

**DISEÑO DE UNA PLANTA PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A
PARTIR DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ EN LA ZONA DE BAJO BAUDÓ**

PAULA ANDREA RAMÍREZ CABRERA

**Proyecto integral de grado para optar al título de:
INGENIERO MECÁNICO**

Director:

ERIC FABIEN NAVARRO ARQUEZ

Ingeniero Mecánico

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C**

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre
Firma del director

Nombre
Firma del Jurado

Nombre
Firma del Jurado

Nombre
Firma del Jurado

Bogotá, D.C. 5 de junio de 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro
Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional
Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones
Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero
Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General
Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ingenierías
Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora Ingeniería Mecánica
Ing. María Angélica Acosta Pérez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Pregunta problema	16
1.2. Exposición del problema	16
1.3. Estudio de mercado	20
2. CONCEPTOS GENERALES	22
2.1. Mareas	22
2.1.1. <i>Definición</i>	22
2.1.2. <i>Etapas de las mareas</i>	22
2.1.3. <i>Fenómeno</i>	22
2.1.4. <i>Clasificación según la altura de la marea</i>	24
2.1.5. <i>Corrientes</i>	24
2.2. Energía Mareomotriz	24
2.2.1. <i>Definición</i>	24
2.2.2. <i>Clasificación de aprovechamiento</i>	24
2.2.3. <i>Partes de central mareomotriz</i>	26
2.3. Potencial mareomotriz	27
2.3.1. <i>Parámetros</i>	28
3. POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO	29
3.1. Océano Pacífico colombiano	29
3.2. Potencial en Bajo Baudó	32
3.3. Energía disponible	39
3.4. Energía consumida	41
4. DISEÑO INGENIERIL	44
4.1. Selección de equipos	44
4.1.1. <i>Turbina</i>	44
4.1.2. <i>Matriz de decisión de turbinas</i>	57
4.1.3. <i>Generador</i>	61
4.1.4. <i>Embalse</i>	64
5. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	67
6. ESTUDIO FINANCIERO	69
6.1. Inversión original	69

6.2. Salvamento	72
6.3. Costos de operación	75
6.4. Calculo financiero final	76
6.4.1. <i>Cálculo de la propuesta de la turbina de 90 kW</i>	77
6.4.2. <i>Cálculo de la propuesta de la turbina de 100 kW</i>	78
6.4.3. <i>Cálculo de la propuesta de la turbina de 115 kW</i>	78
6.5. Selección financiera	79
7. PROPUESTA FINAL	80
8. CONCLUSIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	84

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. <i>Diagrama de flujo del proyecto</i>	12
Figura 2. <i>Zonas no interconectadas por departamento en Colombia</i>	16
Figura 3. <i>Esquema de una planta de combustión interna</i>	19
Figura 4. <i>Porcentaje de pobreza en Bajo Baudó, Chocó y Colombia.</i>	20
Figura 5. <i>Posiciones de la Luna y el Sol según su clasificación</i>	23
Figura 6. <i>Alturas alcanzadas por las mareas</i>	23
Figura 7. <i>Funcionamiento de la técnica de doble efecto</i>	25
Figura 8. <i>Turbina propuesta por TidalStream</i>	26
Figura 9. <i>Central mareomotriz</i>	27
Figura 10. <i>Zona homogénea 1 en la Cuenca del Pacífico colombiano IDEAM.</i>	30
Figura 11. <i>Temperatura Superficial en la zona 1</i>	31
Figura 12. <i>Salinidad del agua en la Zona 1</i>	31
Figura 13. <i>Masa del aire 1 en el tiempo</i>	32
Figura 14. <i>Zona costera del Bajo Baudó</i>	33
Figura 15. <i>Zona norte del Bajo Baudó</i>	34
Figura 16. <i>Litorales rocosos en Bahía Cuevita.</i>	35
Figura 17. <i>Ubicación de corales blandos en el norte de Bajo Baudó</i>	35
Figura 18. <i>Ubicación de diferentes especies en zona norte del Bajo Baudó</i>	36
Figura 19. <i>Calderos en la zona norte del Bajo Baudó.</i>	37
Figura 20. <i>Rutas para el transporte del Bajo Baudó</i>	37
Figura 21. <i>Longitud disponible en la Bahía Cuevita</i>	40
Figura 22. <i>Diferencias en los métodos de extracción</i>	44
Figura 23. <i>Infografía de turbinas hidráulicas</i>	45
Figura 24. <i>Diagrama de flujo turbinas</i>	50
Figura 25. <i>Curva característica Turbinas Hidráulicas</i>	51
Figura 26. <i>Curva característica de turbinas hidráulicas que aplica al caso de estudio.</i>	52
Figura 27. <i>Curva característica de turbinas hidráulicas que aplica al caso de estudio 2.</i>	53
Figura 28. <i>Gráfica específica para definición de turbina</i>	57
Figura 29. <i>Criterios de matriz de estudio</i>	58
Figura 30. <i>Mapa conceptual de máquinas eléctricas</i>	61
Figura 31. <i>Características de las máquinas asíncronas y síncronas</i>	62
Figura 32. <i>Tipos de ubicación de polos en máquinas síncronas.</i>	63
Figura 33. <i>Gráfica para selección de turbina según el catálogo</i>	70
Figura 34. <i>Gráfica trazada para selección de turbina según el catálogo.</i>	71

Figura 35. <i>Identificación de la turbina hidráulica</i>	72
Figura 36. <i>Comportamiento del precio de energía de la bolsa</i>	73
Figura 37. <i>Comportamiento del euro en el último año</i>	77

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Horas promedio de prestación de servicio de energía Piliza.</i>	17
Tabla 2. <i>Horas promedio de prestación de servicio de energía Pizarro.</i>	18
Tabla 3. <i>Distribución de los usuarios según el estrato socioeconómico</i>	20
Tabla 4. <i>Consumos de energía mensual en localidades y cabeceras.</i>	21
Tabla 5. <i>Centrales mareomotrices en el mundo</i>	28
Tabla 6. <i>Caracterización en el Océano Pacífico colombiano</i>	29
Tabla 7. <i>Alturas promedio de las mareas en la Bahía Cuevita</i>	38
Tabla 8. <i>Energía en el corregimiento de Buenavista</i>	42
Tabla 9. <i>Puntos para extrapolar</i>	53
Tabla 10. <i>Características de las turbinas hidráulicas</i>	58
Tabla 11. <i>Matriz de decisión</i>	60
Tabla 12. <i>Precio de bolsa promedio</i>	73
Tabla 13. <i>Valor de energía por año en las diferentes potencias</i>	75
Tabla 14. <i>Valor de costos de operación con las diferentes potencias</i>	76
Tabla 15. <i>Precio del euro con respecto al COP</i>	76
Tabla 16. <i>Matriz de decisión propuesta final</i>	81

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Registro de mareas en 10 años</i>	87
Anexo 2. <i>Infografía de turbinas</i>	98
Anexo 3. <i>Estudio de precio de bolsa para energía</i>	99
Anexo 4. <i>Catálogo de turbinas</i>	112
Anexo 4. <i>Plano de distribución 1</i>	113
Anexo 5. <i>Plano de distribución 2</i>	114
Anexo 6. <i>Recomendaciones</i>	115

RESUMEN

En este proyecto se realizará un estudio de factibilidad financiera de un diseño conceptual de una microcentral de energía mareomotriz en Bajo Baudó, Choco, Colombia. Se empezará con el planteamiento del problema desde diferentes perspectivas y se limitará la investigación a la solución de una problemática social desde una visión ingenieril. Además, se definirán términos y conceptos básicos para el desarrollo de esta.

Cabe resaltar que, en el desarrollo del proyecto, se establece un diseño conceptual y básico, el cual permite seleccionar los equipos de la microcentral desde la búsqueda de conceptos, el análisis del problema con base en los diferentes escenarios y finalmente, proponer una de las posibles soluciones a la problemática.

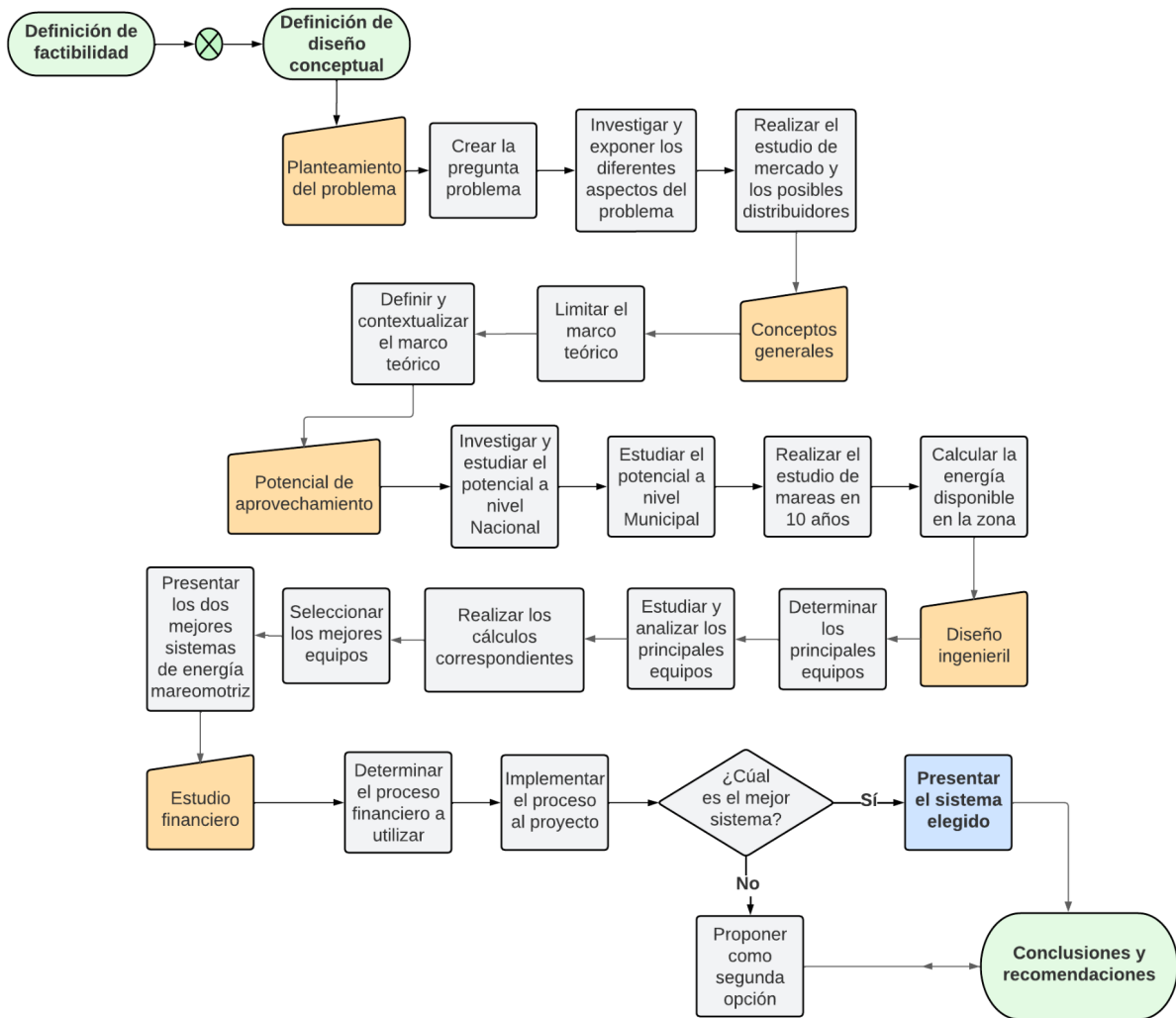
Este desarrollo se trabajará desde lo macro hasta lo micro, partiendo de la definición del potencial de aprovechamiento del municipio y más específico el punto seleccionado. A partir de ello, se realiza el diseño conceptual, centrándose en los principales equipos que necesitan para implementar un sistema como son la turbina hidráulica y generador eléctrico, también una definición del embalse para presentar un sistema básico y, por último, se presentará el estudio del equipo principal, la turbina, con el fin de seleccionar la mejor opción de la misma.

En el proyecto se seguirá el procedimiento del diagrama de flujo elaborado el cual se observa en la Figura 1.


Palabras clave: Energía Mareomotriz, turbina, diseño, mareas y Choco.

Figura 1.


Diagrama de flujo del proyecto



Referencias del diagrama

 Terminador

 Proceso

 Entrada manual

 Unión en Y

 Decisión

 Proceso

Nota. Se muestra el proceso a desarrollar para la fase de factibilidad del diseño conceptual del proyecto.

INTRODUCCIÓN

En Colombia hay varias ciudades que no están conectadas a la red nacional de energía, debido a ello el gobierno ha buscado la manera de solucionar el problema con diferentes convocatorias donde se crean proyectos para la solución de este. Al pasar de los años se han realizado varios proyectos y estudios para que estas ciudades tengan acceso a este servicio y se ha evidenciado la implementación de energías limpias y renovables, como una alternativa viable.

Se ha explotado el recurso solar, el viento y el recurso hídrico a nivel de los grandes ríos que tiene el país gracias a los diferentes proyectos en los cuales se ha logrado llegar a varias partes del país como por ejemplo a la Guajira, en donde se instaló un parque eólico donde la energía producida cubre cierto porcentaje de la energía consumida por la población sin ser interrumpida por las diferentes complicaciones que se mencionan más adelante. Varias personas han investigado sobre otras alternativas de energías renovables que pueden favorecer a los habitantes de las regiones del país y entre ellas, la energía mareomotriz y undimotriz, se estudió el potencial de los mares para el aprovechamiento en energía eléctrica.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de factibilidad para el diseño de una central de microgeneración mareomotriz ubicada en el bajo Baudó, Chocó, Colombia

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización de potencial de energía mareomotriz, en la región el bajo Baudó a través de una revisión bibliográfica
- Realizar el diseño conceptual de una central de microgeneración mareomotriz, seleccionando los equipos principales que hacen parte de ella, por medio de un análisis de información disponible en la literatura, en la región del bajo Baudó
- Realizar los planos de distribución de la central de microgeneración mareomotriz

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Pregunta problema

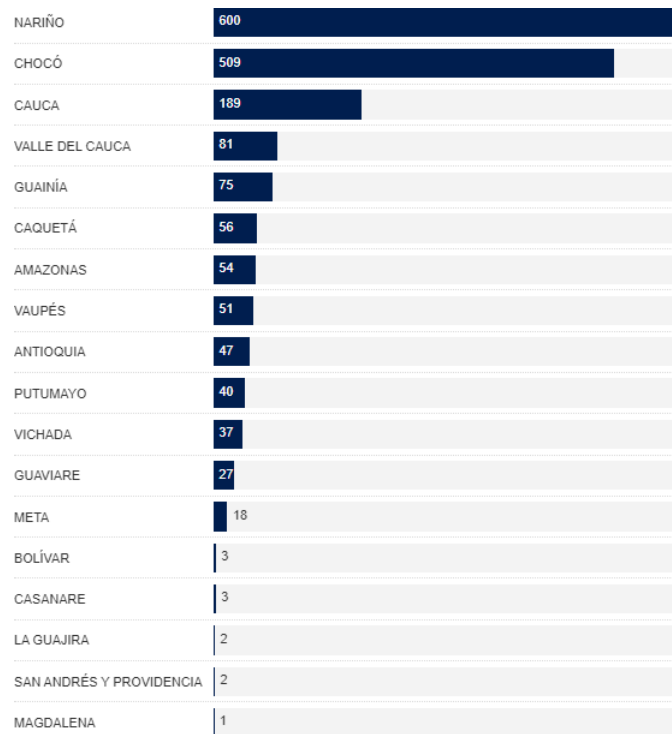
¿Qué porcentaje se puede abastecer en el Bajo Baudó con el diseño conceptual de la central de microgeneración mareomotriz?

1.2. Exposición del problema

En la Figura 2 se evidencia que en Colombia la cantidad de zonas no interconectadas al Sistema Interconectado Nacional según el Ministerio de Minas y Energías son alrededor de 1795, las cuales incluyen corregimientos, localidades y caseríos. Debido a una especificación de las zonas por departamento en la Figura 1, se observa que los departamentos de Nariño (600 zonas) y Chocó (509 zonas) son los que presentan mayores problemas de acceso a la energía [1].

Figura 2.

Zonas no interconectadas por departamento en Colombia



Nota. El gráfico representa la cantidad de zonas no interconectadas por cada departamento en Colombia en 2019. Tomado de: [1]El tiempo, “El mapa de 1.710 poblados que aún se alumbran con velas en Colombia”, [En línea]. Disponible en:<https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/los-lugares-que-aun-viven-sin-energia-electrica-en-colombia-325892>. [Consultado: 20-febrero-2022].

Según el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas no

Interconectadas (IPSE), son 1710 las zonas rurales que solo acceden de tres a cuatro horas al servicio de energía [1]. En el boletín de datos de IPSE, en el mes diciembre del 2021, el crecimiento de la demanda de energía eléctrica, fue de 31.86% para estas zonas frente al año 2020 [2] y para febrero de 2022, su incremento fue de 23.77% frente al periodo del 2021 [3].

Específicamente, el municipio de Bajo Baudó, ubicado en el departamento del Chocó, se considera una zona no interconectada al sistema de Red Nacional y su población se ha incrementado con el pasar del tiempo; según el censo realizado por el DANE en 2018 con proyección al 2022, los habitantes registrados fueron 30.472, donde 23.534 se encontraban ubicados en zonas rurales y 6.938 en la cabecera municipal [5]. El número de usuarios con acceso a la energía eléctrica es de 1.502 desde 2019 hasta el 2022, según los informes emitidos por IPSE. Se muestra en la Tabla 2, un ejemplo de un corregimiento que cuenta con un acceso promedio de servicio de energía de 23 horas al día [4] [5] [6]. Sin embargo, en la Tabla 1 se evidencia un corregimiento que cuenta con 16 horas promedio de servicio en el día, situación que suele ser común en los corregimientos del Bajo Baudó [5].

Tabla 1.
Horas promedio de prestación de servicio de energía Piliza.

PILIZÁ (BAJO BAUDO (PIZARRO) - CHOCO) Enero 2022	
DIA	Horas de servicio promedio en el día [hh:mm]
01-Ene-2022	16 Horas 45 Minutos
02-Ene-2022	11 Horas 0 Minutos
03-Ene-2022	8 Horas 30 Minutos
04-Ene-2022	8 Horas 45 Minutos
05-Ene-2022	13 Horas 45 Minutos
06-Ene-2022	8 Horas 30 Minutos
07-Ene-2022	11 Horas 30 Minutos
08-Ene-2022	5 Horas 15 Minutos
09-Ene-2022	7 Horas 45 Minutos
10-Ene-2022	14 Horas 15 Minutos
11-Ene-2022	4 Horas 30 Minutos
12-Ene-2022	4 Horas 30 Minutos
13-Ene-2022	5 Horas 0 Minutos
14-Ene-2022	4 Horas 45 Minutos
15-Ene-2022	5 Horas 30 Minutos
16-Ene-2022	5 Horas 0 Minutos
17-Ene-2022	7 Horas 0 Minutos
18-Ene-2022	6 Horas 0 Minutos
19-Ene-2022	8 Horas 15 Minutos
20-Ene-2022	7 Horas 45 Minutos
21-Ene-2022	6 Horas 30 Minutos
22-Ene-2022	8 Horas 30 Minutos
23-Ene-2022	9 Horas 0 Minutos
24-Ene-2022	4 Horas 30 Minutos
25-Ene-2022	7 Horas 0 Minutos
26-Ene-2022	6 Horas 45 Minutos
27-Ene-2022	7 Horas 30 Minutos
28-Ene-2022	7 Horas 15 Minutos
29-Ene-2022	8 Horas 30 Minutos
30-Ene-2022	9 Horas 0 Minutos
31-Ene-2022	6 Horas 45 Minutos

Fuente CNM

Nota. La tabla muestra las horas promedio que tienen servicio de energía los habitantes del corregimiento de Pilizá en el Bajo Baudó para enero de 2022. Tomado de: *Ministerio de Minas y Energía, “Informes Mensuales de Telemetría enero 2022”, [PDF]. Disponible en: https://ipse.gov.co/documentos_cmn/documentos/informes_mensuales_de_telemetria/2022/enero/Informe%20mensual%20de%20telemetria%20Enero%202022.pdf. Acceso: [20 feb, 2022].*

Tabla 2.
Horas promedio de prestación de servicio de energía Pizarro.

PIZARRO (BAJO BAUDO (PIZARRO) - CHOCO) Enero 2022	
DIA	Horas de servicio promedio en el día [hh:mm]
01-Ene-2022	23 Horas 45 Minutos
02-Ene-2022	24 Horas
03-Ene-2022	24 Horas
04-Ene-2022	18 Horas 15 Minutos
05-Ene-2022	18 Horas 15 Minutos
06-Ene-2022	18 Horas 15 Minutos
07-Ene-2022	18 Horas 30 Minutos
08-Ene-2022	18 Horas 0 Minutos
09-Ene-2022	24 Horas
10-Ene-2022	24 Horas
11-Ene-2022	24 Horas
12-Ene-2022	24 Horas
13-Ene-2022	24 Horas
14-Ene-2022	24 Horas
15-Ene-2022	23 Horas 45 Minutos
16-Ene-2022	24 Horas
17-Ene-2022	24 Horas
18-Ene-2022	24 Horas
19-Ene-2022	24 Horas
20-Ene-2022	24 Horas
21-Ene-2022	24 Horas
22-Ene-2022	23 Horas 0 Minutos
23-Ene-2022	24 Horas
24-Ene-2022	24 Horas
25-Ene-2022	24 Horas
26-Ene-2022	24 Horas
27-Ene-2022	24 Horas
28-Ene-2022	24 Horas
29-Ene-2022	24 Horas
30-Ene-2022	24 Horas
31-Ene-2022	24 Horas

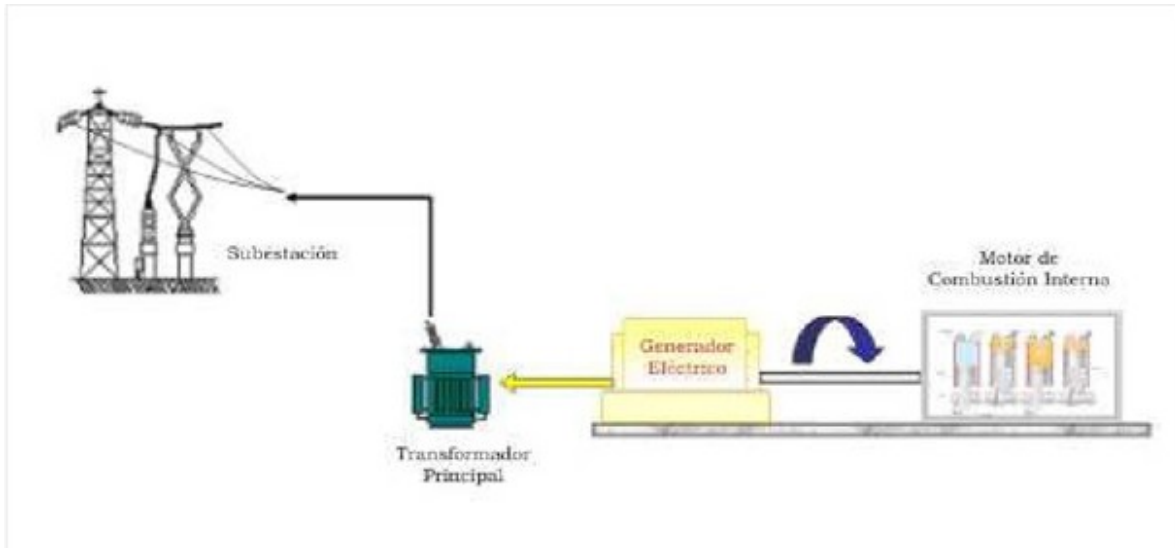
Fuente CNM

Nota. La tabla muestra las horas promedio que tienen servicio de energía los de Pizarro en el Bajo Baudó para enero de 2022. Tomado de: *Ministerio de Minas y Energía, “Informes Mensuales de Telemetría enero 2022”, [PDF]. Disponible en: https://ipse.gov.co/documentos_cmn/documentos/informe_s_mensuales_de_telemetria/2022/enero/Informe%20mensual%20de%20telemetria%20Enero%202022.pdf. Acceso: [20 feb, 2022].*

La energía se suministrada por medio de centrales de generación específicamente con grupos electrógenos que funcionan con un motor de combustión interna como se muestra en la Figura 3 [9]. Al funcionar emiten sustancias tóxicas como son óxidos de nitrógeno, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos, compuestos de azufre, dióxido de carbono y plomo [8]. Estas sustancias son emitidas a la atmósfera y generan daños en la vegetación, suelo, el agua y la fauna. El dióxido de carbono contamina el aire y produce el reconocido efecto invernadero [7]. El 70% de emisiones de CO₂ es debido a la combustión [8].

Figura 3.

Esquema de una planta de combustión interna



Nota. El gráfico representa el esquema básico de una planta de combustión interna, que es asemejado con las centrales de Bajo Baudó Tomado de: E. Ponce, (11 nov 2011). “Centrales Generadoras de Combustión Interna”. Blogspot. [En línea].<http://ahorroenergiaernestopj.blogspot.com/2011/11/centrales-generadoras-de-combustion.html>. [Acceso: 20 febrero, 2022]

En Colombia se empezó a implementar las energías renovables como alternativas para los lugares no conectados al Sistema Nacional de Energía en Colombia, buscando reducir los grandes costos en la distribución y la emisión de contaminaciones al generar energía con las alternativas convencionales. Por lo tanto, para este proyecto se propone es utilizar los fenómenos naturales del agua marina para generar energía eléctrica. En el agua marina se puede identificar dos tipos de energía, energía mareomotriz y energía undimotriz, la primera trabaja con la subida y bajada de las mareas y la segunda con el movimiento de las olas. Se realizará un estudio de factibilidad del diseño conceptual de una central de microgeneración con el uso de energía mareomotriz, debido a que Bajo Baudó cuenta con este recurso natural que hasta el momento no se ha aprovechado y que representa uno de los puntos donde esta energía mareomotriz es alta para la generación de energía eléctrica en aquellos corregimientos que no tienen un acceso continuo a la misma.

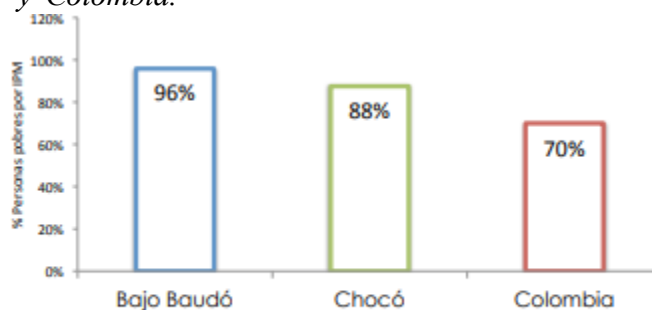
1.3. Estudio de mercado

Se realiza una breve descripción del servicio prestado actualmente, costos de operación y distribución, adicionalmente, a población que accede al servicio, todo ello, como base del estudio económico.

En la Figura 4 se evidencia el nivel de pobreza nacional, departamental y municipal para el año 2005. El 96% de la población del corregimiento del Bajo Baudó es pobre y está categorizada en un estrato socioeconómico nivel 1 como se observa en la Tabla 3, también se evidencia que la cantidad de usuarios en las cabeceras residenciales es menor que en las localidades o corregimientos porque la cantidad de personas que habitan estas zonas es mayor. En la Tabla 4 se muestra el valor del servicio de energía suministrado para la población en el 2011, para los usuarios en las cabeceras residencias tuvo un valor de 88,034 pesos colombianos por kWh y en los corregimientos tuvo un valor de 118,466 pesos colombianos por kWh [11].

Figura 4.

Porcentaje de pobreza en Bajo Baudó, Chocó y Colombia.



Fuente: Departamento Nacional de Planeación

Nota. El gráfico representa la cantidad de personas pobres en el Municipio de Bajo Baudó, Departamento Chocó y país Colombia para el año 2011. Tomado de: [10] Departamento Nacional de Planeación, “Ficha de caracterización Bajo Baudó”, Colombia, 2013 [PDF]. Disponible en: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/admon/files/empresas/ZW1wcmVzYV83Ng==/archivos/1450104811_c1b8a241be6138ee6a063cbcb4356063.pdf. [Acceso: 20 feb, 2022]

Tabla 3.

Distribución de los usuarios según el estrato socioeconómico

Número de usuarios cabecera residencial.			Número de usuarios localidades menores Residencial.		
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
1.132	0	0	4.092	0	0

Nota. La tabla muestra el número de usuarios según el estrato socioeconómico en Bajo Baudó en el año 2011. Tomado de: Superintendencia delegada para energía y gas dirección técnica de gestión de energía, “Informe de gestión E.S.P de energía eléctrica de Bajo Baudó Pizarro S.A.”, Bogotá, Colombia, 2012 [PDF]. Disponible en: <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/2012ieg-espdeenergiaelectricadebajobaudopizarrosa.pdf>. [Acceso: 20 feb, 2022]

Tabla 4.*Consumos de energía mensual en localidades y cabeceras*

Consumo (kWh) de usuarios cabecera residencial.			Consumo (kWh) de usuarios localidades residencial.			TOTAL
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	
88.034	0	0	118.466	0	0	206.500
42,60%	0,0%	0,0%	57,40%	0,0%	0,0%	100,00%

Fuente: Sistema Único de Información – SUI

Nota. La tabla muestra el consumo de la energía mensual en las localidades y cabeceras según el estrato socioeconómico en Bajo Baudó en el año 2011. Tomado de: *Superintendencia delegada para energía y gas dirección técnica de gestión de energía, “Informe de gestión E.S.P de energía eléctrica de Bajo Baudó Pizarro S.A.”, Bogotá, Colombia, 2012 [PDF]. Disponible en: <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/2012ieg-espdeenergiaelectricadebajobaudopizarrosa.pdf>. [Acceso: 20 feb, 2022]*

2. CONCEPTOS GENERALES

2.1. Mareas

2.1.1. Definición

Fenómeno natural creado por las fuerzas de atracción que ejerce la luna y el sol respecto al planeta, radicando en un movimiento constante de manera periódicas que genera los aumentos y caídas del nivel del mar [12] [13].

2.1.2. Etapas de las mareas

Comienza con la elevación creciente del nivel del mar por varias horas, luego el mar alcanza su nivel más alto de elevación, el agua desciende paulatinamente por varias horas y, por último, el nivel del agua llega a un equilibrio y deja de descender, mostrando su nivel más bajo [13].

2.1.3. Fenómeno

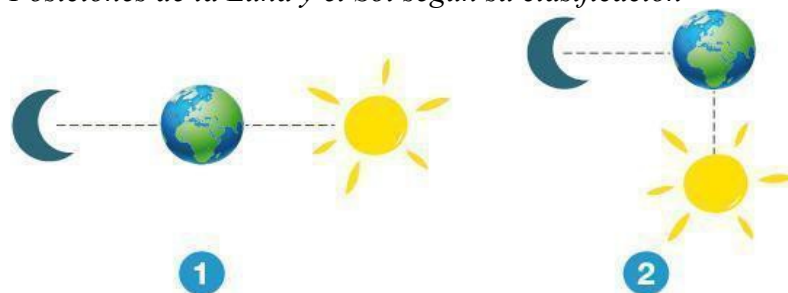
Cuando el Sol y la Luna se superponen se forma una fuerza generadora de mareas. La fuerza se genera a medida que la tierra gira, la gravedad de la Luna y la fuerza del Sol atraen las masas de agua de los mares y océanos, lo que hace que se formen las mareas. Este fenómeno se rige por siguiente la ley de Newton “La ley de gravitación universal, la fuerza de atracción entre dos astros es proporcional a la masa del astro e inversamente al cuadrado de la distancia que los separa”, es la que permite poder calcular y darles un valor a las mareas [14].

2.1.3.a. Clasificación de las mareas según la posición lunar y solar

- Marea viva: Cuando hay luna llena o nueva, la ley de atracción es mayor por lo que las mareas son altas y la Luna con respecto al Sol se encuentran alienados como se muestra en la Figura 5 [13] [15][14].
- Marea Muerta: Cuando la luna se encuentra en cuarto menguante o creciente, se generan fuerzas de atracción mínimas y, además, con respecto al sol se sitúa en un ángulo de 90° con respecto al centro de la tierra como se muestra en la Figura 5 [13][14].

