushed(app, event)
    global datos_hoja2_mes
    global datos_hoja2_a1
    global datos_hoja2_a2
    global datos_hoja2_a3
    global datos_hoja2_a4
    global datos_hoja2_amm

    plot(datos_hoja2_mes,datos_hoja2_a1, ...
        datos_hoja2_mes,datos_hoja2_a2,datos_hoja2_mes, ...
        datos_hoja2_a3, datos_hoja2_mes,datos_hoja2_a4, ...
        datos_hoja2_mes,datos_hoja2_amm,'LineWidth',2)

    xlim([1 12])
    ylim([0.2 1.2])
    title ('Caudal mensual','FontSize',18)
    xlabel('Meses','FontSize',18)
    ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    lgd = legend('Q2019','Q2020','Q2021','Q2022', 'Qmed')
    lgd.FontSize = 14

```

```

        hold off
    end

    % Cell edit callback: UITable2
    function UITable2CellEdit(app, event)
        global indices
        global newData
        indices = event.Indices;
        newData = event.NewData;
    end

    % Size changed function:
    % Alturadesaltosdeaguayvariables_hidroelctricas_Panel
    function Alturadesaltosdeaguayvariables_hidroelctricas_PanelSizeChanged(app,
event)
        position =
app.Alturadesaltosdeaguayvariables_hidroelctricas_Panel.Position;
    end

    % Value changed function: SaltoBrutomEditField
    function SaltoBrutomEditFieldValueChanged(app, event)
        value = app.SaltoBrutomEditField.Value;
    end

    % Callback function
    function IniciarButtonPushed(app, event)
        datos2 = readtable("DatosExc.xlsx", 'Sheet', 'Hoja2');
        app.UITable3.Data = datos2;
    end

    % Button pushed function: INICIARButton_2
    function INICIARButton_2Pushed(app, event)
        %Variables globales
        global Data_enero
        global Data_febrero
        global Data_marzo
        global Data_abril
        global Data_mayo
        global Data_junio
        global Data_julio
        global Data_agosto
        global Data_septiembre
        global Data_octubre
        global Data_noviembre
        global Data_diciembre

        global Data_enero1
        global Data_febrero1
        global Data_marzo1
        global Data_abril1
        global Data_mayo1
        global Data_junio1
        global Data_julio1
        global Data_agosto1

```



```
global Data_septiembre1
global Data_octubre1
global Data_noviembre1
global Data_diciembre1
```

```
global Data_enero2
global Data_febrero2
global Data_marzo2
global Data_abril2
global Data_mayo2
global Data_junio2
global Data_julio2
global Data_agosto2
global Data_septiembre2
global Data_octubre2
global Data_noviembre2
global Data_diciembre2
```

```
global Data_enero3
global Data_febrero3
global Data_marzo3
global Data_abril3
global Data_mayo3
global Data_junio3
global Data_julio3
global Data_agosto3
global Data_septiembre3
global Data_octubre3
global Data_noviembre3
global Data_diciembre3
```

```
global Data_enero4
global Data_febrero4
global Data_marzo4
global Data_abril4
global Data_mayo4
global Data_junio4
global Data_julio4
global Data_agosto4
global Data_septiembre4
global Data_octubre4
global Data_noviembre4
global Data_diciembre4
```

```
global anio1
global anio2
global anio3
global anio4
global anio5
global prom_pt
```

```
global resultado
global resultado1
global resultado2
```

```

global resultado3
global resultado4

global resultado0
global resultado11
global resultado22
global resultado33
global resultado44

global caudal_fin

datos = readtable("DatosExc.xlsx", "Sheet", "Hoja2");
cambio = table2array(datos);

maximo_enero = max(cambio(1,2:5));
maximo_febrero = max(cambio(2,2:5));
maximo_marzo = max(cambio(3,2:5));
maximo_abril = max(cambio(4,2:5));
maximo_mayo = max(cambio(5,2:5));
maximo_junio = max(cambio(6,2:5));
maximo_julio = max(cambio(7,2:5));
maximo_agosto = max(cambio(8,2:3));
maximo_septiembre = max(cambio(9,2:5));
maximo_octubre = max(cambio(10,2:5));
maximo_noviembre = max(cambio(11,2:5));
maximo_diciembre = max(cambio(12,2:5));

minimo_enero = min(cambio(1,2:5));
minimo_febrero = min(cambio(2,2:5));
minimo_marzo = min(cambio(3,2:5));
minimo_abril = min(cambio(4,2:5));
minimo_mayo = min(cambio(5,2:5));
minimo_junio = min(cambio(6,2:5));
minimo_julio = min(cambio(7,2:5));
minimo_agosto = min(cambio(8,2:3));
minimo_septiembre = min(cambio(9,2:5));
minimo_octubre = min(cambio(10,2:5));
minimo_noviembre = min(cambio(11,2:5));
minimo_diciembre = min(cambio(12,2:5));

media_enero = mean(cambio(1,2:5));
media_febrero = mean(cambio(2,2:5));
media_marzo = mean(cambio(3,2:5));
media_abril = mean(cambio(4,2:5));
media_mayo = mean(cambio(5,2:5));
media_junio = mean(cambio(6,2:5));
media_julio = mean(cambio(7,2:5));
media_agosto = mean(cambio(8,2:5));
media_septiembre = mean(cambio(9,2:5));
media_octubre = mean(cambio(10,2:5));
media_noviembre = mean(cambio(11,2:5));
media_diciembre = mean(cambio(12,2:5));

desviacion_enero = std(cambio(1,2:5))

```

```
desviacion_febrero =std(cambio(2,2:5))
desviacion_marzo = std(cambio(3,2:5))
desviacion_abril = std(cambio(4,2:5))
desviacion_mayo = std(cambio(5,2:5))
desviacion_junio = std(cambio(6,2:5))
desviacion_julio = std(cambio(7,2:5))
desviacion_agosto = std(cambio(8,2:5))
desviacion_septiembre =std(cambio(9,2:5))
desviacion_octubre = std(cambio(10,2:5))
desviacion_noviembre = std(cambio(11,2:5))
desviacion_diciembre = std(cambio(12,2:5))
```

```
std_enero = mean(cambio(1,7:10));
std_febrero = mean(cambio(2,7:10));
std_marzo = mean(cambio(3,7:10));
std_abril = mean(cambio(4,7:10));
std_mayo = mean(cambio(5,7:10));
std_junio = mean(cambio(6,7:10));
std_julio = mean(cambio(7,7:10));
std_agosto = mean(cambio(8,7:10));
std_septiembre = mean(cambio(9,7:10));
std_octubre = mean(cambio(10,7:10));
std_noviembre = mean(cambio(11,7:10));
std_diciembre = mean(cambio(12,7:10));
```

```
a1 = minimo_enero;
b1 = maximo_enero;
mes1 = (b1-a1).*rand(5,1) + a1;
```

```
a2 = minimo_febrero;
b2 = maximo_febrero;
mes2 = (b2-a2).*rand(5,1) + a2;
```

```
a3 = minimo_marzo;
b3 = maximo_marzo;
mes3 = (b3-a3).*rand(5,1) + a3;
```

```
a4 = minimo_abril;
b4 = maximo_abril;
mes4 = (b4-a4).*rand(5,1) + a4;
```

```
a5 = minimo_mayo;
b5 = maximo_mayo;
mes5 = (b5-a5).*rand(5,1) + a5;
```

```
a6 = minimo_junio;
b6 = maximo_junio;
mes6 = (b6-a6).*rand(5,1) + a6;
```

```
a7 = minimo_julio;
b7 = maximo_julio;
mes7 = (b7-a7).*rand(5,1) + a7;
```

```

a8 = minimo_agosto;
b8 = maximo_agosto;
mes8 = (b8-a8).*rand(5,1) + a8;

a9 = minimo_septiembre;
b9 = maximo_septiembre;
mes9 = (b9-a9).*rand(5,1) + a9;

a10 = minimo_septiembre;
b10 = maximo_septiembre;
mes10 = (b10-a10).*rand(5,1) + a10;

a11 = minimo_septiembre;
b11 = maximo_septiembre;
mes11 = (b11-a11).*rand(5,1) + a11;

a12 = minimo_septiembre;
b12 = maximo_septiembre;
mes12 = (b12-a12).*rand(5,1) + a12;

%Generación de caudales aleatorios
Data_enero =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes1(1,1),desviacion_enero),2);
Data_febrero =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes2(1,1),desviacion_febrero),2);
Data_marzo =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes3(1,1),desviacion_marzo),2);
Data_abril =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes4(1,1),desviacion_abril),2);
Data_mayo =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes5(1,1),desviacion_mayo),2);
Data_junio =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes6(1,1),desviacion_junio),2);
Data_julio =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes7(1,1),desviacion_julio),2);
Data_agosto =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes8(1,1),desviacion_agosto),2);
Data_septiembre =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes9(1,1),desviacion_septiembre),2);
Data_octubre =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes10(1,1),desviacion_octubre),2);
Data_noviembre =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes11(1,1),desviacion_noviembre),2);
Data_diciembre =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes12(1,1),desviacion_diciembre),2);

Data_enero1 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes1(2,1),desviacion_enero),2);
Data_febrero1 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes2(2,1),desviacion_febrero),2);
Data_marzo1 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes3(2,1),desviacion_marzo),2);
Data_abril1 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes4(2,1),desviacion_abril),2);

```

```

Data_mayo1 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes5(2,1), desviacion_mayo), 2);
Data_junio1 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes6(2,1), desviacion_junio), 2);
Data_julio1 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes7(2,1), desviacion_julio), 2);
Data_agosto1 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes8(2,1), desviacion_agosto), 2);
Data_septiembre1 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes9(2,1), desviacion_septiembre), 2);
Data_octubre1 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes10(2,1), desviacion_octubre), 2);
Data_noviembre1 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes11(2,1), desviacion_noviembre), 2);
Data_diciembre1 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes12(2,1), desviacion_diciembre), 2);

Data_enero2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes1(3,1), desviacion_enero), 2);
Data_febrero2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes2(3,1), desviacion_febrero), 2);
Data_marzo2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes3(3,1), desviacion_marzo), 2);
Data_abril2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes4(3,1), desviacion_abril), 2);
Data_mayo2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes5(3,1), desviacion_mayo), 2);
Data_junio2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes6(3,1), desviacion_junio), 2);
Data_julio2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes7(3,1), desviacion_julio), 2);
Data_agosto2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes8(3,1), desviacion_agosto), 2);
Data_septiembre2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes9(3,1), desviacion_septiembre), 2);
Data_octubre2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes10(3,1), desviacion_octubre), 2);
Data_noviembre2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes11(3,1), desviacion_noviembre), 2);
Data_diciembre2 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes12(3,1), desviacion_diciembre), 2);

Data_enero3 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes1(4,1), desviacion_enero), 2);
Data_febrero3 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes2(4,1), desviacion_febrero), 2);
Data_marzo3 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes3(4,1), desviacion_marzo), 2);
Data_abril3 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes4(4,1), desviacion_abril), 2);
Data_mayo3 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes5(4,1), desviacion_mayo), 2);
Data_junio3 =
round(icdf('Normal', rand(1000,1), mes6(4,1), desviacion_junio), 2);

```

```

        Data_julio3 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes7(4,1),desviacion_julio),2);
        Data_agosto3 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes8(4,1),desviacion_agosto),2);
        Data_septiembre3 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes9(4,1),desviacion_septiembre),2);
        Data_octubre3 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes10(4,1),desviacion_octubre),2);
        Data_noviembre3 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes11(4,1),desviacion_noviembre),2);
        Data_diciembre3 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes12(4,1),desviacion_diciembre),2);

        Data_enero4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes1(5,1),desviacion_enero),2);
        Data_febrero4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes2(5,1),desviacion_febrero),2);
        Data_marzo4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes3(5,1),desviacion_marzo),2);
        Data_abril4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes4(5,1),desviacion_abril),2);
        Data_mayo4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes5(5,1),desviacion_mayo),2);
        Data_junio4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes6(5,1),desviacion_junio),2);
        Data_julio4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes7(5,1),desviacion_julio),2);
        Data_agosto4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes8(5,1),desviacion_agosto),2);
        Data_septiembre4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes9(5,1),desviacion_septiembre),2);
        Data_octubre4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes10(5,1),desviacion_octubre),2);
        Data_noviembre4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes11(5,1),desviacion_noviembre),2);
        Data_diciembre4 =
round(icdf('Normal',rand(1000,1),mes12(5,1),desviacion_diciembre),2);

%generación de matrices acumuladas
resultado = [Data_enero Data_febrero Data_marzo Data_abril ...
            Data_mayo Data_junio Data_julio Data_agosto Data_septiembre ...
            Data_octubre Data_noviembre Data_diciembre];

resultado1 = [Data_enero1 Data_febrero1 Data_marzo1 Data_abril1 ...
            Data_mayo1 Data_junio1 Data_julio1 Data_agosto1 Data_septiembre1 ...
            Data_octubre1 Data_noviembre1 Data_diciembre1];

resultado2 = [Data_enero2 Data_febrero2 Data_marzo2 Data_abril2 ...
            Data_mayo2 Data_junio2 Data_julio2 Data_agosto2 Data_septiembre2 ...
            Data_octubre2 Data_noviembre2 Data_diciembre2];

resultado3 = [Data_enero3 Data_febrero3 Data_marzo3 Data_abril3 ...
            Data_mayo3 Data_junio3 Data_julio3 Data_agosto3 Data_septiembre3 ...
            Data_octubre3 Data_noviembre3 Data_diciembre3];

```

```

resultado4 = [Data_enero4 Data_febrero4 Data_marzo4 Data_abril4 ...
              Data_mayo4 Data_junio4 Data_julio4 Data_agosto4 Data_septiembre4 ...
              Data_octubre4 Data_noviembre4 Data_diciembre4];

resultado0 = [Data_enero; Data_febrero; Data_marzo; Data_abril; ...
              Data_mayo; Data_junio; Data_julio; Data_agosto; Data_septiembre; ...
              Data_octubre; Data_noviembre; Data_diciembre];

resultado11 = [Data_enero1; Data_febrero1; Data_marzo1; Data_abril1; ...
               Data_mayo1; Data_junio1; Data_julio1; Data_agosto1; Data_septiembre1;
               ...
               Data_octubre1; Data_noviembre1; Data_diciembre1];

resultado22 = [Data_enero2; Data_febrero2; Data_marzo2; Data_abril2; ...
               Data_mayo2; Data_junio2; Data_julio2; Data_agosto2; Data_septiembre2;
               ...
               Data_octubre2; Data_noviembre2; Data_diciembre2];

resultado33 = [Data_enero3; Data_febrero3; Data_marzo3; Data_abril3; ...
               Data_mayo3; Data_junio3; Data_julio3; Data_agosto3; Data_septiembre3;
               ...
               Data_octubre3; Data_noviembre3; Data_diciembre3];

resultado44 = [Data_enero4; Data_febrero4; Data_marzo4; Data_abril4; ...
               Data_mayo4; Data_junio4; Data_julio4; Data_agosto4; Data_septiembre4;
               ...
               Data_octubre4; Data_noviembre4; Data_diciembre4];

app.UITable3.Data = resultado;
tot_resultado = [resultado0; resultado11; resultado22; ...
                 resultado33; resultado44];
or_tot = sort(tot_resultado);
caudal_ele = or_tot(50000:60000,1);
caudal_fin =mean(caudal_ele)

entre2 = numel(resultado11(and(resultado11>=0.7,resultado11<=1)));
menor2 = numel(resultado11(resultado11<0.7));
mayor2 = numel(resultado11(resultado11>1));
porc_entre2 = (entre2/12000)*100;
porc_menor2 = (menor2/12000)*100;
porc_mayor2 = (mayor2/12000)*100;
porc_t2 = [porc_entre2 porc_menor2 porc_mayor2];

entre3 = numel(resultado22(and(resultado22>=0.7,resultado22<=1)));
menor3 = numel(resultado22(resultado22<0.7));
mayor3 = numel(resultado22(resultado22>1));
porc_entre3 = (entre3/12000)*100;
porc_menor3 = (menor3/12000)*100;
porc_mayor3 = (mayor3/12000)*100;
porc_t3 = [porc_entre3 porc_menor3 porc_mayor3];

entre4 = numel(resultado33(and(resultado33>=0.7,resultado33<=1)));
menor4 = numel(resultado33(resultado33<0.7));

```

