



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**Energía mareomotriz generada a partir del control de inundaciones con  
presas inflables en Guayaquil**

**AUTOR:**

**CORNEJO AYON, FERNANDO GUILLERMO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**COLÓN GILBERTO MARTÍNEZ REHPANI**

**Guayaquil, Ecuador**

**2021**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Fernando Guillermo Cornejo Ayon**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Martínez Rehpani, Gilberto**

**DIRECTORA DE CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Stefany Alcívar Bastidas, Msc.**

**Guayaquil, a los 13 del mes de septiembre del año 2021**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Fernando Guillermo Cornejo Ayon**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Energía mareomotriz generada a partir del control de inundaciones con presas inflables en Guayaquil**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 13 del mes de septiembre del año 2021**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Fernando Guillermo Cornejo Ayon**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Fernando Guillermo Cornejo Ayon**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Energía mareomotriz generada a partir del control de inundaciones con presas inflables en Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

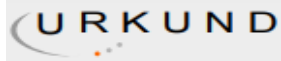
**Guayaquil, a los 13 del mes de septiembre del año 2020**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Fernando Guillermo Cornejo Ayon**

# REPORTE URKUND



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Cornejo\_Fernando\_Final.docx (D112365051)  
**Submitted:** 9/10/2021 3:13:00 PM  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 3 %

### Sources included in the report:

ENSAYO1-CENTRALES MAREOMOTRICES SUMERGIDAS.pdf (D88416616)  
[http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3433/1/Jara\\_Benavente\\_Francisco\\_Javier.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3433/1/Jara_Benavente_Francisco_Javier.pdf)  
[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_2.1.7\\_Minicentrales\\_hidroelectricas\\_125f6cd9.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf)  
<https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/guayaquil-inundaciones-mareas-altas-falta-drenaje/#:~:text=Las%20mareas%20altas%20y%20el,Guayaquil%20en%20una%20ciudad%20inundable.&text=Seis%20horas%20de%20aguacero%20sobre,8%20de%20marzo%20de%202021.Zhang>  
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/16602/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-388.pdf>  
<https://docplayer.es/41284345-Escuela-universitaria-de-ingenieria-tecnica-industrial-de-zaragoza-proyecto-fin-de-carrera-memoria.html>  
<http://www.ingenieroambiental.com/apunte-mareomotriz.pdf>

### Instances where selected sources appear:

27

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, quiero agradecerle a Dios por hacer posible que yo esté aquí el día de hoy culminando mi sueño de convertirme en un profesional, por darme la oportunidad de formar parte de la gran institución que es la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y por siempre guiarme por el camino correcto.

Quiero agradecerle a mi mamá que siempre ha hecho todo lo posible por darme una buena vida y un buen futuro, por criarme con valores que me hacen la persona que soy hoy. A mi padre por siempre ayudarme en mis momentos difíciles con su incondicional presencia. A mis hermanos que siempre me dieron un buen ejemplo a seguir y me guiaron a lo largo de mi vida. A mis amigos con los que he compartido grandes momentos dentro y fuera de la universidad.

A María Paula, mi novia, que desde el primer día que estuve en la facultad tuve todo su apoyo, la que, en los momentos más difíciles de mi carrera, me motivó a seguir adelante y no tirar la toalla. A mis perros Max y Lizzie, que incluso en las largas noches de estudio y días difíciles me recibían en mi hogar con felicidad y mucho cariño.

Finalmente, nada de esto pudo ser posible sin la guía que me dio mi tutor el Ingeniero Gilberto Martínez, la persona que en mis primeros años de estudio fue mi docente, y ahora es el que me está ayudando a culminar mi carrera de la mejor manera posible.

**Fernando Guillermo Cornejo Ayon**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicarles este escrito a Dios y a mi familia. De antemano quiero agradecerle a mi madre, Mónica Ayon, por darme la oportunidad y la confianza de convertirme en un profesional, si no fuera por ella no estaría presente el día de hoy. A mi padre, Nelson Cornejo, por alentarme a seguir adelante cada día y por su apoyo incondicional ante toda dificultad. A mis hermanos por haber estado a mi lado desde que era pequeño y por siempre estar ahí en un momento que necesite ayuda o consejo.

A María Paula por nunca haber dudado de mí y ser esa persona que siempre estuvo a mi lado, no existen las palabras para expresar todo lo que ha hecho por mí, es una persona maravillosa que en cualquier momento de oscuridad me da luz,

**Fernando Guillermo Cornejo Ayon**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Carlos Chon Díaz, M. Sc.**

**DECANO**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Plaza Vera, Fernando Javier, Ms.C.**

**DOCENTE DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra, Msc.**

**OPONENTE**



## Índice

Índice de Ilustraciones .....	XIII
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Situación actual.....	5
1.4 Zonas afectadas.....	6
1.5 Zona de estudio.....	7
1.6 Justificación .....	7
1.7 Objetivos.....	8
1.7.1 Objetivo general .....	8
1.7.2 Objetivos Específicos .....	9
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 Marco Legal.....	10
2.1.1 Constitución Nacional de la República del Ecuador .....	10
2.1.2 Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) .....	13
2.1.3 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021: Toda una Vida.....	13
2.1.4 Estatuto de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. ....	14
2.1.5 Planificación Estratégica Institucional 2017-2021 (PEDI) .....	16
2.2 Energía Renovable.....	16
2.3 Energía Solar.....	18
2.3.1 Energía Solar fotovoltaica .....	19
2.3.2 Energía Solar Térmica .....	20
2.4 Energía Eólica.....	22
2.5 Energía de la Biomasa .....	22