Figura 5.

Posiciones de la Luna y el Sol según su clasificación



Nota. La imagen representa la alineación de la luna y el sol para la clasificación de las mareas según la posición de ellas. Tomado de: [14]

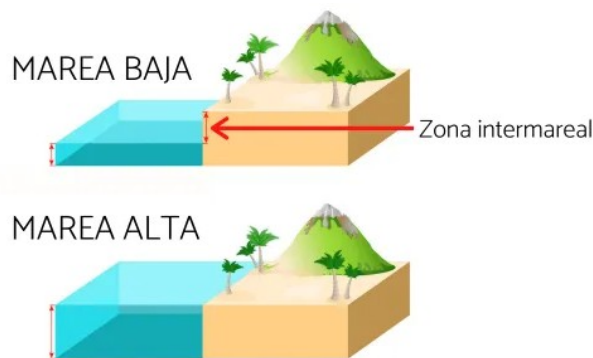
2.1.3.a. Amplitud. En la Figura 6 se observa la diferencia entre la altura de la marea alta y la marea baja.

Se divide en tres rangos [14]:

- Micromareal: Cuando la distancia es menor a dos metros [14].
- Mesomareal: Cuando la distancia está entre dos y cuatro metros [14].
- Macromareal: Cuando la distancia es más de cuatro metros [14].

Figura 6.

Alturas alcanzadas por las mareas



Nota. La imagen representa la altura de la marea con respecto a la zona terrestre. Tomado de: [14]Tabla de mareas, “Las Mareas y su influencia en la pesca deportiva”, [En línea]. <https://tablademareas.com/mareas> [12 Mar, 2022].

2.1.4. Clasificación según la altura de la marea

- Pleamar: Cuando el agua alcanza su mayor altura dentro del ciclo [14].
- Bajamar: Cuando el agua alcanza su menor altura dentro del ciclo [14].

2.1.5. Corrientes

Se producen cuando una parte del agua está más alta que la otra próxima, donde el agua fluye de la zona más alta hacia la más baja. Se debe a la marea, el viento y a cuando las corrientes retornan

desde las zonas costeras. [16]

2.2. Energía Mareomotriz

2.2.1. Definición

Es una energía renovable y limpia, la cual aprovecha la subida y bajada de mareas para la producción de energía eléctrica.

2.2.2. Clasificación de aprovechamiento

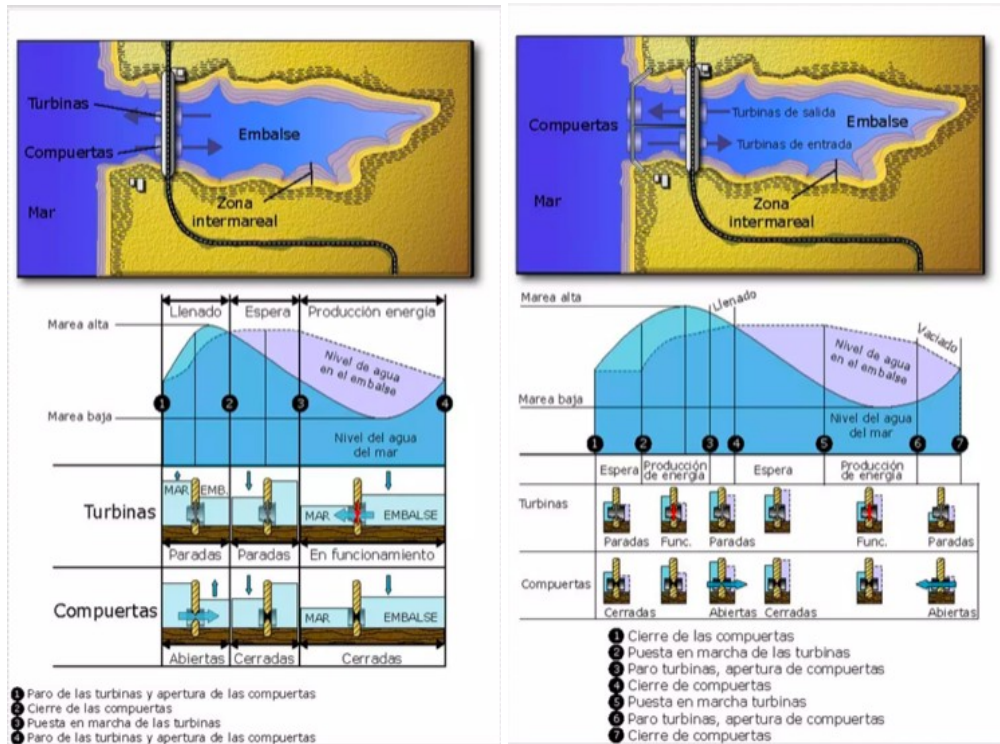
Se entiende por estuario como “Un cuerpo de agua que está parcialmente rodeado por tierra donde el agua dulce proveniente de uno o varios ríos se mezcla con el océano” [17] y un dique como un terraplén que controla o evita el paso de agua y paralelo al curso del río o al borde del mar [18].

2.2.2.a. Técnica simple efecto. Es denominada una tecnología de estuarios y diques con aprovechamiento de la energía potencial, consiste en la construcción de un dique aislando la parte a utilizar del mar exterior, junto con equipos como turbinas y generadores, aprovechando el desnivel de las mareas y generando energía eléctrica mediante el movimiento mecánico. Se caracteriza por ser la tecnología más sencilla en cuanto a su diseño y solo aprovecha energía en la etapa del vaciado (cuando se encuentra en la bajamar) [15], en la Figura 6.a se muestran los diferentes movimientos de los equipos durante el proceso, detallando gráficamente la función de cada uno de ellos [15].

2.2.2.b Técnica doble efecto. Es una tecnología de estuarios y diques con aprovechamiento de la energía potencial, se compone igual que la técnica de simple efecto como se describe en la Figura 7.b, pero se diferencia porque se aprovecha tanto de la entrada del agua al estuario como de la salida; esto se debe a las turbinas utilizadas, que pueden ser reversibles o irreversibles, es un sistema más costoso, pero se obtiene 18% más de energía que con el de simple efecto [15].

Figura 7.

Funcionamiento de la técnica de doble efecto



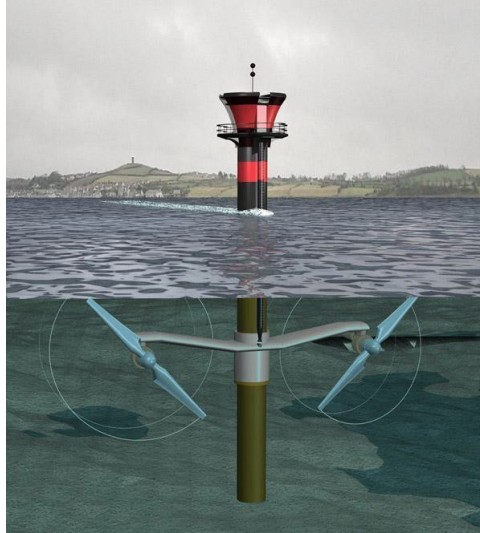
Nota. El gráfico representa el funcionamiento de las compuertas y turbinas dependiendo del comportamiento de las mareas a) Técnica de simple efecto y b) Técnica doble efecto. Tomado de: "Presenta23".

Share and Discover Knowledge on SlideShare. <https://es.slideshare.net/juliomaster/presenta23> (accedido el 1 de enero de 2023).

2.2.2.c Tecnologías de turbinas de corrientes marinas. Se aprovecha la energía cinética de las corrientes por medio de una turbina de eje horizontal o de hélice, que es sumergida en el mar con profundidades entre 20 y 30 metros para su funcionamiento. Las turbinas funcionan de manera similar a las turbinas eólicas, pero son más pequeñas debido a las condiciones del agua marina. Su estructura es muy sencilla debido a que se compone de la turbina, como ejemplo la Figura 8, y la infraestructura para el transporte de energía [15].

Figura 8.

Turbina propuesta por TidalStream



Nota. La imagen representa uno de los dispositivos presentados en la historia, en específico el de TidalStream. Tomado de: "Tidal Energy-Tidal Stream Energy". ESRU Web site. https://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/10-11/Tidal/tidal.html (accedido el 1 de enero de 2023).

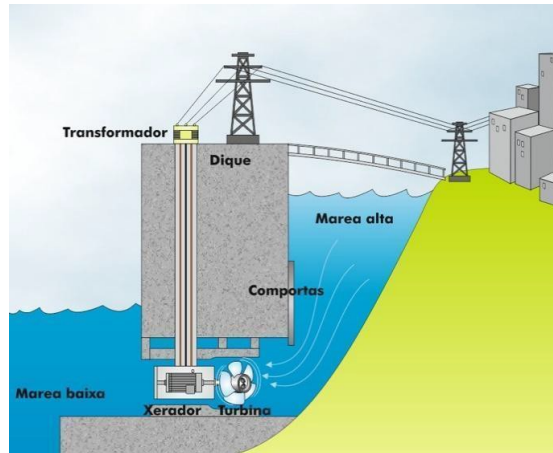
2.2.3. Partes de central mareomotriz

Las partes básicas de una central mareomotriz típica como se puede observar en la Figura 9 son las siguientes:

- *Embalse:* Es una estructura la cual contiene un gran depósito de agua.
- *Presa:* Es una estructura que tiene como objeto embalsar agua de un río o mar.
- *Compuertas:* Dispositivo hidráulico y mecánico el cual permite el paso de agua en la central.
- *Turbina:* Son máquinas que absorben energía de un fluido y la retribuyen en energía mecánica mediante un eje.
- *Generador eléctrico:* Es un dispositivo que mantiene la diferencia de potencial entre dos puntos, transformando energía mecánica en energía eléctrica.
- *Redes de distribución:* Son cables y centros de transformación (encargados de reducir la tensión media o baja) que permiten llegar la energía hasta el cliente final.
- *Casa de máquinas:* Concentra los equipos electromecánicos los cuales se encargan de producir la energía para la población.

Figura 9.

Central mareomotriz



Nota. Muestra las principales partes de una central mareomotriz. Tomado de: "Mar – Sotavento". Sotavento – Parque Eólico Experimental.
<https://www.sotaventogalicia.com/zona-interactiva/energias-renovables/mar/> (accedido el 2 de enero de 2023).

2.3. Potencial mareomotriz

En el artículo titulado “Sistemas de producción y potencial energético de la energía mareomotriz” realizaron un estudio con satélites y sistemas de información geográfica en el 2016, sobre el aprovechamiento del potencial energético. Entre los resultados destacaron la Costa Pacífica como una zona factible y posible para aprovechar energía mareomotriz porque las alturas que alcanzan sus mareas son muy altas y se estimó aproximadamente un potencial energético de 120 MW, siendo alcanzado en marea alta [19].

2.3.1. Parámetros

Es necesario tener en cuenta unos parámetros para definir el potencial establecido en la zona [20]:

- Altura media de la marea o rango de marea
- Superficie embalsada
- Longitud de presa
- Densidad del agua
- Gravedad
- Periodo de las mareas
- Factores de carga promedio

Además, se deben considerar las centrales mareomotrices instaladas en el mundo, a partir de las

turbinas instaladas y la potencia a producir, como se observa en la Tabla 5. Las turbinas más utilizadas en las plantas mareomotrices en el mundo son bulbo, Kaplan, Savonius y Rim, que son turbinas hidráulicas de reacción.

Tabla 5.

Centrales mareomotrices en el mundo

Nombre de Central	Tipo de turbina	Cantidad de turbinas	Potencia instalada (MW)	Ubicación
La Rance	Bulbo	24	240	Francia
Kislaya Guba	Savonius	1	1.7	Rusia
Jiangxia	Bulbo	6	3.9	China
Annapolis	Rim	1	20	Canadá
Sihwa	Bulbo	10	254	Sur de Corea

Nota. La tabla muestra la potencia de las centrales mareomotrices en el mundo y el tipo de turbina utilizado para producirla. Tomado de: S. Chirag y P. Abhishek, "A review on tidal energy technologies", *Materials Today: Proceedings*, vol. 56, no. 5, pp. 2774-2779, octubre, 2021, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.020> [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321064993?via%3Dihub>. [junio 2022].

3. POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO

3.1. Océano Pacífico colombiano

El Océano Pacífico colombiano está comprendido desde la frontera con Panamá hasta la desembocadura del río Mataje localizado en la frontera con Ecuador [22] con una longitud de 1300 km aproximadamente. Las características del océano pacífico se determinaron a partir de estudio realizado por la entidad del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) y OE ICAM (Operación Estadística Índice de Calidad de aguas Marinas y Costeras) en el 2021. Con base en los resultados del estudio se encontró valores promedio para las características registradas en la Tabla 6 los cuales permiten ratificar la calidad del agua en la zona a trabajar. Es importante tener en cuenta que las mareas son un factor fundamental para el ecosistema marino, el transporte y la pesca de los habitantes (IDEAM,2020).

Tabla 6.

Caracterización en el Océano Pacífico colombiano

Características	Valor
pH	8.06
NO ₃ (µg/L)	15.152
HPDD (µg/L)	0.656
CLA (µg/L)	4.434

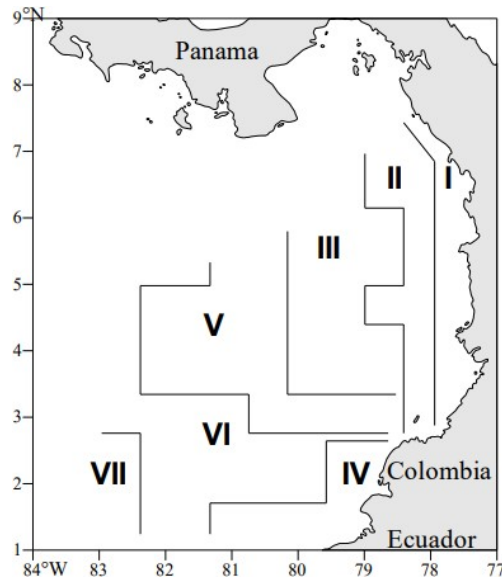
Nota. La tabla muestra la caracterización de componentes para determinar la calidad del agua en el Océano Pacífico.

Por cada característica se determinaron valores promedio mediante la toma de muestras. Para la concentración de potencial de hidrógeno (pH), trabajaron con 47 muestras y un valor promedio de 8.06, para la Concentración de nitratos (NO₃) trabajaron con 36 muestras y un valor promedio de 15.152 µg/L, para la Concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes al criseno (HPDD) trabajaron con 39 muestras y un valor promedio de 0.656 µg/L y para Concentración de clorofila (CLA) trabajaron con 44 muestras y un valor promedio de 4.434 µg/L. Las muestras permiten determinar la calidad del agua y los resultados para el Océano Pacífico fueron que, el 53.2% tiene una adecuada calidad del agua, el 4.3% una óptima calidad, el 29.8% una calidad aceptable y finalmente, el 12.8% una calidad del agua inadecuada [23].

Adicionalmente, en la Figura 10 se identifica la Zona 1, la Cuenca del Pacífico y se identifican datos específicos como la temperatura superficial del agua, la salinidad del agua y la temperatura del aire. Esta zona es de gran interés para el proyecto debido a la cercanía que tiene con el territorio.

Figura 10.

Zona homogénea 1 en la Cuenca del Pacífico colombiano IDEAM

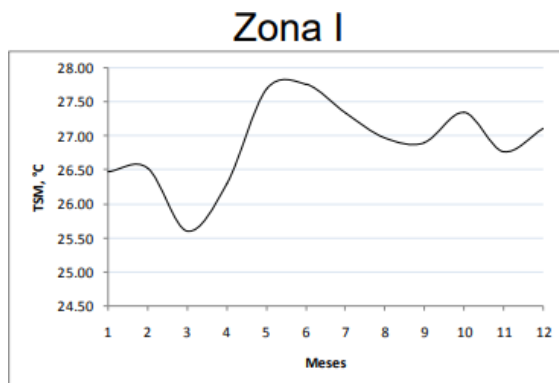


Nota. Muestra de la zona I de la Cuenca del Océano del Pacífico. Tomado de: IDEAM, “Caracterización climática de variables océano-atmosféricas sobre la cuenca del Pacífico Colombiano”, Implementación del modelo WRF en ideam, no. 4, pp. 13-58. Disponible: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/23877/clima+pacifico.pdf/e5e74fd3-67da-406e-968e-4d34d34e3f12>

En la Figura 11 se pudo observar el comportamiento de la Temperatura Superficial (TSM) en 12 meses y se resalta que la temperatura máxima oscila entre los 27.50°C y 28°C en los meses de mayo a junio y la temperatura mínima es mayor a los 25.50°C en el mes de marzo [23].

Figura 11.

Temperatura Superficial en la zona 1

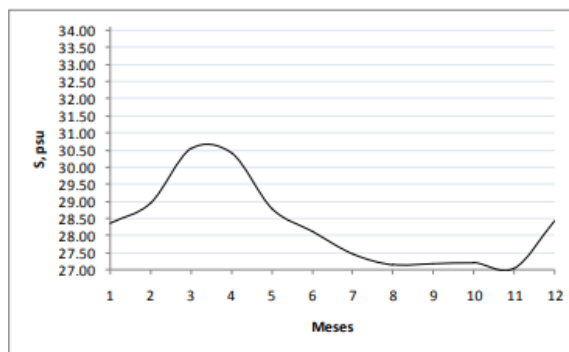


Nota. La gráfica muestra el comportamiento de la temperatura superficial del agua contra el periodo de tiempo de 12 meses específicamente para la zona 1. Tomado de: IDEAM, “Caracterización climática de variables océano-atmosféricas sobre la cuenca del Pacífico Colombiano”, Implementación del modelo WRF en ideam, no. 4, pp. 13-58. Disponible: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/23877/clima+pacifico.pdf/e5e74fd3-67da-406e-968e-4d34d34e3f12>

Con la Figura 12, se determinó la salinidad en la Zona 1 y el máximo valor es de 30.54 psu en el mes de marzo y el mínimo es de 27.04 psu en el mes de noviembre [23].

Figura 12.

Salinidad del agua en la Zona 1.



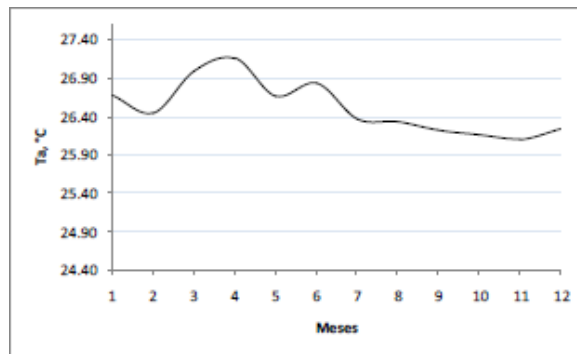
Zona I

Nota. La gráfica muestra el comportamiento de la salinidad del agua contra el periodo de tiempo de 12 meses específicamente para la zona. Tomado de: IDEAM, “Caracterización climática de variables océano-atmosféricas sobre la cuenca del Pacífico Colombiano”, Implementación del modelo WRF en ideam, no. 4, pp. 13-58. Disponible: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/23877/clima+pacifico.pdf/e5e74fd3-67da-406e-968e-4d34d34e3f12>

Para determinar la temperatura del aire se tuvo en cuenta la asignación de masas de aire dependiente de la zona, por lo tanto, para la zona 1 la masa de aire correspondiente es el número 1. En la Figura 13, se observa el comportamiento de la temperatura del aire en los 12 meses y en el mes de abril se destacó la mayor temperatura con un valor de 27.16°C. Para el mes de junio se registró un pico con una temperatura de 26.84°C y en noviembre el valor más bajo con un valor de 26.10°C [23].

Figura 13.

Masa del aire 1 en el tiempo.



Masa de Aire I

Nota. La gráfica muestra el comportamiento de la temperatura del aire contra el periodo de tiempo de 12 meses específicamente para la masa de aire 1. Tomado de: IDEAM, “Caracterización climática de variables océano-atmosféricas sobre la cuena del Pacífico Colombiano”, Implementación del modelo WRF en ideam, no. 4, pp. 13-58. Disponible: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/23877/clima+pacifico.pdf/e5e74fd3-67da-406e-968e-4d34d34e3f12>

3.2. Potencial en Bajo Baudó

El municipio del Bajo Baudó se encuentra en el centro del departamento del Chocó y cuenta con 222 km de longitud en la línea costera, que comprende desde la zona de litoral rocoso de Cabo Corrientes hasta el litoral de San Juan y por el lado occidental limita con el Océano Pacífico. La línea de costa cuenta con dos tipos de ambiente geomorfológicos: el primero que se identifica desde el Cabo Corrientes hasta la playa de cuevita y el segundo, considera la parte sur [24].

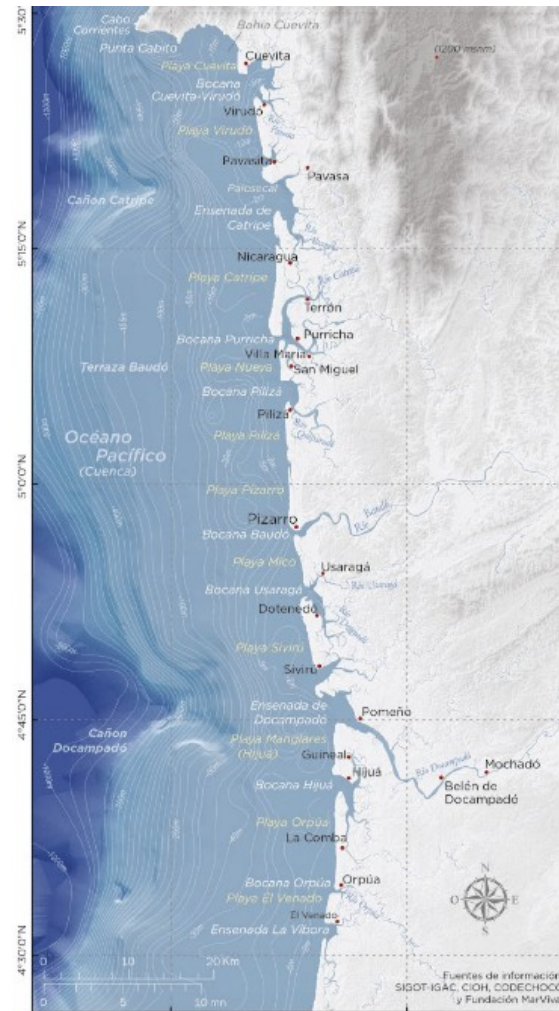
La costa del Bajo Baudó es una zona cálida y húmeda, con temperaturas desde los 24 a 26°C. Presenta además mareas entre los 2 y 5 metros de altura, donde ocurren dos pleamares y bajamares en el día. También, se identifica una temperatura superficial para la zona entre 27 y 28.5°C, teniendo en cuenta que las temperaturas en las bahías y estuarios son un poco más bajas debido a

que las aguas fluviales son características de zonas montañosas. La salinidad oscila entre los 20 PSU y los 32 PSU (Unidades prácticas de salinidad) y depende de quien realice el aporte, el agua dulce o los patrones de las corrientes marinas [24].

El Bajo Baudó cuenta con una población 17733 habitantes registrada en el año 2018 y está distribuida en 22 corregimientos. En la Figura 14 se observa el territorio de Bajo Baudó y los posibles lugares para la instalación de la planta [24].

Figura 14.

Zona costera del Bajo Baudó

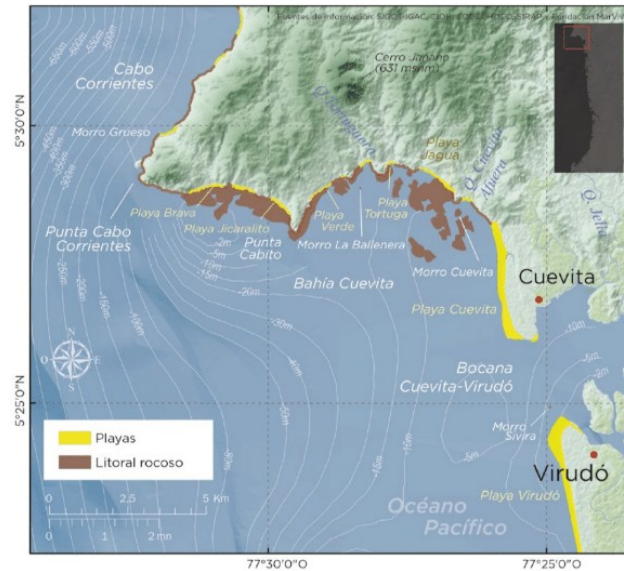


Nota. La figura muestra la zona costera del Bajo Baudó e identifica los corregimientos que delimitan con el Océano Pacífico, las playas, bahías y corrientes., Tomado de: M. C. Velandía, M. Scheel, C. Puentes Peñuela, D. Durán González, P. Osorio Velásquez, P. Delgado Ángel, N. Obando Mosquera, A. Prieto y J. M. Diaz, “Atlas Marino-Costero del Bajo Baudó, Colombia”, Fundación MarViva, Bogotá, 2019 [PDF]. Disponible: <https://marviva.net/atlas-marino-costero-del-bajo-baudó/>

Para la evaluación del lugar se tuvo en cuenta la altura de las mareas, el ambiente y las actividades realizadas por la población. En cuanto al ambiente, primero se identificó las playas de la zona norte caracterizadas por sus elevadas costas y su amplio litoral rocoso como se observa en la Figura 15, los cuales son de gran interés para el estudio ingenieril [24].

Figura 15.

Zona norte del Bajo Baudó



Nota. La figura muestra la zona del norte de Bajo Baudó donde se identifican las zonas de playa y las zonas de litoral rocoso. Tomado de: M. C. Velandia, M. Scheel, C. Puentes Peñuela, D. Durán González, P. Osorio Velásquez, P. Delgado Ángel, N. Obando Mosquera, A. Prieto y J. M. Diaz, “Atlas Marino-Costero del Bajo Baudó, Colombia”, Fundación MarViva, Bogotá, 2019 [PDF]. Disponible: <https://marviva.net/atlas-marino-costero-del-bajo-baudo/>

El litoral rocoso evita que las playas sean concurridas por los turistas a causa del espacio a su alrededor como se observa en la Figura 16, adicionalmente, las especies que se encuentran en este espacio son diversas y típicas del pacífico, como son: cangrejos, moluscos, peces cirujanos, peces de mariposa, peces de ángel, entre otros. Estos litorales rocosos en marea alta son cubiertos completamente de agua en su extremidad superior ya que en la inferior estarán la mayoría del tiempo cubiertos por agua [24]. También se cuenta con corales blandos que recrean un hábitat para varios organismos en zonas específicas identificadas en la Figura 17.

Figura 16.

Litorales rocosos en Bahía Cueva.



Nota. La imagen muestra la bahía cuevita conformada para el 2017 con sus litorales rocosos. Tomado de: M. C. Velandia, M. Scheel, C. Puentes Peñuela, D. Durán González, P. Osorio Velásquez, P. Delgado Ángel, N. Obando Mosquera, A. Prieto y J. M. Díaz, “Atlas Marino-Costero del Bajo Baudó, Colombia”, Fundación MarViva, Bogotá, 2019 [PDF]. Disponible: <https://marviva.net/atlas-marino-costero-del-bajo-baudo/>

Figura 17.

Ubicación de corales blandos en el norte Bajo Baudó.

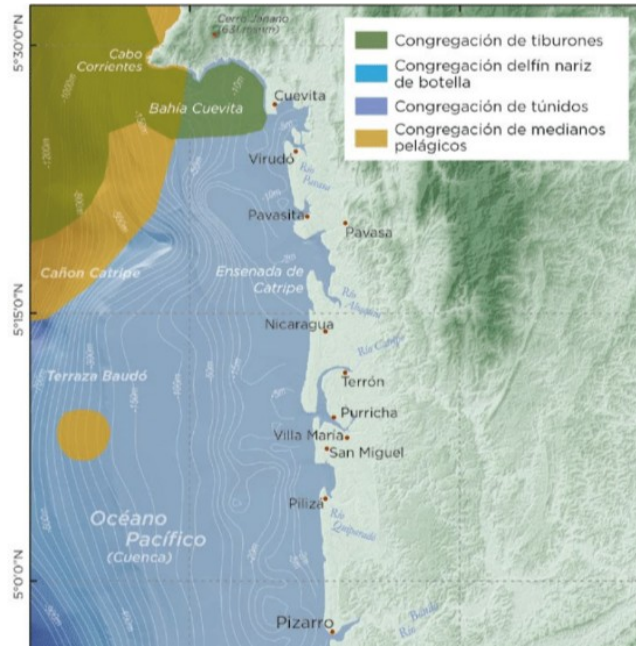


Nota. La imagen muestra el lugar donde se cuenta con la presencia de corales blandos en la zona norte de Bajo Baudó. Tomado de: M. C. Velandia, M. Scheel, C. Puentes Peñuela, D. Durán González, P. Osorio Velásquez, P. Delgado Ángel, N. Obando Mosquera, A. Prieto y J. M. Díaz, “Atlas Marino-Costero del Bajo Baudó, Colombia”, Fundación MarViva, Bogotá, 2019 [PDF]. Disponible: <https://marviva.net/atlas-marino-costero-del-bajo-baudo/>

Debido a las profundidades del agua en la zona norte del Bajo Baudó se cuenta con la presencia de tiburones como se observa en la Figura 18.

Figura 18.

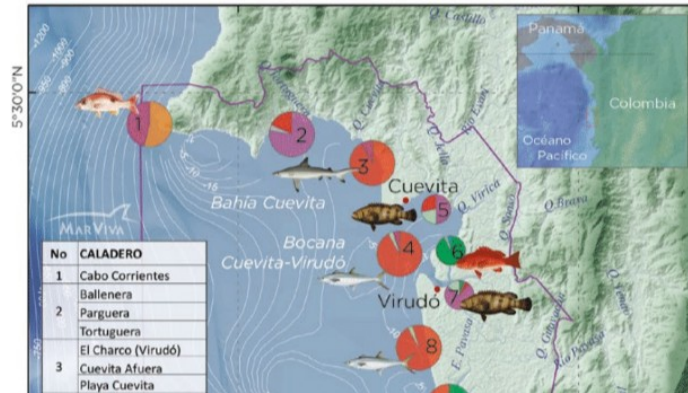
Ubicación de diferentes especies en zona norte del Bajo Baudó.



Nota. La imagen muestra el lugar donde se cuenta con la presencia de las diferentes especies en la zona norte de Bajo Baudó. Tomado de: M. C. Velandia, M. Scheel, C. Puentes Peñuela, D. Durán González, P. Osorio Velásquez, P. Delgado Ángel, N. Obando Mosquera, A. Prieto y J. M. Díaz, “Atlas Marino-Costero del Bajo Baudó, Colombia”, Fundación MarViva, Bogotá, 2019 [PDF]. Disponible: <https://marviva.net/atlas-marino-costero-del-bajo-baudo/>

Las actividades económicas principales para el municipio son la pesca, la agricultura y el aprovechamiento forestal y estas se realizan simultáneamente. La pesca es la actividad de mayor interés para el proyecto porque, para su realización interviene con el mar. En la zona norte se encuentran dos calderos o sitios de pesca como se observa en la Figura 19 y en comparación con las zonas central y sur del municipio se encuentran en menor cantidad [24]. Adicionalmente, se definen las rutas de transporte para las personas como para los alimentos, las cuales se observan en la Figura 20 [24].

Figura 19.
Calderos en la zona norte del Bajo Baudó.



Nota. La imagen muestra el lugar donde se cuenta con la presencia de calderos para la práctica de pesca en la zona norte del Bajo Baudó. Tomado de: M. C. Velandia, M. Scheel, C. Puentes Peñuela, D. Durán González, P. Osorio Velásquez, P. Delgado Ángel, N. Obando Mosquera, A. Prieto y J. M. Diaz, “Atlas Marino-Costero del Bajo Baudó, Colombia”, Fundación MarViva, Bogotá, 2019 [PDF]. Disponible: <https://marviva.net/atlas-marino-costero-del-bajo-baudó/>

Figura 20.