```

mayor4 = numel(resultado33(resultado33>1));
porc_entre4 = (entre4/12000)*100;
porc_menor4 = (menor4/12000)*100;
porc_mayor4 = (mayor4/12000)*100;
porc_t4 = [porc_entre4 porc_menor4 porc_mayor4];

entre5 = numel(resultado44(and(resultado44>=0.7,resultado44<=1)));
menor5 = numel(resultado44(resultado44<0.7));
mayor5 = numel(resultado44(resultado44>1));
porc_entre5 = (entre5/12000)*100;
porc_menor5 = (menor5/12000)*100;
porc_mayor5 = (mayor5/12000)*100;
porc_t5 = [porc_entre5 porc_menor5 porc_mayor5];

mediana_a1 = median(resultado0);
app.MedianaEditField_2.Value = mediana_a1;
desvia_est_a1 = std(resultado0);
app.DesviacionEstandarEditField_2.Value = desvia_est_a1;
media_a1 = mean(resultado0);
app.MediaEditField_2.Value = media_a1;
moda_a1 = mode(resultado0);
app.ModaEditField_2.Value = moda_a1;
maximo_a1 = max(resultado0);
minimo_a1 = min(resultado0);
rango_a1 = range(resultado0);
app.RangoEditField_2.Value = rango_a1;
varianza_a1 = var(resultado0);
app.VarianzaEditField_2.Value = varianza_a1;

ordenar_a1 = sort(resultado0);
tabla1 = tabulate(ordenar_a1);
app.UITable2_2.Data = tabla1;

y_a1 = normpdf(ordenar_a1,media_a1,desvia_est_a1);
plot((app.UIAxes10),ordenar_a1, y_a1)

pd = makedist('Normal','mu',media_a1,'sigma',desvia_est_a1);
p = cdf(pd,ordenar_a1);
plot((app.UIAxes6_3),ordenar_a1,p)

y_a11 = icdf('Normal',ordenar_a1,media_a1,desvia_est_a1);
plot((app.UIAxes6_4),ordenar_a1,y_a11)

prom_simu_e = round(mean(Data_enero),2);
prom_simu_f = round(mean(Data_febrero),2);
prom_simu_m = round(mean(Data_marzo),2);
prom_simu_ab = round(mean(Data_abril),2);
prom_simu_my = round(mean(Data_mayo),2);
prom_simu_j = round(mean(Data_junio),2);
prom_simu_jl = round(mean(Data_julio),2);
prom_simu_a = round(mean(Data_agosto),2);
prom_simu_s = round(mean(Data_septiembre),2);
prom_simu_o = round(mean(Data_octubre),2);
prom_simu_n = round(mean(Data_noviembre),2);

```



```

prom_simu_d = round(mean(Data_diciembre),2);

prom_simu_e1 = round(mean(Data_enero1),2);
prom_simu_f1 = round(mean(Data_febrero1),2);
prom_simu_m1 = round(mean(Data_marzo1),2);
prom_simu_ab1 = round(mean(Data_abril1),2);
prom_simu_my1 = round(mean(Data_mayo1),2);
prom_simu_j1 = round(mean(Data_junio1),2);
prom_simu_jl1 = round(mean(Data_julio1),2);
prom_simu_a1 = round(mean(Data_agosto1),2);
prom_simu_s1 = round(mean(Data_septiembre1),2);
prom_simu_o1 = round(mean(Data_octubre1),2);
prom_simu_n1 = round(mean(Data_noviembre1),2);
prom_simu_d1 = round(mean(Data_diciembre1),2);

prom_simu_e2 = round(mean(Data_enero2),2);
prom_simu_f2 = round(mean(Data_febrero2),2);
prom_simu_m2 = round(mean(Data_marzo2),2);
prom_simu_ab2 = round(mean(Data_abril2),2);
prom_simu_my2 = round(mean(Data_mayo2),2);
prom_simu_j2 = round(mean(Data_junio2),2);
prom_simu_jl2 = round(mean(Data_julio2),2);
prom_simu_a2 = round(mean(Data_agosto2),2);
prom_simu_s2 = round(mean(Data_septiembre2),2);
prom_simu_o2 = round(mean(Data_octubre2),2);
prom_simu_n2 = round(mean(Data_noviembre2),2);
prom_simu_d2 = round(mean(Data_diciembre2),2);

prom_simu_e3 = round(mean(Data_enero3),2);
prom_simu_f3 = round(mean(Data_febrero3),2);
prom_simu_m3 = round(mean(Data_marzo3),2);
prom_simu_ab3 = round(mean(Data_abril3),2);
prom_simu_my3 = round(mean(Data_mayo3),2);
prom_simu_j3 = round(mean(Data_junio3),2);
prom_simu_jl3 = round(mean(Data_julio3),2);
prom_simu_a3 = round(mean(Data_agosto3),2);
prom_simu_s3 = round(mean(Data_septiembre3),2);
prom_simu_o3 = round(mean(Data_octubre3),2);
prom_simu_n3 = round(mean(Data_noviembre3),2);
prom_simu_d3 = round(mean(Data_diciembre3),2);

prom_simu_e4 = round(mean(Data_enero4),2);
prom_simu_f4 = round(mean(Data_febrero4),2);
prom_simu_m4 = round(mean(Data_marzo4),2);
prom_simu_ab4 = round(mean(Data_abril4),2);
prom_simu_my4 = round(mean(Data_mayo4),2);
prom_simu_j4 = round(mean(Data_junio4),2);
prom_simu_jl4 = round(mean(Data_julio4),2);
prom_simu_a4 = round(mean(Data_agosto4),2);
prom_simu_s4 = round(mean(Data_septiembre4),2);
prom_simu_o4 = round(mean(Data_octubre4),2);
prom_simu_n4 = round(mean(Data_noviembre4),2);
prom_simu_d4 = round(mean(Data_diciembre4),2);

```

```

pro_meses = [prom_simu_e prom_simu_f prom_simu_m prom_simu_ab ...
prom_simu_my prom_simu_j prom_simu_jl prom_simu_a prom_simu_s ...
prom_simu_o prom_simu_n prom_simu_d; ...
prom_simu_e1 prom_simu_f1 prom_simu_m1 prom_simu_ab1 ...
prom_simu_my1 prom_simu_j1 prom_simu_jl1 prom_simu_a1 prom_simu_s1 ...
prom_simu_o1 prom_simu_n1 prom_simu_d1; ...
prom_simu_e2 prom_simu_f2 prom_simu_m2 prom_simu_ab2 ...
prom_simu_my2 prom_simu_j2 prom_simu_jl2 prom_simu_a2 prom_simu_s2 ...
prom_simu_o2 prom_simu_n2 prom_simu_d2; ...
prom_simu_e3 prom_simu_f3 prom_simu_m3 prom_simu_ab3 ...
prom_simu_my3 prom_simu_j3 prom_simu_jl3 prom_simu_a3 prom_simu_s3 ...
prom_simu_o3 prom_simu_n3 prom_simu_d3; ...
prom_simu_e4 prom_simu_f4 prom_simu_m4 prom_simu_ab4 ...
prom_simu_my4 prom_simu_j4 prom_simu_jl4 prom_simu_a4 prom_simu_s4 ...
prom_simu_o4 prom_simu_n4 prom_simu_d4];
app.UITable4.Data = pro_meses;

```

```

A=1:1000;
ejex=A';

```

```

plot(app.UIAxes7,resultado0)

```

```

anio1 = [prom_simu_e prom_simu_f prom_simu_m prom_simu_ab ...
prom_simu_my prom_simu_j prom_simu_jl prom_simu_a prom_simu_s ...
prom_simu_o prom_simu_n prom_simu_d];

```

```

anio2 =[prom_simu_e1 prom_simu_f1 prom_simu_m1 prom_simu_ab1 ...
prom_simu_my1 prom_simu_j1 prom_simu_jl1 prom_simu_a1 prom_simu_s1
...
prom_simu_o1 prom_simu_n1 prom_simu_d1];

```

```

anio3 = [prom_simu_e2 prom_simu_f2 prom_simu_m2 prom_simu_ab2 ...
prom_simu_my2 prom_simu_j2 prom_simu_jl2 prom_simu_a2 prom_simu_s2
...
prom_simu_o2 prom_simu_n2 prom_simu_d2];

```

```

anio4 = [prom_simu_e3 prom_simu_f3 prom_simu_m3 prom_simu_ab3 ...
prom_simu_my3 prom_simu_j3 prom_simu_jl3 prom_simu_a3 prom_simu_s3
...
prom_simu_o3 prom_simu_n3 prom_simu_d3];

```

```

anio5 = [prom_simu_e4 prom_simu_f4 prom_simu_m4 prom_simu_ab4 ...
prom_simu_my4 prom_simu_j4 prom_simu_jl4 prom_simu_a4 prom_simu_s4
...
prom_simu_o4 prom_simu_n4 prom_simu_d4];

```

```

anio1_t = anio1';
anio2_t = anio2';
anio3_t = anio3';
anio4_t = anio4';
anio5_t = anio5';

```

```

B1 = 1:12;
Ejex1 = B1';

```

```

        plot((app.UIAxes8),Ejex1,anio1,Ejex1,anio2,Ejex1,anio3, ...
            Ejex1,anio4,Ejex1,anio5)

        histogram(app.UIAxes9,resultado0)

        p1 = mean(anio1_t);
        p2 = mean(anio2_t);
        p3 = mean(anio3_t);
        p4 = mean(anio4_t);
        p5 = mean(anio5_t);

        v_pt = [p1 p2 p3 p4 p5];
        v_ptt = v_pt';
        prom_pt =mean(v_ptt);
        app.EditField_2.Value = caudal_fin;
end

% Cell edit callback: UITable4
function UITable4CellEdit(app, event)
    indices = event.Indices;
    newData = event.NewData;
end

% Callback function
function MesagraficarDropDownValueChanged(app, event)

end

% Callback function
function AmpliarButtonPushed(app, event)
    %Variables globales
    global Data_enero
    global Data_febrero
    global Data_marzo
    global Data_abril
    global Data_mayo
    global Data_junio
    global Data_julio
    global Data_agosto
    global Data_septiembre
    global Data_octubre
    global Data_noviembre
    global Data_diciembre

    A=1:1000;
    ejex=A';

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_enero)
    title('Enero')

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_febrero)

```

```

title('Febrero')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_marzo)
title('Marzo')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_abril)
title('Abril')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_mayo)
title('Mayo')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_junio)
title('Junio')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_julio)
title('Julio')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_agosto)
title('Agosto')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_septiembre)
title('Septiembre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_octubre)
title('Octubre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_noviembre)
title('Noviembre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_diciembre)
title('Diciembre')

```

```
end
```

```

% Button pushed function: AmpliagrficaButton_6
function AmpliagrficaButton_6Pushed(app, event)
    global Variables globales
    global anio1
    global anio2
    global anio3
    global anio4
    global anio5

```

```
B = 1:12;
```

```

Ejex = B';

plot(Ejex,anio1,'r')
hold on;
plot(Ejex,anio2,'g')
hold on;
plot(Ejex,anio3,'b')
hold on;
plot(Ejex,anio4)
hold on
plot(Ejex,anio5)
legend('año 1','año 2', 'año 3', 'año 4')
hold off

title ('Caudal Aletorio')
xlabel('mes')
ylabel('caudal (m^3/s)')
end

% Callback function
function AmpliarButton_6Pushed(app, event)
% Variables globales
global Data_enero
global Data_febrero
global Data_marzo
global Data_abril
global Data_mayo
global Data_junio
global Data_julio
global Data_agosto
global Data_septiembre
global Data_octubre
global Data_noviembre
global Data_diciembre

nexttile([2 5])
histfit(Data_enero)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_febrero)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_marzo)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_abril)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_mayo)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_junio)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])

```

```

histfit(Data_julio)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_agosto)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_septiembre)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_octubre)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_noviembre)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_diciembre)
title('Plot 1')

    histfit(Data_diciembre)
    title('Plot 1')
end

% Callback function
function AmpliarButton_11Pushed(app, event)
    % Variables globales
    global Data_enero
    global Data_febrero
    global Data_marzo
    global Data_abril
    global Data_mayo
    global Data_junio
    global Data_julio
    global Data_agosto
    global Data_septiembre
    global Data_octubre
    global Data_noviembre
    global Data_diciembre

    nexttile([2 5])
    normal_enero = fitdist(Data_enero,"Normal")
    plot(normal_enero,PlotType="cdf")

    nexttile([2 5])
    normal_febrero = fitdist(Data_febrero,"Normal")
    plot(normal_febrero,PlotType="cdf")

    nexttile([2 5])
    normal_marzo = fitdist(Data_marzo,"Normal")
    plot(normal_marzo,PlotType="cdf")

    nexttile([2 5])
    normal_abril = fitdist(Data_abril,"Normal")
    plot(normal_abril,PlotType="cdf")

```

```

nexttile([2 5])
normal_mayo = fitdist(Data_mayo,"Normal")
plot(normal_mayo,PlotType="cdf")

nexttile([2 5])
normal_junio = fitdist(Data_junio,"Normal")
plot(normal_junio,PlotType="cdf")

nexttile([2 5])
normal_julio = fitdist(Data_julio,"Normal")
plot(normal_julio,PlotType="cdf")

nexttile([2 5])
normal_agosto = fitdist(Data_agosto,"Normal")
plot(normal_agosto,PlotType="cdf")

nexttile([2 5])
normal_septiembre = fitdist(Data_septiembre,"Normal")
plot(normal_septiembre,PlotType="cdf")

nexttile([2 5])
normal_octubre = fitdist(Data_octubre,"Normal")
plot(normal_octubre,PlotType="cdf")

nexttile([2 5])
normal_noviembre = fitdist(Data_noviembre,"Normal")
plot(normal_noviembre,PlotType="cdf")

nexttile([2 5])
normal_diciembre = fitdist(Data_diciembre,"Normal")
plot(normal_diciembre,PlotType="cdf")
end

% Callback function
function DiametrointernodelatuberamSpinnerValueChanged(app, event)
    global Diam;
    Diam = app.DiametrointernodelatuberamSpinner.Value;
end

% Image clicked function: Image3
function Image3Clicked(app, event)

end

% Button pushed function: INICIARButton_3
function INICIARButton_3Pushed(app, event)
    % Variables globales
    global resultado0
    global resultado1
    global resultado22
    global resultado33
    global resultado44
    global Hn
    global rendimiento

```

```

global tabla1
global mx
global results1

global tabla2
global mxd
global results2

global tabla3
global mxt
global results3

global tabla4
global mxc
global results4

global tabla5
global mxcc
global results5

%densidad = 1000;
g = 9.8;

nt = 12000;
n = 0; %
mx = zeros(n+1,nt);
for ii = 1:nt %Lee cada celda 120000
    v0 = resultado0(ii); %Agrega valores del caudal
    ax = zeros(1,n+1);
    for i =1:(n+1)
        potencia = v0*g*Hn*rendimiento; %Cálculo de potencia
        ax(i) = potencia;
    end
    mx(:,ii) = ax(:); %Crea una matriz de caudal y potencia
end

ordenar1 = sort(round(mx,2));
tabla1 = tabulate(ordenar1);
app.UITable6.Data = tabla1;

mediana_a1 = median(mx);
app.MedianaEditField_3.Value = mediana_a1;

desvia_est_a1 = std(mx);
app.DesviacionEstandarEditField_3.Value = desvia_est_a1;

media_a1 = mean(mx);
app.MediaEditField_3.Value = media_a1;

moda_a1 = mode(mx);
app.ModaEditField_3.Value = moda_a1;

```



```

maximo_a1 = max(mx);
minimo_a1 = min(mx);

rango_a1 = range(mx);
app.RangoEditField_3.Value = rango_a1;

varianza_a1 = var(mx);
app.VarianzaEditField_3.Value = varianza_a1;

% Media mensual del año 1
transmx = mx';
pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));
pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));
pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));
pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));
pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));
pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));
pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));
pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));
pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));
pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));
pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

pt_1 =[pro_1_a1;pro_2_a1;pro_3_a1;pro_4_a1;pro_5_a1; ...
        pro_6_a1;pro_7_a1;pro_8_a1;pro_9_a1;pro_10_a1; ...
        pro_11_a1;pro_12_a1];

rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );
rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );
rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );

promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
                  rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
media_aa = repmat(media_a1,12000,1);

A = [1:12000];
plot((app.UIAxes14),A',transmx,A',promedio_mes_a1,A',media_aa)
histogram(app.UIAxes12,mx)
results1 = [A' resultado0 mx'];
t1 = [A' resultado0 mx'];
app.UITable5.Data = results1;

%Año 2
nd = 0;

```

```

mxd = zeros(nd+1,nt);
for iid = 1:nt
    v0d = resultado11(iid);
    axd = zeros(1,nd+1);
    for id =1:(nd+1)
        potenciasd = v0d*g*Hn*rendimiento;
        axd(id) = potenciasd;
    end
mxd(:,iid) = axd(:);
end

results2 = [A' resultado11 mxd'];
t2 = [resultado11 mxd'];
ordenar2 = sort(round(mxd,2));
tabla2 = tabulate(ordenar2);

transmx2 = mxd';
pro_1_a2 = mean(transmx2(1:1000));
pro_2_a2 = mean(transmx2(1000:2000));
pro_3_a2 = mean(transmx2(2000:3000));
pro_4_a2 = mean(transmx2(3000:4000));
pro_5_a2 = mean(transmx2(4000:5000));
pro_6_a2 = mean(transmx2(5000:6000));
pro_7_a2 = mean(transmx2(6000:7000));
pro_8_a2 = mean(transmx2(7000:8000));
pro_9_a2 = mean(transmx2(8000:9000));
pro_10_a2 = mean(transmx2(9000:10000));
pro_11_a2 = mean(transmx2(10000:11000));
pro_12_a2 = mean(transmx2(11000:12000));

pt_2 =[pro_1_a2;pro_2_a2;pro_3_a2;pro_4_a2;pro_5_a2; ...
        pro_6_a2;pro_7_a2;pro_8_a2;pro_9_a2;pro_10_a2; ...
        pro_11_a2;pro_12_a2];

%Año 3

ntt = 0;
mxt = zeros(ntt+1,nt);
for iit = 1:nt
    v0t = resultado22(iit);
    axt = zeros(1,ntt+1);
    for it =1:(ntt+1)
        potenciasat = v0t*g*Hn*rendimiento;
        axt(it) = potenciasat;
    end
mxt(:,iit) = axt(:);
end
results3 = [A' resultado22 mxt'];
t3 = [resultado22 mxt'];
ordenar3 = sort(round(mxt,3));
tabla3 = tabulate(ordenar3);

transmx3 = mxt';

```

```

pro_1_a3 = mean(transmx3(1:1000));
pro_2_a3 = mean(transmx3(1000:2000));
pro_3_a3 = mean(transmx3(2000:3000));
pro_4_a3 = mean(transmx3(3000:4000));
pro_5_a3 = mean(transmx3(4000:5000));
pro_6_a3 = mean(transmx3(5000:6000));
pro_7_a3 = mean(transmx3(6000:7000));
pro_8_a3 = mean(transmx3(7000:8000));
pro_9_a3 = mean(transmx3(8000:9000));
pro_10_a3 = mean(transmx3(9000:10000));
pro_11_a3 = mean(transmx3(10000:11000));
pro_12_a3 = mean(transmx3(11000:12000));

pt_3 =[pro_1_a3;pro_2_a3;pro_3_a3;pro_4_a3;pro_5_a3; ...
        pro_6_a3;pro_7_a3;pro_8_a3;pro_9_a3;pro_10_a3; ...
        pro_11_a3;pro_12_a3];

%Año 4
nc = 0;
mxc = zeros(nc+1,nt);
for iic = 1:nt
    v0c = resultado33(iic); %
    axc = zeros(1,nc+1);
    for ic =1:(nc+1)
        potenciac = v0c*g*Hn*rendimiento; %
        axc(ic) = potenciac;
    end
mxc(:,iic) = axc(:); %
end
results4 = [A' resultado33 mxc'];
t4 = [resultado33 mxc'];
ordenar4 = sort(round(mxc,2));
tabla4 = tabulate(ordenar4);

transmx4 = mxc';
pro_1_a4 = mean(transmx4(1:1000));
pro_2_a4 = mean(transmx4(1000:2000));
pro_3_a4 = mean(transmx4(2000:3000));
pro_4_a4 = mean(transmx4(3000:4000));
pro_5_a4 = mean(transmx4(4000:5000));
pro_6_a4 = mean(transmx4(5000:6000));
pro_7_a4 = mean(transmx4(6000:7000));
pro_8_a4 = mean(transmx4(7000:8000));
pro_9_a4 = mean(transmx4(8000:9000));
pro_10_a4 = mean(transmx4(9000:10000));
pro_11_a4 = mean(transmx4(10000:11000));
pro_12_a4 = mean(transmx4(11000:12000));

pt_4 =[pro_1_a4;pro_2_a4;pro_3_a4;pro_4_a4;pro_5_a4; ...
        pro_6_a4;pro_7_a4;pro_8_a4;pro_9_a4;pro_10_a4; ...
        pro_11_a4;pro_12_a4];

%Año 5
ncc = 0;

```

```

mxcc = zeros(ncc+1,nt);
for iicc = 1:nt
    v0cc = resultado44(iicc); %
    axcc = zeros(1,ncc+1);
    for icc =1:(ncc+1)
        potenciacc = v0cc*g*Hn*rendimiento; %
        axcc(icc) = potenciacc;
    end
mxcc(:,iicc) = axcc(:); %
end
results5 = [A' resultado44 mxcc'];
t5 = [resultado44 mxcc'];
ordenar5 = sort(round(mxcc,2));
tabla5 = tabulate(ordenar5);

transmx5 = mxcc';
pro_1_a5 = mean(transmx5(1:1000));
pro_2_a5 = mean(transmx5(1000:2000));
pro_3_a5 = mean(transmx5(2000:3000));
pro_4_a5 = mean(transmx5(3000:4000));
pro_5_a5 = mean(transmx5(4000:5000));
pro_6_a5 = mean(transmx5(5000:6000));
pro_7_a5 = mean(transmx5(6000:7000));
pro_8_a5 = mean(transmx5(7000:8000));
pro_9_a5 = mean(transmx5(8000:9000));
pro_10_a5 = mean(transmx5(9000:10000));
pro_11_a5 = mean(transmx5(10000:11000));
pro_12_a5 = mean(transmx5(11000:12000));

pt_5 = [pro_1_a5;pro_2_a5;pro_3_a5;pro_4_a5;pro_5_a5; ...
        pro_6_a5;pro_7_a5;pro_8_a5;pro_9_a5;pro_10_a5;...
        pro_11_a5;pro_12_a5];
numes = (1:12);
pt_mes = [numes' pt_1 pt_2 pt_3 pt_4 pt_5];
TMES = array2table(pt_mes, 'VariableNames',{'Mes', 'Año_1', ...
        'Año_2', 'Año_3', 'Año_4 ', 'Año_5'});
writetable(TMES,'Cauda_Generación_5años.xlsx','Sheet','Sheet2');

T1 = array2table(t1, 'VariableNames',{'Simulación', ...
        'Caudal_1', 'Generación_1'});
T2 = array2table(t2, 'VariableNames',{'Caudal_2', 'Generación_2'});
T3 = array2table(t3, 'VariableNames',{'Caudal_3', 'Generación_3'});
T4 = array2table(t4, 'VariableNames',{'Caudal_4', 'Generación_4'});
T5 = array2table(t5, 'VariableNames',{'Caudal_5', 'Generación_5'});

TT = [T1 T2 T3 T4 T5];
writetable(TT,'Cauda_Generación_5años.xlsx');
end

% Callback function
function CalcularButton_2Pushed(app, event)
    global rendimiento
    r_tur = app.TurbinatSpinner.Value;
    r_gen = app.GeneradorgSpinner.Value;

```

```

    r_trans = app.TransformadortrSpinner.Value;

    rendimiento = r_tur*r_gen*r_trans;
    app.RendimientoEditField.Value = rendimiento;
end

% Callback function
function Button2Pushed(app, event)

end

% Size changed function: HistorialdelcaudalTab
function HistorialdelcaudalTabSizeChanged(app, event)
    position = app.HistorialdelcaudalTab.Position;
end

% Button pushed function: Ao1Button_2
function Ao1Button_2Pushed(app, event)
    global resultado0
    plot(resultado0)
    title ('Caudal simulado año 1','FontSize',18)
    xlabel('Número de simulaciones','FontSize',18)
    ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao2Button_2
function Ao2Button_2Pushed(app, event)
    global resultado11
    plot(resultado11)
    title ('Caudal simulado año 2','FontSize',18)
    xlabel('Número de simulaciones','FontSize',18)
    ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao3Button_2
function Ao3Button_2Pushed(app, event)
    global resultado22
    plot(resultado22)
    title ('Caudal simulado año 3','FontSize',18)
    xlabel('Número de simulaciones','FontSize',18)
    ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao4Button_2
function Ao4Button_2Pushed(app, event)
    global resultado33
    plot(resultado33)
    title ('Caudal simulado año 4','FontSize',18)
    xlabel('Número de simulaciones','FontSize',18)
    ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao5Button_2
function Ao5Button_2Pushed(app, event)

```

```

global resultado44
plot(resultado44)
title ('Caudal simulado año 5','FontSize',18)
xlabel('Número de simulaciones','FontSize',18)
ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao1Button_5
function Ao1Button_5Pushed(app, event)
global resultado
global resultado0
global ordenar_a1
global y11
global p1
global y_a1

app.UITable3.Data = resultado;

mediana_a1 = median(resultado0);
app.MedianaEditField_2.Value = mediana_a1;

desvia_est_a1 = std(resultado0);
app.DesviacionEstandarEditField_2.Value = desvia_est_a1;

media_a1 = mean(resultado0);
app.MediaEditField_2.Value = media_a1;

moda_a1 = mode(resultado0);
app.ModaEditField_2.Value = moda_a1;

maximo_a1 = max(resultado0);

minimo_a1 = min(resultado0);

rango_a1 = range(resultado0);
app.RangoEditField_2.Value = rango_a1;

varianza_a1 = var(resultado0);
app.VarianzaEditField_2.Value = varianza_a1;

ordenar_a1 = sort(resultado0);
tabla1 = tabulate(ordenar_a1);
app.UITable2_2.Data = tabla1;

y_a1 = normpdf(ordenar_a1,media_a1,desvia_est_a1);
plot((app.UIAxes10),ordenar_a1, y_a1)

pd = makedist('Normal','mu',media_a1,'sigma',desvia_est_a1);
p1 = cdf(pd,ordenar_a1);
plot((app.UIAxes6_3),ordenar_a1,p1)

y11 = icdf('Normal',ordenar_a1,media_a1,desvia_est_a1);
plot((app.UIAxes6_4),ordenar_a1,y11)

```

```

plot(app.UIAxes7,resultado0)

histogram(app.UIAxes9,resultado0)
end

% Button pushed function: Ao2Button_5
function Ao2Button_5Pushed(app, event)
    global resultado1
    global resultado11
    global ordenar_a2
    global y_a2
    global y22
    global p2

    app.UITable3.Data = resultado1;

    mediana_a2 = median(resultado11);
    app.MedianaEditField_2.Value = mediana_a2;

    desvia_est_a2 = std(resultado11);
    app.DesviacionEstandarEditField_2.Value = desvia_est_a2;

    media_a2 = mean(resultado11);
    app.MediaEditField_2.Value = media_a2;

    moda_a2 = mode(resultado11);
    app.ModaEditField_2.Value = moda_a2;

    maximo_a2 = max(resultado11);

    minimo_a2 = min(resultado11);

    rango_a2 = range(resultado11);
    app.RangoEditField_2.Value = rango_a2;

    varianza_a2 = var(resultado11);
    app.VarianzaEditField_2.Value = varianza_a2;

    ordenar_a2 = sort(resultado11);
    tabla2 = tabulate(ordenar_a2);
    app.UITable2_2.Data = tabla2;

    y_a2 = normpdf(ordenar_a2,media_a2,desvia_est_a2);
    plot((app.UIAxes10),ordenar_a2, y_a2)

    pd = makedist('Normal','mu',media_a2,'sigma',desvia_est_a2);
    p2 = cdf(pd,ordenar_a2);
    plot((app.UIAxes6_3),ordenar_a2,p2)

    y22 = icdf('Normal',ordenar_a2,media_a2,desvia_est_a2);
    plot((app.UIAxes6_4),ordenar_a2,y22)

    plot(app.UIAxes7,resultado11)
    histogram(app.UIAxes9,resultado11)

```

```

end

% Button pushed function: Ao3Button_5
function Ao3Button_5Pushed(app, event)
    global resultado2
    global resultado22
    global ordenar_a3
    global y_a3
    global y33
    global p3
    app.UITable3.Data = resultado2;

    mediana_a3 = median(resultado22);
    app.MedianaEditField_2.Value = mediana_a3;

    desvia_est_a3 = std(resultado22);
    app.DesviacionEstandarEditField_2.Value = desvia_est_a3;

    media_a3 = mean(resultado22);
    app.MediaEditField_2.Value = media_a3;

    moda_a3 = mode(resultado22);
    app.ModaEditField_2.Value = moda_a3;

    maximo_a3 = max(resultado22);

    minimo_a3 = min(resultado22);

    rango_a3 = range(resultado22);
    app.RangoEditField_2.Value = rango_a3;

    varianza_a3 = var(resultado22);
    app.VarianzaEditField_2.Value = varianza_a3;

    ordenar_a3 = sort(resultado22);
    tabla3 = tabulate(ordenar_a3);
    app.UITable2_2.Data = tabla3;

    y_a3 = normpdf(ordenar_a3,media_a3,desvia_est_a3);
    plot((app.UIAxes10),ordenar_a3, y_a3)

    pd = makedist('Normal','mu',media_a3,'sigma',desvia_est_a3);
    p3 = cdf(pd,ordenar_a3);
    plot((app.UIAxes6_3),ordenar_a3,p3)

    y33 = icdf('Normal',ordenar_a3,media_a3,desvia_est_a3);
    plot((app.UIAxes6_4),ordenar_a3,y33)

    plot(app.UIAxes7,resultado22)
    histogram(app.UIAxes9,resultado22)
end

% Button pushed function: Ao4Button_5
function Ao4Button_5Pushed(app, event)

```



```

global resultado3
global resultado33
global ordenar_a4
global y_a4
global y44
global p4

app.UITable3.Data = resultado3;

mediana_a4 = median(resultado33);
app.MedianaEditField_2.Value = mediana_a4;

desvia_est_a4 = std(resultado33);
app.DesviacionEstandarEditField_2.Value = desvia_est_a4;

media_a4 = mean(resultado33);
app.MediaEditField_2.Value = media_a4;

moda_a4 = mode(resultado33);
app.ModaEditField_2.Value = moda_a4;

maximo_a4 = max(resultado33);
minimo_a4 = min(resultado33);

rango_a4 = range(resultado33);
app.RangoEditField_2.Value = rango_a4;

varianza_a4 = var(resultado33);
app.VarianzaEditField_2.Value = varianza_a4;

ordenar_a4 = sort(resultado33);
tabla4 = tabulate(ordenar_a4);
app.UITable2_2.Data = tabla4;

y_a4 = normpdf(ordenar_a4,media_a4,desvia_est_a4);
plot((app.UIAxes10),ordenar_a4, y_a4)

pd = makedist('Normal','mu',media_a4,'sigma',desvia_est_a4);
p4 = cdf(pd,ordenar_a4);
plot((app.UIAxes6_3),ordenar_a4,p4)

y44 = icdf('Normal',ordenar_a4,media_a4,desvia_est_a4);
plot((app.UIAxes6_4),ordenar_a4,y44)

plot(app.UIAxes7,resultado33)

histogram(app.UIAxes9,resultado33)
end

% Button pushed function: Ao5Button_5
function Ao5Button_5Pushed(app, event)
    global resultado4
    global resultado44
    global ordenar_a5

```

```

global y_a5
global y55
global p5
app.UITable3.Data = resultado4;
mediana_a5 = median(resultado44);
app.MedianaEditField_2.Value = mediana_a5;

desvia_est_a5 = std(resultado44);
app.DesviacionEstandarEditField_2.Value = desvia_est_a5;

media_a5 = mean(resultado44);
app.MediaEditField_2.Value = media_a5;

moda_a5 = mode(resultado44);
app.ModaEditField_2.Value = moda_a5;

maximo_a5 = max(resultado44);
minimo_a5 = min(resultado44);

rango_a5 = range(resultado44);
app.RangoEditField_2.Value = rango_a5;

varianza_a5 = var(resultado44);
app.VarianzaEditField_2.Value = varianza_a5;

ordenar_a5 = sort(resultado44);
tabla5 = tabulate(ordenar_a5);
app.UITable2_2.Data = tabla5;

y_a5 = normpdf(ordenar_a5,media_a5,desvia_est_a5);
plot((app.UIAxes10),ordenar_a5, y_a5)

pd = makedist('Normal','mu',media_a5,'sigma',desvia_est_a5);
p5 = cdf(pd,ordenar_a5);
plot((app.UIAxes6_3),ordenar_a5,p5)

y55 = icdf('Normal',ordenar_a5,media_a5,desvia_est_a5);
plot((app.UIAxes6_4),ordenar_a5,y55)
plot(app.UIAxes7,resultado44)
histogram(app.UIAxes9,resultado44)
end

% Button pushed function: Ao1Button_10
function Ao1Button_10Pushed(app, event)
    global resultado0
    histogram(resultado0)
    title ('Histograma año 1','FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Frecuencia','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao2Button_3
function Ao2Button_3Pushed(app, event)
    global resultado11

```

```

        histogram(resultado11)
        title ('Histograma año 2', 'FontSize', 18)
        xlabel('Caudal (m^3/s)', 'FontSize', 18)
        ylabel('Frecuencia', 'FontSize', 18)
    end

% Button pushed function: Ao3Button_3
function Ao3Button_3Pushed(app, event)
    global resultado22
    histogram(resultado22)
    title ('Histograma año 3', 'FontSize', 18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)', 'FontSize', 18)
    ylabel('Frecuencia', 'FontSize', 18)
end

% Button pushed function: Ao4Button_3
function Ao4Button_3Pushed(app, event)
    global resultado33
    histogram(resultado33)
    title ('Histograma año 4', 'FontSize', 18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)', 'FontSize', 18)
    ylabel('Frecuencia', 'FontSize', 18)
end

% Button pushed function: Ao5Button_3
function Ao5Button_3Pushed(app, event)
    global resultado44
    histogram(resultado44)
    title ('Histograma año 5', 'FontSize', 18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)', 'FontSize', 18)
    ylabel('Frecuencia', 'FontSize', 18)
end