Rutas para el transporte del Bajo Baudó.



Nota. El mapa muestra las rutas que utiliza la población para el transporte entre corregimientos y municipios. Tomado de: M. C. Velandia, M. Scheel, C. Puentes Peñuela, D. Durán González, P. Osorio Velásquez, P. Delgado Ángel, N. Obando Mosquera, A. Prieto y J. M. Díaz, “Atlas Marino-Costero del Bajo Baudó, Colombia”, Fundación MarViva, Bogotá, 2019 [PDF]. Disponible: <https://marviva.net/atlas-marino-costero-del-bajo-baudo/>

Por último, teniendo en cuenta las características anteriores, buscando preservar y afectar lo menos posible a la población se determina con ayuda de la altura de las mareas que, la zona de Bahía de Cueva es la más acorde con la problemática establecida, además se puede cubrir una de las necesidades que posee esta población. Se realizó un estudio de la altura de mareas en 10 años (2010 -2020) en este lugar con las cartillas del Pacífico (“PRONÓSTICO DE PLEAMARES Y BAJAMARES”, IDEAM). Partiendo de la teoría de las mareas, la cual establece que en un día se generan dos ciclos de marea, cada uno corresponde a una subida y una bajada de esta y se completa en 12 horas aproximadamente. Sin embargo, en el punto y tiempo de medida experimental, no corresponde la subida o bajada de la marea con el tiempo teórico en algunos casos. Por lo tanto, para analizar los 10 años, se contaba con las alturas tomadas todos los días por cada mes del año correspondiente con las 4 medidas en los tiempos teóricos (6 horas aproximadamente), las cuales se utilizaron para determinar el valor de la primera subida y bajada, la segunda subida y bajada promedios en cada mes para concluir un valor específico por cada año, los cuales se evidencian en el Anexo 1. Con ello, se establece la Tabla 7 en la que se observa el comportamiento promedio de la altura de las mareas en los 4 tiempos de medición, que corresponden a los dos tiempos de mareas altas y los dos tiempos de mareas bajas en la Bahía Cueva [23].

Tabla 7.

Alturas promedio de las mareas en la Bahía Cueva

AÑOS	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
2010	3,46	0,40	3,40	0,44
2011	3,36	0,54	3,37	0,55
2012	3,49	0,37	3,54	0,41
2013	3,51	0,35	3,55	0,39
2014	3,47	0,32	3,26	0,37
2015	3,51	0,35	3,86	0,40
2016	3,52	0,34	3,57	0,38
2017	3,28	0,58	3,34	0,56
2018	3,51	0,35	3,55	0,35
2020	3,22	0,64	3,29	0,60
PROMEDIO	3,43	0,42	3,47	0,44

Nota. La tabla muestra las alturas promedio por cada año analizado.

Con base a la Tabla 7, se destacan los siguientes datos importantes para el estudio:

Promedio de marea alta = 3,45 m

Promedio de marea baja = 0,43

3.3. Energía disponible

En la búsqueda bibliográfica de Cengel se encontró el libro titulado “Fundamentals and Applications of Renewable Energy” [42] en el cual explican el procedimiento y teóricamente definen la ecuación 1 [42] que nos permite encontrar la potencia o energía potencial disponible en la zona determina de Cueva.

Ecuación 1.

Potencia disponible

$$P_{disponible} = \frac{1}{2\Delta t} g \rho A R^2$$

Las variables de la ecuación 1, se definen a continuación:

g = gravedad

ρ =densidad

A =área del embalse

R =Altura de la marea

Para calcular la energía disponible en la Bahía Cueva se utilizará la ecuación 1. La cual tiene en cuenta el área del embalse (A), la amplitud de la marea (R), la densidad del agua (ρ), la diferencia de tiempo tanto en la subida como la bajada de las mareas (Δt) y la gravedad (g) como constantes.

Para la duración del ciclo teóricamente, las mareas completarán su ciclo en 12 horas con 15 minutos, por lo tanto, para el proceso de subida o bajada tiene el tiempo de 6 horas con 12,5 segundos respectivamente lo cual corresponde a la variable Δt .

$$\rho = 1025 \frac{kg}{m^3}$$

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$\Delta t = 21612.5 \text{ segundos}$$

$$R = H = 3.45 \text{ m}$$

Para determinar el valor de las variables implicadas, se hace uso de la altura promedio calculada anteriormente mediante el estudio del comportamiento de mareas en 10 años se conoce como

R= 3,45 m y para el área se utiliza la herramienta de medición en la aplicación de Google earth que permite dibujar la geometría y predeterminar la longitud, como se observa en la Figura. 21. Para la determinación del área transversal se aplicará la ecuación 2 [42] y la longitud con un valor de 13410,35 m, se obtiene como resultado un área de $A= 46307.0546 \text{ m}^2$

Ecuación 2.

Área transversal

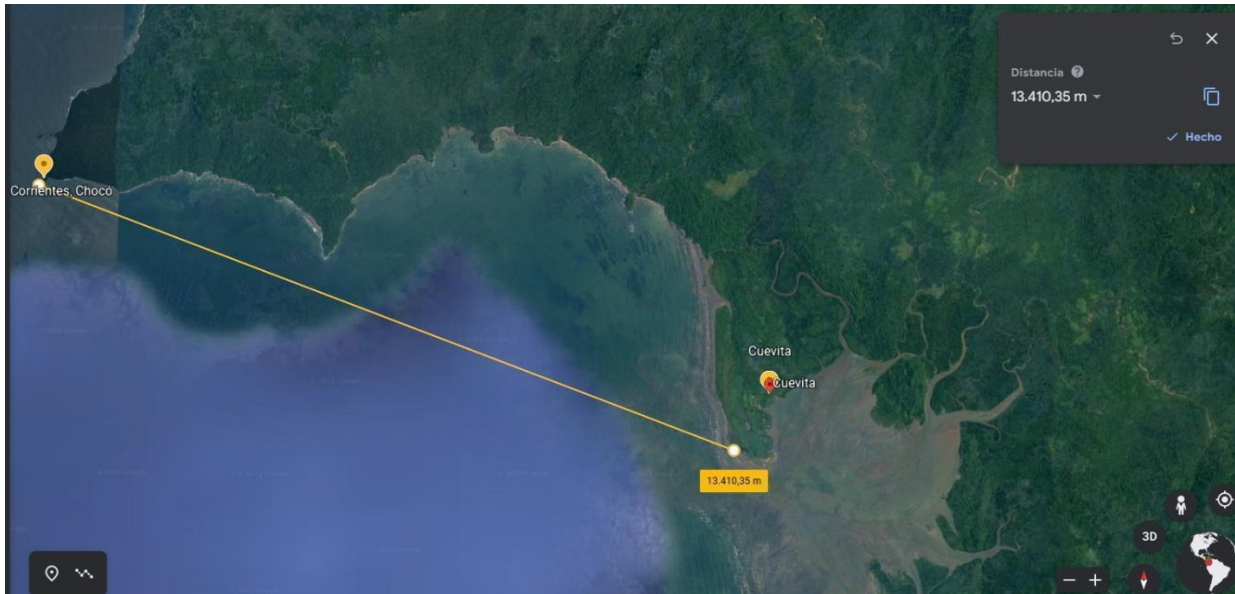
$$A = l * R \quad (2)$$

$$A = 13410.35 \text{ m} * 3.45 \text{ m}$$

$$A = 46307.0546 \text{ m}^2$$

Figura 21.

Longitud disponible en la Bahía Cuevita



Nota. La imagen muestra el área a trabajar en la Bahía cuevita determinada bajo la herramienta de Google Earth. Tomado de: <https://www.google.com/intl/es/earth/>

Al reemplazar los valores del área y de la altura se puede determinar que la energía disponible para la Bahía Cuevita es de 124234.94 W.

$$P_{disponible} = \frac{1}{2(21612.5 \text{ s})} (9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) (1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) (46307.0546 \text{ m}^2) (3.45 \text{ m})^2$$

$$P_{disponible} = 128,446.8 \text{ W}$$

3.4. Energía consumida

Se partió del hecho de no contar con la información de energía eléctrica necesaria sobre el corregimiento de Cuevita siendo el más cercano a la Bahía Cuevita y el pueblo beneficiario de la producción de energía eléctrica, se planteó un análisis para definir una base de energía consumida por las personas que habitan el lugar.

El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE) realizó un estudio en el 2022, para los diferentes lugares del país, donde se contemplaban cómo y cuánta energía se estaba produciendo y comercializando. Para el municipio de Bajo Baudó, se analizaron la cabecera municipal, Pizarro y uno (1) de los veintidós (22) corregimientos, Buenavista.

Buenavista es un corregimiento con una situación similar al corregimiento de Cuevita, solo cuenta con una planta de abastecimiento y a la vez con varios problemas para su producción, lo que dificulta la comercialización de la energía. Por lo tanto, para tener un referente de energía eléctrica, se analiza este corregimiento en septiembre, mes en el que se monitorea el lugar y, se evidencia en la Tabla 8 que no contó con este servicio los primeros 14 días del mes y, los siguientes días contó con pocas horas. Con base en la Tabla 8 se observa que la energía consumida por los habitantes en el mes es de 3,931 kWh, con este valor se procede a sacar un promedio de la energía que se puede consumir en el día, que resulta ser de 245.69 kWh. Al analizar la energía por 24 horas, se procede a dividirla en las horas del día para conocer la energía consumida por el corregimiento, que es de 10.23 kW [25].

$$3,931 \text{ kWh} \rightarrow \text{Septiembre}$$

$$245.69 \text{ kWh} \rightarrow 24 \text{ horas}$$

$$P_{\text{consumida}} = 10.23 \text{ kW}$$

Tabla 8.*Energía en el corregimiento de Buenavista*

BUENAVISTA (BAJO BAUDO - CHOCÓ)					Septiembre
Fecha	Energía Activa (kWh)	Energía Reactiva (kVARh)	Energía Aparente (kVAh)	Factor de Potencia (p.u)	Horas de servicio promedio en el día [hh:mm]
Septiembre 01, Jueves	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 02, Viernes	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 03, Sábado	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 04, Domingo	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 05, Lunes	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 06, Martes	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 07, Miércoles	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 08, Jueves	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 09, Viernes	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 10, Sábado	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 11, Domingo	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 12, Lunes	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 13, Martes	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 14, Miércoles	0	0	0.00		0 Horas
Septiembre 15, Jueves	209	30	210.83	0.99	8 Horas
Septiembre 16, Viernes	311	51	314.66	0.99	10 Horas 30 Minutos
Septiembre 17, Sábado	105	17	106.15	0.99	4 Horas
Septiembre 18, Domingo	229	37	232.10	0.99	8 Horas
Septiembre 19, Lunes	214	35	216.55	0.99	7 Horas
Septiembre 20, Martes	222	36	224.49	0.99	7 Horas
Septiembre 21, Miércoles	236	39	239.48	0.99	7 Horas 30 Minutos
Septiembre 22, Jueves	104	17	105.04	0.99	4 Horas
Septiembre 23, Viernes	374	62	378.94	0.99	12 Horas 30 Minutos
Septiembre 24, Sábado	387	64	391.96	0.99	13 Horas
Septiembre 25, Domingo	333	56	337.62	0.99	11 Horas
Septiembre 26, Lunes	204	31	206.47	0.99	6 Horas 45 Minutos
Septiembre 27, Martes	263	42	266.09	0.99	8 Horas 45 Minutos
Septiembre 28, Miércoles	225	37	228.30	0.99	7 Horas 30 Minutos
Septiembre 29, Jueves	231	36	233.61	0.99	7 Horas 30 Minutos
Septiembre 30, Viernes	286	44	289.24	0.99	8 Horas 45 Minutos
Total	3,931	633	3,981.45	0.99	

Nota. La imagen muestra el monitoreo que se realizó por IPSE en el corregimiento de Buenavista en septiembre de 2022. Tomado de: A. A. Mossos, “Informe telemetría mensual de septiembre”, ipse y CNM, Bogotá, no. IPSE-GI-F06, [En línea]. Disponible: https://ipse.gov.co/documentos_cmn/documentos/informes_mensual_es_de_telemetria/2022/septiembre/Informe%20Mensual%20de%20Telemetria%20Septiembre%202022.pdf

Para comparar este consumo con la cabecera municipal y otro corregimiento con poblaciones similares, se observa del informe del IPSE del mismo año, el consumo de energía para Pizarro (cabecera municipal del Bajo Baudó), con 6,478 kWh, resaltando que necesitan de tres plantas para satisfacer la demanda. El corregimiento de Cucurupi, ubicado en el litoral de San Juan, Chocó, con una población más baja que el corregimiento de Cueva, tuvo un consumo de energía de 77.87 kW/h con dos plantas para su abastecimiento y solo una en funcionamiento [25].

En consecuencia, el consumo de energía de los habitantes del corregimiento de Cueva es similar a los corregimientos anteriormente analizados. Para este estudio, se estimará que Cueva tendrá un consumo promedio entre 77.87 kWh y 245.9 kWh.

4. DISEÑO INGENIERIL

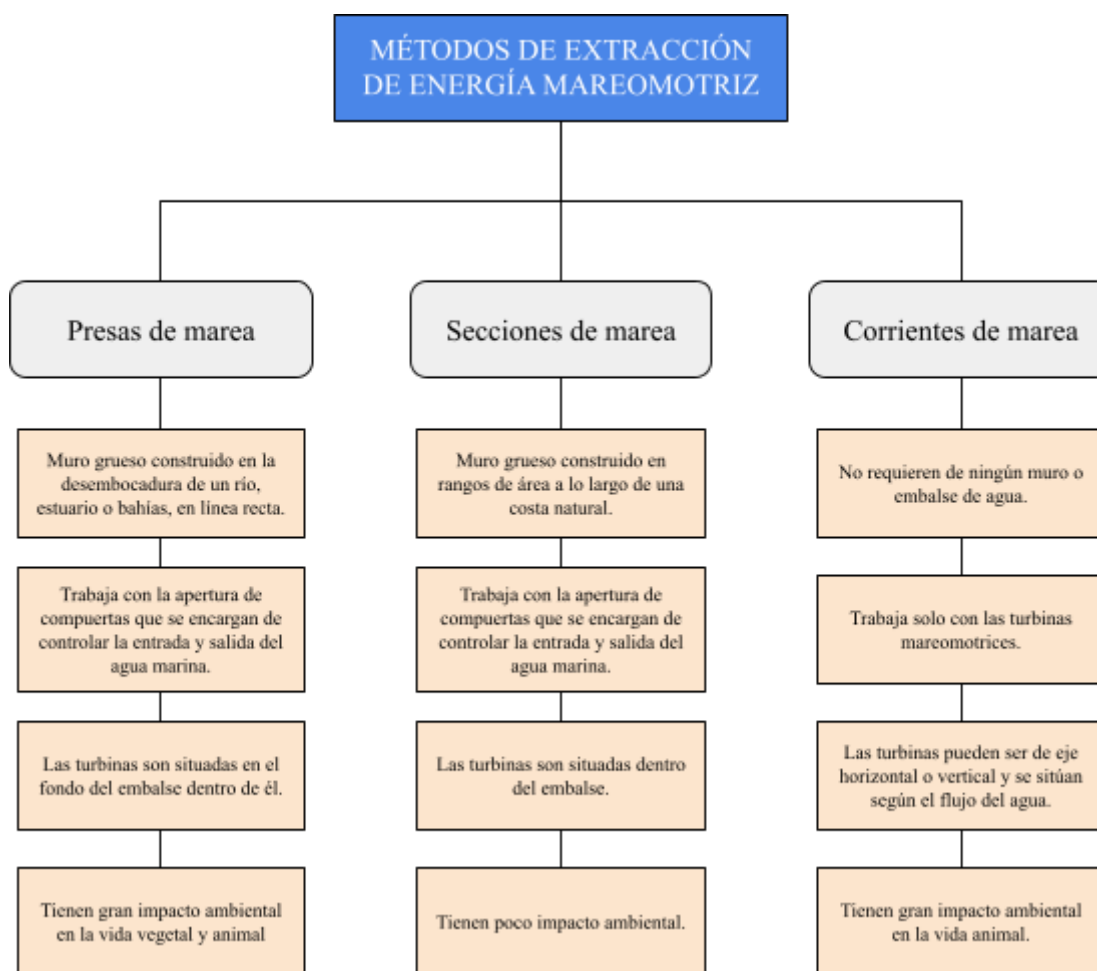
4.1. Selección de equipos

4.1.1. Turbina

4.1.1.a. *Estudio de turbinas con base a la bibliografía.* La energía mareomotriz se puede generar de tres maneras diferentes. La primera es mediante presas de marea, la segunda por secciones o lagunas de marea y la tercera por corrientes de marea, observar la Figura 22.

Figura 22.

Diferencias en los métodos de extracción



Nota. En el mapa conceptual se puede observar los métodos de extracción de energía mareomotriz y sus descripciones en comparación a las demás. Tomado de: S. Chirag y P. Abhishek, "A review on tidal energy technologies", Materials Today: Proceedings, vol. 56, no. 5, pp. 2774-2779, octubre, 2021, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.020> [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321064993?via%3Dihub>. [junio 2022].

En la Figura 23 se evidencia una recopilación del estudio de turbinas realizado, donde se destacan las turbinas más utilizadas según los métodos de extracción mencionados anteriormente.

Figura 23.

Infografía de turbinas hidráulicas

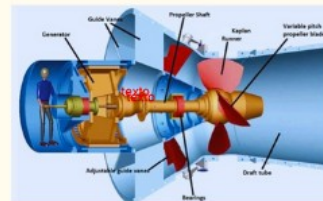
Turbinas hidráulicas

SEGÚN SU MÉTODO DE EXTRACCIÓN

Los métodos de extracción de energía de las mareas se clasifican en tres: presas de marea, secciones de marea y corrientes de marea. Para lograr extraer la energía se necesita de turbinas hidráulicas y de generadores eléctricos para su transformación. En la industria se suele utilizar ciertos tipos de turbinas hidráulicas para los métodos, las cuales encontrará a continuación.

01 PRESAS DE MAREA

Se utilizan turbinas hidráulicas tipo Kaplan, hélice o bulbo. Aunque, la más utilizada es una turbina Kaplan de alabes variables conectado directamente a un generador y con una cápsula hermética tipo bulbo.



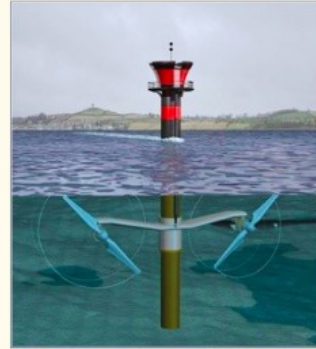
02 SECCIONES DE MAREA



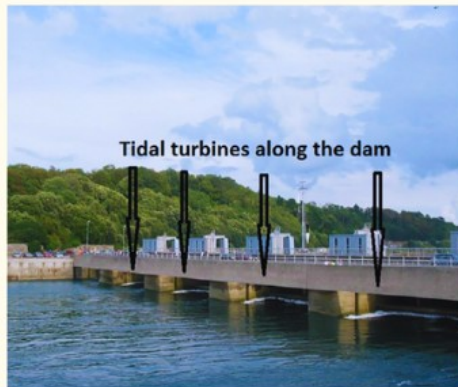
Se utilizan turbinas hidráulicas tipo Kaplan con cápsula de tipo bulbo. Generalmente se trabaja con un sistema bidireccional y un generador de inducción con variador de velocidad y finalmente para su funcionamiento requiere de un tubo de aspiración.

03 CORRIENTES DE MAREAS

Se utilizan turbinas de marea con accionamiento directo o de engranajes, su construcción es parecida a las turbinas eólicas y requieren de mucho espacio para su funcionamiento.



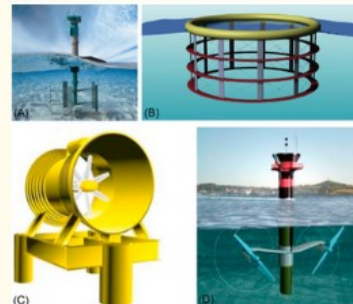
04 EJEMPLOS DE TURBINAS EN PLANTAS MAREOMOTRICES



- La Rance es una planta mareomotriz instalada en Francia, opera con 24 turbinas tipo bulbo y tiene una capacidad de 240 MW.
- Shiwa es una planta mareomotriz instalada en el Sur de Corea, opera con 10 turbinas tipo bulbo y tiene una capacidad de 254 MW.
- Anapolis es una planta mareomotriz instalada en Canadá, opera con una turbina tipo Kim y tiene una capacidad de 20 MW.
- Jiangxia es una planta mareomotriz instalada en China, opera con una turbina tipo bulbo y tiene una capacidad de 3,9 MW.

05 TIPOS DE TURBINAS DE MAREA

- **Turbina de marea de eje vertical:** Son instaladas generalmente cerca al fondo del mar y su característica es que su eje es instalado transversalmente a la dirección del movimiento del agua.
- **Turbinas polo de marea:** Su eje es vertical y debido a sus álabes pueden tener un paso variable
- **Turbinas de efecto Venturi:** Su funcionamiento está basado en el efecto Venturi donde se acelera el flujo debido a estrechar el conducto
- **Turbinas de eje horizontal:** Su eje es paralelo a la dirección del agua y debe estar sumergido completamente en el agua



Nota. En la infografía se especifica a) las turbinas más utilizadas según los métodos de presas de marea y secciones de marea, b) las turbinas más utilizadas según el método de corriente de marea y ejemplos de plantas mareomotrices en el mundo y, en la c) clasificación de tipos de turbinas mareomotrices. Tomado de: P. Breeze, "Tidal Barrage Power Plants", Power Generation Technologies, Newnes, 2019, cap. 9, pp. 203-2017. Disponible: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.uamerica.edu.co/science/article/abs/pii/B9780081026311000092>. S. Roshanmanesh, F. Hayati y M. Papaalias, "Tidal turbines", Power Generation Technologies, Butterworth-Heinemann, 2020, cap. 10, pp. 143-158. Disponible: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.uamerica.edu.co/science/article/abs/pii/B9780081010945000101>. S. Waters y G. Aggidis, "A world first: Swansea Bay Tidal lagoon in review" Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 56, pp. 916-921, 2016, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.011> [En línea].

Adicionalmente, se presentan las partes generales de una turbina de marea:

- **Álabes del rotor:** Su función es recoger la energía cinética del agua y transmitirla al generador a través del tren motriz. El agua actúa directamente sobre los álabes, por lo tanto, los obliga a girar. Pueden tener un paso fijo o variable, siendo las de paso variable más comunes. Además, pueden ser unidireccionales o bidireccionales, siendo las segundas las que aprovechan mayormente el fenómeno. Los álabes están contruidos generalmente de materiales compuestos con fibra de carbono o vidrio, pero algunos casos pueden ser aleaciones de aluminio o aceros [27].
- **Tren de impulsión:** Es un sistema diseñado por un rodamiento principal, eje del rotor, caja de cambios y generador, y se encarga de transmitir el par de los álabes al generador [27].
- **Caja de cambios:** Transmite la energía que proviene del eje de transmisión con un alto de par y baja la velocidad de los álabes para producir energía eléctrica [27].
- **Generador:** Son utilizados generadores síncronos o asíncronos. Los asíncronos funcionan por encima de la frecuencia de la red, son ligeros, no requieren conmutador, pero si requieren un sistema de refrigeración, en cambio los síncronos, son grandes, pesados y funcionan a menor velocidad y no requiere una caja de cambios.
- **Convertidor de potencia:** Se encarga de convertir la potencia generada por la turbina mareomotriz a una frecuencia de red. Se consigue con una unidad rectificadora, la cual es la encargada de convertir la corriente alterna a continua proveniente del generador. Además, necesita un condensador conectado a un inversor y este se encargará de mantener fija la frecuencia, sin embargo, para culminar el proceso se debe alimentar un transformador el cual aumenta el voltaje para su debida distribución. [27]
- **Energía de bajo voltaje:** Son baterías que se encargan de proporcionar energía interrumpida a los sistemas eléctricos de bajo voltaje de la turbina mareomotriz para asesorar el funcionamiento de la turbina en todo momento. [27]
- **Sistema de control y gestión:** Debe tener un controlador y este, se encarga de monitorear y controlar, la operación general de la turbina. [27]
- **Estructura de soporte:** Es la que se encarga de mantener la turbina mareomotriz en su lugar al estar sometida a las cargas axiales. Pueden ser estructuras fijas (base de gravedad o monopile) y estructuras flotantes. Se debe tener en cuenta para elegir, que la estructura depende del ecosistema marino y de las fuerzas que actúan sobre la turbina. Generalmente se utilizan estructuras fijas en turbinas mareomotrices de eje horizontal y estructuras flotantes para turbinas

mareomotrices de eje vertical [27].

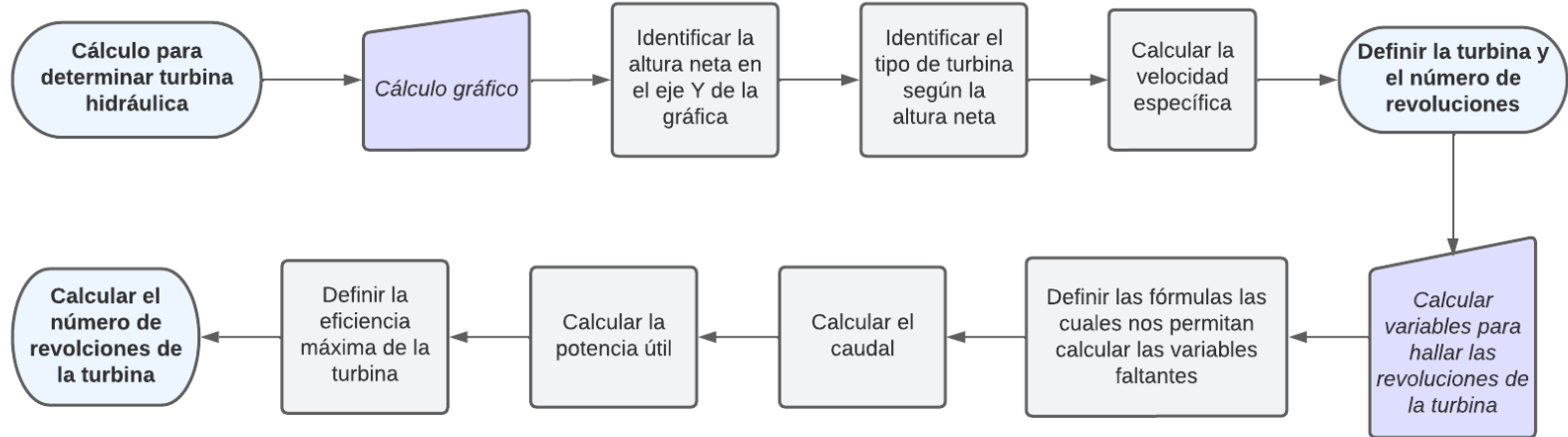
- **Transmisión de potencia:** Para ello se requiere de cables submarinos que se encuentren fijos en el lecho marino, que generalmente se logra para las turbinas sumergidas completamente y ancladas al suelo, pero en el caso de las turbinas flotantes o semiflotantes se hace uso de un cordón umbilical. Se requieren dos tipos de cables, los de alimentación y los de datos, ya que su localización es la misma [27].

Finalmente, para el caso de estudio se seleccionará el método de sección de marea de acuerdo a las características de la zona y en comparación con las características del método. Para el mismo, las turbinas más eficientes son las Kaplan con cápsula de bulbo, por lo tanto, este será el sistema que se elegirá. Con esta decisión se busca afectar la población de la menor manera, teniendo en cuenta las características mencionadas en el capítulo 3. Además, estas turbinas se destacan por sus diferentes tipos de turbinas. Destacando la turbina horizontal porque permite reducir costos y aprovechar la mayoría del agua en la sección disminuyendo las pérdidas por su reducción en tuberías.




4.1.1.b Cálculos. En la Figura 24 se detalla el procedimiento que se llevó a cabo para la selección de turbina hidráulica a partir de una sustentación teórica.

Figura 24.

Diagrama de flujo turbinas



Referencias del diagrama

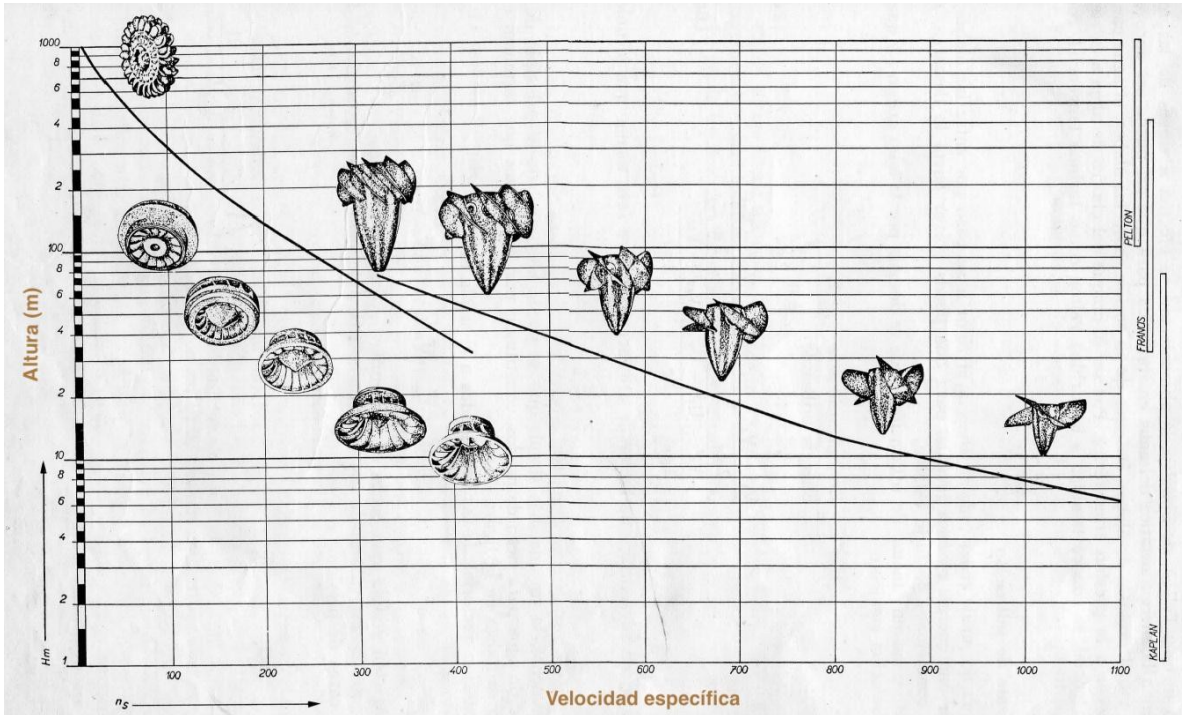
-  Comienzo y fin del proceso
-  Entrada del subproceso
-  Descripción del proceso

Nota. En el diagrama de flujo se muestra el proceso de cálculo para seleccionar la turbina hidráulica.

Se comienza con la Figura 25 donde se observa una gráfica que describe la curva característica de las turbinas hidráulicas más comunes como la turbina Pelton, Francis y Kaplan, en función de la altura y la velocidad específica.

Figura 25.

Curva característica Turbinas Hidráulicas

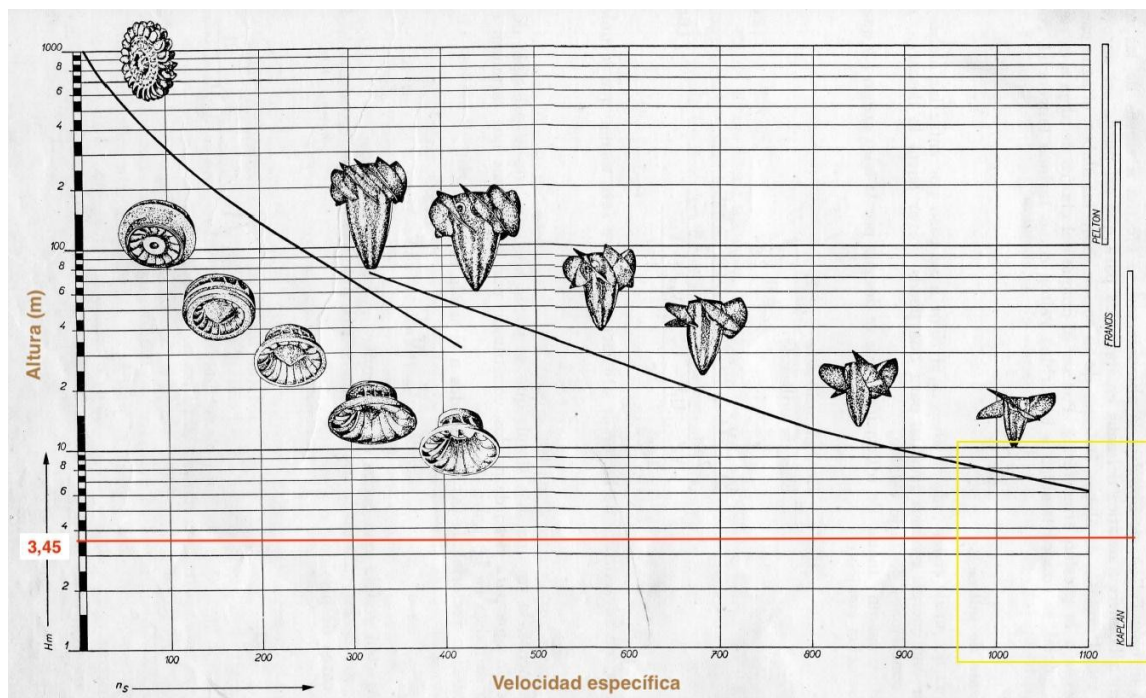


Nota. Curva característica para turbinas hidráulicas. Tomado de: M. Polo, Turbomáquinas hidráulicas, 1 era ed. México: Limusa, 1976.

Se identifica la altura neta como la altura máxima promedio que alcanza la marea en el punto de estudio (3.45 m), se traza la línea recta de color rojo donde coincide con la turbina Kaplan como se resalta en el cuadrado color amarillo en la Figura 26, aunque se resalta para la altura de 3.45m no coincide con la curva específica de turbina Kaplan, quiere decir que para que la turbina satisfaga las condiciones debe superar los 1100 rpm de velocidad específica. En consecuencia, se debe aplicar una extrapolación para conocer la velocidad específica para la altura en cuestión.

Figura 26.

Curva característica de turbinas hidráulicas que aplica al caso de estudio.



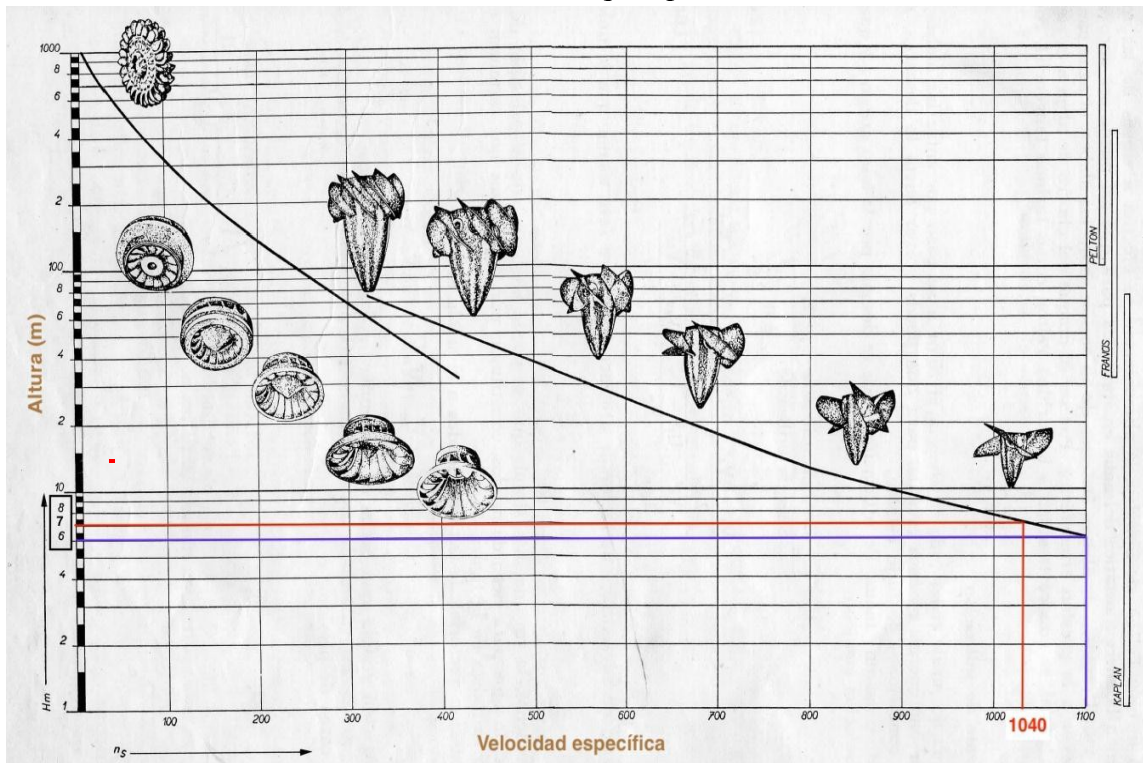
Nota. Curva característica de turbinas hidráulicas donde se identifica la altura neta del proyecto y se identifica el tipo de turbina, además señala como no se encuentra la curva característica con la línea de la altura neta. Tomado de: Tomado de: M. Polo, Turbomáquinas hidráulicas, 1 era ed. México: Limusa, 1976.

Para la extrapolación de la curva característica de la turbina Kaplan se determinaron dos puntos siendo ellos las primeras alturas que coinciden con la curva. En la Figura 27 se observa lo siguiente:

- Las líneas de color morado corresponden a una altura de 6 m y una velocidad específica de 1100
- Las líneas de color naranja corresponden a una altura de 7 m y una velocidad específica de 1040

Figura 27.

Curva característica de turbinas hidráulicas que aplica al caso de estudio 2.



Nota. Curva característica de turbinas hidráulicas, muestra los dos puntos seleccionados para la extrapolación por ser los más cercanos al último número registrado de n_s . Tomado de: M. Polo, Turbomáquinas hidráulicas, 1 era ed. México: Limusa, 1976.

Se pueden observar los puntos a extrapolar en la Tabla 9.

Tabla 9.

Puntos para extrapolar

H (m)	n_s
3.5	$n_{s(3,5)}$
6	1100
7	1040

Extrapolando los valores de la Tabla 9 y se obtiene que $n_{s(3,5)} = 1250$

Siguiendo con el procedimiento de cálculo sugerido por Claudio Mataix y Cengel, se cuenta con la ecuación 3. Esta permite calcular la velocidad específica (n_s) aplicada dependiendo del número de revoluciones del eje (n), la potencia útil (P) y la altura neta (H). El objetivo es calcular el número de revoluciones del eje conociendo previamente los valores de P y H .

Ecuación 3.
Velocidad específica

$$n_s = \frac{nP^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}} \quad (3)$$

N_s = Número específico de revoluciones

n =Número de revoluciones del eje (rpm)

H =Altura Neta (m)

P =Potencia Útil (CV)

Se despeja la ecuación 3 para encontrar el número de revoluciones del eje compartido entre la turbina y el generador, son ellas las que apoyan la definición de número de polos que debe tener el generador, que se explicara en la siguiente sección. Al despejar la ecuación 3 se obtiene la ecuación 4, detallada a continuación:

Ecuación 4.
Revoluciones del eje

$$n = \frac{n_s * H^{\frac{5}{4}}}{P^{\frac{1}{2}}} \quad (4)$$

Se evidencia en la ecuación 4 las variables necesarias para su cálculo como son n_s , P y H . Se conoce los valores para n y H . Se procede a obtener el valor de P para finalmente definir n .

La potencia útil hace referencia a la potencia calculada contemplando las pérdidas. En este caso, se está contemplando un caso ideal, significa que las pérdidas son igual a cero. Por lo tanto, la potencia útil (P) será igual a la potencia (P_a), la cual es calculada con la ecuación 5 que es sugerida por Claudio Mataix y Cengel.

Ecuación 5.
Potencia útil

$$P_a = Q\rho g H n_{max} \quad (5)$$

Q = Caudal ($\frac{m^3}{s}$)

ρ = Densidad ($\frac{kg}{m^3}$)

g = Gravedad ($\frac{m}{s^2}$)

H = Altura neta (m)

n_{max} = Eficiencia máxima de la turbina (adimensional)

Para calcular la potencia debemos conocer el valor de todas las variables y hasta este punto

falta definir el Q y n_{max} . Con base al procedimiento que se ha realizado, se hallará el caudal y la eficiencia máxima de la turbina Kaplan - Bulbo seleccionada anteriormente. De acuerdo con la ecuación 6 tomada de los libros de “Mecánica de Fluidos y Máquinas hidráulicas” de Mataix y “Mecánica de fluidos” de Cengel, la cual se trabaja con la potencia disponible en el punto la cual se especificó en el numeral 3.3, se puede calcular el caudal despejando la misma:

Ecuación 7.

Potencia disponible con caudal

$$P_{disponible} = Q\rho gH \quad (6)$$

Despejando el caudal en la ecuación 6:

Ecuación 7.

Caudal

$$Q = \frac{P_{disponible}}{\rho gH} \quad (7)$$

Reemplazando los valores en la ecuación 7:

$$Q = \frac{128446.8 \text{ W}}{1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 3.45\text{m}}$$

$$Q = 3.70 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Ahora bien, para determinar la eficiencia máxima, se basa en la investigación e información registrada en el 4.1.1 donde se especifica que para una turbina Kaplan las eficiencias que alcanzan son mayores de 87% hasta 93%, por lo tanto, desde el criterio ingenieril de la autora de la tesis, se trabajará con la menor eficiencia que se ha llegado a obtener para tener una referencia mínima de la potencia que se puede obtener con las condiciones dadas.

Con estos valores, se procede a reemplazar en la ecuación 7, para determinar la potencia útil:

$$P_a = 3.70 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 3.45\text{m} * 0.87$$

$$P_a = 111,669.08 \text{ W}$$

$$P_a = \frac{111,669.08 \text{ W}}{1000} = 111.66 \text{ KW}$$

$$P_a = \frac{111.66 \text{ KW}}{0.73536} = 151.86 \text{ CV}$$

A continuación, se mencionan las variables con sus valores respectivos, los cuales se necesitan para conocer el número de revoluciones:

$$P_a = 151.86 \text{ CV}$$

$$n_{s(3,5)} = 1250$$

$$H = 3.45 \text{ m}$$

Reemplazando en la ecuación 4:

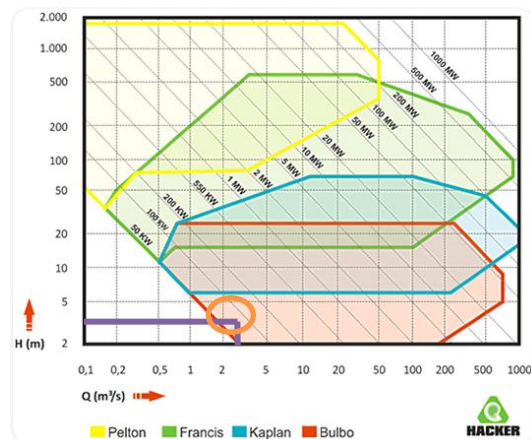
$$n = \frac{1250 * (3.45\text{m})^{\frac{5}{4}}}{(151.86 \text{ CV})^{\frac{1}{2}}}$$

$$n = 476.94 \text{ rpm}$$

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se realizará una revisión teórica con el apoyo de la gráfica de la Figura 28. Con base a esta gráfica y las condiciones de estudio señaladas con líneas de color morado, se ubica una turbina de tipo bulbo y una turbina entre 50 KW y 100 KW como los señala el círculo de color naranja aproximadamente y esto dependerá de las condiciones de diseño de los fabricantes.

Figura 28.

Gráfica específica para definición de turbina



Nota. En la gráfica se puede identificar el tipo de turbina junto con una potencia aproximada, se resalta el campo de aplicación de turbinas Bulbo. Tomado de: C. P. Miranda de Freitas, PROTOTIPAGEM DE UMA TURBINA DE BAIXA QUEDA A BAIXO CUSTO, tesis pre. Facultad de Ingeniería, Universidade Federal Fluminense, Neiteroi, Brasil, 2020.

4.1.2. Matriz de decisión de turbinas

Con base en lo anterior, se construye un instrumento de variables a partir de la bibliografía como se observa en la Tabla 12, el cual permitirá evaluar las diferentes opciones de turbinas para el caso de estudio. Se emplea una herramienta que ayuda a determinar el resultado de dicha evaluación, la cual cuenta con preguntas, valores de respuesta, resultados, puntuaciones y combinaciones [31].

Tabla 10.

Características de las turbinas hidráulicas

Turbinas Hidráulicas	Clase de turbina	Tipo de turbina	Potencia (MW)	Diametro exterior del rodete (m)	Altura de caída (m)	Caudal m^3/s	Eficiencia (%)	Velocidad específica
	Pelton	Acción	Hasta 400	0,36 - 5,2	50 y 1800	hasta 50	Hasta 90	10 -60
	Francis	Reacción	Hasta 700	0,35 - 7,65	10 y 500	hasta 500	Mayores de 90 hasta 94	55-400
	Kaplan	Reacción	Hasta 200	1 -10,5	5 y 70	hasta 1000	Mayores de 87 hasta 93	300-1100
	Bulbo	Reacción	Hasta 50	0,5 - 10	2 y 20	hasta 800	Mayores de 90	más de 1100

Nota. En la tabla se reúnen las diferentes características de las turbinas hidráulicas. Tomado de: M. Polo, Turbomáquinas hidráulicas, 1 era ed. México: Limusa, 1976.

La herramienta es una matriz de decisión, que es empleada para proyectos de ingeniería en la base de estudios preliminares y permite analizar e identificar la mejor opción de la turbina con base en la teoría [32].

En la matriz es primordial los criterios de importancia de las características y la puntuación. El criterio de importancia se define en tres niveles, desde el menos importante hasta el más importante. En el segundo, consiste en 5 niveles, en cada uno hay una razón de cumplimiento en una escala de 0 a 100%. En la Figura 29 se observa la clasificación anteriormente mencionada [31].

Figura 29.

Criterios de matriz de estudio

Importancia:	Puntuación:
1 = menos/poco importante	1 = cumple criterios de 0% a 20%
2 = importante	2 = cumple criterios de 20% a 40%
3 = muy importante	3 = cumple criterios de 40% a 60%
	4 = cumple criterios de 60% a 80%
	5 = cumple criterios de 80% a 100%

Nota. Se muestran los criterios utilizados en la matriz de decisión. a) Criterio de importancia de cada característica y b) Criterio de puntuación para puntuar los tipos de turbina en cada característica [31][32].

En la Tabla 11 se observa la matriz de decisión, en la cual se muestra la puntuación otorgada a

cada tipo de turbina en las características establecidas. Además, de las puntuaciones obtenidas y una breve explicación de cada puntuación. Este puntaje final, se obtiene multiplicando la puntuación de cada tipo de turbina y la importancia de la característica. Una vez establecidas las puntuaciones, se elige el tipo de turbina según los criterios teóricos respecto a un análisis ingenieril por parte del autor de la tesis.

Tabla 11.*Matriz de decisión*

Criterios	Importancia	Puntuación				Breve justificación	Puntuación Ponderada			
		Turbina Kaplan	Turbina Pelton	Turbina Francis	Turbina Bulbo		Turbina Kaplan	Turbina Pelton	Turbina Francis	Turbina Bulbo
Tipo de turbina y tipo de flujo	3	5	1	3	5	Se le asignó a cada tipo de turbina según la disposición que más se ajusta al proyecto	15	3	9	15
Potencia	3	5	5	5	5	Se le asignó a cada tipo de turbina debido a que todos los tipos de turbina cumplen con la potencia porque se busca es cubrir lo que haya disponible para producción de energía de esa zona	15	15	15	15
Diámetro	1	3	4	4	3	Se le asigna este puntaje a cada tipo de turbina porque se busca que la turbina ocupe el mejor espacio posible por la disposición de la zona	3	4	4	3
Altura	3	1	1	1	5	Se le asigna este puntaje a cada tipo porque se cuenta con 3,45 m de altura de las mareas buscando cumplir ello	3	3	3	15
Caudal	3	5	5	5	5	Se le asigna este puntaje porque todos los tipos de turbina cumplen con el criterio del valor de caudal en el proyecto	15	15	15	15
Eficiencia	2	4	3	4	4	Se le asigna este puntaje a los tipos de turbina porque se quiere alcanzar la mayor eficiencia para los datos del proyecto como son la altura y caudal	8	6	8	8
Velocidad específica	1	4	1	1	5	Se tiene una velocidad específica alta mayor de 1000 por lo tanto se le asigna este valor a los tipos de turbina porque solo algunos cumplen con este criterio	4	1	1	5
Total		27	20	23	32		63	47	55	76

Nota. Se muestra la matriz de decisión realizada para el caso de estudio.

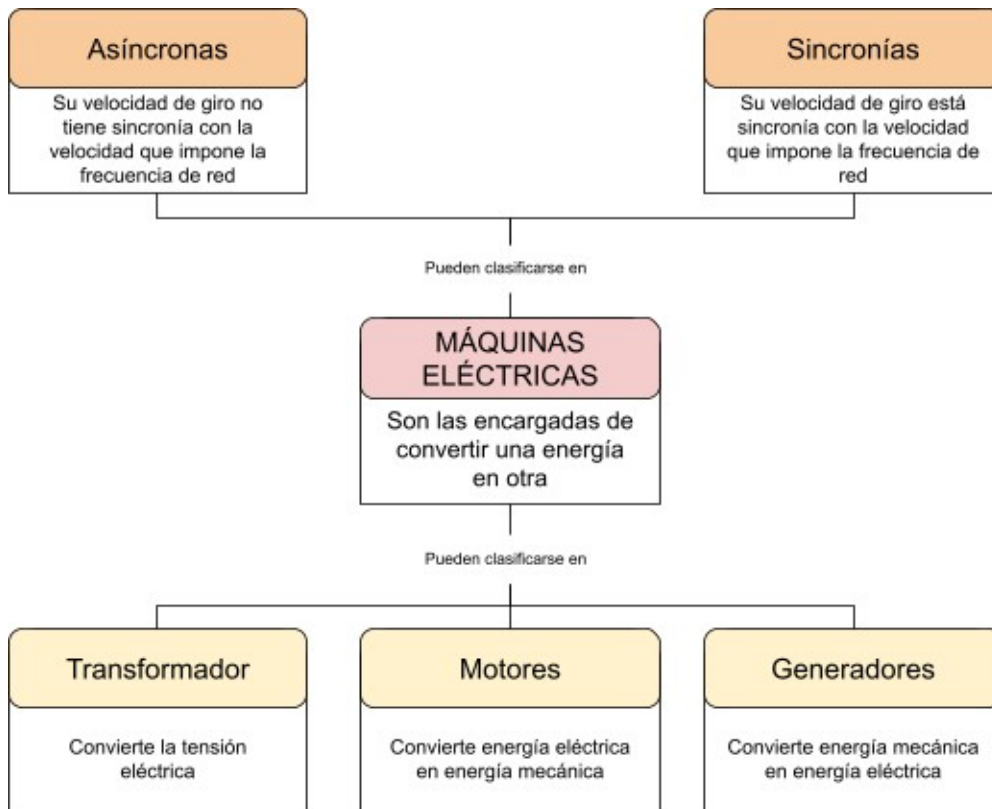
También se puede observar que los tipos de turbina que obtienen mayor puntaje son Bulbo y Kaplan. La turbina Bulbo con 76 puntos y la turbina Kaplan con 63, esto respecta a un estudio teórico y una evaluación aplicada, si bien la turbina destacable es la turbina Bulbo, según el estudio realizado en esta tesis no se descarta la turbina Kaplan, ya que en el mercado se encuentran diseños de ambas turbinas y que ofrecen mayor eficiencia.

4.1.3. *Generador*

En la búsqueda de información se ubica la teoría de máquinas eléctricas la cual es expuesta en la Figura 30, se requiere para realizar la selección según este caso. Con base a ello, realizaremos la primera selección, necesitamos una máquina que nos permita transformar la energía mecánica que nos brinda la turbina y convertirla en energía eléctrica, junto con este concepto se elige, un generador eléctrico. La segunda selección es una máquina eléctrica síncrona, debido a que el sistema estará conectado a la red eléctrica de la zona.

Figura 30.

Mapa conceptual de máquinas eléctricas

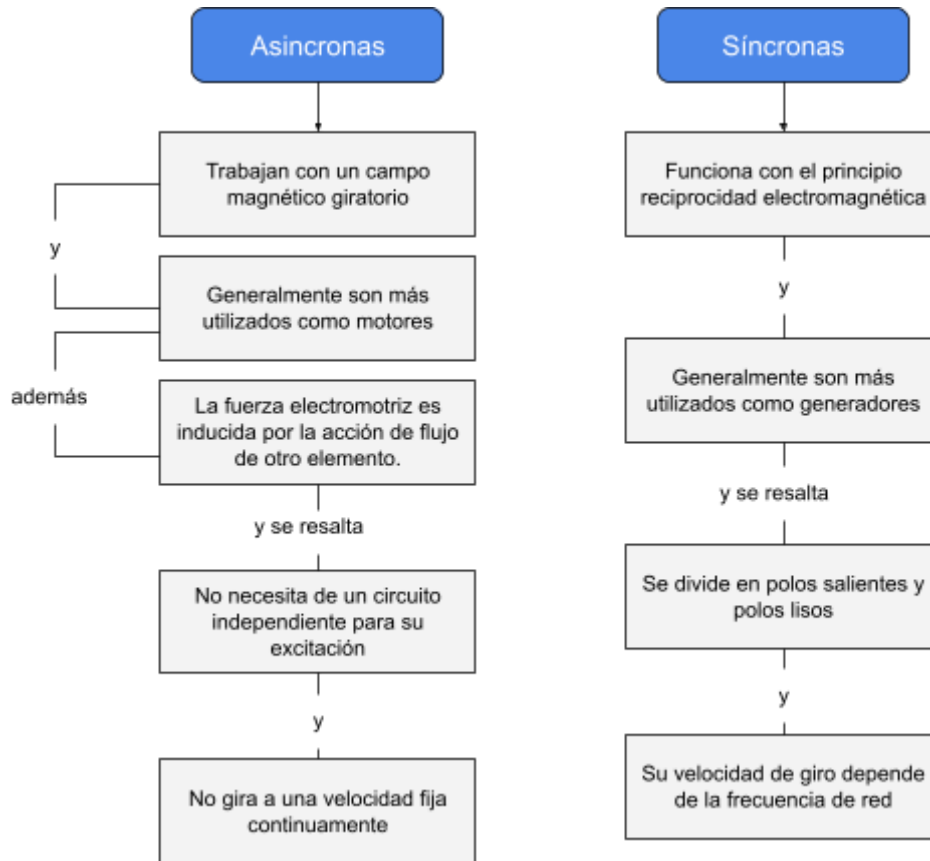


Nota. En el mapa conceptual se puede detallar las calificaciones de máquinas eléctricas Tomado de: J. Fraile Mora, Maquinas eléctricas, 6a ed. Madrid: Mc Graw Hill, 2008.

Si bien en la clasificación de máquinas eléctricas existen las máquinas asíncronas y las síncronas, se observa en la Figura 31, las características de cada uno las cuales ratifican la selección mencionada anteriormente.

Figura 31.

Características de las máquinas asíncronas y síncronas

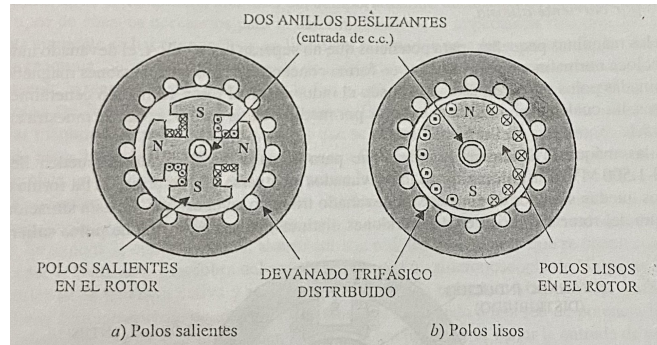


Nota. En el cuadro se puede encontrar una comparación de los tipos de generador asíncronos y síncronos Tomado de: J. Fraile Mora, Maquinas eléctricas, 6a ed. Madrid: Mc Graw Hill, 2008.

Una vez seleccionado el tipo de máquina, se realizará la distinción de los polos los cuales nos permitirán acercarnos a una especificidad de generador eléctrico. Los polos salientes se utilizan en centrales hidráulicas y para centrales térmicas se manejan polos lisos. Se diferencian en que los polos salientes son de manera concentrada y en polos salientes están distribuidos en ranuras como se muestra en la Figura 32. Son construidas por dos devanados independientes, el inductor y el inducido, y, su colocación depende del tamaño de la máquina, entonces, si son pequeñas, el devanado inductor se sitúa en el estator y el inducido en el rotor, en el caso de las máquinas grandes, en sentido contrario.

Figura 32.

Tipos de ubicación de polos en máquinas síncronas.



Nota. La imagen representa la ubicación de los polos dependiendo de su tipología para las máquinas síncronas. Tomado de: J. Fraile Mora, Maquinas eléctricas, 6a ed. Madrid: Mc Graw Hill, 2008.

Para calcular la velocidad de rotación se utiliza la siguiente ecuación [33]:

Ecuación 8.

Revoluciones de eje con polos

$$n = \frac{60f}{p} \quad (8)$$

n = velocidad de rotación (rpm)

f= Frecuencia de la red (Hz)

p= Número de pares de polos

Con base a la información anterior, para este caso se seleccionó un generador síncrono de polos salientes. A continuación, se calcula el número de polos de acuerdo con la velocidad de giro calculada previamente.

Para ello, se despeja de la ecuación 8 el número de polos, obteniendo:

Ecuación 9.

Número de polos

$$p = \frac{60f}{n} \quad (9)$$

Se tiene en cuenta que la frecuencia de red para América es de 60 Hz, por lo tanto, se reemplaza en la ecuación 9 los valores:

$$p = \frac{60 * 60Hz}{476.94 rpm}$$

$$p = 7.55$$

La ecuación permite conocer los pares de polos, al deber ser un número par, de acuerdo con el cálculo anterior, se aproxima a 8 pares de polos salientes.

Por lo tanto, se debe recalcular el número de revoluciones, partiendo del número de pares de polos, con el que se debe plantear las condiciones del sistema. Esto se debe a que el generador y la turbina comparten el mismo eje, por lo tanto, el número de revoluciones de la turbina es el mismo que las del generador.

Reemplazando en la ecuación 8, se encuentra que n tiene un valor de:

$$n = \frac{60 * 60 \text{ Hz}}{8}$$
$$n = 450 \text{ rpm}$$

4.1.4. Embalse

Se realizó una búsqueda de estudios realizados sobre procesos de ingeniería aplicada en implementación de energía mareomotriz en el mundo. Al revisar estos documentos se encontró que manejan el mismo procedimiento para encontrar el caudal de agua que pasa por la turbina planteado por el autor de la tesis. Se parte desde un conocimiento de caudal como el tiempo que se gasta en llenar determinado volumen y de igual manera, se puede hallar multiplicando el área y el volumen. Con base a esto, se desarrollará este ítem basado en el concepto de caudal y se plantea en la ecuación 10 [34].

Ecuación 10.

Caudal teórico

$$Q = \frac{V}{t} \text{ (10)}$$

Q: Caudal ($\frac{m^3}{s}$)

V: Volumen (m^3)

t: Tiempo de llenado (s)

En este punto, lo que se necesita encontrar es el volumen, por lo tanto, la ecuación 10, se despejará el mismo y se obtiene lo siguiente:

Ecuación 11.

Volumen

$$V = Q * t \text{ (11)}$$

Reemplazando los datos encontrados en los numerales 1.1.1.2 respectivamente de Q y la definición de Δt en la ecuación 11 se obtiene:

$$V = \left(3.70 \frac{m^3}{s} \right) * 21612.5 s$$

$$V = 79966.25 m^3$$

Además, basados en los diferentes aspectos se decide que el embalse deberá tener una construcción y disposición de manera cuadrada o rectangular. Se conoce que para calcular el volumen de un rectángulo o cuadrado se multiplican el largo, ancho y la altura, por lo tanto, para obtener los valores de estas se puede despejar el volumen aplicando la raíz cúbica de la siguiente manera:

$$79966.25 m^3 = V$$

Aplicando la raíz cúbica:

$$\sqrt[3]{79966.25 m^3} = largo = ancho = altura$$

$$43.08 m = largo = ancho = altura$$

En las plantas instaladas en el mundo, se han construido las presas que encierran los embalses con hormigón debido a su composición compuesta de aglomerante, fragmentos de agregado, agua y aditivos [21]. De acuerdo con la búsqueda de información realizada sobre la clasificación del hormigón, se refleja que el hormigón con las propiedades más aptas para este caso es el hormigón armado sumergido. Este material consiste en utilizar hormigón reforzado con barras de acero lo que permite que la estructura tenga una buena resistencia a la compresión, ayuda a resistir los esfuerzos de tracción de esta y evita que se produzca un pandeo. Gracias a la presión que hace el hormigón a las barras de acero se crea una fuerte adherencia química que afecta positivamente a la adherencia física, además, el acero y el hormigón tiene coeficientes de dilataciones similares y su consecuencia es que se desprecian las tensiones internas a causa de los cambios de temperatura. Como la presa estará expuesta a un escenario ambiental que produce fuertes daños en la misma por la corrosión, este material es ideal porque el pH alcalino del cemento hace que el acero sufra el proceso de pasivación por lo tanto protege el mismo contra la corrosión. Es un material recomendado para estos tipos de escenarios marinos [35].

Ante los organismos marítimos y los diferentes problemas como daño por heladas, corrosión de las armaduras, ataques químicos del hormigón crecimientos biológicos y se recomienda utilizar un hormigón con superficie densa y dura, como lo son, Portland, Siderúrgico, Con Agregado A, Puzolámico y Cemento hidráulico, específicamente sugiere utilizar el cemento de tipo escoria de alto horno o Portland con contenidos de aluminato tricálcico C3 A bajos o moderados [35].

5. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

En este capítulo se presentarán las actividades de mantenimiento para el sistema de turbina y generador, los cuales son el centro del proyecto de grado y serán tenidas en cuenta en el estudio financiero.

Los principales problemas que presenta el sistema de turbina y generador pueden ser los desbalanceo de masa o magnéticos, desalineaciones, eje doblado, problemas estructurales, soldaduras y problemas en las hélices. El principal problema al que están expuestas las maquinas corresponde a la corrosión de estas por el ambiente marino. Para evitar las fallas en el sistema, a continuación, se exponen actividades y propuestas para un mantenimiento:

- **Análisis de vibraciones:** Es un análisis para mantenimiento predictivo en donde se pueden implementar algunos equipos de medición para realizar una base de datos del comportamiento del sistema con respecto a las variables iniciales. Los equipos implementados pueden ser sensores de proximidad para la falla de desbalance de masa y sensores de vibraciones en el estator para el desbalance magnético, sensores de proximidad antes del acople y en el eje para la falla de desalineaciones, acelerómetros para la falla de soldadura o estructura y los problemas con las hélices [36].
- **Análisis de aceites:** Es un análisis de mantenimiento predictivo en el cual nos ayudará a evitar problemas en los materiales y contaminación, como es la oxidación, lubricación y corrosión. Esto, se logra con un análisis de las muestras de aceite que se recogen en cada uno de los puntos y compararla con los valores estándar que debería tener el producto [37].
- **Inspección visual:** Se recomienda esta inspección visual de manera recurrente por un especialista en mantenimiento de turbinas Kaplan - Bulbo, con el fin de diagnosticar la turbina y aplicar las medidas correctivas pertinentes si se requiere.

Con base a las propuestas se definirá los costos promedio para cada uno junto con una breve comparación del estimado para mantenimiento según la producción de un 20% como lo recomiendan los expertos [37].