% Callback function
function AmpliarButton_7Pushed(app, event)
    global Data_enero1
    global Data_febrero1
    global Data_marzo1
    global Data_abril1
    global Data_mayo1
    global Data_junio1
    global Data_julio1
    global Data_agosto1
    global Data_septiembre1
    global Data_octubre1
    global Data_noviembre1
    global Data_diciembre1

    nexttile([2 5])
    histfit(Data_enero1)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_febrero1)
    title('Plot 1')

```

```

    nexttile([2 5])
    histfit(Data_marzo1)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_abril1)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_mayo1)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_junio1)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_julio1)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_agosto1)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_septiembre1)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_octubre1)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_noviembre1)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_diciembre1)
    title('Plot 1')
    histfit(Data_diciembre1)
    title('Plot 1')
end

% Callback function
function AmpliarButton_8Pushed(app, event)
    global Data_enero2
    global Data_febrero2
    global Data_marzo2
    global Data_abril2
    global Data_mayo2
    global Data_junio2
    global Data_julio2
    global Data_agosto2
    global Data_septiembre2
    global Data_octubre2
    global Data_noviembre2
    global Data_diciembre2

    nexttile([2 5])
    histfit(Data_enero2)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
    histfit(Data_febrero2)

```

```

title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_marzo2)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_abril2)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_mayo2)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_junio2)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_julio2)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_agosto2)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_septiembre2)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_octubre2)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_noviembre2)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_diciembre2)
title('Plot 1')
histfit(Data_diciembre2)
title('Plot 1')
end

% Callback function
function AmpliarButton_9Pushed(app, event)
    global Data_enero3
    global Data_febrero3
    global Data_marzo3
    global Data_abril3
    global Data_mayo3
    global Data_junio3
    global Data_julio3
    global Data_agosto3
    global Data_septiembre3
    global Data_octubre3
    global Data_noviembre3
    global Data_diciembre3

    nexttile([2 5])
    histfit(Data_enero3)
    title('Plot 1')
    nexttile([2 5])

```

```

histfit(Data_febrero3)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_marzo3)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_abril3)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_mayo3)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_junio3)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_julio3)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_agosto3)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_septiembre3)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_octubre3)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_noviembre3)
title('Plot 1')
nexttile([2 5])
histfit(Data_diciembre3)
title('Plot 1')
histfit(Data_diciembre3)
title('Plot 1')

```

end

% Callback function

```

function AmpliarButton_10Pushed(app, event)
    global Data_enero3
    global Data_febrero3
    global Data_marzo3
    global Data_abril3
    global Data_mayo3
    global Data_junio3
    global Data_julio3
    global Data_agosto3
    global Data_septiembre3
    global Data_octubre3
    global Data_noviembre3
    global Data_diciembre3

    nexttile([2 5])
    histfit(Data_enero3)

```

```

title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_febrero3)
title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_marzo3)
title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_abril3)
title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_mayo3)
title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_junio3)
title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_julio3)
title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_agosto3)
title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_septiembre3)
title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_octubre3)
title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_noviembre3)
title('Plot 1')
    nexttile([2 5])
histfit(Data_diciembre3)
title('Plot 1')
    histfit(Data_diciembre3)
title('Plot 1')
end

% Callback function
function AmpliarButton_2Pushed(app, event)
    global Data_enero1
    global Data_febrero1
    global Data_marzo1
    global Data_abril1
    global Data_mayo1
    global Data_junio1
    global Data_julio1
    global Data_agosto1
    global Data_septiembre1
    global Data_octubre1
    global Data_noviembre1
    global Data_diciembre1

    A=1:1000;

```

```

ejex=A';

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_enero1)
title('Enero')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_febrero1)
title('Febrero')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_marzo1)
title('Marzo')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_abril1)
title('Abril')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_mayo1)
title('Mayo')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_junio1)
title('Junio')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_julio1)
title('Julio')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_agosto1)
title('Agosto')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_septiembre1)
title('Septiembre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_octubre1)
title('Octubre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_noviembre1)
title('Noviembre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_diciembre1)
title('Diciembre')
end

% Callback function
function AmpliarButton_3Pushed(app, event)
    global Data_enero2

```



```

global Data_febrero2
global Data_marzo2
global Data_abril2
global Data_mayo2
global Data_junio2
global Data_julio2
global Data_agosto2
global Data_septiembre2
global Data_octubre2
global Data_noviembre2
global Data_diciembre2

A=1:1000;
ejex=A';

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_enero2)
title('Enero')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_febrero2)
title('Febrero')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_marzo2)
title('Marzo')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_abril2)
title('Abril')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_mayo2)
title('Mayo')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_junio2)
title('Junio')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_julio2)
title('Julio')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_agosto2)
title('Agosto')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_septiembre2)
title('Septiembre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_octubre2)
title('Octubre')

```

```

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_noviembre2)
    title('Noviembre')

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_diciembre2)
    title('Diciembre')
end

% Callback function
function AmpliarButton_4Pushed(app, event)
    global Data_enero3
    global Data_febrero3
    global Data_marzo3
    global Data_abril3
    global Data_mayo3
    global Data_junio3
    global Data_julio3
    global Data_agosto3
    global Data_septiembre3
    global Data_octubre3
    global Data_noviembre3
    global Data_diciembre3

    A=1:1000;
    ejex=A';

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_enero3)
    title('Enero')

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_febrero3)
    title('Febrero')

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_marzo3)
    title('Marzo')

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_abril3)
    title('Abril')

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_mayo3)
    title('Mayo')

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_junio3)
    title('Junio')

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_julio3)

```

```

title('Julio')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_agosto3)
title('Agosto')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_septiembre3)
title('Septiembre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_octubre3)
title('Octubre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_noviembre3)
title('Noviembre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_diciembre3)
title('Diciembre')
end

% Callback function
function AmpliarButton_5Pushed(app, event)
    global Data_enero4
    global Data_febrero4
    global Data_marzo4
    global Data_abril4
    global Data_mayo4
    global Data_junio4
    global Data_julio4
    global Data_agosto4
    global Data_septiembre4
    global Data_octubre4
    global Data_noviembre4
    global Data_diciembre4

    A=1:1000;
    ejex=A';

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_enero4)
    title('Enero')

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_febrero4)
    title('Febrero')

    nexttile([2 5])
    plot(ejex,Data_marzo4)
    title('Marzo')

    nexttile([2 5])

```

```

plot(ejex,Data_abril4)
title('Abril')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_mayo4)
title('Mayo')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_junio4)
title('Junio')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_julio4)
title('Julio')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_agosto4)
title('Agosto')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_septiembre4)
title('Septiembre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_octubre4)
title('Octubre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_noviembre4)
title('Noviembre')

nexttile([2 5])
plot(ejex,Data_diciembre4)
title('Diciembre')
end

% Button pushed function: Ao1Button_6
function Ao1Button_6Pushed(app, event)
    global ordenar_a1
    global y_a1
    plot(ordenar_a1, y_a1, 'LineWidth',3)

    title ('PDF', 'FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)', 'FontSize',18)
    ylabel('Probabilidad', 'FontSize',18)

end

% Button pushed function: Ao2Button_6
function Ao2Button_6Pushed(app, event)
    global ordenar_a2
    global y_a2
    plot(ordenar_a2, y_a2, 'LineWidth',3)

```

```

        title ('PDF','FontSize',18)
        xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
        ylabel('Probabilidad','FontSize',18)
    end

% Button pushed function: Ao3Button_6
function Ao3Button_6Pushed(app, event)
    global ordenar_a3
    global y_a3
    plot(ordenar_a3, y_a3,'LineWidth',3)
    title ('PDF','FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Probabilidad','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao4Button_6
function Ao4Button_6Pushed(app, event)
    global ordenar_a4
    global y_a4
    plot(ordenar_a4, y_a4,'LineWidth',3)
    title ('PDF','FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Probabilidad','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao5Button_6
function Ao5Button_6Pushed(app, event)
    global ordenar_a5
    global y_a5
    plot(ordenar_a5, y_a5,'LineWidth',3)
    title ('PDF','FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Probabilidad','FontSize',18)
end

% Callback function
function AmpliarButton_11Pushed2(app, event)

end

% Callback function
function AmpliarButton_12Pushed(app, event)

end

% Callback function
function AmpliarButton_13Pushed(app, event)

end

% Callback function
function AmpliarButton_14Pushed(app, event)

end

```

```

% Callback function
function AmpliarButton_15Pushed(app, event)

end

% Button pushed function: Ao1Button_7
function Ao1Button_7Pushed(app, event)
    global mx
    global results1
    global tabla1

    app.UITable5.Data = results1;
    app.UITable6.Data = tabla1;
    histogram(app.UIAxes12,mx)

    mediana_a1 = median(mx);
    app.MedianaEditField_3.Value = mediana_a1;
    desvia_est_a1 = std(mx);
    app.DesviacionEstandarEditField_3.Value = desvia_est_a1;
    media_a1 = mean(mx);
    app.MediaEditField_3.Value = media_a1;
    moda_a1 = mode(mx);
    app.ModaEditField_3.Value = moda_a1;
    maximo_a1 = max(mx);
    minimo_a1 = min(mx);
    rango_a1 = range(mx);
    app.RangoEditField_3.Value = rango_a1;
    varianza_a1 = var(mx);
    app.VarianzaEditField_3.Value = varianza_a1;

    transmx = mx';
    pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));
    pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));
    pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));
    pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));
    pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));
    pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));
    pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));
    pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));
    pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));
    pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));
    pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
    pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

    rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
    rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
    rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
    rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
    rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
    rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
    rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
    rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
    rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );

```

```

rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );
rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );
promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
    rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
media_aa = repmat(media_a1,12000,1)
A = [1:12000];
plot((app.UIAxes14),A',transmx,A',promedio_mes_a1,A',media_aa)
end

```

```

% Button pushed function: Ao2Button_7

```

```

function Ao2Button_7Pushed(app, event)

```

```

    global mxd

```

```

    global results2

```

```

    global tabla2

```

```

    app.UITable5.Data = results2;

```

```

    app.UITable6.Data = tabla2;

```

```

    plot(app.UIAxes14,mxd)

```

```

    histogram(app.UIAxes12,mxd)

```

```

    mediana_a1 = median(mxd);

```

```

    app.MedianaEditField_3.Value = mediana_a1;

```

```

    desvia_est_a1 = std(mxd);

```

```

    app.DesviacionEstandarEditField_3.Value = desvia_est_a1;

```

```

    media_a1 = mean(mxd);

```

```

    app.MediaEditField_3.Value = media_a1;

```

```

    moda_a1 = mode(mxd);

```

```

    app.ModaEditField_3.Value = moda_a1;

```

```

    maximo_a1 = max(mxd);

```

```

    minimo_a1 = min(mxd);

```

```

    rango_a1 = range(mxd);

```

```

    app.RangoEditField_3.Value = rango_a1;

```

```

    varianza_a1 = var(mxd);

```

```

    app.VarianzaEditField_3.Value = varianza_a1;

```

```

    transmx = mxd';

```

```

    pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));

```

```

    pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));

```

```

    pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));

```

```

    pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));

```

```

    pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));

```

```

    pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));

```

```

    pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));

```

```

    pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));

```

```

    pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));

```

```

    pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));

```

```

pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );
rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );
rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );
promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
    rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
media_aa = repmat(media_a1,12000,1)
A = [1:12000];
plot((app.UIAxes14),A',transmx,A',promedio_mes_a1,A',media_aa)
end

% Size changed function: GeneracinhidroelctricasimuladaTab
function GeneracinhidroelctricasimuladaTabSizeChanged(app, event)
    position = app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab.Position;
end

% Button pushed function: Ao3Button_7
function Ao3Button_7Pushed(app, event)
    global mxt
    global results3
    global tabla3

    app.UITable5.Data = results3;
    app.UITable6.Data = tabla3;
    plot(app.UIAxes14,mxt)
    histogram(app.UIAxes12,mxt)

    mediana_a1 = median(mxt);
    app.MedianaEditField_3.Value = mediana_a1;

    desvia_est_a1 = std(mxt);
    app.DesviacionEstandarEditField_3.Value = desvia_est_a1;

    media_a1 = mean(mxt);
    app.MediaEditField_3.Value = media_a1;

    moda_a1 = mode(mxt);
    app.ModaEditField_3.Value = moda_a1;

    maximo_a1 = max(mxt);

    minimo_a1 = min(mxt);

```



```

rango_a1 = range(mxt);
app.RangoEditField_3.Value = rango_a1;

varianza_a1 = var(mxt);
app.VarianzaEditField_3.Value = varianza_a1;

transmx = mxt';
pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));
pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));
pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));
pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));
pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));
pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));
pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));
pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));
pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));
pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));
pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );
rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );
rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );
promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
    rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
media_aa = repmat(media_a1,12000,1)
A = [1:12000];
plot((app.UIAxes14),A',transmx,A',promedio_mes_a1,A',media_aa)
end

% Button pushed function: Ao4Button_7
function Ao4Button_7Pushed(app, event)
    global mxc
    global results4
    global tabla4

    app.UITable5.Data = results4;
    app.UITable6.Data = tabla4;
    plot(app.UIAxes14,mxc)
    histogram(app.UIAxes12,mxc)

    mediana_a1 = median(mxc);
    app.MedianaEditField_3.Value = mediana_a1;

    desvia_est_a1 = std(mxc);

```

```

app.DesviacionEstandarEditField_3.Value = desvia_est_a1;

media_a1 = mean(mxc);
app.MediaEditField_3.Value = media_a1;

moda_a1 = mode(mxc);
app.ModaEditField_3.Value = moda_a1;

maximo_a1 = max(mxc);
minimo_a1 = min(mxc);

rango_a1 = range(mxc);
app.RangoEditField_3.Value = rango_a1;

varianza_a1 = var(mxc);
app.VarianzaEditField_3.Value = varianza_a1;

transmx = mxc';
pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));
pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));
pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));
pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));
pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));
pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));
pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));
pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));
pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));
pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));
pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );
rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );
rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );
promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
    rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
media_aa = repmat(media_a1,12000,1)
A = [1:12000];
plot((app.UIAxes14),A',transmx,A',promedio_mes_a1,A',media_aa)
end

% Button pushed function: Ao5Button_7
function Ao5Button_7Pushed(app, event)
    global mxcc
    global results5

```

```

global tabla5

app.UITable5.Data = results5;
app.UITable6.Data = tabla5;
plot(app.UIAxes14,mxcc)
histogram(app.UIAxes12,mxcc)

mediana_a1 = median(mxcc);
app.MedianaEditField_3.Value = mediana_a1;

desvia_est_a1 = std(mxcc);
app.DesviacionEstandarEditField_3.Value = desvia_est_a1;

media_a1 = mean(mxcc);
app.MediaEditField_3.Value = media_a1;

moda_a1 = mode(mxcc);
app.ModaEditField_3.Value = moda_a1;

maximo_a1 = max(mxcc);

minimo_a1 = min(mxcc);

rango_a1 = range(mxcc);
app.RangoEditField_3.Value = rango_a1;

varianza_a1 = var(mxcc);
app.VarianzaEditField_3.Value = varianza_a1;

transmx = mxcc';
pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));
pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));
pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));
pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));
pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));
pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));
pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));
pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));
pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));
pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));
pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );
rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );

```

```

    rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );
    promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
        rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
    media_aa = repmat(media_a1,12000,1)
    A = [1:12000];
    plot((app.UIAxes14),A',transmx,A',promedio_mes_a1,A',media_aa)
end

```

**% Button pushed function: Ao1Button\_8**

```

function Ao1Button_8Pushed(app, event)
    global mx
    media_a1 = mean(mx);
    transmx = mx';
    pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));
    pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));
    pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));
    pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));
    pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));
    pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));
    pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));
    pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));
    pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));
    pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));
    pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
    pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

    rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
    rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
    rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
    rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
    rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
    rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
    rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
    rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
    rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );
    rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
    rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );
    rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );
    promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
        rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
    media_aa = repmat(media_a1,12000,1)

    A = [1:12000];
    plot(A',transmx)
    hold on
    plot(A',promedio_mes_a1,'LineWidth',3)
    hold on
    plot(A',media_aa,'LineWidth',3)

    title ('Generación estimada año 1','FontSize',18)
    lgd = legend('P día','P mes','P med')
    lgd.FontSize = 15;
    xlabel('Número de simulaciones','FontSize',18)
    ylabel('Potencia (kW)','FontSize',18)

```