6. ESTUDIO FINANCIERO

Se aplicará el estudio financiero denominado costo anual uniforme equivalente (CAUE) debido a que nos permite escoger una alternativa con el menor costo posible. Se compone de tres elementos: inversión original, costos de operación o mantenimiento y salvamento. Para cada elemento existe un estudio matemático el cual nos ayuda a determinar la variable. En la ecuación 12 se puede determinar la inversión original y la ecuación 13 el salvamento, contemplan las diferentes variables para un desarrollo financiero como es la tasa de interés y el tiempo de evaluación [38].

$$\text{Inversión original} = \frac{\text{valor de la maquinaria}}{\left[\frac{1-(1+TIO)^{-n}}{TIO}\right]} \quad (12)$$

$$\text{Salvamento} = \frac{\text{valor de salvamento} * TIO}{[(1+TIO)^n - 1]} \quad (13)$$

TIO = Tasa de interés de oportunidad (%)

n = vida útil de la maquinaria (años)

En este proyecto se estudiará financieramente la Turbina Hidráulica mediante el CAUE porque es la máquina principal de los equipos seleccionados y de esta depende las diferentes variables ingenieriles.

Por lo tanto, el CAUE se calcula con la siguiente fórmula [38]:

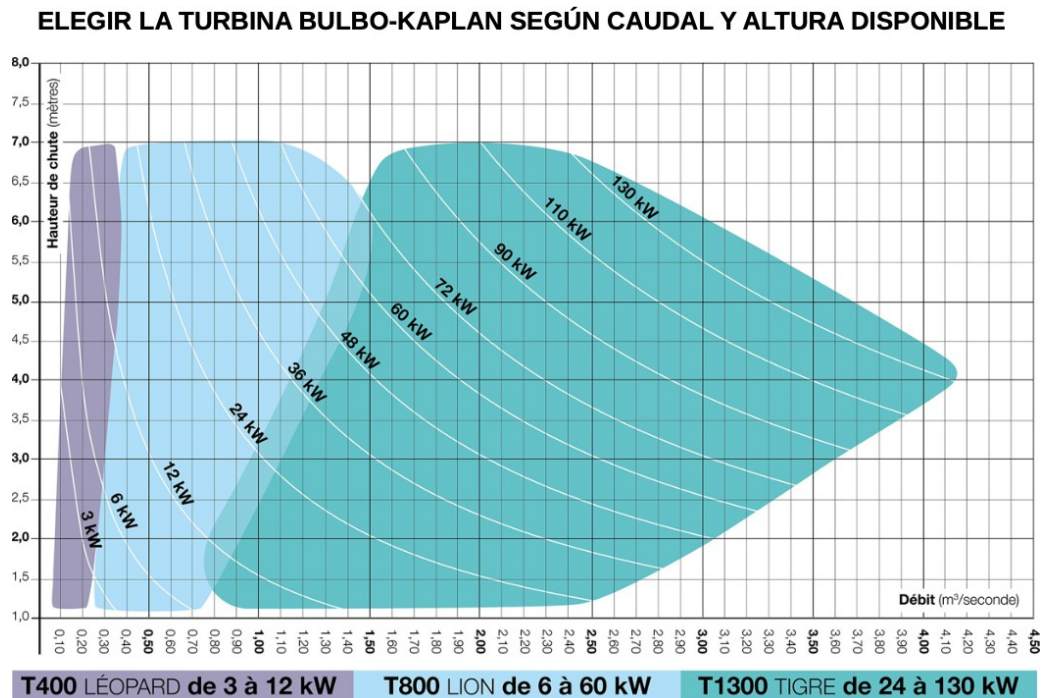
$$CAUE = \text{inversión original} + \text{costos de operación} - \text{salvamento} \quad (14)$$

6.1. Inversión original

Para la inversión inicial se cotizó la turbina hidráulica con las características descritas en el capítulo 4. Para este estudio se tomará en cuenta la información proporcionada por la empresa Hidric, la cual cuenta con un gran catálogo de turbinas y mayor accesibilidad al conocimiento de precios. La empresa Hidric [39], proporciona una gráfica para elegir la turbina según las características halladas en el capítulo anterior en su catálogo a disposición, la cual se observa en la Figura 33.

Figura 33.

Gráfica para selección de turbina según el catálogo



Representación y distribución oficial HÍDRIC, SL
Tel: 0034-656 855 411; saloria@hidric.com, www.hidric.com

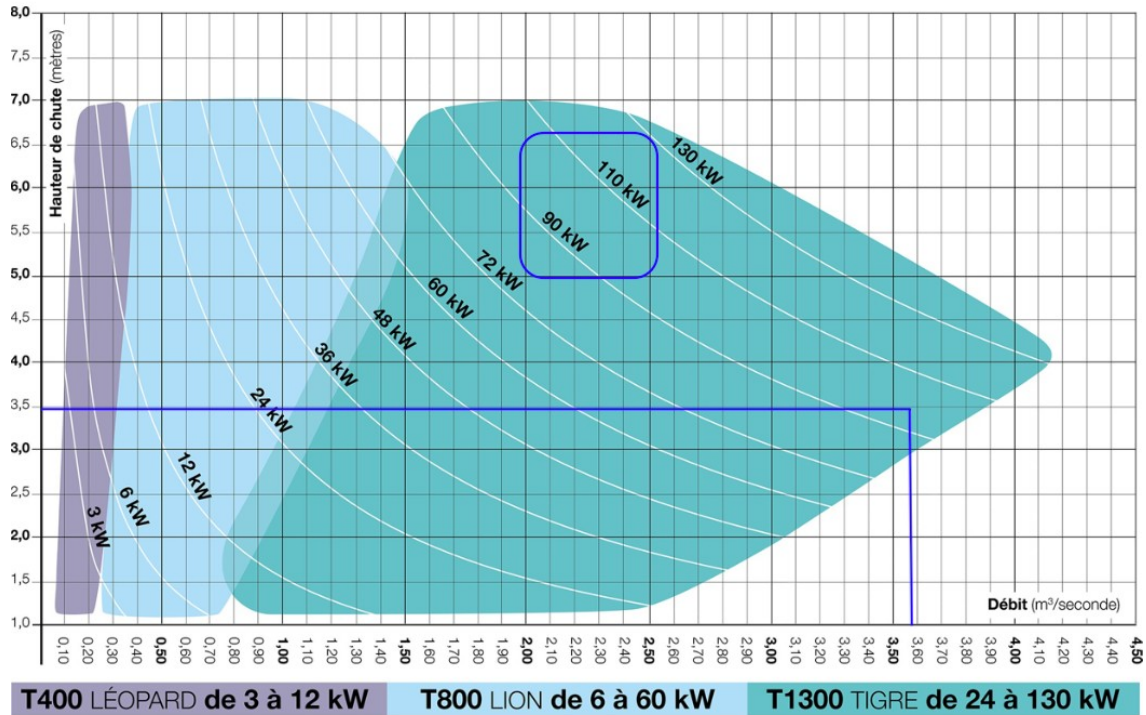
Nota. representa los márgenes de selección según la empresa para turbinas de tipo bulbo-Kaplan.
Tomado de: Hidric, (sep 20 2022), Tarif A – 2022, [En línea]. <https://www.hidric.com/es/>

De acuerdo con las características de este proyecto, se trazan unas líneas de color azul las cuales indican el punto donde se encuentran las variables de caudal y la altura, con ello se puede identificar el tipo de turbina según el catálogo y además de la potencia. Se identifica en la Figura 34, que según los valores de caudal y altura hallados en el capítulo 4, la potencia de la turbina hidráulica tipo Kaplan - bulbo oscila entre las curvas de 90 y 110 kW como se señalan en el recuadro de contorno azul, por lo tanto, se comparan las opciones que rodean estos valores de potencia en el estudio con el fin de proporcionar la mejor propuesta según la investigación realizada.

Figura 34.

Gráfica trazada para selección de turbina según el catálogo

ELEGIR LA TURBINA BULBO-KAPLAN SEGÚN CAUDAL Y ALTURA DISPONIBLE



Representación y distribución oficial HÍDRIC, SL
Tel: 0034-656 855 411; saloria@hidric.com, www.hidric.com

Nota. muestra la clase de turbina y las potencias de esta. Tomado de: Hidric, (sep 20 2022), Tarif A – 2022, [En línea].
<https://www.hidric.com/es/>

Por lo tanto, se escoge una turbina de clase T1300 TIGRE de 24 a 130 kW y los valores respectivos para una potencia de 90, 100 y 115 kW respectivamente los valores que se encuentran en el catálogo y rodean el valor de potencia obtenida. Con los datos de potencia máxima, buscamos la potencia más cercana a las curvas en el catálogo de la empresa y se obtuvo las características y el valor para cada turbina como se observa en la Figura 35 y Anexo 4.

Figura 35.

Identificación de la turbina hidráulica

T1300 - Turbina Tigre 24 kW a 130 kW con generador trifásico 400 voltios			
Potencia Nominal Max en kW	Características técnicas		Precio de venta
90 kW	Trifásico	Turbina de acero inoxidable anticorrosión y acero inoxidable, bronce marino pálido, con fibra de Beton HP incluido.	138.400 €
100 kW	Trifásico	Turbina de acero inoxidable anticorrosión y acero inoxidable, bronce marino pálido, con fibra de Beton HP incluido.	159.400 €
115 kW	Trifásico	Turbina de acero inoxidable anticorrosión y acero inoxidable, bronce marino pálido, con fibra de Beton HP incluido.	169.400 €

Nota. En el cuadro de contorno morado se muestra la selección de las turbinas con potencias respectivas de 90 y 100 kW con su respectivo precio y características. Tomado de: Hidric, (sep 20 2022), Tarif A – 2022, [En línea]. <https://www.hidric.com/es/>

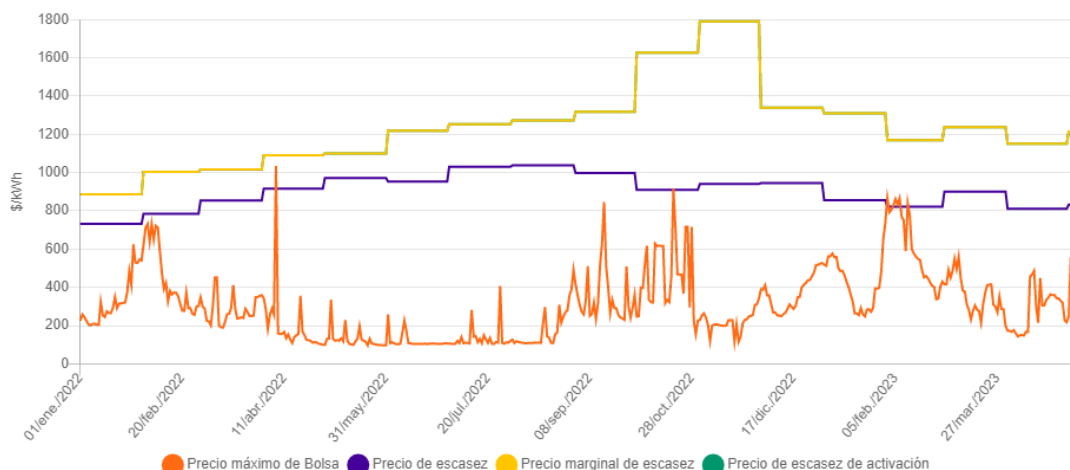
Respectivamente los precios de la maquinaria son: Turbina de 90 kW corresponde a 138400€, para la turbina de 100 kW corresponde a 159400€ y para la turbina de 115 kW corresponde a 169400€.

6.2. Salvamento

Una vez definidos los valores para las turbinas, se procede a conocer el valor del salvamento, en el cual se va a tener en cuenta el precio de la bolsa de la empresa XR. La empresa realizó un estudio de precio de bolsa desde enero de 2022 hasta abril de 2023, estudio del cual se calculará el valor promedio para el precio de energía en Colombia porque este valor varía notoriamente en el tiempo como se puede observar en la Figura 36. En el anexo 3 se puede observar los valores respectivos a los días en los dieciséis (16) meses analizados del cual se obtiene el valor promedio mostrado en Tabla 12 [40].

Figura 36.

Comportamiento del precio de energía de la bolsa



Nota. En la gráfica se puede observar el precio máximo de bolsa el cual es único para los sistemas interconectados en cada periodo de horario y los precios de escasez los cuales aplica para los comerciantes de energía. Tomado de: Xm, “Precio de bolsa y escasez”, [En línea]. <https://www.xm.com.co/transacciones/cargo-por-confiabilidad/precio-de-bolsa-y-escasez>. [Acceso: mayo 15 de 2023]

Tabla 12.

Precio de bolsa promedio

Periodo de tiempo	Precio promedio de Bolsa (\$/kWh)
Enero 2022 - abril 2023	\$302.59 COP

Nota. Se conoce el precio promedio de energía de la bolsa para energía en Colombia.

Con este dato se procede a calcular el valor de ingreso promedio que obtendría el proyecto teniendo en cuenta la potencia calcula en el capítulo 4, la cual corresponde a 111.66 kW. Si bien esta potencia calculada no contempla las pérdidas como se menciona anteriormente es importante recordarlo, además de rescatar que esta potencia se obtendría en un tiempo de 24 horas, debido a que se calculó con base en el tiempo que tarda un ciclo de las mareas. Por lo tanto:

$$116.66 \text{ kW} \rightarrow 24 \text{ horas}$$

Se debe calcular cuánta energía es producida por hora, para poder calcular al valor promedio de la misma y se realiza el siguiente análisis:

$$116.66 \text{ kW} \rightarrow 24 \text{ horas}$$

$$\text{energía por hora} \rightarrow 1 \text{ hora}$$

Despejado la incógnita de energía por hora se obtiene lo siguiente:

$$\text{energía por hora} = \frac{1 \text{ hora} * 116.66 \text{ kW}}{24 \text{ horas}}$$

$$\text{energía por hora} = 4.9 \text{ kW}$$

En función de ello, se calcula el valor de la energía obtenida con el precio de la bolsa de la siguiente manera:

$$\$ 306.59 \rightarrow 1 \text{ kWh}$$

$$\text{Valor de energía} \rightarrow 4.9 \text{ kWh}$$

Se analiza y se obtiene lo siguiente:

$$\text{Valor de energía} = \frac{4.9 \text{ kW} * 306.59}{1 \text{ kWh}}$$

$$\text{Valor de energía} = \$ 1.490 \text{ COP}$$

Este análisis del CAUE se realiza anualmente, se procederá a obtener este valor anual para finalmente obtener la variable del salvamento. Se conoce el valor del kW por hora entonces se multiplicará este valor por los kW que se producen en las 24 horas, para obtener el valor por días y luego se multiplicará por los días del año y se obtendrá el valor anual, como se observa a continuación:

$$\$ 1,490 \rightarrow \text{Valor de energía producida por hora}$$

$$\$ \rightarrow \text{Valor de energía producida por día}$$

Convirtiendo el valor de energía producida por hora a día:

$$\text{Valor de energía producida por día} = \frac{24 \text{ horas} * 1,490}{1 \text{ hora}}$$

$$\text{Valor de energía producida por día} = \$ 35,767 \text{ COP}$$

Convirtiendo el valor de energía producida por día a año:

$$\text{Valor de energía producida por un año} = \frac{365 \text{ días} * 35,767}{1 \text{ día}}$$

$$\text{Valor de energía producida por un año} = \$ 13,054,878 \text{ COP}$$

Finalmente se obtiene un valor de \$13'054,878 COP para la energía producida, siendo este un máximo de referencia para el análisis. Una vez se obtiene el valor máximo tanto de potencia como de salvamento, se procede a realizar el mismo cálculo con las potencias que alcanzan las turbinas seleccionadas y en la Tabla 14 se observa lo obtenido.

Tabla 13.

Valor de energía por año en las diferentes potencias

Potencia	Valor de energía por año
90	10,071,482
100	11,190,535
115	12,869,115

Nota. Se observa el valor de energía por año con las diferentes potencias de turbinas siguiendo el procedimiento descrito con la potencia máxima.

6.3. Costos de operación

A continuación, presentaremos el cálculo para definir los costos por mantenimiento basados en las actividades de mantenimiento propuestas en el capítulo 5 y con un concepto adquirido de la experiencia en la industria descrita en artículos que es necesario destinar de un 20 a 25% del valor ganado para este tipo de actividades [37].

Se elige el 25% destinado para el mantenimiento con base a la investigación realizada respecto al entorno en el que se encontrará la turbina. Para este cálculo se tendrá en cuenta el valor del salvamento calculado anteriormente y del cual se obtuvo un valor de \$13,157,520 COP para encontrar el valor máximo asignado para esta actividad. Adicionalmente se destinarán \$5,000,000 mensuales para los gastos de personal en la planta, por lo tanto, el gasto anual en personal es de \$60,000,000 COP. Finalmente se obtiene el siguiente valor para costos de operación:

$$\text{costos de operación por año} = (13,157,520 * 25\%) + 60,000,000 \text{ COP}$$

$$\text{costos de operación por año} = \$ 63,263,720 \text{ COP}$$

Los costos de operación máximos que serán utilizados de referencia en el análisis de la propuesta final son de \$ 63,263,720 COP. Sin embargo, se pueden observar los costos de operación en la Tabla 14.

Tabla 14.

Valor de costos de operación con las diferentes potencias

Potencia	Costos de operación
90	2,517,870
100	2,797,634
115	3,217,279

Nota. Se observa el valor de costos de operación por año con las diferentes potencias de turbinas siguiendo el procedimiento descrito con la potencia máxima.

6.4. Cálculo financiero final

Se tendrá en cuenta que la vida útil (n) de las diferentes turbinas será aproximadamente de 15 años con un buen mantenimiento aplicado y una tasa de interés de oportunidad (TIO) del 21% según el cálculo del DTF.

Los precios de las turbinas están en moneda europea, euro, por lo tanto, se debe convertir esta moneda a peso colombiano para aplicar las diferentes ecuaciones mencionadas anteriormente. Para ello se tomará un promedio entre el valor más bajo y alto que ha tenido en el último año, que se pueden evidenciar en la Figura 37 y se detallan a continuación en la Tabla 15:

Tabla 15.

Precio del euro con respecto al COP

Precio de 1 euro a peso colombiano más bajo	\$ 4,041
Precio de 1 euro a peso colombiano más alto	\$5,313
Promedio de 1 euro a peso colombiano	\$4,677

Nota. Se evidencia los valores correspondientes al euro con respecto al peso colombiano.

Figura 37.

Comportamiento del euro en el último año



Nota. variación del euro en el último año con respecto al peso colombiano. Tomado de: LR, indicador económico, [En línea]. <https://www.larepublica.co/indicadores-economicos/mercado-cambiario/euro>. [Acceso: mayo 15 de 2023]

Respectivamente con el valor de conversión promedio calculado procedemos a calcular el valor en pesos colombianos de las turbinas:

$$\begin{aligned} \text{Turbina de 90 kW} &\Rightarrow 138400 \text{ euros} \rightarrow 647,296,800 \text{ COP} \\ \text{Turbina de 100 kW} &\Rightarrow 159400 \text{ euros} \rightarrow 745,513,800 \text{ COP} \\ \text{Turbina de 115 kW} &\Rightarrow 169400 \text{ euros} \rightarrow 792,283,800 \text{ COP} \end{aligned}$$

Adicionalmente se destina un presupuesto de \$100,000,000 COP para el traslado de la turbina desde su lugar de venta, donde se cubre todo el recorrido e impuestos requeridos por Colombia.

6.4.1. Cálculo de la propuesta de la turbina de 90 kW

Se aplica la ecuación 12 para calcular la inversión original en este caso, sustituyendo los valores:

$$\begin{aligned} \text{Inversión original} &= \frac{647,296,800 + 100,000,000 \text{ COP}}{\left[\frac{1 - (1 + 0.21)^{-15}}{0.21} \right]} \\ \text{Inversión original} &= \$ 162,655,251 \text{ COP} \end{aligned}$$

Se aplica la ecuación 13 para calcular la inversión original en este caso, sustituyendo los valores:

$$\text{Salvamento} = \frac{10,071,482 \text{ COP} * 0.21}{[(1 + 0.21)^{15} - 1]}$$

$$\text{Salvamento} = \$ 128,577 \text{ COP}$$

Por último, se procede a calcular el CAUE teniendo en cuenta el valor de costos de mantenimiento calculados en el ítem anterior, aplicando la ecuación 14:

$$\text{CAUE} = 162,655,251 \text{ COP} + 63,263,720 \text{ COP} - 128,577 \text{ COP}$$

$$\text{CAUE} = \$ 225,790,394 \text{ COP}$$

6.4.2. Cálculo de la propuesta de la turbina de 100 kW

Se aplica la ecuación 12 para calcular la inversión original en este caso, sustituyendo los valores:

$$\text{Inversión original} = \frac{745,513,800 + 100,000,000 \text{ COP}}{\left[\frac{1 - (1 + 0.21)^{-15}}{0.21} \right]}$$

$$\text{Inversión original} = \$184,032,983 \text{ COP}$$

Se aplica la ecuación 13 para calcular la inversión original en este caso, sustituyendo los valores:

$$\text{Salvamento} = \frac{11'190,535 \text{ COP} * 0.21}{[(1 + 0.21)^{15} - 1]}$$

$$\text{Salvamento} = \$ 142,863 \text{ COP}$$

Por último, se procede a calcular el CAUE teniendo en cuenta el valor de costos de mantenimiento calculados en el ítem anterior, aplicando la ecuación 14:

$$\text{CAUE} = 184,032,983 \text{ COP} + 63,263,720 \text{ COP} - 142,863 \text{ COP}$$

$$\text{CAUE} = \$ 247,153,840 \text{ COP}$$

6.4.3. Cálculo de la propuesta de la turbina de 115 kW

Se aplica la ecuación 12 para calcular la inversión original en este caso, sustituyendo los valores:

$$\text{Inversión original} = \frac{792,283,800 + 100,000,000 \text{ COP}}{\left[\frac{1 - (1 + 0.21)^{-15}}{0.21} \right]}$$

$$\text{Inversión original} = \$194,212,855 \text{ COP}$$

Se aplica la ecuación 13 para calcular la inversión original en este caso, sustituyendo los valores:

$$Salvamento = \frac{12'869,115 \text{ COP} * 0.21}{[(1 + 0.21)^{15} - 1]}$$

$$Salvamento = \$ 164,293 \text{ COP}$$

Por último, se procede a calcular el CAUE teniendo en cuenta el valor de costos de mantenimiento calculados en el ítem anterior, aplicando la ecuación 14:

$$CAUE = \$194,212,855 \text{ COP} + 63,263,720 \text{ COP} - 164,293 \text{ COP}$$

$$CAUE = \$ 257,312,282 \text{ COP}$$

6.5. Selección financiera

Con base a la definición del estudio financiero aplicado CAUE se elige la propuesta de menor costo, la cual corresponde a la turbina de 90 kW con un valor de CAUE igual a 225,790,394. Sin embargo, en el siguiente capítulo se definirá la propuesta final de acuerdo con los diferentes estudios realizados.

7. PROPUESTA FINAL

Para la propuesta final aplicará la matriz de decisiones expuesta en el ítem 4.1.2 de acuerdo con unas características que se especifican en la misma como se observa en la Tabla 16.

Por lo tanto, en la matriz de decisión se observa que los puntajes son muy cercanos uno del otro, sin embargo, con las características seleccionadas junto con la importancia de cada una en el proyecto, se puede observar que la mejor alternativa es una turbina Kaplan - bulbo de 100 kW. Además, según el análisis ingenieril de la autora del proyecto de grado, ratifica dicha selección porque la potencia máxima encontrada es cerca de los 116 kW, pero hay que tener en cuenta que esta potencia no ha contemplado las pérdidas entonces escoger esta alternativa ayuda a aprovechar la energía en un 86% y el salvamento de dinero es muy cercano al caso ideal. Se descarta la turbina de 90 kW porque el porcentaje de energía aprovechada es el mínimo de los tres casos y la intención es aprovechar lo que más se pueda para así mismo brindar un buen servicio a la población que no lo tiene energía.

Finalmente, el diseño conceptual se compone de un embalse cuadrado con un volumen de $79966.25 m^3$, seguido de una turbina Kaplan-bulbo referencia T1300 - Turbine Tigre 24 kW a 130 kW trifásica de una potencia específica de 100 kW y un generador eléctrico síncrono conectado en el eje de la turbina y, por último, será conectado al sistema de red de la zona, como se puede observar en el anexo 4.

Tabla 16.

Matriz de decisión propuesta final

Criterios	Importancia	Puntuación			Breve justificación	Puntuación Ponderada		
		Turbina de 90 kW	Turbina de 100 kW	Turbina de 115 kW		Turbina de 90 kW	Turbina de 100 kW	Turbina de 115 kW
Aprovechamiento de la energía máxima	3	3	4	5	Se asigna el valor dependiendo del valor de la potencia que más se acercará al valor máximo de la misma	9	12	15
Estudio financiero (CAUE)	2	5	4	2	Se asigna el valor dependiendo del valor de CAUE realizado anteriormente buscando el menor costo	10	8	4
Salvamento	3	3	4	4	Se asigna el valor dependiendo de cuál de las turbinas produce más en dinero anual buscando una recuperación de la inversión rápida	9	12	12
Impacto en el contexto ambiental y socioeconómico	2	4	4	4	Se asigna el valor dependiendo de cual ocupa menos espacio, cuál tiene menor impacto en cuanto a los materiales de construcción y finalmente el impacto en la vidadiaria de los habitantes	8	8	8
Total		15	16	15		36	40	39

Nota. Se evidencia la matriz de decisión donde se especifican las principales características para la selección de la mejor propuesta a presentar.

8. CONCLUSIONES

Se caracterizó la zona de Bajo Baudó y se obtuvo un potencial disponible en el océano pacífico de 128,446.8 W, altura de marea de 3.45 m, temperaturas superficiales de 27 a 28.5 °C y finalmente una salinidad de 20 a 32 PSU.

Para el diseño conceptual se seleccionaron los siguientes equipos de acuerdo a las características de la zona y la teoría: Método de extracción de sección de marea, Turbina Kaplan- Bulbo con una potencia útil de 111.66 kW (Comercialmente una Turbina T1300 – Tigre 100 kW – Hidric), un generador eléctrico síncrono con 8 polos salientes y un embalse cuadrado con un volumen de 79,966 m³.

De igual manera se establece que el mejor diseño conceptual para este estudio de la zona de Bajo Baudó específicamente Cueva puede cubrir acerca de un 40% de la energía consumida por los habitantes siendo constante en el tiempo.

Finalmente, se concluye que implementar esta alternativa es costoso (247,153,840) sin embargo soluciona la problemática de distribución y consumo de energía en la zona y no dependerá de la llegada del combustible y se disminuye la contaminación en esta zona rural. Es una alternativa de producción de energía eléctrica para la población de Cueva.

Resaltando el impacto ambiental que puede tener la planta con el mar, se destaca que el método de extracción seleccionado es el menos invasivo y de igual manera el que genera menos impacto, ya que se puede llegar a dañar el ecosistema con los alabes de la turbina y el deterioro de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] El tiempo, “El mapa de 1.710 poblados que aún se alumbran con velas en Colombia”, [En línea]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/los-lugares-que-aun-viven-sin-energia-electrica-en-colombia-325892>. [Consultado: 20-febrero-2022].
- [2] IPSE, “Boletín datos ipse diciembre 2021”, Colombia, 3, enero, 2022 [PDF]. Disponible en: <https://ipse.gov.co/blog/2022/01/03/boletin-de-datos-ipse-diciembre-2021/>, Acceso: [20 febrero, 2022].
- [3] IPSE, “Boletín datos ipse febrero 2022”, Colombia, 2, marzo, 2022 [PDF]. Disponible en: <https://ipse.gov.co/blog/2022/03/02/boletin-de-datos-ipse-febrero-2022/>. [Acceso: 20 feb, 2022].
- [4] Ministerio de Minas y Energía, “Informes Mensuales de Telemetría Diciembre 2019”, [PDF]. Disponible en: <https://ipse.gov.co/cnm/informe-mensuales-telemetria/>. [Acceso: 20 feb, 2022].
- [5] Ministerio de Minas y Energía, “Informes Mensuales de Telemetría Enero 2022”, [PDF]. Disponible en: https://ipse.gov.co/documentos_cnm/documentos/informes_mensuales_de_telemetria/2022/enero/Informe%20mensual%20de%20telemetria%20Enero%202022.pdf. Acceso: [20 feb, 2022].
- [6] Ministerio de Minas y Energía, “Informes Mensuales de Telemetría Diciembre 2021”, [PDF]. Disponible en: <https://ipse.gov.co/cnm/informe-mensuales-telemetria/>. [Acceso: 20 feb, 2022].
- [7] J. Cervantes, C. Melchor, A. Medina y O. Cisnero, “Gases y ruidos, dos contaminantes de los grupos electrógenos. Estudio de caso: Emplazamiento belleza, Songo-La maya”, *Ciencia en su PC*, no. 2, pp. 56-65, jun, 2008. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181320254007.pdf>. [Acceso: 20 feb, 2022].
- [8] Neomotor, “Datos importantes sobre el calentamiento global y el automóvil en el año 2050”, (7 dic 2018), [En línea]. Disponible: <https://neomotor.epe.es/industria/datos-importantes-sobre-el-calentamiento-global-y-el-automovil-en-el-ano-2050-ABNM10543>. [Acceso: 20 febrero, 2022]
- [9] E. Ponce, (11 nov 2011). “Centrales Generadoras de Combustión Interna”. Blogspot. [En línea]. <http://ahorroenergiaernestopj.blogspot.com/2011/11/centrales-generadoras-de-combustion.html>. [Acceso: 20 febrero, 2022]
- [10] Departamento Nacional de Planeación, “Ficha de caracterización Bajo Baudo”, Colombia, 2013 [PDF]. Disponible: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/admon/files/empresas/ZW1wcmVzYV83Ng==/archivos/_1450104811_c1b8a241be6138ee6a063cbcb4356063.pdf. [Acceso: 20 feb, 2022]