```

        hold off

end

% Button pushed function: Ao2Button_8
function Ao2Button_8Pushed(app, event)
    global mxd
    media_a1 = mean(mxd);
    transmx = mxd';
    pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));
    pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));
    pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));
    pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));
    pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));
    pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));
    pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));
    pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));
    pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));
    pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));
    pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
    pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

    rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
    rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
    rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
    rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
    rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
    rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
    rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
    rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
    rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );
    rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
    rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );
    rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );
    promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
        rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
    media_aa = repmat(media_a1,12000,1)
    A = [1:12000];

    plot(A',transmx)
    hold on
    plot(A',promedio_mes_a1, 'LineWidth',3)
    hold on
    plot(A',media_aa, 'LineWidth',3)

    title ('Generación estimada año 2', 'FontSize',18)
    lgd = legend('P día', 'P mes', 'P med')
    lgd.FontSize = 15;
    xlabel('Número de simulaciones', 'FontSize',18)
    ylabel('Potencia (kw)', 'FontSize',18)
    hold off

end

```

```

% Button pushed function: Ao3Button_8

```

```

function Ao3Button_8Pushed(app, event)
    global mxt
    media_a1 = mean(mxt)

    transmx = mxt';
    pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));
    pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));
    pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));
    pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));
    pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));
    pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));
    pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));
    pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));
    pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));
    pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));
    pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
    pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

    rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
    rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
    rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
    rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
    rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
    rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
    rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
    rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
    rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );
    rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
    rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );
    rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );
    promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
        rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
    media_aa = repmat(media_a1,12000,1)
    A = [1:12000];
    plot(A',transmx)
    hold on
    plot(A',promedio_mes_a1, 'LineWidth',3)
    hold on
    plot(A',media_aa, 'LineWidth',3)

    title ('Generación estimada año 3', 'FontSize',18)
    lgd = legend('P día', 'P mes', 'P med')
    lgd.FontSize = 15;
    xlabel('Número de simulaciones', 'FontSize',18)
    ylabel('Potencia (kW)', 'FontSize',18)
    hold off
end

% Button pushed function: Ao4Button_8
function Ao4Button_8Pushed(app, event)
    global mxc
    media_a1 = mean(mxc);

    transmx = mxc';

```

```

pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));
pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));
pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));
pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));
pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));
pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));
pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));
pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));
pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));
pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));
pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );
rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );
rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );
promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
    rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
media_aa = repmat(media_a1,12000,1)
A = [1:12000];
plot(A',transmx)
hold on
plot(A',promedio_mes_a1,'LineWidth',3)
hold on
plot(A',media_aa,'LineWidth',3)

title ('Generación estimada año 4','FontSize',18)
lgd = legend('Pdía','Pmes','Pmed')
lgd.FontSize = 15;
xlabel('Número de simulaciones','FontSize',18)
ylabel('Potencia (kW)','FontSize',18)
hold off
end

% Button pushed function: Ao5Button_8
function Ao5Button_8Pushed(app, event)
global mxcc
media_a1 = mean(mxcc);

transmx = mxcc';
pro_1_a1 = mean(transmx(1:1000));
pro_2_a1 = mean(transmx(1000:2000));
pro_3_a1 = mean(transmx(2000:3000));
pro_4_a1 = mean(transmx(3000:4000));
pro_5_a1 = mean(transmx(4000:5000));

```

```

pro_6_a1 = mean(transmx(5000:6000));
pro_7_a1 = mean(transmx(6000:7000));
pro_8_a1 = mean(transmx(7000:8000));
pro_9_a1 = mean(transmx(8000:9000));
pro_10_a1 = mean(transmx(9000:10000));
pro_11_a1 = mean(transmx(10000:11000));
pro_12_a1 = mean(transmx(11000:12000));

rep1 = repmat(pro_1_a1,1000,1 );
rep2 = repmat(pro_2_a1,1000,1 );
rep3 = repmat(pro_3_a1,1000,1 );
rep4 = repmat(pro_4_a1,1000,1 );
rep5 = repmat(pro_5_a1,1000,1 );
rep6 = repmat(pro_6_a1,1000,1 );
rep7 = repmat(pro_7_a1,1000,1 );
rep8 = repmat(pro_8_a1,1000,1 );
rep9 = repmat(pro_9_a1,1000,1 );
rep10 = repmat(pro_10_a1,1000,1 );
rep11 = repmat(pro_11_a1,1000,1 );
rep12 = repmat(pro_12_a1,1000,1 );
promedio_mes_a1 = [rep1;rep2;rep3;rep4;rep5; ...
    rep6;rep7;rep8;rep9;rep10;rep11;rep12];
media_aa = repmat(media_a1,12000,1)
A = [1:12000];
plot(A',transmx)
hold on
plot(A',promedio_mes_a1,'LineWidth',3)
hold on
plot(A',media_aa,'LineWidth',3)

title ('Generación estimada año 5','FontSize',18)
lgd = legend('P día','P mes','P med')
lgd.FontSize = 15;
xlabel('Número de simulaciones','FontSize',18)
ylabel('Potencia (kW)','FontSize',18)
hold off
end

% Value changed function: MedianaEditField
function MedianaEditFieldValueChanged(app, event)

end

% Value changed function: MinimoEditField
function MinimoEditFieldValueChanged(app, event)

end

% Value changed function: MediaEditField
function MediaEditFieldValueChanged(app, event)

end

% Button pushed function: AmpliargrficaButton_10

```



```

function AmpliargrficaButton_10Pushed(app, event)
    global datos_sem_to
    histfit(datos_sem_to)
    title ('Ajuste de distribución normal','FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Frecuencia','FontSize',18)
end

% Size changed function: CaudalsimuladoTab
function CaudalsimuladoTabSizeChanged(app, event)
    position = app.CaudalsimuladoTab.Position;
end

% Callback function
function AmpliargrficaButton_11Pushed(app, event)
    global x
    global p
    plot(x,p,'LineWidth',3)
    title ('Función de densidad de probabilidad')
    xlabel('Caudal(m^3/s)')
    ylabel('PDF')
end

% Callback function
function AmpliargrficaButton_12Pushed(app, event)
    global x
    global y2
    plot(x,y2,'LineWidth',3)
    xlabel('caudal')
    ylabel('probabilidad')
end

% Button pushed function: Ao1Button_9
function Ao1Button_9Pushed(app, event)
    global mx
    histogram(mx)
    title ('Histograma año 1','FontSize',18)
    xlabel('Potencia (kW)','FontSize',18)
    ylabel('Frecuencia','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao2Button_9
function Ao2Button_9Pushed(app, event)
    global mxd
    histogram(mxd)
    title ('Histograma año 2','FontSize',18)
    xlabel('Potencia (kW)','FontSize',18)
    ylabel('Frecuencia','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao3Button_9
function Ao3Button_9Pushed(app, event)
    global mxt
    histogram(mxt)

```

```

        title ('Histograma año 3','FontSize',18)
        xlabel('Potencia (kW)','FontSize',18)
        ylabel('Frecuencia','FontSize',18)
    end

% Button pushed function: Ao4Button_9
function Ao4Button_9Pushed(app, event)
    global mxc
    histogram(mxc)
    title ('Histograma año 4','FontSize',18)
    xlabel('Potencia (kW)','FontSize',18)
    ylabel('Frecuencia','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao5Button_9
function Ao5Button_9Pushed(app, event)
    global mxcc
    histogram(mxcc)
    title ('Histograma año 5','FontSize',18)
    xlabel('Potencia (kW)','FontSize',18)
    ylabel('Frecuencia','FontSize',18)
end

% Button pushed function: AmpliargrficaButton_13
function AmpliargrficaButton_13Pushed(app, event)
    global datos_sem_a1
    global datos_sem_a2
    global datos_sem_a3
    global datos_sem_a4
    global datos_sem_m

    plot(datos_sem_a1,'LineWidth',1.5)
    hold on
    plot(datos_sem_a2,'LineWidth',1.5)
    hold on
    plot(datos_sem_a3,'LineWidth',1.5)
    hold on
    plot(datos_sem_a4,'LineWidth',1.5)
    hold on
    plot(datos_sem_m,'LineWidth',1.5)
    xlim([0 365])
    ylim([0.2 1.2])
    xlabel('Días')
    ylabel('Caudal (m^3/s)')
    legend('Q2019','Q2020','Q2021','Q2022','Qmed')
    hold off
end

% Button pushed function: Ao1Button_12
function Ao1Button_12Pushed(app, event)
    global ordenar_a1
    global y11
    plot(ordenar_a1, y11,'LineWidth',3)
    title ('ICDF','FontSize',18)

```

```

        xlabel('Generación de números aleatorios','FontSize',18)
        ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    end

% Button pushed function: Ao2Button_11
function Ao2Button_11Pushed(app, event)
    global ordenar_a2
    global y22
    plot(ordenar_a2, y22,'LineWidth',3)
    title ('ICDF','FontSize',18)
    xlabel('Generación de números aleatorios','FontSize',18)
    ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao3Button_11
function Ao3Button_11Pushed(app, event)
    global ordenar_a3
    global y33
    plot(ordenar_a3, y33,'LineWidth',2)
    title ('ICDF','FontSize',18)
    xlabel('Generación de números aleatorios','FontSize',18)
    ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao4Button_11
function Ao4Button_11Pushed(app, event)
    global ordenar_a4
    global y44
    plot(ordenar_a4, y44,'LineWidth',3)
    title ('ICDF','FontSize',18)
    xlabel('Generación de números aleatorios','FontSize',18)
    ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao5Button_11
function Ao5Button_11Pushed(app, event)
    global ordenar_a5
    global y55
    plot(ordenar_a5, y55,'LineWidth',3)
    title ('ICDF','FontSize',18)
    xlabel('Generación de números aleatorios','FontSize',18)
    ylabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao1Button_11
function Ao1Button_11Pushed(app, event)
    global ordenar_a1
    global p1
    plot(ordenar_a1,p1,'LineWidth',3)
    title ('CDF','FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Probabilidad','FontSize',18)
end
end

```

```

% Button pushed function: Ao2Button_10
function Ao2Button_10Pushed(app, event)
    global ordenar_a2
    global p2
    plot(ordenar_a2,p2,'LineWidth',3)
    title ('CDF','FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Probabilidad','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao3Button_10
function Ao3Button_10Pushed(app, event)
    global ordenar_a3
    global p3
    plot(ordenar_a3,p3,'LineWidth',3)
    title ('CDF','FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Probabilidad','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao4Button_10
function Ao4Button_10Pushed(app, event)
    global ordenar_a4
    global p4
    plot(ordenar_a4,p4,'LineWidth',3)
    title ('CDF','FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Probabilidad','FontSize',18)
end

% Button pushed function: Ao5Button_10
function Ao5Button_10Pushed(app, event)
    global ordenar_a5
    global p5
    plot(ordenar_a5,p5,'LineWidth',3)
    title ('CDF','FontSize',18)
    xlabel('Caudal (m^3/s)','FontSize',18)
    ylabel('Probabilidad','FontSize',18)
end

% Callback function
function UIAxes5ButtonDown(app, event)
    xlim([0 365])
    ylim([0.2 1.2])
end

% Value changed function: EditField_6
function EditField_6ValueChanged(app, event)
    value = app.EditField_6.Value;
end

% Value changed function: PresinnominaldelatuberaPaEditField
function PresinnominaldelatuberaPaEditFieldValueChanged(app, event)

```

```

        value = app.PresinnominaldelatuberaPaEditField.Value;
    end

    % Value changed function: EditField_2
    function EditField_2ValueChanged(app, event)
        value = app.EditField_2.Value;
    end
end

% Component initialization
methods (Access = private)

    % Create UIFigure and components
    function createComponents(app)

        % Get the file path for locating images
        pathToMLAPP = fileparts(mfilename('fullpath'));

        % Create UIFigure and hide until all components are created
        app.UIFigure = uifigure('Visible', 'off');
        app.UIFigure.Position = [100 100 1244 651];
        app.UIFigure.Name = 'MATLAB App';

        % Create TabGroup
        app.TabGroup = uitabgroup(app.UIFigure);
        app.TabGroup.Position = [2 1 1243 651];

        % Create PresentacinTab
        app.PresentacinTab = uitab(app.TabGroup);
        app.PresentacinTab.Title = 'Presentación';

        % Create UNIVERSIDADTCNICADELNORTELabel_2
        app.UNIVERSIDADTCNICADELNORTELabel_2 = uilabel(app.PresentacinTab);
        app.UNIVERSIDADTCNICADELNORTELabel_2.HorizontalAlignment = 'center';
        app.UNIVERSIDADTCNICADELNORTELabel_2.FontSize = 40;
        app.UNIVERSIDADTCNICADELNORTELabel_2.FontWeight = 'bold';
        app.UNIVERSIDADTCNICADELNORTELabel_2.Position = [261 468 726 52];
        app.UNIVERSIDADTCNICADELNORTELabel_2.Text = 'UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL
NORTE';

        % Create Image_3
        app.Image_3 = uiimage(app.PresentacinTab);
        app.Image_3.ImageClickedFcn = createCallbackFcn(app, @Image_4Clicked,
true);

        app.Image_3.Position = [994 426 142 136];
        app.Image_3.ImageSource = 'logoUTN.png';

        % Create CARRERADEELECTRICIDADLabel_2
        app.CARRERADEELECTRICIDADLabel_2 = uilabel(app.PresentacinTab);
        app.CARRERADEELECTRICIDADLabel_2.HorizontalAlignment = 'center';
        app.CARRERADEELECTRICIDADLabel_2.FontSize = 24;
        app.CARRERADEELECTRICIDADLabel_2.FontWeight = 'bold';
        app.CARRERADEELECTRICIDADLabel_2.Position = [443 405 358 50];
        app.CARRERADEELECTRICIDADLabel_2.Text = 'CARRERA DE ELECTRICIDAD';

```

```

    % Create ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_8
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_8 =
uilabel(app.PresentacinTab);
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_8.HorizontalAligment
= 'center';
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_8.FontSize = 18;
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_8.FontWeight = 'bold';
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_8.Position = [270 347
712 38];
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_8.Text = 'ESTIMACIÓN
DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE UNA MICRO ';

    % Create Image_4
    app.Image_4 = uiimage(app.PresentacinTab);
    app.Image_4.ImageClickedFcn = createCallbackFcn(app, @Image_4Clicked,
true);
    app.Image_4.Position = [129 432 143 124];
    app.Image_4.ImageSource = 'LogoCIELE.jpg';

    % Create ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_9
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_9 =
uilabel(app.PresentacinTab);
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_9.HorizontalAligment
= 'center';
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_9.FontSize = 18;
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_9.FontWeight = 'bold';
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_9.Position = [316 310
617 38];
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_9.Text = 'PLANTA
HIDROELÉCTRICA MEDIANTE SIMULACIÓN MONTE-CARLO ';

    % Create ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_10
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_10 =
uilabel(app.PresentacinTab);
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_10.HorizontalAligment
= 'center';
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_10.FontSize = 18;
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_10.FontWeight =
'bold';
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_10.Position = [368 273
512 38];
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_10.Text = 'UTILIZANDO
EL CAUDAL COMO VARIABLE ALEATORIA.';

    % Create ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_11
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_11 =
uilabel(app.PresentacinTab);
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_11.HorizontalAligment
= 'center';
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_11.FontSize = 20;
    app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_11.FontWeight =
'bold';

```

```

512 32];
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_11.Position = [372 206
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_11.Text = 'Autor: ';

% Create ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_12
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_12 =
uilabel(app.PresentacinTab);
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_12.HorizontalAlignment
= 'center';
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_12.FontSize = 20;
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_12.FontWeight =
'bold';
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_12.Position = [368 184
512 32];
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_12.Text = 'Henry
Flores';

% Create ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_13
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_13 =
uilabel(app.PresentacinTab);
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_13.HorizontalAlignment
= 'center';
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_13.FontSize = 20;
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_13.FontWeight =
'bold';
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_13.Position = [368 148
512 32];
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_13.Text = 'Tutor: ';

% Create ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_14
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_14 =
uilabel(app.PresentacinTab);
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_14.HorizontalAlignment
= 'center';
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_14.FontSize = 20;
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_14.FontWeight =
'bold';
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_14.Position = [368 117
512 32];
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_14.Text = 'MSc. Julio
Guerra';

% Create ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_15
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_15 =
uilabel(app.PresentacinTab);
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_15.HorizontalAlignment
= 'center';
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_15.FontSize = 20;
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_15.FontWeight =
'bold';
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_15.Position = [368 69
512 32];
app.ESTIMACINDELACAPACIDADDEGENERACINELCTRICALabel_15.Text = '2023';

```

```

% Create SimulacinMonteCarloTab
app.SimulacinMonteCarloTab = uitab(app.TabGroup);
app.SimulacinMonteCarloTab.SizeChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@SimulacinMonteCarloTabSizeChanged, true);
app.SimulacinMonteCarloTab.Title = 'Simulación Monte-Carlo';

% Create TabGroup3
app.TabGroup3 = uitabgroup(app.SimulacinMonteCarloTab);
app.TabGroup3.Position = [-1 1 1244 626];

% Create HistorialdelcaudalTab
app.HistorialdelcaudalTab = uitab(app.TabGroup3);
app.HistorialdelcaudalTab.SizeChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@HistorialdelcaudalTabSizeChanged, true);
app.HistorialdelcaudalTab.Title = 'Historial del caudal';

% Create UIAxes5
app.UIAxes5 = uiaxes(app.HistorialdelcaudalTab);
title(app.UIAxes5, 'Caudal mensual')
xlabel(app.UIAxes5, 'Meses')
ylabel(app.UIAxes5, 'Caudal (m^3/s)')
zlabel(app.UIAxes5, 'Z')
app.UIAxes5.Position = [354 319 407 207];

% Create UIAxes15_11
app.UIAxes15_11 = uiaxes(app.HistorialdelcaudalTab);
title(app.UIAxes15_11, 'Caudal diario')
xlabel(app.UIAxes15_11, 'Días')
ylabel(app.UIAxes15_11, 'Caudal (m^3/s)')
zlabel(app.UIAxes15_11, 'Z')
app.UIAxes15_11.Position = [825 319 406 211];

% Create UIAxes3
app.UIAxes3 = uiaxes(app.HistorialdelcaudalTab);
title(app.UIAxes3, 'Probabilidad Normal')
xlabel(app.UIAxes3, 'Caudal (m^3/s)')
ylabel(app.UIAxes3, 'frecuencia')
zlabel(app.UIAxes3, 'Z')
app.UIAxes3.Position = [354 100 413 193];

% Create UIAxes6_2
app.UIAxes6_2 = uiaxes(app.HistorialdelcaudalTab);
title(app.UIAxes6_2, 'Ajuste de distribución')
xlabel(app.UIAxes6_2, 'Caudal (m^3/s)')
ylabel(app.UIAxes6_2, 'Frecuencia')
zlabel(app.UIAxes6_2, 'Z')
app.UIAxes6_2.Position = [821 87 408 193];

% Create INICIARButton
app.INICIARButton = uibutton(app.HistorialdelcaudalTab, 'push');
app.INICIARButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@INICIARButtonPushed, true);
app.INICIARButton.FontWeight = 'bold';
app.INICIARButton.Position = [582 19 77 25];

```



```

app.INICIARButton.Text = 'INICIAR';

% Create AmpliargrficaButton
app.AmpliargrficaButton = uibutton(app.HistorialdelcaudalTab, 'push');
app.AmpliargrficaButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@AmpliargrficaButtonPushed, true);
app.AmpliargrficaButton.Position = [525 64 110 23];
app.AmpliargrficaButton.Text = 'Ampliar gráfica';

% Create ResultadosPanel
app.ResultadosPanel = uipanel(app.HistorialdelcaudalTab);
app.ResultadosPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.ResultadosPanel.Title = 'Resultados';
app.ResultadosPanel.FontWeight = 'bold';
app.ResultadosPanel.Position = [381 534 820 58];

% Create SaltoBrutomEditFieldLabel_2
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_2 = uilabel(app.ResultadosPanel);
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_2.HorizontalAlignment = 'right';
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_2.Position = [-1 12 59 22];
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_2.Text = 'Mediana: ';

% Create MedianaEditField
app.MedianaEditField = uieditfield(app.ResultadosPanel, 'numeric');
app.MedianaEditField.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@MedianaEditFieldValueChanged, true);
app.MedianaEditField.Position = [59 15 37 18];

% Create SaltonetomEditFieldLabel_2
app.SaltonetomEditFieldLabel_2 = uilabel(app.ResultadosPanel);
app.SaltonetomEditFieldLabel_2.HorizontalAlignment = 'right';
app.SaltonetomEditFieldLabel_2.Position = [227 12 38 22];
app.SaltonetomEditFieldLabel_2.Text = 'Moda: ';

% Create ModaEditField
app.ModaEditField = uieditfield(app.ResultadosPanel, 'numeric');
app.ModaEditField.Position = [270 14 37 18];

% Create PrdidasdealturamEditFieldLabel_2
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_2 = uilabel(app.ResultadosPanel);
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_2.HorizontalAlignment = 'right';
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_2.Position = [415 12 41 22];
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_2.Text = 'Media: ';

% Create MediaEditField
app.MediaEditField = uieditfield(app.ResultadosPanel, 'numeric');
app.MediaEditField.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@MediaEditFieldValueChanged, true);
app.MediaEditField.Position = [452 14 37 18];

% Create SaltoutilmEditFieldLabel_2
app.SaltoutilmEditFieldLabel_2 = uilabel(app.ResultadosPanel);
app.SaltoutilmEditFieldLabel_2.HorizontalAlignment = 'right';
app.SaltoutilmEditFieldLabel_2.Position = [623 14 50 22];

```

```

app.SaltoutilmEditFieldLabel_2.Text = 'Máximo:';

% Create MaximoEditField
app.MaximoEditField = uieditfield(app.ResultadosPanel, 'numeric');
app.MaximoEditField.Position = [681 16 37 18];

% Create SaltoutilmEditFieldLabel_3
app.SaltoutilmEditFieldLabel_3 = uilabel(app.ResultadosPanel);
app.SaltoutilmEditFieldLabel_3.HorizontalAlignment = 'right';
app.SaltoutilmEditFieldLabel_3.Position = [119 12 48 22];
app.SaltoutilmEditFieldLabel_3.Text = 'Mínimo:';

% Create MinimoEditField
app.MinimoEditField = uieditfield(app.ResultadosPanel, 'numeric');
app.MinimoEditField.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@MinimoEditFieldValueChanged, true);
app.MinimoEditField.Position = [167 14 40 18];

% Create DesviacionEstandarEditField
app.DesviacionEstandarEditField = uieditfield(app.ResultadosPanel,
'numeric');
app.DesviacionEstandarEditField.Position = [574 16 36 18];

% Create DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_2
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_2 =
uilabel(app.ResultadosPanel);
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_2.HorizontalAlignment =
'right';
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_2.Position = [502 3 67 30];
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_2.Text = {'Desviación:';
'Estandar '};

% Create DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_3
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_3 =
uilabel(app.ResultadosPanel);
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_3.HorizontalAlignment =
'right';
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_3.Position = [323 11 40 21];
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_3.Text = 'Rango:';

% Create RangoEditField
app.RangoEditField = uieditfield(app.ResultadosPanel, 'numeric');
app.RangoEditField.Position = [364 14 36 18];

% Create VarianzaEditField
app.VarianzaEditField = uieditfield(app.ResultadosPanel, 'numeric');
app.VarianzaEditField.Position = [777 16 36 18];

% Create DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_5
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_5 =
uilabel(app.ResultadosPanel);
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_5.HorizontalAlignment =
'right';
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_5.Position = [712 10 61 25];

```

```

app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_5.Text = 'Varianza: ';

% Create AmpliargrficaButton_3
app.AmpliargrficaButton_3 = uibutton(app.HistorialdelcaudalTab, 'push');
app.AmpliargrficaButton_3.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@AmpliargrficaButton_3Pushed, true);
app.AmpliargrficaButton_3.Position = [535 290 100 23];
app.AmpliargrficaButton_3.Text = 'Ampliar gráfica';

% Create DatosdelhistorialPanel
app.DatosdelhistorialPanel = uipanel(app.HistorialdelcaudalTab);
app.DatosdelhistorialPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.DatosdelhistorialPanel.Title = 'Datos del historial';
app.DatosdelhistorialPanel.FontWeight = 'bold';
app.DatosdelhistorialPanel.Position = [10 334 331 251];

% Create UITable
app.UITable = uitable(app.DatosdelhistorialPanel);
app.UITable.ColumnName = {'Total'; 'Año'; 'Mes'; 'Caudal'};
app.UITable.RowName = {};
app.UITable.Position = [0 1 331 234];

% Create ProbabilidaddelCaudalPanel
app.ProbabilidaddelCaudalPanel = uipanel(app.HistorialdelcaudalTab);
app.ProbabilidaddelCaudalPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.ProbabilidaddelCaudalPanel.Title = 'Probabilidad del Caudal';
app.ProbabilidaddelCaudalPanel.FontWeight = 'bold';
app.ProbabilidaddelCaudalPanel.Position = [14 74 327 226];

% Create UITable2
app.UITable2 = uitable(app.ProbabilidaddelCaudalPanel);
app.UITable2.ColumnName = {'Caudal'; 'Frec Absoluta'; '(%)'};
app.UITable2.RowName = {};
app.UITable2.CellEditCallback = createCallbackFcn(app, @UITable2CellEdit,
true);
app.UITable2.Position = [0 0 327 206];

% Create AmpliargrficaButton_10
app.AmpliargrficaButton_10 = uibutton(app.HistorialdelcaudalTab, 'push');
app.AmpliargrficaButton_10.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@AmpliargrficaButton_10Pushed, true);
app.AmpliargrficaButton_10.Position = [963 64 100 23];
app.AmpliargrficaButton_10.Text = 'Ampliar gráfica';

% Create AmpliargrficaButton_13
app.AmpliargrficaButton_13 = uibutton(app.HistorialdelcaudalTab, 'push');
app.AmpliargrficaButton_13.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@AmpliargrficaButton_13Pushed, true);
app.AmpliargrficaButton_13.Position = [973 288 100 23];
app.AmpliargrficaButton_13.Text = 'Ampliar gráfica';

% Create CaudalsimuladoTab
app.CaudalsimuladoTab = uitab(app.TabGroup3);

```

```

app.CaudalsimuladoTab.SizeChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@CaudalsimuladoTabSizeChanged, true);
app.CaudalsimuladoTab.Title = 'Caudal simulado';

% Create UIAxes7
app.UIAxes7 = uiaxes(app.CaudalsimuladoTab);
title(app.UIAxes7, 'Caudal aleatorio')
xlabel(app.UIAxes7, 'Número de simulaciones')
ylabel(app.UIAxes7, 'Caudal (m^3/s)')
zlabel(app.UIAxes7, 'Z')
app.UIAxes7.Position = [368 348 289 181];

% Create UIAxes9
app.UIAxes9 = uiaxes(app.CaudalsimuladoTab);
title(app.UIAxes9, 'Histograma')
xlabel(app.UIAxes9, 'Caudal (m^3/s)')
ylabel(app.UIAxes9, 'Frecuencia')
zlabel(app.UIAxes9, 'Z')
app.UIAxes9.Position = [941 348 288 180];

% Create UIAxes10
app.UIAxes10 = uiaxes(app.CaudalsimuladoTab);
title(app.UIAxes10, 'PDF')
xlabel(app.UIAxes10, 'Caudal (m^3/s)')
ylabel(app.UIAxes10, 'Probabilidad')
zlabel(app.UIAxes10, 'Z')
app.UIAxes10.Position = [366 92 289 212];

% Create UIAxes8
app.UIAxes8 = uiaxes(app.CaudalsimuladoTab);
title(app.UIAxes8, 'Comportamiento del caudal')
xlabel(app.UIAxes8, 'Meses')
ylabel(app.UIAxes8, 'Caudal (m^3/s)')
zlabel(app.UIAxes8, 'Z')
app.UIAxes8.Position = [661 348 272 177];

% Create UIAxes6_3
app.UIAxes6_3 = uiaxes(app.CaudalsimuladoTab);
title(app.UIAxes6_3, 'CDF')
xlabel(app.UIAxes6_3, 'Caudal(m^3/s)')
ylabel(app.UIAxes6_3, 'Probabilidad')
zlabel(app.UIAxes6_3, 'Z')
app.UIAxes6_3.Position = [666 94 265 210];

% Create UIAxes6_4
app.UIAxes6_4 = uiaxes(app.CaudalsimuladoTab);
title(app.UIAxes6_4, 'ICDF')
xlabel(app.UIAxes6_4, 'Generación de valores aleatorios')
ylabel(app.UIAxes6_4, 'Caudal (m^3/s)')
zlabel(app.UIAxes6_4, 'Z')
app.UIAxes6_4.Position = [944 96 273 208];

% Create CaudalaletorioPanel
app.CaudalaletorioPanel = uipanel(app.CaudalsimuladoTab);

```

```

app.CaudalaletorioPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.CaudalaletorioPanel.Title = 'Caudal aletorio';
app.CaudalaletorioPanel.FontWeight = 'bold';
app.CaudalaletorioPanel.Position = [14 403 342 191];

% Create UITable3
app.UITable3 = uitable(app.CaudalaletorioPanel);
app.UITable3.ColumnName = {'Enero'; 'Febrero'; 'Marzo'; 'Abril'; 'Mayo';
'Junio'; 'Julio'; 'Agosto'; 'Sempiembre'; 'Octubre'; 'Noviembre'; 'Diciembre'};
app.UITable3.RowName = {1:1000};
app.UITable3.Position = [0 0 342 174];

% Create PromediodecaudalaletorioPanel
app.PromediodecaudalaletorioPanel = uipanel(app.CaudalsimuladoTab);
app.PromediodecaudalaletorioPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.PromediodecaudalaletorioPanel.Title = 'Promedio de caudal aletorio';
app.PromediodecaudalaletorioPanel.FontWeight = 'bold';
app.PromediodecaudalaletorioPanel.Position = [14 45 342 185];

% Create UITable4
app.UITable4 = uitable(app.PromediodecaudalaletorioPanel);
app.UITable4.ColumnName = {'Enero'; 'Febrero'; 'Marzo'; 'Abril'; 'Mayo';
'Junio'; 'Julio'; 'Agosto'; 'Sempiembre'; 'Octubre'; 'Noviembre'; 'Diciembre'};
app.UITable4.RowName = {};
app.UITable4.CellEditCallback = createCallbackFcn(app, @UITable4CellEdit,
true);
app.UITable4.Position = [0 0 342 167];

% Create Ao1Button_2
app.Ao1Button_2 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao1Button_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao1Button_2Pushed, true);
app.Ao1Button_2.Position = [413 320 50 23];
app.Ao1Button_2.Text = 'Año 1';

% Create Ao2Button_2
app.Ao2Button_2 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao2Button_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao2Button_2Pushed, true);
app.Ao2Button_2.Position = [463 320 49 23];
app.Ao2Button_2.Text = 'Año 2';

% Create Ao3Button_2
app.Ao3Button_2 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao3Button_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao3Button_2Pushed, true);
app.Ao3Button_2.Position = [512 319 49 23];
app.Ao3Button_2.Text = 'Año 3';

% Create Ao4Button_2
app.Ao4Button_2 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao4Button_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao4Button_2Pushed, true);
app.Ao4Button_2.Position = [561 319 50 23];

```

```

app.Ao4Button_2.Text = 'Año 4';

% Create Ao5Button_2
app.Ao5Button_2 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao5Button_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao5Button_2Pushed, true);
app.Ao5Button_2.Position = [611 319 49 23];
app.Ao5Button_2.Text = 'Año 5';

% Create Ao1Button_10
app.Ao1Button_10 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao1Button_10.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao1Button_10Pushed, true);
app.Ao1Button_10.Position = [964 324 49 23];
app.Ao1Button_10.Text = 'Año 1';

% Create Ao2Button_3
app.Ao2Button_3 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao2Button_3.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao2Button_3Pushed, true);
app.Ao2Button_3.Position = [1013 324 49 23];
app.Ao2Button_3.Text = 'Año 2';

% Create Ao3Button_3
app.Ao3Button_3 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao3Button_3.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao3Button_3Pushed, true);
app.Ao3Button_3.Position = [1062 324 49 23];
app.Ao3Button_3.Text = 'Año 3';

% Create Ao4Button_3
app.Ao4Button_3 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao4Button_3.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao4Button_3Pushed, true);
app.Ao4Button_3.Position = [1111 324 50 23];
app.Ao4Button_3.Text = 'Año 4';

% Create Ao5Button_3
app.Ao5Button_3 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao5Button_3.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao5Button_3Pushed, true);
app.Ao5Button_3.Position = [1161 324 49 24];
app.Ao5Button_3.Text = 'Año 5';

% Create ResultadosPanel_2
app.ResultadosPanel_2 = uipanel(app.CaudalsimuladoTab);
app.ResultadosPanel_2.TitlePosition = 'centertop';
app.ResultadosPanel_2.Title = 'Resultados';
app.ResultadosPanel_2.FontWeight = 'bold';
app.ResultadosPanel_2.Position = [407 539 815 58];

% Create SaltoBrutomEditFieldLabel_3
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_3 = uilabel(app.ResultadosPanel_2);
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_3.HorizontalAlignment = 'right';

```

```

app.SaltoBrutomEditFieldLabel_3.Position = [13 10 59 22];
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_3.Text = 'Mediana: ';

% Create MedianaEditField_2
app.MedianaEditField_2 = uieditfield(app.ResultadosPanel_2, 'numeric');
app.MedianaEditField_2.Position = [74 11 37 18];

% Create SaltonetomEditFieldLabel_3
app.SaltonetomEditFieldLabel_3 = uilabel(app.ResultadosPanel_2);
app.SaltonetomEditFieldLabel_3.HorizontalAlignment = 'right';
app.SaltonetomEditFieldLabel_3.Position = [143 10 38 22];
app.SaltonetomEditFieldLabel_3.Text = 'Moda: ';

% Create ModaEditField_2
app.ModaEditField_2 = uieditfield(app.ResultadosPanel_2, 'numeric');
app.ModaEditField_2.Position = [183 11 37 18];

% Create PrdidasdealturamEditFieldLabel_3
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_3 = uilabel(app.ResultadosPanel_2);
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_3.HorizontalAlignment = 'right';
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_3.Position = [398 8 41 22];
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_3.Text = 'Media: ';

% Create MediaEditField_2
app.MediaEditField_2 = uieditfield(app.ResultadosPanel_2, 'numeric');
app.MediaEditField_2.Position = [441 11 37 19];

% Create DesviacionEstandarEditField_2
app.DesviacionEstandarEditField_2 = uieditfield(app.ResultadosPanel_2,
'numeric');
app.DesviacionEstandarEditField_2.Position = [608 11 40 19];