- [11] Superintendencia delegada para energía y gas dirección técnica de gestión de energía, “Informe de gestión E.S.P de energía eléctrica de Bajo Baudó Pizarro S.A.”, Bogotá, Colombia, 2012 [PDF]. Disponible en: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/2012ieg-espdeenergiaselectricade_bajobaudopizarrosa.pdf. [Acceso: 20 feb, 2022]
- [12] Surfcanarias, “Las Mareas- ¿Qué son y cómo se producen?”, [En línea]. <https://www.surfcanarias.com/es/las-mareas-que-son-y-como-se-producen/> [12 Mar, 2022]
- [13] J. Moro Hernandez, Mareas. North Charleston, SC: Createspace Independent Publishing Platform, 2013.
- [14] Tabla de mareas, “Las Mareas y su influencia en la pesca deportiva”, [En línea]. <https://tablademareas.com/mareas> [12 Mar, 2022].
- [15] Ecología verde, “Qué son las mareas y porque se producen”, [En línea]. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-mareas-y-por-que-se-producen-3152.html> [12 Mar, 2022].
- [16] N.G.Garcia Ortiz, *Diseño y construcción de un prototipo de una central mareomotriz*, tesis pre. Ingeniería Eléctrica, Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México, 2011.
- [17] Inveimar, “Estado de los estuarios y manglares en Colombia”, Colombia, 2004 [PDF]. Disponible en: http://www.inveimar.org.co/redcostera1/inveimar/docs/EAMC_2004/06Estuariosmanglares.pdf [Acceso: octubre 10, 2022].
- [18] N. Rojas Rodriguez, A.S.Orjuela Villegas, *Viabilidad de dique carretable construido en la Ecorregión de la Mojana, como alternativa para evitar inundaciones*, tesis pre. Ingeniería, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2013. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/79eacdd1-f91e-4489-a5cb-effbba008b8b>
- [19] J.R. Quintero Gonzalez y L.S. Quintero Gonzalez, "Sistemas de producción y potencial energético de la energía mareomotriz", *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, Vol. 16, no. 1, pap. 39-35, sep, 2017, DOI: <https://doi.org/10.19053/1900771X.4078> [En línea]. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/4078. [marzo 2022].
- [20] L.A. Gomez Montaña y W.Y. Burgos Ramírez, *Actualización del inventario de posibilidades de generación de energía mareomotriz en Colombia*, tesis de pre. Ingeniería, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia, 2008. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/69/
- [21] S. Chirag y P.Abhishek , "A review on tidal energy technologies", *Materials Today: Proceedings*, vol. 56, no. 5, pp. 2774-2779, octubre, 2021, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.020> [En línea]. Disponible:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321064993?via%3Dihub>. [junio 2022].
- [22] M. Rueda, H. Higuera Salazar y J. A. Angulo Sinisterra, "Caracterización tecnológica de la flota de arrastre de camarón del pacífico de Colombia", *INVEMAR*. [En línea]. Disponible: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rebyc-2015/documents/CaracterizacionTeconologicaFlotaCamaroneraPacifico.pdf. [junio 2022].
- [23] IDEAM, "Caracterización climática de variables océano-atmosféricas sobre la cuena del Pacífico Colombiano", *Implementación del modelo WRF en ideam*, no. 4, pp. 13-58. Disponible: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/23877/clima+pacifico.pdf/e5e74fd3-67da-406e-968e-4d34d34e3f12>
- [24] M. C. Velandia, M. Scheel, C. Puentes Peñuela, D. Durán González, P. Osorio Velásquez, P. Delgado Ángel, N. Obando Mosquera, A. Prieto y J. M. Diaz, "Atlas Marino-Costero del Bajo Baudó, Colombia", Fundación MarViva, Bogotá, 2019 [PDF]. Disponible: <https://marviva.net/atlas-marino-costero-del-bajo-baudo/>
- [25] A. A. Mossos, "Informe telemetría mensual de septiembre", ipse y CNM, Bogotá, no. IPSE-GI-F06, [En línea]. Disponible: https://ipse.gov.co/documentos_cmn/documentos/informes_mensuales_de_telemetria/2022/septiembre/Informe%20Mensual%20de%20Telemetria%20Septiembre%202022.pdf
- [26] P. Breeze, "Tidal Barrage Power Plants", *Power Generation Technologies*, Newnes, 2019, cap. 9, pp. 203-2017. Disponible: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.uamerica.edu.co/science/article/abs/pii/B9780081026311000092>
- [27] S. Roshanmanesh, F. Hayati y M. Papaalias, "Tidal turbines", *Power Generation Technologies*, Butterworth-Heinemann, 2020, cap. 10, pp. 143-158. Disponible: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.uamerica.edu.co/science/article/abs/pii/B9780081010945000101>
- [28] S. Waters y G. Aggidis, "A world first: Swansea Bay Tidal lagoon in review" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56, pp. 916-921, 2016, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.011> [En línea].
- [29] M. Polo, *Turbomáquinas hidráulicas*, 1 era ed. México: Limusa, 1976.
- [30] C. P. Miranda de Freitas, *PROTOTIPAGEM DE UMA TURBINA DE BAIXA QUEDA A BAIXO CUSTO*, tesis pre. Facultad de Ingeniería, Universidade Federal Fluminense, Neiteroi, Brasil, 2020.
- [31] IBM Cúram Social Program Management, (24 abril de 2022), "Matrices de decisión", [En línea]. <https://www.ibm.com/docs/es/spm/8.0.2?topic=assist-configuring-decision-matrices>
- [32] Share4Rare, "Herramientas & Modelos Matriz de decisiones", Colombia [PDF]. Disponible:

https://www.share4rare.org/sites/default/files/imce/S4R_Toolkit_Decision%20Matrix_ESP.pdf

- [33] J. Fraile Mora, Maquinas eléctricas, 6a ed. Madrid: Mc Graw Hill, 2008.
- [34] J. López González, G. Hiriart y R. Silva, “Cuantificación de energía de una planta mareomotriz”, Ingeniería, investigación y tecnología, vl. 11, no. 2, jun. 2010. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432010000200009#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20potencial%20de%20la,y%20el%20nivel%20del%20embalse.
- [35] “El hormigón”, presentado a la clase de construcción y estructura náutica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 2015. [PDF]. Disponible en: https://wiki.ead.pucv.cl/images/5/5a/Clase_2_construcci%C3%B3n_1_n%C3%A1utica_2015_Hormig%C3%B3n.pdf
- [36] C. Collantes Rivero, “Análisis de vibraciones en turbinas hidráulicas Kaplan”, Power – Mi Blog, feb 24 2021. Disponible en: <https://power-mi.com/es/content/an%C3%A1lisis-de-vibraciones-en-turbinas-hidr%C3%A1ulicas-kaplan>
- [37] J. Terradills y J. I. Ciria, “Todo sobre la lubricación de las turbinas y su mantenimiento a través del análisis del aceite”, Ingeniería y gestión de mantenimiento: una nueva visión del mantenimiento, 2014, pp. 59-67 [PDF]. Disponible en: https://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/An%C3%A1lisis_aceite_turbinas_ES.pdf
- [38] R. A. Montenegro Robles. (2021). Matemáticas Financieras aplicadas en Ingenierías, Administración y Economía. [En línea]. Disponible: <https://editorial.uamerica.edu.co/index.php/editorial/catalog/book/6>
- [39] Hidric, (sep 20 2022), Tarif A – 2022, [En línea]. <https://www.hidric.com/es/>
- [40] Xm, “Precio de bolsa y escasez”, [En línea]. <https://www.xm.com.co/transacciones/cargo-por-confiabilidad/precio-de-bolsa-y-escasez>. [Acceso: mayo 15 de 2023]
- [41] LR, indicador económico, [En línea]. <https://www.larepublica.co/indicadores-economicos/mercado-cambiarior/euro>. [Acceso: mayo 15 de 2023]
- [42] M. KANOĞLU, Y. A. ÇENGEL y J. M. CIMBALA, *Fundamentals and Applications of Renewable Energy*.

ANEXOS

En año 2013:

Día	Tem.	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
M	1	0.4	2.47	0.13	1.6
M	2	0.1	0.1	0.21	2.37
M	3	0.4	2.52	0.5	2.31
M	4	0.45	2.25	0.4	2.44
M	5	0.49	2.11	0.32	2.28
M	6	0.32	2.0	0.61	2.53
M	7	0.49	2.08	0.84	2.58
M	8	0.4	2.25	0.84	2.58
M	9	2.34	0.24	2.44	0.4
M	10	2.12	0	2.12	0.21
M	11	2.51	0.21	2.59	0
M	12	4.09	0.27	4.13	-0.15
M	13	4.19	0.46	4.24	-0.21
M	14	4.13	0.45	4.24	0
M	15	-0.19	0.22	-0.24	4.11
M	16	-0.09	0.34	-0.12	2.51
M	17	0.09	0.5	0.12	2.99
M	18	0.5	0.52	0.4	2.44
M	19	0.32	0.5	0.67	2.25
M	20	0.7	2.37	0.89	2.05
M	21	0.82	2.77	1.04	1.8
M	22	2.94	0.3	2.77	1.87
M	23	2.99	0.78	2.8	1.91
M	24	2.03	0.67	2.03	0.83
M	25	1.2	0.49	1.25	0.7
M	26	2.22	0.54	2.41	0.32
M	27	2.44	0.19	2.34	0.54
M	28	2.34	0.06	2.36	0.21
M	29	2.37	0.05	2.72	0.12
M	30	2.37	0.05	2.72	0.12
M	31	0.98	0.34	0.97	2.68
MESES		2.42	0.25	2.38	0.23

Día	Tem.	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
M	1	0.06	2.44	0.06	2.52
M	2	0.12	2.23	0.12	2.78
M	3	0.21	2.2	0.24	2.58
M	4	0.2	2.09	0.49	2.59
M	5	0.4	2.02	0.61	2.22
M	6	0.4	2.11	0.38	2.5
M	7	0.52	0.27	0.52	0.26
M	8	2.31	0.09	2.3	0.21
M	9	2.72	-0.12	2.84	0
M	10	2.8	-0.5	4.03	-0.18
M	11	4.02	-0.4	4.13	-0.27
M	12	4.02	-0.4	4.13	-0.27
M	13	2.8	-0.5	4.03	-0.18
M	14	-0.19	2.19	-0.13	2.37
M	15	-0.25	2.14	0.09	2.42
M	16	0.19	2.28	0.24	2.18
M	17	0.37	2.02	0.38	2.11
M	18	0.38	2.0	0.32	2.3
M	19	0.78	2.03	1.01	2.17
M	20	0.38	2.62	1.07	2.04
M	21	2.4	0.39	2.71	1.04
M	22	2.82	0.75	2.9	0.89
M	23	2.98	0.33	2.14	0.96
M	24	2.2	0.37	2.33	0.4
M	25	2.38	0.13	2.34	0.18
M	26	2.34	0	2.72	0
M	27	2.42	-0.12	2.91	-0.12
M	28	2.96	-0.19	2.94	-0.27
M	29	2.52	0.19	2.58	0.34
MESES		2.52	0.19	2.58	0.34

Día	Tem.	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
M	1	-0.19	2.99	-0.19	2.94
M	2	-0.19	2.99	-0.19	2.94
M	3	-0.12	2.47	-0.09	2.5
M	4	0.05	2.29	0.24	2.41
M	5	0.21	2.14	0.49	2.25
M	6	0.37	1.93	0.38	2.14
M	7	0.45	1.11	0.61	2.07
M	8	2.2	0.27	2.29	0.46
M	9	2.38	0.21	2.34	0.27
M	10	2.37	0.65	2.33	0.69
M	11	2.75	-0.12	2.81	-0.12
M	12	2.97	-0.21	2.92	-0.24
M	13	2.9	-0.24	2.92	-0.24
M	14	2.94	-0.19	2.95	-0.28
M	15	2.94	-0.19	2.95	-0.28
M	16	0.96	0.31	0.12	2.37
M	17	0.12	2.28	0.24	2.32
M	18	0.5	1.88	0.38	2.11
M	19	0.32	2.87	0.79	2.37
M	20	0.7	2.71	0.94	2.71
M	21	0.32	2.62	1.04	2.62
M	22	0.88	2.71	1.01	2.62
M	23	2.74	0.19	2.8	0.89
M	24	2.85	0.44	2.14	0.61
M	25	2.14	0.45	2.29	0.27
M	26	2.53	0.21	2.5	0.09
M	27	2.37	0	2.91	-0.12
M	28	2.12	-0.12	2.94	-0.27
M	29	2.81	-0.21	2.99	-0.27
M	30	2.94	-0.21	2.94	-0.27
M	31	0.28	0.19	0.27	2.37
MESES		2.26	0.13	2.32	0.26

Día	Tem.	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
M	1	-0.24	2.96	0.06	2.99
M	2	-0.09	2.47	0.28	2.47
M	3	0.12	2.52	0.46	2.26
M	4	0.27	2.25	0.61	2.17
M	5	0.49	2.25	0.81	2.25
M	6	0.2	0.49	0.53	0.32
M	7	2.52	0.4	2.54	0.34
M	8	2.47	0.27	2.52	0.19
M	9	2.65	0.13	2.64	0.05
M	10	2.12	0.09	2.8	0.06
M	11	2.73	0.09	2.9	0.09
M	12	2.73	0.09	2.94	0.09
M	13	2.99	0.18	2.72	0.29
M	14	0.05	2.34	0.5	2.34
M	15	0.13	2.38	0.46	2.33
M	16	0.5	2.2	0.41	2.14
M	17	0.49	1.93	0.79	2.09
M	18	0.44	2.65	0.91	2.8
M	19	0.79	2.85	1.01	2.74
M	20	0.83	2.87	0.88	2.77
M	21	0.83	2.62	0.88	2.62
M	22	2.81	0.13	2.2	0.61
M	23	2.14	0.33	2.47	0.27
M	24	2.41	0.5	2.72	0.09
M	25	2.99	0.12	2.85	0.13
M	26	2.84	-0.09	2.88	0.14
M	27	2.44	-0.13	4.13	-0.4
M	28	4.02	-0.13	4.11	-0.11
M	29	2.99	-0.09	2.99	0.39
M	30	-0.24	0.87	0.89	2.81
M	31	0.44	0.24	0.34	0.22
MESES		2.44	0.24	2.34	0.22

Día	Tem.	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
M	1	0.09	2.72	0.27	2.6
M	2	0.13	2.37	0.46	2.81
M	3	0.27	2.44	0.61	2.63
M	4	0.33	2.41	0.67	2.25
M	5	0.61	2.47	0.91	2.41
M	6	2.29	0.61	2.37	0.32
M	7	2.38	0.38	2.44	0.41
M	8	2.31	0.49	2.73	0.27
M	9	2.6	0.45	2.79	0.19
M	10	2.96	0.4	2.91	0.12
M	11	2.96	0.4	2.73	0.12
M	12	2.63	0.42	2.99	0.19
M	13	2.37	0.46	2.91	0.21
M	14	0.24	2.47	0.38	2.41
M	15	0.27	2.29	0.32	2.29
M	16	0.49	2.29	0.79	2.11
M	17	0.61	2.17	0.89	2.09
M	18	0.24	2.11	0.91	2.0
M	19	0.82	2.1	0.91	2.0
M	20	0.82	2.17	0.92	2.0
M	21	2.02	0.76	2.53	0.84
M	22	2.2	0.84	2.57	0.4
M	23	2.44	0.42	2.79	0.12
M	24	2.99	0.24	2.99	-0.12
M	25	2.9	0.06	4.19	-0.27
M	26	4.09	0.05	4.24	-0.27
M	27	4.19	0.09	4.24	-0.27
M	28	4.19	0.09	4.13	-0.13
M	29	-0.27	4.11	0.09	2.94
M	30	0.09	2.96	0.24	2.79
M	31	0.12	2.81	0.42	2.84
MESES		2.33	0.36	2.48	0.27

Día	Tem.	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
M	1	0.37	2.99	0.38	2.38
M	2	0.38	2.84	0.7	2.26
M	3	0.72	2.81	0.75	2.2
M	4	1.22	0.82	2.51	0.7
M	5	1.26	0.72	2.44	0.61
M	6	1.23	0.79	2.6	0.32
M	7	1.46	0.75	2.44	0.41
M	8	1.34	0.67	2.69	0.34
M	9	1.6	0.61	2.69	0.27
M	10	1.8	0.38	2.89	0.27
M	11	1.6	0.38	2.87	0.21
M	12	2.37	0.61	2.47	0.26
M	13	2.46	0.51	2.64	0.26
M	14	0.42	2.44	0.7	2.38
M	15	0.27	2.29	0.79	2.12
M	16	0.61	2.22	0.79	2.09
M	17	0.7	2.22	0.79	2.09
M	18	0.76	2.22	0.71	2.09
M	19	0.76	2.41	0.61	1.82
M	20	2.22	0.67	2.9	0.42
M	21	2.44	0.32	2.79	0.19
M	22	2.59	0.24	2.99	0.22
M	23	2.52	0.13	2.8	-0.24
M	24	2.13	0	2.27	-0.34
M	25	2.27	-0.09	4.2	-0.37
M	26	4.5	-0.09	4.24	-0.37
M	27	4.5	-0.12	4.24	-0.37
M	28	4.5	-0.12	4.24	-0.37
M	29	0.09	2.95	0.24	2.6
M	30	0.37	2.73	0.33	2.58
M	31	0.62	0.43	0.49	0.46
MESES		0.62	0.43	0.49	0.46

Día	Tem.	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
M	1	0.61	2.97	0.7	2.2
M	2	0.82	2.41	0.82	2.11
M	3	0.94	2.33	0.83	2.03
M	4	1.11	1.81	2.25	0.99
M	5	1.12	0.82	2.44	0.61
M	6	2.29	0.81	2.47	0.38
M	7	2.41	0.75	2.44	0.41
M	8	2.31	0.7	2.9	0.27
M	9	2.6	0.61	2.65	0.5
M	10	2.96	0.38	2.9	0.27
M	11	2.96	0.32	2.97	0.21
M	12	2.37	0.61	2.47	0.26
M	13	0.5	2.31	0.34	2.14
M	14	0.4	2.34	0.33	2.32
M	15	0.27	2.29	0.32	2.14
M	16	0.38	2.44	0.64	2.14
M	17	0.67	2.38	0.64	2.11
M	18	0.75	2.41	0.38	2.09
M	19	0.2	0.7	2.31	0.46
M	20	0.28	0.38	2.99	0.24
M	21	2.99	0.27	2.9	0.05
M	22	2.9	0.13	4.11	-0.19
M	23	4.13	-0.13	4.27	-0.24
M	24	4.5	-0.13	4.2	-0.27
M	25	4.36	-0.13	4.24	-0.37
M	26	4.5	-0.13	4.24	-0.37
M	27	0.19	4.13	0.09	2.97
M	28	0.09	2.9	0.13	2.9
M	29	0.34	2.99	0.49	2.35
M	30	0.61	2.44	0.7	2.11
M	31	0.83	0.28	0.88	2

En año 2014:

Pa	Indca	Medida1	Medida1.1	Medida2	Medida2.1	Pa	Indca	Medida1	Medida1.1	Medida2	Medida2.1	Pa	Indca	Medida1	Medida1.1	Medida2	Medida2.1	Pa	Indca	Medida1	Medida1.1	Medida2	Medida2.1	
M	1	5.9	-0.24	5.96	-0.05	S	1	4.11	-0.37	4.26	-0.14	S	1	5.9	-0.29	4.00	0.59	M	1	5.99	-0.5	4.11	0.59	
V	2	4.98	-0.42	4.14	-0.19	L	2	4.14	0.6	4.26	0.42	L	2	4.00	-0.31	4.2	0.49	M	2	5.95	-0.21	4.02	0.49	
Y	3	4.17	-0.31	4.25	-0.27	L	3	4.62	4.93	-0.40	-4.14	L	3	4.00	0.34	4.2	0.2	Y	3	5.12	-0.18	0.99	0.31	
S	4	4.17	-0.49	4.25		M	4	0.55	2.87	-0.27	5.99	M	4	4.02	-0.43	4.11		Y	4	4.12	2.37	0.13	2.37	
D	5	-0.24	-0.20	-0.20	4.14	Y	5	4.12	5.9	3	4.00	3.04	Y	5	4.00	-0.20	-0.20	Y	5	4.12	2.37	0.13	2.37	
L	6	-0.12	2.87	-0.18	5.99	I	6	0.12	2.85	0.5	2.42	I	6	4.18	2.37	0	5.93	D	6	4.05	0.99	0.62	5.93	
M	7	0.09	5.6	0.00	5.73	V	7	0.09	2.09	0.6	5.13	V	7	0.09	5.5	0.5	5.55	M	7	0.37	2.71	0.87	2.82	
W	8	0.27	5.39	0.29	5.91	S	8	0.6	2.83	0.84	2.97	S	8	0.55	2.83	0.6	0.83	M	8	0.79	2.79	0.99	2.7	
X	9	0.40	5.13	0.45	5.55	D	9	0.79	2.79	0.99	2.7	D	9	0.57	2.82	0.8	0.83	Y	9	0.82	2.79	1.03	0.83	
P	10	0.55	5	0.31	5.21	L	10	2.80	0.79	2.79	0.99	L	10	0.79	2.7	0.99	2.75	I	10	2.7	0.9	2.83	0.99	
Q	11	0.99	4.59	0.9	5.19	M	11	2.80	0.72	2.81	0.99	M	11	0.94	2.7	1.02	2.81	V	11	2.79	0.81	5	0.81	
R	12	5.19	0.99	5.05	0.9	W	12	5.05	0.57	0.00	0.72	W	12	2.75	0.81	0.00	0.95	I	12	2.87	0.99	5.21	0.9	
S	13	5.21	0.9	5.12	0.81	I	13	5.19	0.42	5.24	0.94	I	13	2.80	0.99	5	0.73	D	13	5.19	0.31	5.29	0.99	
T	14	5.27	0.80	5.27	0.99	V	14	5.27	0.72	5.20	0.99	V	14	5	0.94	5.18	0.94	L	14	5.25	0.55	5.37	0.19	
U	15	5.29	0.55	5.20	0.37	S	15	5.20	0.13	5.31	0.24	S	15	5.19	0.99	5.29	0.55	M	15	5.40	0.18	5.99	0	
V	16	5.42	0.24	5.40	0.43	D	16	5.42	0.09	5.37	0.13	D	16	5.55	0.21	5.31	0.13	W	16	5.9	0.09	5.73	0.12	
W	17	5.40	0.13	5.34	0.59	L	17	5.40	0	5.37	0.09	L	17	5.40	0.09	5.9	0.05	I	17	5.99	0.05	5.78	0.09	
X	18	5.40	0.12	5.37	0.55	W	18	5.42	0.05	5.37	0.09	W	18	5.31	0	5.99	-0.09	V	18	5.99	0.09	5.73	0.13	
Y	19	5.42	0.12	5.34		M	19	0.09	5.39	0.09	5.31	M	19	2.31	0	5.99		S	19	4.19	5.9	0.12	5.99	
Z	20	5.5	2.09	0.13	5.49	I	20	0.09	2.27	0.13	5.42	I	20	4.00	2.40	4.00	5.9	D	20	4.00	2.34	0.21	5.34	
AA	21	0.55	2.27	0.24	5.42	V	21	0.19	5.13	0.27	5.5	V	21	4.09	2.42	0.09	5.31	Y	21	0.09	2.42	0.59	5.39	
AB	22	0.29	5.13	0.35	5.55	S	22	0.27	2.05	0.42	5.19	S	22	0	5.5	0.21	5.39	M	22	0.24	2.55	0.49	5.24	
AC	23	0.42	5.05	0.40	5.34	D	23	0.29	2.01	0.34	5.09	D	23	0.12	5.18	0.39	5.34	W	23	0.29	2.27	0.37	5.19	
AD	24	0.40	2.94	0.37	5.13	L	24	0.42	2.91	0.6	5.09	L	24	0.27	5.09	0.31	5.09	I	24	0.40	2.55	0.34	5.19	
AE	25	0.34	2.83	0.99	5.12	M	25	0.42	2.05	0.34		M	25	0.29	2.05	0.37	5.09	V	25	2.34	0.43	5.49	0.42	
AF	26	0.34	2.83	0.99	5.13	W	26	5.19	0.27	5.27	0.99	W	26	0.42	5.12	0.34		S	26	5.29	0.55	5.99	0.24	
AG	27	0.40	5.05	0.6		I	27	5.42	0.09	5.37	0.09	I	27	5.19	0.55	5.55	0.19	D	27	5.37	0.21	5.94	0.05	
AH	28	5.5	0.24	5.5	0.59	V	28	5.99	-0.21	5.87	-0.13	V	28	2.39	0.13	5.9	0.12	L	28	5.72	0.09	5.99	0.09	
AI	29	5.34	0	5.9	0.12	W	29	5.51	0.17	5.40	-0.22	W	29	5.42	-0.05	5.34	0.12	M	29	5.34	0.05	4.92	0.19	
AJ	30	5.79	-0.24	5.9	-0.12	W	30	5.99	-0.21	4.09	-0.5	W	30	5.87	-0.05	5.99	0.19	I	30	5.87	0.05	5.99	0.19	
AK	31	5.99	-0.43	4.11	-0.55	W	31	5.99	-0.5	4.14	-0.59	W	31	5.99	-0.5	4.14	-0.59	M	31	5.89	0.24	5.31	0.51	
AM		5.40	0.19	5.39	0.55	W		5.99	0.12	5.31	0.25	W						M						
AN	1	5.94	0.09	5.9	-0.09	D	1	5.95	0.31	5.34		D	1	0.27	5.37	0.37	5.43	V	1	0.29	5.31	0.31	5.5	
AO	2	5.79	0.21	5.79	0.34	L	2	0.27	5.31	0.9	5.59	L	2	0.29	5.31	0.9	5.55	S	2	0.37	5.29	0.37	5.19	
AP	3	0.99	5.9	0.29	5.94	W	3	0.29	5.39	0.12	5.21	W	3	0.40	5.42	0.99	5.19	D	3	0.37	5.3	0.93	5.09	
AQ	4	0.10	5.42	0.34	5.55	M	4	0.34	5.27	0.31	5.09	M	4	0.39	5.55	0.31	5.09	L	4	0.99	5.21	0.99	2.87	
AR	5	0.39	5.24	0.90	5.12	I	5	0.99	5.19	0.9	2.94	I	5	0.99	5.24	0.31	2.97	M	5	0.29	5.19	0.72	2.94	
AS	6	0.37	5.09	0.37	2.91	V	6	0.39	5.12	0.99	2.93	V	6	0.39	5.19	0.94	2.91	W	6	0.39	5.19	0.94	2.91	
AT	7	0.79	2.97	0.00	2.79	L	7	0.9	5.09	0.85	2.93	L	7	0.87	5.19	0.81	2.94	I	7	0.85	0.79	5.5	0.31	
AV	8	0.87	2.94	1.02	2.79	I	8	0.95	5.13	0.87		I	8	0.87	5.24	0.99		V	8	0.27	0.9	5.31	0.5	
AW	9	0.95	2.97	0.99		W	9	2.94	0.87	5.27	0.99	W	9	0.99	0.79	0.99	0.31	S	9	2.94	0.99	5.19	0.95	
AX	10	2.82	0.9	2.89	0.84	M	10	5.09	0.73	2.40	0.49	M	10	5.27	0.95	5.9	0.5	D	10	2.87	0.99	4.92	0.21	
AY	11	2.94	0.81	5.24	0.99	W	11	5.5	0.9	5.95	0.27	W	11	5.24	0.42	5.31	0.95	L	11	4.11	-0.12	4.2	0.59	
AZ	12	5.12	0.99	5.42	0.94	V	12	5.34	0.42	0.37	0.49	V	12	5.34	0.42	0.37	0.49	S	12	5.34	0.42	0.37	0.49	
BA	13	5.55	0.49	5.9	0.21	I	13	5.79	0.24	5.99	-0.12	I	13	5.82	0	4.14	0.55	M	13	4.05	-0.55	4.29	0.49	
BB	14	5.31	0.55	5.79	0.03	S	14	5.95	0.12	4.03	-0.24	S	14	4.2	-0.12	4.2	0.59	I	14	4.42	4.52	-0.27	4.11	
BC	15	5.99	0.19	5.37	-0.12	L	15	4.09	0.85	0.00	-0.12	L	15	4.09	0.85	0.13	4.17	V	15	4.27	4.17	-0.12	5.9	
BD	16	5.79	0.12	5.95	-0.19	W	16	4.09	0.85	4.02	-0.24	W	16	4.05	4.25	-0.09	4.03	S	16	4.42	4.52	-0.27	4.11	
BE	17	5.84	0.09	5.95		M	17	4.21	4.03	0.09	5.9	M	17	4.21	4.11	0.05	5.97	D	17	0.27	2.99	0.59	5.99	
BF	18	-0.19	2.94	0.12	5.94	V	18	4.09	0.99	0.19	5.19	V	18	0	2.85	0.21	5.92	I	18	0.39	5.42	0.95	5.12	
BG	19	-0.12	2.81	0.21	5.72	I	19	0.09	2.84	0.55	5.34	I	19	0.27	5.79	0.42	5.59	M	19	0.21	2.21	0.81	5	
BH	20	0	5.72	0.55	5.97	V	20	0.5	2.99	0.40	5.59	V	20	0.31	2.94	0.9	5.21	W	20	0.99	5.12	0.97		
BI	21	0.19	2.9	0.40	5.59	S	21	0.39	2.9	0.37	5.5	S	21	0.79	2.99	0.12		I	21	5	1.02	5.12	0.84	
BJ	22	0.29	5.34	0.34	5.57	M	22	0.99	5.34	0.6		M	22	5.13	0.97	5.55	0.73	V	22	5.09	0.99	5.21	0.72	
BK	23	0.40	5.31	0.37	5.5	W	23	2.27	0.72	5.34	0.37	W	23	5.19	0.9	5.39	0.99	S	23	5.21	0.84	5.55	0.6	
BL	24	0.34	5.37	0.31		D	24	5.55	0.79	5.37	0.31	D	24	5.31	0.97	5.42	0.9	L	24	5.39	0.99	5.43	0.49	
BM	25	5.29	0.34	5.99	0.59	M	25	5.42	0.99	5.95	0.42	M	25	5.55	0.79	5.40	0.49	V	25	5.31	0.31	5.34	0.55	
BN	26	5.40	0.49	5.73	0.27	I	26	5.31	0.95	5.99	0.55	I	26	5.40	0.99	5.34	0.59	M	26	5.95	0.59	5.9	0.24	
BO	27	5.9	0.42	5.94	0.19	V	27	5.9	0.37	5.99	0.27	V	27	5.37	0.99	5.9	0.5	W	27	5.99	0.5	5.9	0.21	
BP	28	5.99	0.59	5.87	0.09	S	28	5.95	0.34	5.99	0.24	S	28	5.95	0.49	5.9	0.24	I	28	5.99	0.27	5.37	0.21	
BQ	29	5.79	0.59	5.87	0.09	D	29	5.99	0.31	5.95	0.24	D	29	5.99	0.43	5.37	0.24	V	29	5.95	0.27	5.49		
BR	30	5.79	0.59	5.79	0.09	W	30	5.95	0.31	5.37	0.24	W	30	5.95	0.42	5.31		S	30	0.27	2.37	0.5	5.59	
BS	31	5.99	0.42	5.99	0.19	I	31	5.35	0.49	5.34	0.25	I	31											

En año 2015:

Pa	Fecha	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
L	1	2,1	0,36	2,37	0,12
L	2	2,45	0,45	2,7	0,09
S	3	2,9	0,55	2,95	0,09
L	4	4	0,2	2,92	0,2
L	5	4,65	0,15	4,05	0,45
M	6	4,85	0,07	4,06	0,06
V	7	4	0,07	4,06	0,06
M	8	2,9	0,1	4	0,9
V	9	0,14	2,9	0,2	2,9
S	10	0,46	2,46	0,2	2,76
D	11	0,35	2,47	0,46	2,65
L	12	0,45	2,2	0,65	2,47
M	13	0,76	2,14	0,79	2,17
M	14	0,85	2	0,92	2,27
L	15	0,26	2	0,96	2,2
V	16	0,79	2,1	0,92	2,2
S	17	2,4	0,65	2,5	0,76
D	18	2,9	0,26	2,9	0,26
L	19	2,96	0,1	2,9	0,26
M	20	4,06	0,2	4,19	0,2
M	21	4,2	0,45	4,42	0,22
L	22	4,46	0,36	4,36	0,26
V	23	4,46	0,36	4,36	0,26
M	24	4,26	4,26	0,2	4,32
D	25	0,2	4,22	0,2	4,26
L	26	0,15	4,2	0,2	4,06
M	27	0,15	2,7	0,2	2,86
M	28	0,26	2,47	0,36	2,65
S	29	0,35	2,46	0,79	2,2
V	30	0,45	2,2	0,76	
S	31	2,3	0,36	2,4	0,92
MEDIO		2,14	0,26	2,61	0,45

Pa	Fecha	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
L	1	2,27	0,26	2,51	0,26
M	2	2,67	0,26	2,7	0,26
M	3	2,76	0,25	2,85	0,45
V	4	2,82	0,2	2,95	0,25
L	5	2,86	0,07	2,85	0,25
V	6	2,82	0,02	2,96	0,2
S	7	4	0,07	2,97	0,2
D	8	0,22	2,97	0,17	2,9
M	9	0,2	2,9	0,2	2,9
M	10	0,26	2,27	0,45	2,35
M	11	0,46	2,2	0,36	2,4
L	12	0,26	2,07	0,2	2,27
V	13	0,66	2	0,25	2,2
S	14	0,66	2,04	0,26	
L	15	2,27	0,26	2,2	0,25
L	16	2,47	0,26	2,35	0,46
M	17	2,2	0,07	2,36	0,15
M	18	4,05	0,26	4,25	0,2
V	19	4,26	0,2	4,46	0,45
V	20	4,26	0,06	4,26	0,26
S	21	4,26	0,06	4,26	0,26
L	22	0,25	4,26	0,26	4,26
L	23	0,2	4,26	0,2	4,26
M	24	0,2	4,26	0,2	4,26
D	25	0,2	4,26	0,2	4,26
L	26	0,2	4,26	0,2	4,26
M	27	0,26	2,2	0,26	2,27
M	28	0,2	2,14	0,26	
MEDIO		2,06	0,15	2,36	0,21