% Create DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_6
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_6 =
uilabel(app.ResultadosPanel_2);
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_6.HorizontalAlignment =
'right';
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_6.Position = [540 1 67 31];
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_6.Text = {'Desviación: '
'Estandar '};

% Create DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_7
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_7 =
uilabel(app.ResultadosPanel_2);
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_7.HorizontalAlignment =
'right';
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_7.Position = [262 11 40 21];
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_7.Text = 'Rango: ';

% Create RangoEditField_2
app.RangoEditField_2 = uieditfield(app.ResultadosPanel_2, 'numeric');
app.RangoEditField_2.Position = [307 11 36 18];

% Create VarianzaEditField_2

```

```

app.VarianzaEditField_2 = uieditfield(app.ResultadosPanel_2, 'numeric');
app.VarianzaEditField_2.Position = [751 11 36 18];

% Create DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_8
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_8 =
uilabel(app.ResultadosPanel_2);
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_8.HorizontalAlignment =
'right';
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_8.Position = [690 7 61 25];
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_8.Text = 'Varianza: ';

% Create Ao1Button_6
app.Ao1Button_6 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao1Button_6.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao1Button_6Pushed, true);
app.Ao1Button_6.Position = [404 64 49 23];
app.Ao1Button_6.Text = 'Año 1';

% Create Ao2Button_6
app.Ao2Button_6 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao2Button_6.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao2Button_6Pushed, true);
app.Ao2Button_6.Position = [453 64 49 23];
app.Ao2Button_6.Text = 'Año 2';

% Create Ao3Button_6
app.Ao3Button_6 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao3Button_6.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao3Button_6Pushed, true);
app.Ao3Button_6.Position = [502 64 49 23];
app.Ao3Button_6.Text = 'Año 3';

% Create Ao4Button_6
app.Ao4Button_6 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao4Button_6.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao4Button_6Pushed, true);
app.Ao4Button_6.Position = [551 64 50 23];
app.Ao4Button_6.Text = 'Año 4';

% Create Ao5Button_6
app.Ao5Button_6 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao5Button_6.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao5Button_6Pushed, true);
app.Ao5Button_6.Position = [601 64 49 23];
app.Ao5Button_6.Text = 'Año 5';

% Create ProbabilidaddelCaudalPanel_2
app.ProbabilidaddelCaudalPanel_2 = uipanel(app.CaudalsimuladoTab);
app.ProbabilidaddelCaudalPanel_2.TitlePosition = 'centertop';
app.ProbabilidaddelCaudalPanel_2.Title = 'Probabilidad del Caudal';
app.ProbabilidaddelCaudalPanel_2.FontWeight = 'bold';
app.ProbabilidaddelCaudalPanel_2.Position = [14 241 342 151];

% Create UITable2_2

```



```

app.UITable2_2 = uitable(app.ProbabilidaddelCaudalPanel_2);
app.UITable2_2.ColumnName = {'Caudal'; 'Frec Absoluta'; 'Frec Relativa
(%)'};

app.UITable2_2.RowName = {};
app.UITable2_2.Position = [0 0 342 136];

% Create Panel_2
app.Panel_2 = uipanel(app.CaudalsimuladoTab);
app.Panel_2.Position = [545 7 429 31];

% Create INICIARButton_2
app.INICIARButton_2 = uibutton(app.Panel_2, 'push');
app.INICIARButton_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@INICIARButton_2Pushed, true);
app.INICIARButton_2.FontWeight = 'bold';
app.INICIARButton_2.Position = [6 4 67 23];
app.INICIARButton_2.Text = 'INICIAR';

% Create Ao1Button_5
app.Ao1Button_5 = uibutton(app.Panel_2, 'push');
app.Ao1Button_5.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao1Button_5Pushed, true);
app.Ao1Button_5.Position = [149 4 52 23];
app.Ao1Button_5.Text = 'Año 1';

% Create Ao2Button_5
app.Ao2Button_5 = uibutton(app.Panel_2, 'push');
app.Ao2Button_5.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao2Button_5Pushed, true);
app.Ao2Button_5.Position = [206 4 50 23];
app.Ao2Button_5.Text = 'Año 2';

% Create Ao3Button_5
app.Ao3Button_5 = uibutton(app.Panel_2, 'push');
app.Ao3Button_5.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao3Button_5Pushed, true);
app.Ao3Button_5.Position = [260 4 49 23];
app.Ao3Button_5.Text = 'Año 3';

% Create Ao4Button_5
app.Ao4Button_5 = uibutton(app.Panel_2, 'push');
app.Ao4Button_5.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao4Button_5Pushed, true);
app.Ao4Button_5.Position = [313 4 51 23];
app.Ao4Button_5.Text = 'Año 4';

% Create Ao5Button_5
app.Ao5Button_5 = uibutton(app.Panel_2, 'push');
app.Ao5Button_5.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao5Button_5Pushed, true);
app.Ao5Button_5.Position = [368 4 55 23];
app.Ao5Button_5.Text = 'Año 5';

% Create EditField_7

```

```

app.EditField_7 = uieditfield(app.Panel_2, 'text');
app.EditField_7.Position = [75 5 71 22];
app.EditField_7.Value = 'Seleccione:';

% Create AmpliagrificaButton_6
app.AmpliagrificaButton_6 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.AmpliagrificaButton_6.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@AmpliagrificaButton_6Pushed, true);
app.AmpliagrificaButton_6.Position = [767 320 100 23];
app.AmpliagrificaButton_6.Text = 'Amplia gráfica';

% Create Ao1Button_11
app.Ao1Button_11 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao1Button_11.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao1Button_11Pushed, true);
app.Ao1Button_11.Position = [677 64 49 23];
app.Ao1Button_11.Text = 'Año 1';

% Create Ao2Button_10
app.Ao2Button_10 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao2Button_10.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao2Button_10Pushed, true);
app.Ao2Button_10.Position = [726 64 49 23];
app.Ao2Button_10.Text = 'Año 2';

% Create Ao3Button_10
app.Ao3Button_10 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao3Button_10.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao3Button_10Pushed, true);
app.Ao3Button_10.Position = [775 64 49 23];
app.Ao3Button_10.Text = 'Año 3';

% Create Ao4Button_10
app.Ao4Button_10 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao4Button_10.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao4Button_10Pushed, true);
app.Ao4Button_10.Position = [824 64 50 23];
app.Ao4Button_10.Text = 'Año 4';

% Create Ao5Button_10
app.Ao5Button_10 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao5Button_10.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao5Button_10Pushed, true);
app.Ao5Button_10.Position = [874 64 49 23];
app.Ao5Button_10.Text = 'Año 5';

% Create Ao1Button_12
app.Ao1Button_12 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
app.Ao1Button_12.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao1Button_12Pushed, true);
app.Ao1Button_12.Position = [964 64 49 23];
app.Ao1Button_12.Text = 'Año 1';

% Create Ao2Button_11

```

```

    app.Ao2Button_11 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
    app.Ao2Button_11.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao2Button_11Pushed, true);
    app.Ao2Button_11.Position = [1013 64 49 23];
    app.Ao2Button_11.Text = 'Año 2';

    % Create Ao3Button_11
    app.Ao3Button_11 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
    app.Ao3Button_11.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao3Button_11Pushed, true);
    app.Ao3Button_11.Position = [1062 64 49 23];
    app.Ao3Button_11.Text = 'Año 3';

    % Create Ao4Button_11
    app.Ao4Button_11 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
    app.Ao4Button_11.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao4Button_11Pushed, true);
    app.Ao4Button_11.Position = [1111 64 50 23];
    app.Ao4Button_11.Text = 'Año 4';

    % Create Ao5Button_11
    app.Ao5Button_11 = uibutton(app.CaudalsimuladoTab, 'push');
    app.Ao5Button_11.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao5Button_11Pushed, true);
    app.Ao5Button_11.Position = [1161 64 49 23];
    app.Ao5Button_11.Text = 'Año 5';

    % Create ParmetrosdelahidroelctricaTab
    app.ParmetrosdelahidroelctricaTab = uitab(app.TabGroup);
    app.ParmetrosdelahidroelctricaTab.Title = 'Parámetros de la
hidroeléctrica';

    % Create Variables_hidroelctricas_Panel
    app.Variables_hidroelctricas_Panel =
uipanel(app.ParmetrosdelahidroelctricaTab);
    app.Variables_hidroelctricas_Panel.TitlePosition = 'centertop';
    app.Variables_hidroelctricas_Panel.Title = 'Variables hidroeléctricas';
    app.Variables_hidroelctricas_Panel.FontWeight = 'bold';
    app.Variables_hidroelctricas_Panel.Position = [2 60 608 564];

    % Create Image3
    app.Image3 = uiimage(app.Variables_hidroelctricas_Panel);
    app.Image3.ImageClickedFcn = createCallbackFcn(app, @Image3Clicked,
true);
    app.Image3.Position = [13 213 582 342];
    app.Image3.ImageSource = fullfile(pathToMLAPP,
'VariablesHidraulicas_si.png');

    % Create Alturadesaltosdeaguayvariables_hidroelctricas_Panel
    app.Alturadesaltosdeaguayvariables_hidroelctricas_Panel =
uipanel(app.Variables_hidroelctricas_Panel);
    app.Alturadesaltosdeaguayvariables_hidroelctricas_Panel.TitlePosition =
'centertop';

```

```

        app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanel.Title = 'Altura de
saltos de agua y variables hidroeléctricas';
        app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanel.SizeChangedFcn =
createCallbackFcn(app, @Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanelSizeChanged,
true);
        app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanel.FontWeight =
'bold';
        app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanel.Position = [0 0 198
231];

        % Create AlturaAmSpinnerLabel
        app.AlturaAmSpinnerLabel =
uilabel(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanel);
        app.AlturaAmSpinnerLabel.HorizontalAlignment = 'right';
        app.AlturaAmSpinnerLabel.Position = [19 177 71 22];
        app.AlturaAmSpinnerLabel.Text = 'Altura A (m)';

        % Create AlturaAmSpinner
        app.AlturaAmSpinner =
uispinner(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanel);
        app.AlturaAmSpinner.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@AlturaAmSpinnerValueChanged, true);
        app.AlturaAmSpinner.Position = [95 178 71 22];

        % Create AlturaBmSpinnerLabel
        app.AlturaBmSpinnerLabel =
uilabel(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanel);
        app.AlturaBmSpinnerLabel.HorizontalAlignment = 'right';
        app.AlturaBmSpinnerLabel.Position = [19 145 71 22];
        app.AlturaBmSpinnerLabel.Text = 'Altura B (m)';

        % Create AlturaBmSpinner
        app.AlturaBmSpinner =
uispinner(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanel);
        app.AlturaBmSpinner.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@AlturaBmSpinnerValueChanged, true);
        app.AlturaBmSpinner.Position = [95 146 71 22];

        % Create SaltoBrutomEditFieldLabel
        app.SaltoBrutomEditFieldLabel =
uilabel(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanel);
        app.SaltoBrutomEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
        app.SaltoBrutomEditFieldLabel.Position = [19 109 87 22];
        app.SaltoBrutomEditFieldLabel.Text = 'Salto Bruto (m)';

        % Create SaltoBrutomEditField
        app.SaltoBrutomEditField =
uieditfield(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelctricasPanel, 'numeric');
        app.SaltoBrutomEditField.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@SaltoBrutomEditFieldValueChanged, true);
        app.SaltoBrutomEditField.Position = [113 110 59 22];

        % Create SaltonetomEditFieldLabel

```

```

app.SaltonetomEditFieldLabel =
uilabel(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelectricasPanel);
app.SaltonetomEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.SaltonetomEditFieldLabel.Position = [24 56 84 22];
app.SaltonetomEditFieldLabel.Text = 'Salto neto (m)';

% Create SaltonetomEditField
app.SaltonetomEditField =
uieditfield(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelectricasPanel, 'numeric');
app.SaltonetomEditField.Position = [112 52 60 22];

% Create PrdidasdealturamEditFieldLabel
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel =
uilabel(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelectricasPanel);
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel.Position = [3 79 105 22];
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel.Text = 'Pérd de altura (m)';

% Create PrdidasdealturamEditField
app.PrdidasdealturamEditField =
uieditfield(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelectricasPanel, 'numeric');
app.PrdidasdealturamEditField.Position = [112 78 60 22];

% Create SaltoutilmEditFieldLabel
app.SaltoutilmEditFieldLabel =
uilabel(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelectricasPanel);
app.SaltoutilmEditFieldLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.SaltoutilmEditFieldLabel.Position = [32 23 76 22];
app.SaltoutilmEditFieldLabel.Text = 'Salto util (m)';

% Create SaltoutilmEditField
app.SaltoutilmEditField =
uieditfield(app.Alturadesaltosdeaguayvariables hidroelectricasPanel, 'numeric');
app.SaltoutilmEditField.Position = [112 23 60 22];

% Create SeleccindeturbinaPanel
app.SeleccindeturbinaPanel = uipanel(app.ParmetrosdelahidroelectricaTab);
app.SeleccindeturbinaPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.SeleccindeturbinaPanel.Title = 'Selección de turbina';
app.SeleccindeturbinaPanel.FontWeight = 'bold';
app.SeleccindeturbinaPanel.Position = [609 60 632 564];

% Create Image4
app.Image4 = uiimage(app.SeleccindeturbinaPanel);
app.Image4.Position = [-1 117 493 416];
app.Image4.ImageSource = 'Selec_Turbinas.png';

% Create Image5
app.Image5 = uiimage(app.SeleccindeturbinaPanel);
app.Image5.Position = [505 459 103 79];
app.Image5.ImageSource = fullfile(pathToMLAPP, 'F.PNG');

% Create Image7
app.Image7 = uiimage(app.SeleccindeturbinaPanel);

```

```

app.Image7.Position = [484 378 146 82];
app.Image7.ImageSource = fullfile(pathToMLAPP, 'k.PNG');

% Create Image8
app.Image8 = uiimage(app.SeleccindeturbinaPanel);
app.Image8.Position = [503 295 108 86];
app.Image8.ImageSource = fullfile(pathToMLAPP, 'T.PNG');

% Create Image9
app.Image9 = uiimage(app.SeleccindeturbinaPanel);
app.Image9.Position = [493 190 127 105];
app.Image9.ImageSource = fullfile(pathToMLAPP, 'p.PNG');

% Create Image10
app.Image10 = uiimage(app.SeleccindeturbinaPanel);
app.Image10.Position = [514 113 86 77];
app.Image10.ImageSource = fullfile(pathToMLAPP, 'M.PNG');

% Create CalcularButton_5
app.CalcularButton_5 = uibutton(app.ParmetrosdelahidroelctricaTab,
'push');
app.CalcularButton_5.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@CalcularButton_5Pushed, true);
app.CalcularButton_5.FontSize = 14;
app.CalcularButton_5.FontWeight = 'bold';
app.CalcularButton_5.Position = [569 12 99 32];
app.CalcularButton_5.Text = 'Calcular';

% Create RendimientoPanel
app.RendimientoPanel = uipanel(app.ParmetrosdelahidroelctricaTab);
app.RendimientoPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.RendimientoPanel.Title = 'Rendimiento';
app.RendimientoPanel.FontWeight = 'bold';
app.RendimientoPanel.Position = [198 60 412 231];

% Create TurbinaLabel
app.TurbinaLabel = uilabel(app.RendimientoPanel);
app.TurbinaLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.TurbinaLabel.Position = [226 178 65 22];
app.TurbinaLabel.Text = 'Turbina  $\eta$  :';

% Create TurbinatSpinner
app.TurbinatSpinner = uispinner(app.RendimientoPanel);
app.TurbinatSpinner.Position = [308 177 84 21];

% Create GeneradorLabel
app.GeneradorLabel = uilabel(app.RendimientoPanel);
app.GeneradorLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.GeneradorLabel.Position = [207 149 86 22];
app.GeneradorLabel.Text = 'Generador  $\eta$ g: ';

% Create GeneradorgSpinner
app.GeneradorgSpinner = uispinner(app.RendimientoPanel);
app.GeneradorgSpinner.Position = [310 148 84 22];

```

```

% Create TransformadorLabel
app.TransformadorLabel = uilabel(app.RendimientoPanel);
app.TransformadorLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.TransformadorLabel.Position = [186 119 107 22];
app.TransformadorLabel.Text = 'Transformador  $\eta$ tr:>';

% Create TransformadortrSpinner
app.TransformadortrSpinner = uispinner(app.RendimientoPanel);
app.TransformadortrSpinner.Position = [310 120 84 20];

% Create DiametrointernomSpinnerLabel
app.DiametrointernomSpinnerLabel = uilabel(app.RendimientoPanel);
app.DiametrointernomSpinnerLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.DiametrointernomSpinnerLabel.Position = [23 175 65 30];
app.DiametrointernomSpinnerLabel.Text = {'Diametro ' ; 'interno (m):'};

% Create DiametrointernomSpinner
app.DiametrointernomSpinner = uispinner(app.RendimientoPanel);
app.DiametrointernomSpinner.Position = [110 182 71 22];

% Create FrecuenciaHzSpinnerLabel
app.FrecuenciaHzSpinnerLabel = uilabel(app.RendimientoPanel);
app.FrecuenciaHzSpinnerLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.FrecuenciaHzSpinnerLabel.Position = [11 154 94 22];
app.FrecuenciaHzSpinnerLabel.Text = 'Frecuencia (Hz):>';