Pa	Fecha	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
M	1	2,3	0,39	4,06	0,2
D	2	4,06	0,45	4,19	0,2
V	3	4,19	0,26	4,15	0,2
S	4	4,22	0,15	4,26	0,17
D	5	4,26	0,1	4,25	0,16
L	6	4,12	4,26	0,15	4,25
M	7	0,02	4,26	0,2	4,26
V	8	0,15	4,19	0,2	4,26
L	9	0,15	4,06	0,46	4,25
V	10	0,22	2,96	0,26	2,97
L	11	0,26	2,95	0,26	2,96
S	12	0,27	0,2	2,95	0,26
L	13	2,2	0,2	2,95	0,26
M	14	2,26	0,2	2,95	0,26
V	15	2,26	0,2	2,95	0,26
L	16	2,26	0,2	2,95	0,26
M	17	4,19	0,45	4,19	0,15
S	18	4,19	0,45	4,06	0,17
D	19	4,15	0,45	4	
L	20	0,22	4,05	0,3	2,85
M	21	0,26	2,9	0,26	2,97
V	22	0,15	2,96	0,15	2,97
L	23	0,26	2,95	0,26	2,97
V	24	0,26	2,95	0,26	2,97
M	25	0,26	2,95	0,26	2,97
L	26	0,26	2,95	0,26	2,97
M	27	1,06	2,14	1,06	2,14
M	28	1,06	2,14	1,06	2,14
V	29	2,17	1,06	2,17	0,25
S	30	2,1	0,26	2,16	0,26
L	31	2,3	0,25	2,3	0,26
MEDIO		2,79	0,44	2,82	0,44

Pa	Fecha	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
L	1	2,67	0,26	2,91	0,26
M	2	2,85	0,26	2,96	0,26
V	3	2,96	0,25	4,15	0,07
L	4	4,06	0,26	4,16	0,2
V	5	4,15	0,2	4,15	0,2
S	6	4,15	0,2	4,15	0,2
V	7	0,02	4,06	0,26	4
M	8	0,15	4,06	0,26	4
M	9	0,26	4	0,3	2,75
M	10	0,4	2,95	0,26	2,97
L	11	0,22	2,95	0,26	2,97
V	12	0,26	4	0,3	2,75
S	13	2,76	0,26	4,06	0,26
L	14	2,9	0,2	4,25	0,2
M	15	4,06	0,4	4,25	0,07
V	16	4,19	0,26	4,26	0,17
M	17	4,26	0,1	4,26	0,05
L	18	4,26	0,1	4,25	0,2
M	19	4,25	0,26	4,26	0,17
D	20	0,1	4,15	0,46	4
M	21	0,26	4	0,26	2,9
V	22	0,15	2,9	0,4	2,9
L	23	0,26	2,7	0,26	2,4
M	24	0,26	2,7	0,26	2,4
V	25	0,26	2,7	0,26	2,4
M	26	0,26	2,7	0,26	2,4
L	27	1,06	2,14	1,06	2,14
L	28	2,24	1,06	2,27	0,25
D	29	2,4	0,26	2,7	0,25
M	30	2,4	0,26	2,7	0,25
MEDIO		2,82	0,28	2,82	0,47

Pa	Fecha	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
L	1	4,79	0,46	4,26	
V	2	0,22	4,26	0,26	4,26
S	3	0,02	4,26	0,02	4,26
M	4	0,26	2,96	0,26	2,96
L	5	0,26	2,95	0,26	2,95
V	6	0,26	2,95	0,26	2,95
L	7	0,26	2,95	0,26	2,95
M	8	2,4	1,06	2,27	0,25
V	9	2,55	0,26	2,3	0,26
M	10	2,67	0,79	2,65	0,25
V	11	2,82	0,26	2,8	0,26
L	12	2,96	0,25	2,95	0,26
M	13	4,06	0,2	4	0,26
L	14	4,06	0,2	4	0,26
M	15	4,06	0,2	4	0,26
V	16	4,06	0,22	2,9	
L	17	0,2	2,96	0,2	2,9
V	18	0,2	2,96	0,2	2,9
L	19	0,26	2,95	0,26	2,95
L	20	0,26	2,95	0,26	2,95
M	21	0,26	2,95	0,26	2,95
M	22	0,26	2,95	0,26	2,95
S	23	0,26	2,95	0,26	2,95
V	24	2,76	0,26	2,76	0,26
M	25	2,96	0,26	2,96	0,26
L	26	2,96	0,26	2,96	0,26
M	27	4,26	0,26	4,26	0,26
L	28	4,26	0,26	4,26	0,26
M	29	4,26	0,26	4,26	0,26
V	30	4,26	0,26	4,26	0,26
S	31	0,1	4,26	0,26	4,26
MEDIO		2,82	0,28	2,82	0,48

Pa	Fecha	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
L	1	0,15	4,26	0,07	4,15
L	2	0,45	2,95	0,26	2,95
M	3	0,22	2,9	0,26	2,9
M	4	0,26	2,97	0,26	2,97
L	5	1,12	2,24	1,06	2,14
V	6	1,12	2,24	1,12	1,12
M	7	2,47	1,06	2,14	1,06
D	8	2,9	0,26	2,3	0,26
L	9	2,92	0,26	2,97	0,26
M	10	2,9	0,3	2,8	0,45
M	11	4	0,25	2,95	0,25
L	12	4,06	0,25	4	0,46
V	13	4,06	0,17	4	0,45
S	14	4,02	0,15	2,96	0,46
D	15	2,96	0,17	2,95	0,46
L	16	0,3	2,96	0,26	2,96
L	17	0,26	2,76	0,26	2,76
M	18	0,26	2,76	0,3	2,7
L	19	0,22	2,3	0,26	2,97
V	20	0,22	2,47	0,26	2,9
S	21	0,26	2,35	0,26	
L	22	2,96	0,25	2,72	0,25
L	23	4,06	0,25	4,06	0,17
M	24	4,26	0,25	4,22	0,17
M	25	4,26	0,2	4,22	0,25
L	26	4,26	0,25	4,25	0,25
V	27	4,26	0,26	4,26	0,25
S	28	4,26	0,25	4,26	0,25
L	29	4,26	0,25	4,26	0,25
L	30	0,25	4,19	0,07	4,16
MEDIO		2,81	0,41	2,82	0,42

Pa	Fecha	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
M	1	0,45	2,9	0,25	2,95
L	2	0,26	2,95	0,26	2,95
V	3	0,26	2,95	0,26	2,95
V	4	1,02	2,2	1,02	2,4
S	5	1,06	2,14	1,12	2,4
D	6	1,06	2,14	1,12	2,4
L	7	2,47	0,26	2,27	1,06
M	8	2,37	0,26	2,45	0,26
M	9	2,17	0,26	2,4	0,26
V	10	2,25	0,4	2,76	0,45
V	11	2,96	0,25	2,95	0,3
L	12	4,05	0,1	4,05	0,4
L	13	4,06	0,2	4,06	0,25
L	14	4,06	0,2	4,06	0,25
M	15	4,06	0,25	4,05	4,06
M	16	0,25	2,95	0,1	4,05
V	17	0,26	2,9	0,25	2,96
V	18	0,45	2,97	0,26	2,96
S	19	0,3	2,97	0,3	2,95
L	20	0,35	2,97	0,3	2,95
L	21	0,26	2,9	0,26	2,96
L	22	0,26	2,9	0,26	2,96
S	23	0,26	2,9	0,26	2,96
M	24	2,2	0,26	2,26	0,3
L	25	2,2	0,26	2,26	0,3
M	26	2,2	0,26	2,26	0,3
V	27	4,26	0,2	4,26	0,15
L	28	4,26	0,15	4,26	0,15
M	29	4,26	0,15	4,26	0,15
L	30	0,25	2,96	0,2	2,96
MEDIO		2,82	0,28	2,82	0,48

Medida 1 Medida 1.1 Medida 2 Medida 2.1
 3,51033289 0,35221365 3,85923227 0,39700654

En año 2016:

FCRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	INFO
Medida 1	0,94	0,76	0,20	0,91	0,08	0,08	0,08	0,21	0,55	0,31	0,90	0,30	0,24	-0,05	0,05	0,12	0,24	0,50	0,44	0,48	0,51	0,51	0,52	0,70	0,91	0,78	0,90	0,10	0,21	0,4	0,32	0,41
Medida 1.1	0,14	0,99	0,2	0,77	0,05	0,78	0,91	0,4	0,13	0	-0,12	0,21	0,24	0,78	0,96	0,31	0,53	0,25	0,2	0,4	0,5	0,13	0,05	0,09	-0,12	-0,08	-0,05	0,38	0,53	0,17	0,20	0,27
Medida 2	0,33	0,76	0,91	1,01	1,01	0,90	0,14	0,59	0,34	0,72	0,94	0,85	0,95	-0,19	0,09	0,12	0,54	0,49	0,30	0,79	0,41	0,9	0,72	0,34	0,09	-0,12	0,04	0,73	0,24	0,4	0,3	0,32
Medida 2.1	0,29	0,14	0,03	0,02	0,91	0,79	0,30	0,4	0,21	0,09	0	0,9	0,31	0,99	0,34	0,44	0,30	0,02	0,07	0,24	0,27	0,24	0,13	0,12	0,12	0,12	0,65	0,47	0,47	0,29	0,14	0,41

Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
3,52294349	0,33648965	3,56954817	0,37979984

En año 2017:

Medida	Da	Medida 1	Medida 2	Medida 1	Medida 2
1 Y	5.9	5.1	5.1	-0.29	5.7
2 L	0.24	5.34	0.09	2.62	
2 M	0.27	5.44	0.13	2.37	
4 M	0.27	5.23	0.24	2.51	
3 I	0.42	5.26	0.57	2.44	
6 W	0.39	5.11	0.37	2.41	
7 S	0.49	5.14	0.33	2.41	
8 P	0.42	5.2	0.35	2.41	
9 D	0.53	5.1	0.29	2.49	
10 M	2.94	0.12	5.9	0.5	
11 M	2.84	0.09	2.81	0.12	
12 M	2.99	0.24	2.99	0	
13 Y	4.09	0.37	4.11	-0.09	
14 S	4.11	0.37	4.13	-0.09	
15 P	4.02	-0.5	4.08		
16 L	4.05	5.07	-0.13	2.93	
17 M	0.12	5.96	0.05	2.22	
18 M	0.27	5.41	0.27	2.31	
19 M	0.49	5.14	0.32	2.39	
20 Y	0.94	2.35	0.24	2.11	
21 S	0.79	2.3	0.91	2.39	
22 P	0.93	2.14	1.01		
23 L	2.92	0.03	2.77	1.01	
24 M	2.96	0.12	2.92	0.94	
25 M	3.11	0.28	2.99	0.79	
26 I	3.26	0.4	3.29	0.91	
27 Y	3.29	0.21	3.44	0.45	
28 S	3.31	0.06	3.9	0.27	
29 P	3.9	0.09	3.72	0.12	
30 L	3.12	0.28			
31 M	0.94	5.96	-0.13	2.79	
MAYO	2.44	0.29	2.34	0.27	

Medida	Da	Medida 1	Medida 2	Medida 1	Medida 2
1 Y	5.1	5.1	5.1	-0.09	5.7
2 L	0.02	5.31	0	5.96	
2 M	0.09	5.29	0.13	2.34	
4 M	0.21	5.22	0.29	2.41	
3 I	0.5	5.11	0.49	2.32	
6 W	0.11	0.39			
7 S	0.52	0.24	5.2	0.32	
8 P	0.44	0.21	2.41	0.4	
9 D	0.59	0.25	2.42	0.45	
10 M	5.41	0.12	2.34	0.03	
11 M	5.37	-0.24	2.99	-0.09	
12 M	5.02	-0.2	4.02	-0.12	
13 Y	5.9	-0.27	2.99		
14 S	-0.09	2.19	-0.19	2.37	
15 P	0.59	-0.05	2.96		
16 L	0.12	2.99	0.19	2.47	
17 M	0.52	2.17	0.4	2.26	
18 M	0.46	2.55	0.91	2.49	
19 M	0.94	2.14	0.82	2.37	
20 Y	0.76	2.93	0.99	2.77	
21 S	0.82	2.92	1.04	2.41	
22 P	2.17	0.19	2.74	0.99	
23 L	2.9	0.67	2.99	0.79	
24 M	3.09	0.46	3.2	0.39	
25 M	3.21	0.21	3.41	0.2	
26 I	3.47	0	3.99	0.39	
27 Y	3.96	-0.13	2.91	-0.12	
28 S	3.79	-0.27	2.92	-0.24	
29 M	3.54	0.19	3.49	0.22	
30 L					
31 M					
MAYO					

Medida	Da	Medida 1	Medida 2	Medida 1	Medida 2
1 Y	5.24	5.24	5.24	0.29	5.96
2 L	0.27	5.79	0.27	2.9	
2 M	0.24	5.99	0.13	2.99	
4 M	0.12	5.31	0.24	2.92	
3 I	0.45	5.22	0.27	2.41	
6 W	0.12	0.39			
7 S	0.4	0.09	0.91	2.17	
8 P	0.42	0.14	0.91	2.17	
9 D	0.59	0.27	2.42	0.45	
10 M	5.41	0.12	2.34	0.03	
11 M	5.37	0.09	2.72	0.12	
12 M	5.12	0.24	2.99	-0.09	
13 Y	5.79	-0.12	2.9	-0.09	
14 S	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
15 P	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
16 L	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
17 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
18 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
19 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
20 Y	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
21 S	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
22 P	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
23 L	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
24 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
25 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
26 I	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
27 Y	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
28 S	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
29 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
30 L	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
31 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
MAYO	5.19	-0.12	2.9	-0.09	

Medida	Da	Medida 1	Medida 2	Medida 1	Medida 2
1 Y	5.24	5.24	5.24	0.29	5.96
2 L	0.27	5.79	0.27	2.9	
2 M	0.24	5.99	0.13	2.99	
4 M	0.12	5.31	0.24	2.92	
3 I	0.45	5.22	0.27	2.41	
6 W	0.12	0.39			
7 S	0.4	0.09	0.91	2.17	
8 P	0.42	0.14	0.91	2.17	
9 D	0.59	0.27	2.42	0.45	
10 M	5.41	0.12	2.34	0.03	
11 M	5.37	0.09	2.72	0.12	
12 M	5.12	0.24	2.99	-0.09	
13 Y	5.79	-0.12	2.9	-0.09	
14 S	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
15 P	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
16 L	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
17 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
18 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
19 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
20 Y	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
21 S	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
22 P	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
23 L	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
24 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
25 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
26 I	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
27 Y	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
28 S	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
29 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
30 L	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
31 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
MAYO	5.19	-0.12	2.9	-0.09	

Medida	Da	Medida 1	Medida 2	Medida 1	Medida 2
1 Y	5.24	5.24	5.24	0.29	5.96
2 L	0.27	5.79	0.27	2.9	
2 M	0.24	5.99	0.13	2.99	
4 M	0.12	5.31	0.24	2.92	
3 I	0.45	5.22	0.27	2.41	
6 W	0.12	0.39			
7 S	0.4	0.09	0.91	2.17	
8 P	0.42	0.14	0.91	2.17	
9 D	0.59	0.27	2.42	0.45	
10 M	5.41	0.12	2.34	0.03	
11 M	5.37	0.09	2.72	0.12	
12 M	5.12	0.24	2.99	-0.09	
13 Y	5.79	-0.12	2.9	-0.09	
14 S	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
15 P	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
16 L	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
17 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
18 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
19 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
20 Y	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
21 S	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
22 P	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
23 L	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
24 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
25 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
26 I	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
27 Y	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
28 S	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
29 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
30 L	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
31 M	5.19	-0.12	2.9	-0.09	
MAYO	5.19	-0.12	2.9	-0.09	

Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
3,27559985	0,58047433	3,33683903	0,55557713

En año 2018:

Fecha	Día	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1	Fecha	Día	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1	Fecha	Día	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1	Fecha	Día	Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1	
1	M	4.00	0.27	4.00	0.00	1	M	2.10	0.20	2.10	0.21	1	M	2.10	0.20	2.10	0.21	1	M	2.10	0.20	2.10	0.21	
2	M	4.00	0.27	4.00	0.00	2	M	2.09	0.19	2.09	0.20	2	M	2.09	0.19	2.09	0.20	2	M	2.09	0.19	2.09	0.20	
3	M	4.21	0.40	4.24	0.10	3	M	4.00	0.40	4.00	0.37	3	M	4.00	0.40	4.00	0.37	3	M	4.00	0.40	4.00	0.37	
4	M	4.24	0.44	4.27	0.14	4	M	4.00	0.40	4.00	0.37	4	M	4.00	0.40	4.00	0.37	4	M	4.00	0.40	4.00	0.37	
5	M	4.10	0.43	4.05	0.10	5	M	4.12	0.43	4.10	0.43	5	M	4.12	0.43	4.10	0.43	5	M	4.12	0.43	4.10	0.43	
6	M	4.00	0.38	4.00	0.00	6	M	4.00	0.40	4.00	0.37	6	M	4.00	0.40	4.00	0.37	6	M	4.00	0.40	4.00	0.37	
7	M	0.00	0.70	0.00	0.50	7	M	0.00	0.70	0.00	0.50	7	M	0.00	0.70	0.00	0.50	7	M	0.00	0.70	0.00	0.50	
8	L	0.24	0.47	0.27	0.54	8	L	0.32	0.50	0.37	0.50	8	L	0.32	0.50	0.37	0.50	8	L	0.32	0.50	0.37	0.50	
9	M	0.22	0.30	0.24	0.41	9	M	0.27	0.43	0.29	0.47	9	M	0.27	0.43	0.29	0.47	9	M	0.27	0.43	0.29	0.47	
10	M	0.54	0.80	0.70	1.00	10	M	0.52	0.71	0.64	0.90	10	M	0.52	0.71	0.64	0.90	10	M	0.52	0.71	0.64	0.90	
11	L	0.10	0.20	0.00	0.10	11	L	0.24	0.32	0.27	0.30	11	L	0.24	0.32	0.27	0.30	11	L	0.24	0.32	0.27	0.30	
12	M	0.12	0.20	0.20	0.34	12	M	0.28	0.37	0.28	0.31	12	M	0.28	0.37	0.28	0.31	12	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
13	M	0.12	0.20	0.20	0.34	13	M	0.28	0.37	0.28	0.31	13	M	0.28	0.37	0.28	0.31	13	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
14	M	0.12	0.20	0.20	0.34	14	M	0.28	0.37	0.28	0.31	14	M	0.28	0.37	0.28	0.31	14	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
15	M	0.12	0.20	0.20	0.34	15	M	0.28	0.37	0.28	0.31	15	M	0.28	0.37	0.28	0.31	15	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
16	M	0.12	0.20	0.20	0.34	16	M	0.28	0.37	0.28	0.31	16	M	0.28	0.37	0.28	0.31	16	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
17	M	0.12	0.20	0.20	0.34	17	M	0.28	0.37	0.28	0.31	17	M	0.28	0.37	0.28	0.31	17	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
18	M	0.12	0.20	0.20	0.34	18	M	0.28	0.37	0.28	0.31	18	M	0.28	0.37	0.28	0.31	18	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
19	M	0.12	0.20	0.20	0.34	19	M	0.28	0.37	0.28	0.31	19	M	0.28	0.37	0.28	0.31	19	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
20	M	0.12	0.20	0.20	0.34	20	M	0.28	0.37	0.28	0.31	20	M	0.28	0.37	0.28	0.31	20	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
21	M	0.12	0.20	0.20	0.34	21	M	0.28	0.37	0.28	0.31	21	M	0.28	0.37	0.28	0.31	21	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
22	M	0.12	0.20	0.20	0.34	22	M	0.28	0.37	0.28	0.31	22	M	0.28	0.37	0.28	0.31	22	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
23	M	0.12	0.20	0.20	0.34	23	M	0.28	0.37	0.28	0.31	23	M	0.28	0.37	0.28	0.31	23	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
24	M	0.12	0.20	0.20	0.34	24	M	0.28	0.37	0.28	0.31	24	M	0.28	0.37	0.28	0.31	24	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
25	M	0.12	0.20	0.20	0.34	25	M	0.28	0.37	0.28	0.31	25	M	0.28	0.37	0.28	0.31	25	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
26	M	0.12	0.20	0.20	0.34	26	M	0.28	0.37	0.28	0.31	26	M	0.28	0.37	0.28	0.31	26	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
27	M	0.12	0.20	0.20	0.34	27	M	0.28	0.37	0.28	0.31	27	M	0.28	0.37	0.28	0.31	27	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
28	M	0.12	0.20	0.20	0.34	28	M	0.28	0.37	0.28	0.31	28	M	0.28	0.37	0.28	0.31	28	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
29	M	0.12	0.20	0.20	0.34	29	M	0.28	0.37	0.28	0.31	29	M	0.28	0.37	0.28	0.31	29	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
30	M	0.12	0.20	0.20	0.34	30	M	0.28	0.37	0.28	0.31	30	M	0.28	0.37	0.28	0.31	30	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
31	M	0.12	0.20	0.20	0.34	31	M	0.28	0.37	0.28	0.31	31	M	0.28	0.37	0.28	0.31	31	M	0.28	0.37	0.28	0.31	
MESES		0.40	0.22	0.37	0.26																			

Medida 1	Medida 1.1	Medida 2	Medida 2.1
3,51374565	0,34520686	3,55041832	0,35182

ANEXO 2. INFOGRAFÍA DE TURBINAS

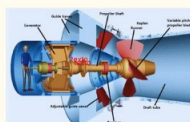
Turbinas hidráulicas

SEGÚN SU MÉTODO DE EXTRACCIÓN

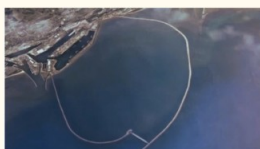
Los métodos de extracción de energía de las mareas se clasifican en tres: presas de marea, secciones de marea y corrientes de marea. Para lograr extraer la energía se necesita de turbinas hidráulicas y de generadores eléctricos para su transformación. En la industria se suele utilizar ciertos tipos de turbinas hidráulicas para los métodos, las cuales encontrará a continuación.

01 PRESAS DE MAREA

Se utilizan turbinas hidráulicas tipo Kaplan, hélice o bulbo. Aunque, la más utilizada es una turbina Kaplan de alabes variables conectada directamente a un generador y con una cápsula hermética tipo bulbo.



02 SECCIONES DE MAREA



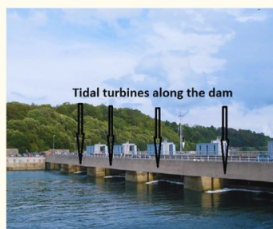
Se utilizan turbinas hidráulicas tipo Kaplan con cápsula de tipo bulbo. Generalmente se trabaja con un sistema bidireccional y un generador de inducción con variador de velocidad y finalmente para su funcionamiento requiere de un tubo de aspiración.

03 CORRIENTES DE MAREAS

Se utilizan turbinas de marea con accionamiento directo o de engranajes, su construcción es parecida a las turbinas eólicas y requieren de mucho espacio para su funcionamiento.



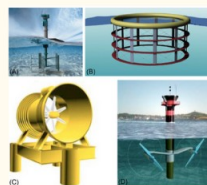
04 EJEMPLOS DE TURBINAS EN PLANTAS MAREOMOTRICES



- La Rance es una planta mareomotriz instalada en Francia, opera con 24 turbinas tipo bulbo y tiene una capacidad de 240 MW.
- Shiwa es una planta mareomotriz instalada en el Sur de Corea, opera con 10 turbinas tipo bulbo y tiene una capacidad de 254 MW.
- Anapolis es una planta mareomotriz instalada en Canadá, opera con una turbina tipo Kim y tiene una capacidad de 20 MW.
- Jiangxia es una planta mareomotriz instalada en China, opera con una turbina tipo bulbo y tiene una capacidad de 3,9 MW.

05 TIPOS DE TURBINAS DE MAREA

- Turbina de marea de eje vertical: Son instaladas generalmente cerca al fondo del mar y su característica es que su eje es instalado transversalmente a la dirección del movimiento del agua.
- Turbinas polo de marea: Su eje es vertical y debido a sus álabes pueden tener un paso variable.
- Turbinas de efecto Venturi: Su funcionamiento está basado en el efecto Venturi donde se acelera el flujo debido a estrechar el conducto.
- Turbinas de eje horizontal: Su eje es paralelo a la dirección del agua y debe estar sumergido completamente en el agua.



ANEXO 3.
ESTUDIO DE PRECIO DE BOLSA PARA ENERGÍA

Fecha	Precio máximo de Bolsa (\$/kWh)	Precio de escasez (\$/kWh)	Precio marginal de escasez (\$/kWh)	Precio de escasez de activación (\$/kWh)
1-ene-2022	217.31	810.45	1150.97	1150.97
2-ene-2022	226.63	810.45	1150.97	1150.97
3-ene-2022	318.45	810.45	1150.97	1150.97
4-ene-2022	329.95	810.45	1150.97	1150.97
5-ene-2022	342.34	810.45	1150.97	1150.97
6-ene-2022	343.34	810.45	1150.97	1150.97
7-ene-2022	359.88	810.45	1150.97	1150.97
8-ene-2022	358.81	810.45	1150.97	1150.97
9-ene-2022	363.05	810.45	1150.97	1150.97
10-ene-2022	345.68	810.45	1150.97	1150.97
11-ene-2022	334.64	810.45	1150.97	1150.97
12-ene-2022	304.81	810.45	1150.97	1150.97
13-ene-2022	304.61	810.45	1150.97	1150.97
14-ene-2022	447.99	810.45	1150.97	1150.97
15-ene-2022	214.14	810.45	1150.97	1150.97
16-ene-2022	301.25	810.45	1150.97	1150.97
17-ene-2022	485.78	810.45	1150.97	1150.97
18-ene-2022	466.46	810.45	1150.97	1150.97
19-ene-2022	455.30	810.45	1150.97	1150.97
20-ene-2022	166.43	810.45	1150.97	1150.97
21-ene-2022	166.83	810.45	1150.97	1150.97
22-ene-2022	147.66	810.45	1150.97	1150.97
23-ene-2022	150.82	810.45	1150.97	1150.97
24-ene-2022	148.87	810.45	1150.97	1150.97
25-ene-2022	143.10	810.45	1150.97	1150.97
26-ene-2022	159.41	810.45	1150.97	1150.97
27-ene-2022	176.26	810.45	1150.97	1150.97
28-ene-2022	166.82	810.45	1150.97	1150.97
29-ene-2022	172.55	810.45	1150.97	1150.97
30-ene-2022	172.92	810.45	1150.97	1150.97
31-ene-2022	198.03	899.73	1236.88	1236.88
1-feb-2022	284.95	899.73	1236.88	1236.88
2-feb-2022	286.06	899.73	1236.88	1236.88

3-feb-2022	350.73	899.73	1236.88	1236.88
4-feb-2022	269.18	899.73	1236.88	1236.88
5-feb-2022	298.92	899.73	1236.88	1236.88
6-feb-2022	309.77	899.73	1236.88	1236.88
7-feb-2022	414.99	899.73	1236.88	1236.88
8-feb-2022	414.04	899.73	1236.88	1236.88
9-feb-2022	410.83	899.73	1236.88	1236.88
10-feb-2022	370.19	899.73	1236.88	1236.88
11-feb-2022	312.87	899.73	1236.88	1236.88
12-feb-2022	215.48	899.73	1236.88	1236.88
13-feb-2022	275.81	899.73	1236.88	1236.88
14-feb-2022	283.62	899.73	1236.88	1236.88
15-feb-2022	305.16	899.73	1236.88	1236.88
16-feb-2022	275.97	899.73	1236.88	1236.88
17-feb-2022	231.74	899.73	1236.88	1236.88
18-feb-2022	280.84	899.73	1236.88	1236.88
19-feb-2022	311.13	899.73	1236.88	1236.88
20-feb-2022	377.91	899.73	1236.88	1236.88
21-feb-2022	382.71	899.73	1236.88	1236.88
22-feb-2022	450.00	899.73	1236.88	1236.88
23-feb-2022	559.47	899.73	1236.88	1236.88
24-feb-2022	496.44	899.73	1236.88	1236.88
25-feb-2022	549.87	899.73	1236.88	1236.88
26-feb-2022	485.57	899.73	1236.88	1236.88
27-feb-2022	450.31	899.73	1236.88	1236.88
28-feb-2022	490.49	899.73	1236.88	1236.88
1-mar-2022	415.66	899.73	1236.88	1236.88
2-mar-2022	415.70	899.73	1236.88	1236.88
3-mar-2022	429.72	821.66	1169.11	1169.11
4-mar-2022	404.70	821.66	1169.11	1169.11
5-mar-2022	340.82	821.66	1169.11	1169.11
6-mar-2022	337.15	821.66	1169.11	1169.11
7-mar-2022	400.78	821.66	1169.11	1169.11
8-mar-2022	408.09	821.66	1169.11	1169.11
9-mar-2022	424.60	821.66	1169.11	1169.11
10-mar-2022	445.88	821.66	1169.11	1169.11
11-mar-2022	458.81	821.66	1169.11	1169.11
12-mar-2022	451.68	821.66	1169.11	1169.11
13-mar-2022	489.96	821.66	1169.11	1169.11

14-mar-2022	543.64	821.66	1169.11	1169.11
15-mar-2022	548.53	821.66	1169.11	1169.11
16-mar-2022	560.34	821.66	1169.11	1169.11
17-mar-2022	576.31	821.66	1169.11	1169.11
18-mar-2022	599.30	821.66	1169.11	1169.11
19-mar-2022	775.46	821.66	1169.11	1169.11
20-mar-2022	838.58	821.66	1169.11	1169.11
21-mar-2022	589.29	821.66	1169.11	1169.11
22-mar-2022	749.32	821.66	1169.11	1169.11
23-mar-2022	769.33	821.66	1169.11	1169.11
24-mar-2022	865.57	821.66	1169.11	1169.11
25-mar-2022	833.62	821.66	1169.11	1169.11
26-mar-2022	861.82	821.66	1169.11	1169.11
27-mar-2022	829.05	821.66	1169.11	1169.11
28-mar-2022	806.24	821.66	1169.11	1169.11
29-mar-2022	791.43	821.66	1169.11	1169.11
30-mar-2022	866.49	821.66	1169.11	1169.11
31-mar-2022	736.18	854.84	1309.80	1309.80
1-abr-2022	652.62	854.84	1309.80	1309.80
2-abr-2022	481.52	854.84	1309.80	1309.80
3-abr-2022	396.90	854.84	1309.80	1309.80
4-abr-2022	392.58	854.84	1309.80	1309.80
5-abr-2022	392.67	854.84	1309.80	1309.80
6-abr-2022	292.32	854.84	1309.80	1309.80
7-abr-2022	271.66	854.84	1309.80	1309.80
8-abr-2022	284.53	854.84	1309.80	1309.80
9-abr-2022	284.09	854.84	1309.80	1309.80
10-abr-2022	247.66	854.84	1309.80	1309.80
11-abr-2022	258.21	854.84	1309.80	1309.80
12-abr-2022	291.41	854.84	1309.80	1309.80
13-abr-2022	254.44	854.84	1309.80	1309.80
14-abr-2022	262.65	854.84	1309.80	1309.80
15-abr-2022	262.73	854.84	1309.80	1309.80
16-abr-2022	325.92	854.84	1309.80	1309.80
17-abr-2022	361.83	854.84	1309.80	1309.80
18-abr-2022	399.96	854.84	1309.80	1309.80
19-abr-2022	428.07	854.84	1309.80	1309.80
20-abr-2022	461.66	854.84	1309.80	1309.80
21-abr-2022	486.09	854.84	1309.80	1309.80