% Create FrecuenciaHzSpinner
app.FrecuenciaHzSpinner = uispinner(app.RendimientoPanel);
app.FrecuenciaHzSpinner.Position = [110 152 71 22];

% Create RPMSpinnerLabel
app.RPMSpinnerLabel = uilabel(app.RendimientoPanel);
app.RPMSpinnerLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.RPMSpinnerLabel.Position = [57 123 43 22];
app.RPMSpinnerLabel.Text = '(RPM):>';

% Create RPMSpinner
app.RPMSpinner = uispinner(app.RendimientoPanel);
app.RPMSpinner.Position = [111 123 71 22];

% Create PresinnominaldelatuberaPaEditFieldLabel
app.PresinnominaldelatuberaPaEditFieldLabel =
uilabel(app.RendimientoPanel);
app.PresinnominaldelatuberaPaEditFieldLabel.HorizontalAlignment =
'right';
app.PresinnominaldelatuberaPaEditFieldLabel.Position = [154 50 107 30];
app.PresinnominaldelatuberaPaEditFieldLabel.Text = {'Presión nominal ' ;
'de la tubería (kPa):'};

% Create PresinnominaldelatuberaPaEditField
app.PresinnominaldelatuberaPaEditField =
uieditfield(app.RendimientoPanel, 'numeric');

```

```

app.PresinnominaldelatuberaPaEditField.ValueChangedFcn =
createCallbackFcn(app, @PresinnominaldelatuberaPaEditFieldValueChanged, true);
app.PresinnominaldelatuberaPaEditField.Position = [186 23 55 21];

% Create SaltoBrutomEditFieldLabel_5
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_5 = uilabel(app.RendimientoPanel);
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_5.HorizontalAlignment = 'right';
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_5.Position = [51 49 91 22];
app.SaltoBrutomEditFieldLabel_5.Text = 'Velocidad (m/s)';

% Create SaltoBrutomEditField_2
app.SaltoBrutomEditField_2 = uieditfield(app.RendimientoPanel,
'numeric');
app.SaltoBrutomEditField_2.Position = [65 23 55 22];

% Create PrdidasdealturamEditFieldLabel_6
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_6 = uilabel(app.RendimientoPanel);
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_6.HorizontalAlignment = 'right';
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_6.Position = [279 49 72 22];
app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_6.Text = 'Torque(Nm)';

% Create LongituddelatuberamSpinner_2Label
app.LongituddelatuberamSpinner_2Label = uilabel(app.RendimientoPanel);
app.LongituddelatuberamSpinner_2Label.HorizontalAlignment = 'right';
app.LongituddelatuberamSpinner_2Label.Position = [21 88 81 30];
app.LongituddelatuberamSpinner_2Label.Text = {'Longitud de ' ; 'la
tubería (m):'};

% Create LongituddelatuberamSpinner_2
app.LongituddelatuberamSpinner_2 = uispinner(app.RendimientoPanel);
app.LongituddelatuberamSpinner_2.Position = [112 96 71 22];

% Create EditField_8
app.EditField_8 = uieditfield(app.RendimientoPanel, 'numeric');
app.EditField_8.Position = [288 24 53 22];

% Create ParmetrosPanel
app.ParmetrosPanel = uipanel(app.ParmetrosdelahidroelctricaTab);
app.ParmetrosPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.ParmetrosPanel.Title = 'Parámetros';
app.ParmetrosPanel.FontWeight = 'bold';
app.ParmetrosPanel.Position = [609 60 632 113];

% Create TurbinaDropDownLabel
app.TurbinaDropDownLabel = uilabel(app.ParmetrosPanel);
app.TurbinaDropDownLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.TurbinaDropDownLabel.Position = [231 36 46 22];
app.TurbinaDropDownLabel.Text = 'Turbina';

% Create TurbinaDropDown
app.TurbinaDropDown = uidropdown(app.ParmetrosPanel);
app.TurbinaDropDown.Items = {'Francis', 'Pelton', 'Kaplan', 'Turgo',
'Banki'};

```



```

app.TurbinaDropDown.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@TurbinaDropDownValueChanged, true);
app.TurbinaDropDown.Position = [287 36 100 22];
app.TurbinaDropDown.Value = 'Francis';

% Create EditField_2Label
app.EditField_2Label = uilabel(app.ParmetrosPanel);
app.EditField_2Label.HorizontalAlignment = 'right';
app.EditField_2Label.Position = [15 29 90 22];
app.EditField_2Label.Text = 'Caudal (m3/s):';

% Create EditField_2
app.EditField_2 = uieditfield(app.ParmetrosPanel, 'numeric');
app.EditField_2.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@EditField_2ValueChanged, true);
app.EditField_2.Position = [116 29 71 22];

% Create EditField_3Label
app.EditField_3Label = uilabel(app.ParmetrosPanel);
app.EditField_3Label.HorizontalAlignment = 'right';
app.EditField_3Label.Position = [35 57 61 22];
app.EditField_3Label.Text = 'Altura (m):';

% Create EditField_3
app.EditField_3 = uieditfield(app.ParmetrosPanel, 'numeric');
app.EditField_3.Position = [116 57 71 22];

% Create EditField_3Label_5
app.EditField_3Label_5 = uilabel(app.ParmetrosPanel);
app.EditField_3Label_5.HorizontalAlignment = 'center';
app.EditField_3Label_5.VerticalAlignment = 'top';
app.EditField_3Label_5.Position = [434 21 161 59];
app.EditField_3Label_5.Text = {'Nota: Para la selección de la ';
'turbinase debe observar la'; 'intersección entre el caudal'; 'y el salto neto.'};

% Create GeneracinhidroelctricasimuladaTab
app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab = uitab(app.TabGroup);
app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab.SizeChangedFcn =
createCallbackFcn(app, @GeneracinhidroelctricasimuladaTabSizeChanged, true);
app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab.Title = 'Generación hidroeléctrica
simulada';

% Create UIAxes12
app.UIAxes12 = uiaxes(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab);
title(app.UIAxes12, 'Histograma')
xlabel(app.UIAxes12, 'Potencia (kw)')
ylabel(app.UIAxes12, 'Frecuencia')
zlabel(app.UIAxes12, 'Z')
app.UIAxes12.Position = [851 90 376 288];

% Create UIAxes14
app.UIAxes14 = uiaxes(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab);
title(app.UIAxes14, 'Generación Estimada ')
xlabel(app.UIAxes14, 'Número de simulaciones')

```

```

ylabel(app.UIAxes14, 'Potencia (kW)')
xlabel(app.UIAxes14, 'Z')
app.UIAxes14.Position = [10 90 832 287];

% Create EstimacindegeneracinhidroelctricaPanel
app.EstimacindegeneracinhidroelctricaPanel =
uipanel(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab);
app.EstimacindegeneracinhidroelctricaPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.EstimacindegeneracinhidroelctricaPanel.Title = 'Estimación de
generación hidroeléctrica';
app.EstimacindegeneracinhidroelctricaPanel.FontWeight = 'bold';
app.EstimacindegeneracinhidroelctricaPanel.Position = [421 391 566 222];

% Create UITable5
app.UITable5 = uitable(app.EstimacindegeneracinhidroelctricaPanel);
app.UITable5.ColumnName = {'Simulación'; 'Caudal (m^3/s)'; 'Generación
(kW)'};
app.UITable5.RowName = {};
app.UITable5.Position = [0 0 566 202];

% Create ProbabilidaddegeneracinhidroelctricaPanel
app.ProbabilidaddegeneracinhidroelctricaPanel =
uipanel(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab);
app.ProbabilidaddegeneracinhidroelctricaPanel.TitlePosition =
'centertop';
app.ProbabilidaddegeneracinhidroelctricaPanel.Title = 'Probabilidad de
generación hidroeléctrica';
app.ProbabilidaddegeneracinhidroelctricaPanel.FontWeight = 'bold';
app.ProbabilidaddegeneracinhidroelctricaPanel.Position = [9 391 406 222];

% Create UITable6
app.UITable6 = uitable(app.ProbabilidaddegeneracinhidroelctricaPanel);
app.UITable6.ColumnName = {'Generación Hidroeléctrica'; 'Frec Absoluta';
'Frec Relativa (%)'};
app.UITable6.RowName = {};
app.UITable6.Position = [0 0 405 203];

% Create Ao1Button_8
app.Ao1Button_8 = uibutton(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab,
'push');
app.Ao1Button_8.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao1Button_8Pushed, true);
app.Ao1Button_8.Position = [317 59 50 23];
app.Ao1Button_8.Text = 'Año 1';

% Create Ao2Button_8
app.Ao2Button_8 = uibutton(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab,
'push');
app.Ao2Button_8.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao2Button_8Pushed, true);
app.Ao2Button_8.Position = [367 59 49 23];
app.Ao2Button_8.Text = 'Año 2';

% Create Ao3Button_8

```

```

        app.Ao3Button_8 = uibutton(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab,
'push');
        app.Ao3Button_8.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao3Button_8Pushed, true);
        app.Ao3Button_8.Position = [416 58 49 23];
        app.Ao3Button_8.Text = 'Año 3';

        % Create Ao4Button_8
        app.Ao4Button_8 = uibutton(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab,
'push');
        app.Ao4Button_8.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao4Button_8Pushed, true);
        app.Ao4Button_8.Position = [465 58 50 23];
        app.Ao4Button_8.Text = 'Año 4';

        % Create Ao5Button_8
        app.Ao5Button_8 = uibutton(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab,
'push');
        app.Ao5Button_8.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao5Button_8Pushed, true);
        app.Ao5Button_8.Position = [515 58 49 23];
        app.Ao5Button_8.Text = 'Año 5';

        % Create Panel
        app.Panel = uipanel(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab);
        app.Panel.Position = [371 12 498 35];

        % Create Ao1Button_7
        app.Ao1Button_7 = uibutton(app.Panel, 'push');
        app.Ao1Button_7.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao1Button_7Pushed, true);
        app.Ao1Button_7.Position = [221 6 52 23];
        app.Ao1Button_7.Text = 'Año 1';

        % Create Ao2Button_7
        app.Ao2Button_7 = uibutton(app.Panel, 'push');
        app.Ao2Button_7.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao2Button_7Pushed, true);
        app.Ao2Button_7.Position = [278 6 50 23];
        app.Ao2Button_7.Text = 'Año 2';

        % Create Ao3Button_7
        app.Ao3Button_7 = uibutton(app.Panel, 'push');
        app.Ao3Button_7.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao3Button_7Pushed, true);
        app.Ao3Button_7.Position = [332 6 49 23];
        app.Ao3Button_7.Text = 'Año 3';

        % Create Ao4Button_7
        app.Ao4Button_7 = uibutton(app.Panel, 'push');
        app.Ao4Button_7.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao4Button_7Pushed, true);
        app.Ao4Button_7.Position = [385 6 51 23];
        app.Ao4Button_7.Text = 'Año 4';

```

```

    % Create Ao5Button_7
    app.Ao5Button_7 = uibutton(app.Panel, 'push');
    app.Ao5Button_7.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao5Button_7Pushed, true);
    app.Ao5Button_7.Position = [438 6 55 23];
    app.Ao5Button_7.Text = 'Año 5';

    % Create INICIARButton_3
    app.INICIARButton_3 = uibutton(app.Panel, 'push');
    app.INICIARButton_3.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@INICIARButton_3Pushed, true);
    app.INICIARButton_3.Position = [7 7 121 21];
    app.INICIARButton_3.Text = 'INICIAR';

    % Create EditField_6
    app.EditField_6 = uieditfield(app.Panel, 'text');
    app.EditField_6.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@EditField_6ValueChanged, true);
    app.EditField_6.Position = [140 7 71 22];
    app.EditField_6.Value = 'Seleccione: ';

    % Create ResultadosPanel_3
    app.ResultadosPanel_3 = uipanel(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab);
    app.ResultadosPanel_3.TitlePosition = 'centertop';
    app.ResultadosPanel_3.Title = 'Resultados';
    app.ResultadosPanel_3.FontWeight = 'bold';
    app.ResultadosPanel_3.Position = [994 391 234 222];

    % Create SaltoBrutomEditFieldLabel_4
    app.SaltoBrutomEditFieldLabel_4 = uilabel(app.ResultadosPanel_3);
    app.SaltoBrutomEditFieldLabel_4.HorizontalAlignment = 'right';
    app.SaltoBrutomEditFieldLabel_4.Position = [15 169 59 22];
    app.SaltoBrutomEditFieldLabel_4.Text = 'Mediana: ';

    % Create MedianaEditField_3
    app.MedianaEditField_3 = uieditfield(app.ResultadosPanel_3, 'numeric');
    app.MedianaEditField_3.Position = [78 172 37 18];

    % Create SaltonetomEditFieldLabel_4
    app.SaltonetomEditFieldLabel_4 = uilabel(app.ResultadosPanel_3);
    app.SaltonetomEditFieldLabel_4.HorizontalAlignment = 'right';
    app.SaltonetomEditFieldLabel_4.Position = [34 130 38 22];
    app.SaltonetomEditFieldLabel_4.Text = 'Moda: ';

    % Create ModaEditField_3
    app.ModaEditField_3 = uieditfield(app.ResultadosPanel_3, 'numeric');
    app.ModaEditField_3.Position = [77 132 37 18];

    % Create PrdidasdealturamEditFieldLabel_4
    app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_4 = uilabel(app.ResultadosPanel_3);
    app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_4.HorizontalAlignment = 'right';
    app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_4.Position = [32 86 41 22];
    app.PrdidasdealturamEditFieldLabel_4.Text = 'Media: ';

```

```

% Create MediaEditField_3
app.MediaEditField_3 = uieditfield(app.ResultadosPanel_3, 'numeric');
app.MediaEditField_3.Position = [77 88 37 18];

% Create DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_10
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_10 =
uilabel(app.ResultadosPanel_3);
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_10.HorizontalAlignment =
'right';
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_10.Position = [144 170 40 21];
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_10.Text = 'Rango: ';

% Create RangoEditField_3
app.RangoEditField_3 = uieditfield(app.ResultadosPanel_3, 'numeric');
app.RangoEditField_3.Position = [186 173 40 18];

% Create DesviacionEstandarEditField_3
app.DesviacionEstandarEditField_3 = uieditfield(app.ResultadosPanel_3,
'numeric');
app.DesviacionEstandarEditField_3.Position = [78 44 37 18];

% Create DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_9
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_9 =
uilabel(app.ResultadosPanel_3);
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_9.HorizontalAlignment =
'right';
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_9.Position = [8 32 67 30];
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_9.Text = {'Desviación: ';
'Estandar '};

% Create VarianzaEditField_3
app.VarianzaEditField_3 = uieditfield(app.ResultadosPanel_3, 'numeric');
app.VarianzaEditField_3.Position = [188 133 39 18];

% Create DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_11
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_11 =
uilabel(app.ResultadosPanel_3);
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_11.HorizontalAlignment =
'right';
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_11.Position = [124 128 61 25];
app.DiametrointernodelatuberamSpinnerLabel_11.Text = 'Varianza: ';

% Create Ao1Button_9
app.Ao1Button_9 = uibutton(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab,
'push');
app.Ao1Button_9.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao1Button_9Pushed, true);
app.Ao1Button_9.Position = [926 60 50 23];
app.Ao1Button_9.Text = 'Año 1';

% Create Ao2Button_9
app.Ao2Button_9 = uibutton(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab,
'push');

```

```

        app.Ao2Button_9.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao2Button_9Pushed, true);
        app.Ao2Button_9.Position = [976 60 49 23];
        app.Ao2Button_9.Text = 'Año 2';

        % Create Ao3Button_9
        app.Ao3Button_9 = uibutton(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab,
'push');
        app.Ao3Button_9.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao3Button_9Pushed, true);
        app.Ao3Button_9.Position = [1025 59 49 23];
        app.Ao3Button_9.Text = 'Año 3';

        % Create Ao4Button_9
        app.Ao4Button_9 = uibutton(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab,
'push');
        app.Ao4Button_9.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao4Button_9Pushed, true);
        app.Ao4Button_9.Position = [1074 59 50 23];
        app.Ao4Button_9.Text = 'Año 4';

        % Create Ao5Button_9
        app.Ao5Button_9 = uibutton(app.GeneracinhidroelctricasimuladaTab,
'push');
        app.Ao5Button_9.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@Ao5Button_9Pushed, true);
        app.Ao5Button_9.Position = [1124 59 49 23];
        app.Ao5Button_9.Text = 'Año 5';

        % Show the figure after all components are created
        app.UIFigure.Visible = 'on';
    end
end

% App creation and deletion
methods (Access = public)

    % Construct app
    function app = Programa

        % Create UIFigure and components
        createComponents(app)

        % Register the app with App Designer
        registerApp(app, app.UIFigure)

        if nargin == 0
            clear app
        end
    end

end

% Code that executes before app deletion
function delete(app)

```

```
        % Delete UIFigure when app is deleted
        delete(app.UIFigure)
    end
end
end
```