22-abr-2022	483.95	854.84	1309.80	1309.80
23-abr-2022	499.29	854.84	1309.80	1309.80
24-abr-2022	558.53	854.84	1309.80	1309.80
25-abr-2022	557.36	854.84	1309.80	1309.80
26-abr-2022	576.31	854.84	1309.80	1309.80
27-abr-2022	562.33	854.84	1309.80	1309.80
28-abr-2022	561.45	854.84	1309.80	1309.80
29-abr-2022	512.33	854.84	1309.80	1309.80
30-abr-2022	518.38	854.84	1309.80	1309.80
1-may-2022	526.57	945.06	1339.85	1339.85
2-may-2022	523.21	945.06	1339.85	1339.85
3-may-2022	517.56	945.06	1339.85	1339.85
4-may-2022	516.54	945.06	1339.85	1339.85
5-may-2022	476.59	945.06	1339.85	1339.85
6-may-2022	458.14	945.06	1339.85	1339.85
7-may-2022	437.79	945.06	1339.85	1339.85
8-may-2022	436.72	945.06	1339.85	1339.85
9-may-2022	422.27	945.06	1339.85	1339.85
10-may-2022	413.52	945.06	1339.85	1339.85
11-may-2022	400.64	945.06	1339.85	1339.85
12-may-2022	349.80	945.06	1339.85	1339.85
13-may-2022	347.88	945.06	1339.85	1339.85
14-may-2022	302.67	945.06	1339.85	1339.85
15-may-2022	286.75	945.06	1339.85	1339.85
16-may-2022	298.54	945.06	1339.85	1339.85
17-may-2022	310.71	945.06	1339.85	1339.85
18-may-2022	287.38	945.06	1339.85	1339.85
19-may-2022	266.91	945.06	1339.85	1339.85
20-may-2022	259.57	945.06	1339.85	1339.85
21-may-2022	248.93	945.06	1339.85	1339.85
22-may-2022	252.18	945.06	1339.85	1339.85
23-may-2022	253.14	945.06	1339.85	1339.85
24-may-2022	268.12	945.06	1339.85	1339.85
25-may-2022	267.18	945.06	1339.85	1339.85
26-may-2022	310.35	945.06	1339.85	1339.85
27-may-2022	357.71	945.06	1339.85	1339.85
28-may-2022	357.42	945.06	1339.85	1339.85
29-may-2022	410.78	945.06	1339.85	1339.85
30-may-2022	387.32	945.06	1339.85	1339.85

31-may-2022	389.53	945.06	1339.85	1339.85
1-jun-2022	342.59	940.18	1790.95	1790.95
2-jun-2022	311.78	940.18	1790.95	1790.95
3-jun-2022	307.37	940.18	1790.95	1790.95
4-jun-2022	255.81	940.18	1790.95	1790.95
5-jun-2022	249.60	940.18	1790.95	1790.95
6-jun-2022	247.48	940.18	1790.95	1790.95
7-jun-2022	232.20	940.18	1790.95	1790.95
8-jun-2022	229.27	940.18	1790.95	1790.95
9-jun-2022	211.01	940.18	1790.95	1790.95
10-jun-2022	141.86	940.18	1790.95	1790.95
11-jun-2022	115.26	940.18	1790.95	1790.95
12-jun-2022	205.84	940.18	1790.95	1790.95
13-jun-2022	115.98	940.18	1790.95	1790.95
14-jun-2022	228.28	940.18	1790.95	1790.95
15-jun-2022	228.02	940.18	1790.95	1790.95
16-jun-2022	227.58	940.18	1790.95	1790.95
17-jun-2022	199.91	940.18	1790.95	1790.95
18-jun-2022	198.45	940.18	1790.95	1790.95
19-jun-2022	199.48	940.18	1790.95	1790.95
20-jun-2022	199.92	940.18	1790.95	1790.95
21-jun-2022	205.02	940.18	1790.95	1790.95
22-jun-2022	206.97	940.18	1790.95	1790.95
23-jun-2022	204.54	940.18	1790.95	1790.95
24-jun-2022	200.15	940.18	1790.95	1790.95
25-jun-2022	118.83	940.18	1790.95	1790.95
26-jun-2022	203.07	940.18	1790.95	1790.95
27-jun-2022	241.05	940.18	1790.95	1790.95
28-jun-2022	263.56	940.18	1790.95	1790.95
29-jun-2022	253.41	940.18	1790.95	1790.95
30-jun-2022	228.52	940.18	1790.95	1790.95
1-jul-2022	226.13	909.89	1627.26	1627.26
2-jul-2022	155.05	909.89	1627.26	1627.26
3-jul-2022	226.93	909.89	1627.26	1627.26
4-jul-2022	716.00	909.89	1627.26	1627.26
5-jul-2022	294.01	909.89	1627.26	1627.26
6-jul-2022	715.93	909.89	1627.26	1627.26
7-jul-2022	716.47	909.89	1627.26	1627.26
8-jul-2022	366.56	909.89	1627.26	1627.26

9-jul-2022	466.21	909.89	1627.26	1627.26
10-jul-2022	466.93	909.89	1627.26	1627.26
11-jul-2022	467.68	909.89	1627.26	1627.26
12-jul-2022	716.60	909.89	1627.26	1627.26
13-jul-2022	917.11	909.89	1627.26	1627.26
14-jul-2022	459.00	909.89	1627.26	1627.26
15-jul-2022	322.90	909.89	1627.26	1627.26
16-jul-2022	334.81	909.89	1627.26	1627.26
17-jul-2022	317.04	909.89	1627.26	1627.26
18-jul-2022	616.20	909.89	1627.26	1627.26
19-jul-2022	616.34	909.89	1627.26	1627.26
20-jul-2022	616.98	909.89	1627.26	1627.26
21-jul-2022	616.46	909.89	1627.26	1627.26
22-jul-2022	628.48	909.89	1627.26	1627.26
23-jul-2022	320.25	909.89	1627.26	1627.26
24-jul-2022	322.37	909.89	1627.26	1627.26
25-jul-2022	335.43	909.89	1627.26	1627.26
26-jul-2022	616.67	909.89	1627.26	1627.26
27-jul-2022	517.69	909.89	1627.26	1627.26
28-jul-2022	396.32	909.89	1627.26	1627.26
29-jul-2022	397.43	909.89	1627.26	1627.26
30-jul-2022	249.04	909.89	1627.26	1627.26
31-jul-2022	246.99	909.89	1627.26	1627.26
1-ago-2022	360.84	997.30	1316.90	1316.90
2-ago-2022	293.80	997.30	1316.90	1316.90
3-ago-2022	241.20	997.30	1316.90	1316.90
4-ago-2022	300.59	997.30	1316.90	1316.90
5-ago-2022	509.36	997.30	1316.90	1316.90
6-ago-2022	229.47	997.30	1316.90	1316.90
7-ago-2022	237.41	997.30	1316.90	1316.90
8-ago-2022	241.85	997.30	1316.90	1316.90
9-ago-2022	255.84	997.30	1316.90	1316.90
10-ago-2022	289.71	997.30	1316.90	1316.90
11-ago-2022	292.96	997.30	1316.90	1316.90
12-ago-2022	334.65	997.30	1316.90	1316.90
13-ago-2022	263.95	997.30	1316.90	1316.90
14-ago-2022	400.94	997.30	1316.90	1316.90
15-ago-2022	510.98	997.30	1316.90	1316.90
16-ago-2022	845.12	997.30	1316.90	1316.90

17-ago-2022	631.00	997.30	1316.90	1316.90
18-ago-2022	513.46	997.30	1316.90	1316.90
19-ago-2022	314.85	997.30	1316.90	1316.90
20-ago-2022	235.25	997.30	1316.90	1316.90
21-ago-2022	318.62	997.30	1316.90	1316.90
22-ago-2022	259.86	997.30	1316.90	1316.90
23-ago-2022	250.41	997.30	1316.90	1316.90
24-ago-2022	510.66	997.30	1316.90	1316.90
25-ago-2022	329.34	997.30	1316.90	1316.90
26-ago-2022	258.24	997.30	1316.90	1316.90
27-ago-2022	272.13	997.30	1316.90	1316.90
28-ago-2022	308.50	997.30	1316.90	1316.90
29-ago-2022	359.43	997.30	1316.90	1316.90
30-ago-2022	415.12	997.30	1316.90	1316.90
31-ago-2022	491.88	1037.23	1272.37	1272.37
1-oct-2022	388.03	1037.23	1272.37	1272.37
2-oct-2022	357.44	1037.23	1272.37	1272.37
3-oct-2022	279.13	1037.23	1272.37	1272.37
4-oct-2022	269.13	1037.23	1272.37	1272.37
5-oct-2022	245.47	1037.23	1272.37	1272.37
6-oct-2022	215.52	1037.23	1272.37	1272.37
7-oct-2022	308.46	1037.23	1272.37	1272.37
8-oct-2022	163.21	1037.23	1272.37	1272.37
9-oct-2022	154.59	1037.23	1272.37	1272.37
10-oct-2022	108.14	1037.23	1272.37	1272.37
11-oct-2022	109.44	1037.23	1272.37	1272.37
12-oct-2022	136.67	1037.23	1272.37	1272.37
13-oct-2022	143.51	1037.23	1272.37	1272.37
14-oct-2022	296.64	1037.23	1272.37	1272.37
15-oct-2022	207.27	1037.23	1272.37	1272.37
16-oct-2022	109.45	1037.23	1272.37	1272.37
17-oct-2022	109.93	1037.23	1272.37	1272.37
18-oct-2022	110.17	1037.23	1272.37	1272.37
19-oct-2022	111.27	1037.23	1272.37	1272.37
20-oct-2022	108.70	1037.23	1272.37	1272.37
21-oct-2022	108.52	1037.23	1272.37	1272.37
22-oct-2022	108.50	1037.23	1272.37	1272.37
23-oct-2022	107.98	1037.23	1272.37	1272.37
24-oct-2022	107.65	1037.23	1272.37	1272.37

25-oct-2022	109.90	1037.23	1272.37	1272.37
26-oct-2022	111.41	1037.23	1272.37	1272.37
27-oct-2022	114.22	1037.23	1272.37	1272.37
28-oct-2022	117.81	1037.23	1272.37	1272.37
29-oct-2022	108.48	1037.23	1272.37	1272.37
30-oct-2022	126.64	1037.23	1272.37	1272.37
31-oct-2022	119.70	1030.08	1253.10	1253.10
1-nov-2022	109.78	1030.08	1253.10	1253.10
2-nov-2022	112.49	1030.08	1253.10	1253.10
3-nov-2022	104.91	1030.08	1253.10	1253.10
4-nov-2022	109.21	1030.08	1253.10	1253.10
5-nov-2022	407.56	1030.08	1253.10	1253.10
6-nov-2022	110.39	1030.08	1253.10	1253.10
7-nov-2022	114.25	1030.08	1253.10	1253.10
8-nov-2022	103.97	1030.08	1253.10	1253.10
9-nov-2022	104.26	1030.08	1253.10	1253.10
10-nov-2022	134.55	1030.08	1253.10	1253.10
11-nov-2022	108.90	1030.08	1253.10	1253.10
12-nov-2022	127.32	1030.08	1253.10	1253.10
13-nov-2022	148.68	1030.08	1253.10	1253.10
14-nov-2022	107.98	1030.08	1253.10	1253.10
15-nov-2022	129.93	1030.08	1253.10	1253.10
16-nov-2022	112.37	1030.08	1253.10	1253.10
17-nov-2022	144.42	1030.08	1253.10	1253.10
18-nov-2022	141.44	1030.08	1253.10	1253.10
19-nov-2022	280.79	1030.08	1253.10	1253.10
20-nov-2022	105.91	1030.08	1253.10	1253.10
21-nov-2022	109.09	1030.08	1253.10	1253.10
22-nov-2022	110.08	1030.08	1253.10	1253.10
23-nov-2022	107.36	1030.08	1253.10	1253.10
24-nov-2022	139.23	1030.08	1253.10	1253.10
25-nov-2022	107.82	1030.08	1253.10	1253.10
26-nov-2022	119.14	1030.08	1253.10	1253.10
27-nov-2022	104.90	1030.08	1253.10	1253.10
28-nov-2022	104.89	1030.08	1253.10	1253.10
29-nov-2022	104.83	1030.08	1253.10	1253.10
30-nov-2022	105.40	1030.08	1253.10	1253.10
1-dic-2022	106.08	952.52	1217.80	1217.80
2-dic-2022	107.08	952.52	1217.80	1217.80

3-dic-2022	105.30	952.52	1217.80	1217.80
4-dic-2022	103.89	952.52	1217.80	1217.80
5-dic-2022	103.97	952.52	1217.80	1217.80
6-dic-2022	103.88	952.52	1217.80	1217.80
7-dic-2022	105.12	952.52	1217.80	1217.80
8-dic-2022	106.34	952.52	1217.80	1217.80
9-dic-2022	106.46	952.52	1217.80	1217.80
10-dic-2022	103.81	952.52	1217.80	1217.80
11-dic-2022	103.18	952.52	1217.80	1217.80
12-dic-2022	105.73	952.52	1217.80	1217.80
13-dic-2022	103.19	952.52	1217.80	1217.80
14-dic-2022	104.26	952.52	1217.80	1217.80
15-dic-2022	103.37	952.52	1217.80	1217.80
16-dic-2022	103.94	952.52	1217.80	1217.80
17-dic-2022	103.71	952.52	1217.80	1217.80
18-dic-2022	103.97	952.52	1217.80	1217.80
19-dic-2022	106.78	952.52	1217.80	1217.80
20-dic-2022	107.02	952.52	1217.80	1217.80
21-dic-2022	169.81	952.52	1217.80	1217.80
22-dic-2022	225.85	952.52	1217.80	1217.80
23-dic-2022	161.50	952.52	1217.80	1217.80
24-dic-2022	104.50	952.52	1217.80	1217.80
25-dic-2022	102.56	952.52	1217.80	1217.80
26-dic-2022	102.64	952.52	1217.80	1217.80
27-dic-2022	106.91	952.52	1217.80	1217.80
28-dic-2022	112.77	952.52	1217.80	1217.80
29-dic-2022	107.70	952.52	1217.80	1217.80
30-dic-2022	258.34	952.52	1217.80	1217.80
31-dic-2022	96.18	971.18	1100.22	1100.22
1-ene-2023	97.12	971.18	1100.22	1100.22
2-ene-2023	97.23	971.18	1100.22	1100.22
3-ene-2023	97.22	971.18	1100.22	1100.22
4-ene-2023	98.57	971.18	1100.22	1100.22
5-ene-2023	101.22	971.18	1100.22	1100.22
6-ene-2023	102.82	971.18	1100.22	1100.22
7-ene-2023	106.68	971.18	1100.22	1100.22
8-ene-2023	130.72	971.18	1100.22	1100.22
9-ene-2023	96.24	971.18	1100.22	1100.22
10-ene-2023	115.86	971.18	1100.22	1100.22

11-ene-2023	120.67	971.18	1100.22	1100.22
12-ene-2023	126.63	971.18	1100.22	1100.22
13-ene-2023	196.77	971.18	1100.22	1100.22
14-ene-2023	132.31	971.18	1100.22	1100.22
15-ene-2023	116.51	971.18	1100.22	1100.22
16-ene-2023	99.07	971.18	1100.22	1100.22
17-ene-2023	101.21	971.18	1100.22	1100.22
18-ene-2023	104.21	971.18	1100.22	1100.22
19-ene-2023	122.57	971.18	1100.22	1100.22
20-ene-2023	228.22	971.18	1100.22	1100.22
21-ene-2023	117.67	971.18	1100.22	1100.22
22-ene-2023	133.50	971.18	1100.22	1100.22
23-ene-2023	120.60	971.18	1100.22	1100.22
24-ene-2023	124.01	971.18	1100.22	1100.22
25-ene-2023	120.75	971.18	1100.22	1100.22
26-ene-2023	130.20	971.18	1100.22	1100.22
27-ene-2023	336.27	971.18	1100.22	1100.22
28-ene-2023	131.38	971.18	1100.22	1100.22
29-ene-2023	130.56	971.18	1100.22	1100.22
30-ene-2023	98.75	971.18	1100.22	1100.22
31-ene-2023	100.01	915.62	1090.84	1090.84
1-feb-2023	102.22	915.62	1090.84	1090.84
2-feb-2023	104.95	915.62	1090.84	1090.84
3-feb-2023	110.75	915.62	1090.84	1090.84
4-feb-2023	113.83	915.62	1090.84	1090.84
5-feb-2023	110.20	915.62	1090.84	1090.84
6-feb-2023	119.55	915.62	1090.84	1090.84
7-feb-2023	123.34	915.62	1090.84	1090.84
8-feb-2023	124.90	915.62	1090.84	1090.84
9-feb-2023	149.16	915.62	1090.84	1090.84
10-feb-2023	168.36	915.62	1090.84	1090.84
11-feb-2023	356.22	915.62	1090.84	1090.84
12-feb-2023	155.95	915.62	1090.84	1090.84
13-feb-2023	148.45	915.62	1090.84	1090.84
14-feb-2023	140.15	915.62	1090.84	1090.84
15-feb-2023	108.03	915.62	1090.84	1090.84
16-feb-2023	126.76	915.62	1090.84	1090.84
17-feb-2023	153.23	915.62	1090.84	1090.84
18-feb-2023	133.91	915.62	1090.84	1090.84

19-feb-2023	167.25	915.62	1090.84	1090.84
20-feb-2023	157.04	915.62	1090.84	1090.84
21-feb-2023	155.17	915.62	1090.84	1090.84
22-feb-2023	159.20	915.62	1090.84	1090.84
23-feb-2023	1035.1 3	915.62	1090.84	1090.84
24-feb-2023	256.87	915.62	1090.84	1090.84
25-feb-2023	288.74	915.62	1090.84	1090.84
26-feb-2023	256.81	915.62	1090.84	1090.84
27-feb-2023	183.48	915.62	1090.84	1090.84
28-feb-2023	284.16	915.62	1090.84	1090.84
1-mar-2023	343.46	915.62	1090.84	1090.84
2-mar-2023	358.71	854.16	1016.59	1016.59
3-mar-2023	355.08	854.16	1016.59	1016.59
4-mar-2023	349.07	854.16	1016.59	1016.59
5-mar-2023	347.99	854.16	1016.59	1016.59
6-mar-2023	251.74	854.16	1016.59	1016.59
7-mar-2023	249.24	854.16	1016.59	1016.59
8-mar-2023	249.12	854.16	1016.59	1016.59
9-mar-2023	271.52	854.16	1016.59	1016.59
10-mar-2023	287.68	854.16	1016.59	1016.59
11-mar-2023	239.19	854.16	1016.59	1016.59
12-mar-2023	242.85	854.16	1016.59	1016.59
13-mar-2023	238.60	854.16	1016.59	1016.59
14-mar-2023	236.68	854.16	1016.59	1016.59
15-mar-2023	288.71	854.16	1016.59	1016.59
16-mar-2023	411.74	854.16	1016.59	1016.59
17-mar-2023	292.59	854.16	1016.59	1016.59
18-mar-2023	260.93	854.16	1016.59	1016.59
19-mar-2023	258.87	854.16	1016.59	1016.59
20-mar-2023	219.28	854.16	1016.59	1016.59
21-mar-2023	189.33	854.16	1016.59	1016.59
22-mar-2023	191.10	854.16	1016.59	1016.59
23-mar-2023	200.62	854.16	1016.59	1016.59
24-mar-2023	451.77	854.16	1016.59	1016.59
25-mar-2023	450.93	854.16	1016.59	1016.59
26-mar-2023	299.26	854.16	1016.59	1016.59
27-mar-2023	201.21	854.16	1016.59	1016.59
28-mar-2023	222.47	854.16	1016.59	1016.59

29-mar-2023	225.01	854.16	1016.59	1016.59
30-mar-2023	289.05	854.16	1016.59	1016.59
31-mar-2023	299.34	854.16	1016.59	1016.59
1-abr-2023	347.58	854.16	1016.59	1016.59
2-abr-2023	302.03	784.13	1004.00	1004.00
3-abr-2023	299.82	784.13	1004.00	1004.00
4-abr-2023	255.86	784.13	1004.00	1004.00
5-abr-2023	260.61	784.13	1004.00	1004.00
6-abr-2023	290.55	784.13	1004.00	1004.00
7-abr-2023	290.53	784.13	1004.00	1004.00
8-abr-2023	371.74	784.13	1004.00	1004.00
9-abr-2023	276.71	784.13	1004.00	1004.00
10-abr-2023	278.01	784.13	1004.00	1004.00
11-abr-2023	312.96	784.13	1004.00	1004.00
12-abr-2023	353.13	784.13	1004.00	1004.00
13-abr-2023	371.52	784.13	1004.00	1004.00
14-abr-2023	372.88	784.13	1004.00	1004.00
15-abr-2023	362.05	784.13	1004.00	1004.00
16-abr-2023	380.70	784.13	1004.00	1004.00
17-abr-2023	326.37	784.13	1004.00	1004.00
18-abr-2023	422.05	784.13	1004.00	1004.00
19-abr-2023	391.59	784.13	1004.00	1004.00
20-abr-2023	475.45	784.13	1004.00	1004.00
21-abr-2023	591.76	784.13	1004.00	1004.00
22-abr-2023	712.42	784.13	1004.00	1004.00
23-abr-2023	721.61	784.13	1004.00	1004.00
24-abr-2023	650.23	784.13	1004.00	1004.00
25-abr-2023	731.09	784.13	1004.00	1004.00
26-abr-2023	640.05	784.13	1004.00	1004.00
27-abr-2023	731.24	784.13	1004.00	1004.00
28-abr-2023	711.54	784.13	1004.00	1004.00
29-abr-2023	622.14	784.13	1004.00	1004.00
30-abr-2023	540.22	731.05	885.73	885.73
01/sep /2022	545.39	731.05	885.73	885.73
02/sep /2022	527.16	731.05	885.73	885.73
03/sep /2022	529.20	731.05	885.73	885.73
04/sep /2022	624.59	731.05	885.73	885.73
05/sep /2022	414.23	731.05	885.73	885.73
06/sep /2022	484.34	731.05	885.73	885.73

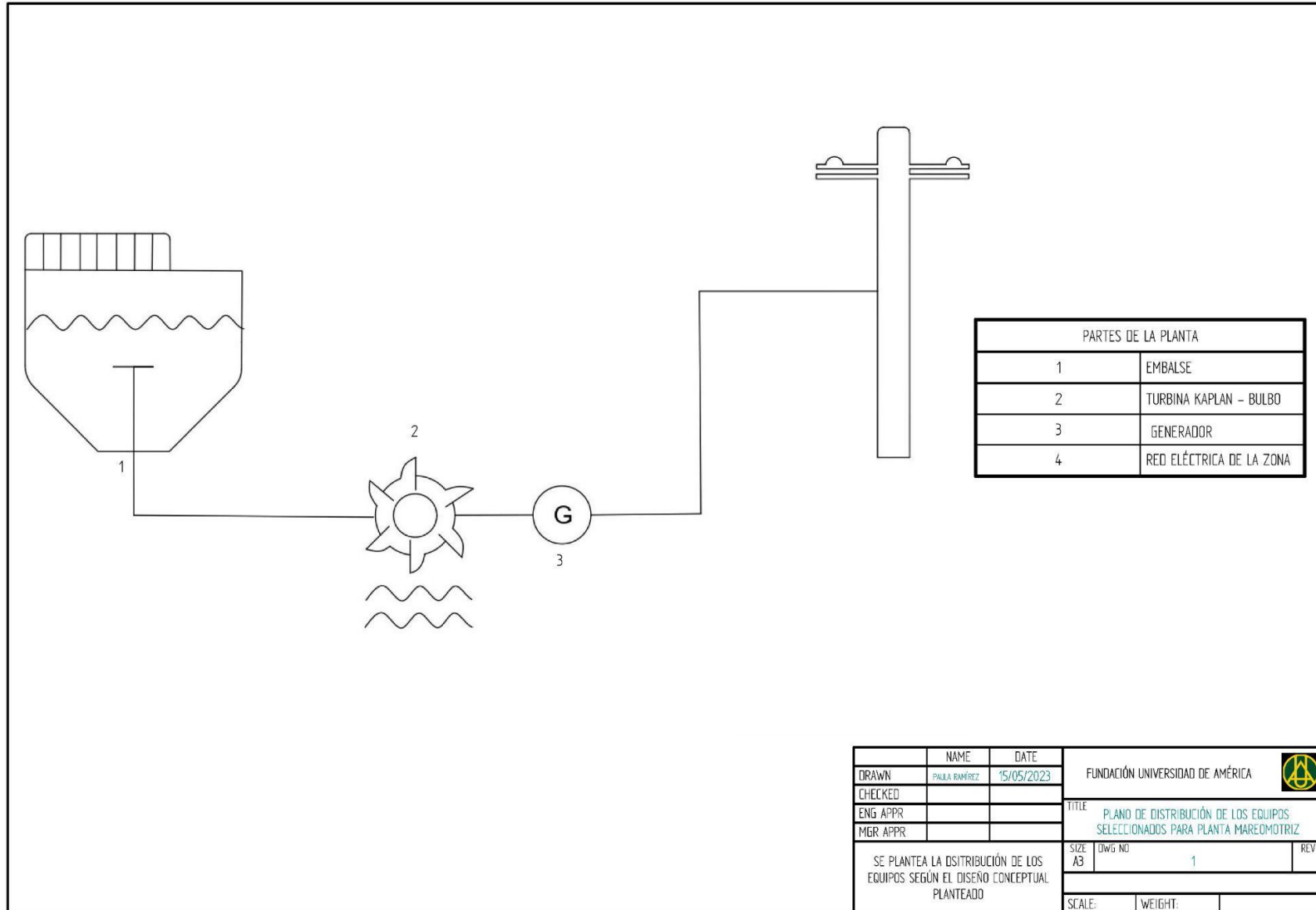
07/sep /2022	374.31	731.05	885.73	885.73
08/sep /2022	320.73	731.05	885.73	885.73
09/sep /2022	317.73	731.05	885.73	885.73
10/sep /2022	315.88	731.05	885.73	885.73
11/sep /2022	314.35	731.05	885.73	885.73
12/sep /2022	291.36	731.05	885.73	885.73
13/sep /2022	349.32	731.05	885.73	885.73
14/sep /2022	294.44	731.05	885.73	885.73
15/sep /2022	265.41	731.05	885.73	885.73
16/sep /2022	265.35	731.05	885.73	885.73
17/sep /2022	274.32	731.05	885.73	885.73
18/sep /2022	244.37	731.05	885.73	885.73
19/sep /2022	253.50	731.05	885.73	885.73
20/sep /2022	324.42	731.05	885.73	885.73
21/sep /2022	203.67	731.05	885.73	885.73
22/sep /2022	205.06	731.05	885.73	885.73
23/sep /2022	209.35	731.05	885.73	885.73
24/sep /2022	208.85	731.05	885.73	885.73
25/sep /2022	200.50	731.05	885.73	885.73
26/sep /2022	206.13	731.05	885.73	885.73
27/sep /2022	224.06	731.05	885.73	885.73
28/sep /2022	244.17	731.05	885.73	885.73
29/sep /2022	257.73	731.05	885.73	885.73
30/sep /2022	224.58	731.05	885.73	885.73

ANEXO 4.
CATALOGO DE TURBINAS

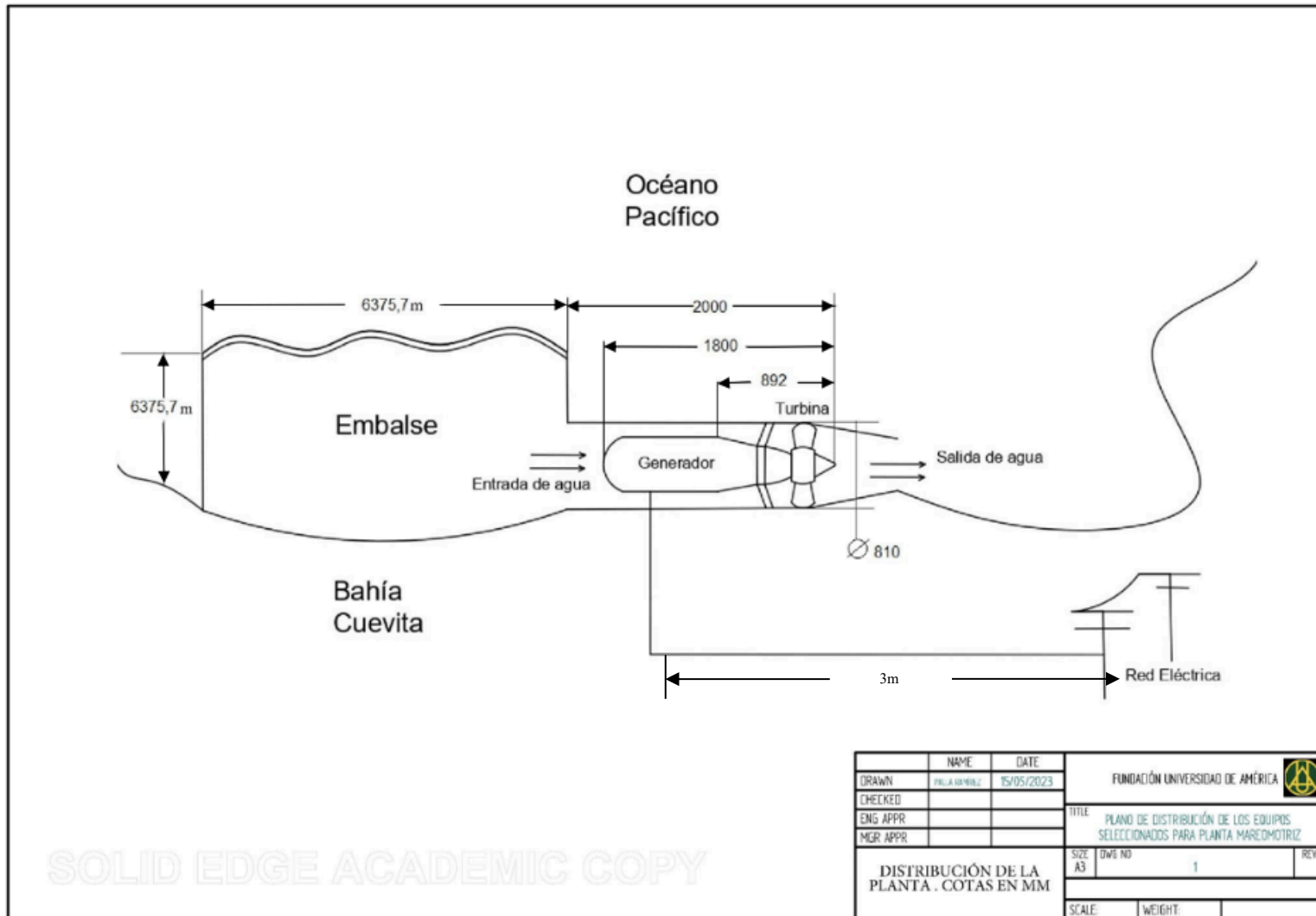
T 1300 - Turbine Tigre 24 kW à 130 kW avec Générateur - Triphasé 400 volts

Puissance Nominale maxi en kW	Caractéristiques techniques		Prix Vente HT	Délais indicatifs
24 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	71 600 €	7 mois
28 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	76 700 €	7 mois
32 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	84 100 €	7 mois
36 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	90 700 €	7 mois
40 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	94 100 €	7 mois
45 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	96 300 €	7 mois
50 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	101 400 €	7 mois
55 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	108 800 €	7 mois
60 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	112 600 €	7 mois
70 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	121 600 €	7 mois
80 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	131 600 €	7 mois
90 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	138 400 €	7 mois
100 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	159 400 €	7 mois
115 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	169 400 €	7 mois
130 kW	Triphasé	Turbine en acier traité anticorrosion et acier Inox, pales bronze marine, cône béton fibré HP inclus	nc	7 mois

ANEXO 5. PLANO DE DISTRIBUCIÓN 1



**ANEXO 6.
PLANO DE DISTRIBUCIÓN 2**



ANEXO 7. RECOMENDACIONES

Colombia es un país con un gran recurso hídrico que no se ha aprovechado como alternativa de energía renovable, este proyecto es el comienzo de un gran estudio y este puede ser la base de muchos proyectos que ayuden al desarrollo de micro plantas mareomotrices. Se recomienda comparar este tipo de energía renovable utilizada con las demás, como son la solar y eólica, buscando la mejor alternativa para la población.

El diseño que se estableció está basado en un estudio académico y se utilizaron bases de datos de empresas, editoriales, entre otras, sin embargo, es una gran oportunidad de realizar trabajos de campo en la cual se encuentren datos más específicos de la zona y los habitantes para llegar a un diseño avanzado sobre la planta y poder contemplar pérdidas y criterios que estaban fuera del alcance de esta tesis. Se recomienda hacer un estudio más detallado sobre los impactos que tiene el agua con los equipos y viceversa, destacando fallas grandes por corrosión en los equipos debido al agua marina.

Es importante evaluar otros lugares donde se pueda implementar la planta y realizar una comparación entre los mismo para seleccionar la mejor alternativa.