2.6	Energía Mareomotriz .....	23
2.6.1	Beneficios Energéticos .....	23
2.6.2	Beneficios Ambientales .....	24
2.6.3	Métodos para generar energía.....	25
2.7	Presas Inflables .....	25
2.7.1	Consideraciones.....	28
2.7.2	Proceso Constructivo.....	29
2.7.3	Comparación con presas convencionales .....	30
2.8	Manglares.....	31
2.8.1	Tipos de Manglares. ....	32
2.8.2	Amenazas a Manglares.....	33
CAPÍTULO III .....		34
DESARROLLO METODOLÓGICO .....		34
3.1	Metodología de la Investigación.....	34
3.1.1	Investigación Documental .....	34
3.1.2	Método Inductivo-Deductivo. ....	35
3.1.3	Método Cualitativo.....	35
3.2	Plantas de Energía Mareomotriz a Nivel Mundial.....	36
3.2.1	Bahía de Fundy.....	36
3.2.2	Central de La Rance. ....	38
3.3	Minicentral Hidroeléctrica cerca de una presa urbana.....	41
3.3.1	Central Hidroeléctrica Los Hurones .....	43
3.3.2	Central Hidroeléctrica Selga de Ordás .....	43

3.3.3	Central Hidroeléctrica Porma .....	44
3.4	Energía Mareomotriz en Latinoamérica. ....	45
3.4.1	Argentina .....	45
3.4.2	México.....	46
3.4.3	Chile. ....	47
3.5	Directrices y Estrategias Teóricas para la Construcción del Parque Central Mareomotriz y las Presas Inflables.....	47
3.5.1	Estudio Topográfico. ....	48
3.5.2	Estudio de Suelos .....	48
3.5.3	Estudio Hidrológico e Hidráulico.....	49
3.5.4	Tablestacado .....	49
3.5.5	Hormigón.....	50
3.5.6	Cimentación.....	52
3.5.7	Pilotes metálicos. ....	53
3.5.8	Sistema de Anclaje de las Presas .....	53
3.5.9	Sismología del Sitio.....	55
3.5.10	Turbinas de Baja Caída.....	56
3.5.11	Compuertas Stop-Log.....	57
CAPÍTULO IV .....		58
REALIZACIÓN DEL PARQUE CENTRAL MAREOMOTRIZ .....		58
4.1	Sistema de Presas Sucesivas en la Ciudad de Guayaquil .....	58
4.2	Alternativas Constructivas de presas inflables .....	60
4.2.1	Cimentación.....	60
4.2.2	Tipo de Hormigón .....	61
4.2.3	Tipo de Anclaje .....	61
4.2.4	Inflado de las Presas .....	61
4.2.5	Desvío del cauce.....	62

4.3	Ubicación de las Presas Inflables.....	63
4.4	Volúmen de Almacenamiento de cada tramo. ....	68
4.5	Parque Central Mareomotriz.....	68
4.6	Seguridad del Sistema.....	69
4.7	Estudio Hidrológico.....	69
4.8	Beneficios y Dificultades del Sistema de presas Inflables Sucesivas y el Parque Central Mareomotriz.....	73
4.8.1	Beneficios.....	73
4.8.2	Dificultades.....	74
4.9	Esquemas.....	74
CAPÍTULO V .....		77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		77
5.1	Conclusiones.....	77
5.2	Recomendaciones.....	78
Referencias Bibliográficas.....		79

## Índice de Ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Mapa Geográfico que representan la zona de estudio, ubicada en Urdesa, Guayaquil .....	8
<b>Ilustración 2.</b> Explicación del funcionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaica .....	20
<b>Ilustración 3.</b> Explicación del funcionamiento de un sistema de energía solar térmica .....	21
<b>Ilustración 4.</b> Partes de una presa inflable. Obtenido de: Hydraulic Rubber Dam (p. 70)..	27
<b>Ilustración 5.</b> Bahía de Fundy con sus distintos rangos de marea.....	36
<b>Ilustración 6.</b> Ubicación de una minicentral hidroeléctrica ubicada al pie de una presa. ...	42
<b>Ilustración 7.</b> Anclaje de una sola línea. ....	54
<b>Ilustración 8.</b> Anclaje de doble línea.....	55
<b>Ilustración 9.</b> Cantidad de energía que puede generar una Dive - Turbine dependiendo del caudal.....	56
<b>Ilustración 10.</b> Ubicación del Ramal de Miraflores y el Ramal de Urdesa Norte para realizar el estudio.....	59
<b>Ilustración 11.</b> Sugerencia para el uso de pilotes para la construcción de las presas inflables .....	60
<b>Ilustración 12.</b> Sistema de inflado con agua de una presa inflable. ....	62
<b>Ilustración 13.</b> Subcuenca de cada uno de los ramales. La de color morado pertenece al Ramal de Miraflores, mientras que, la de color verde pertenece al Ramal de Urdesa Norte. ....	63

<b>Ilustración 14.</b> Predicción Diaria de Mareas en el Ecuador Guayaquil (Río Guayas) 2021 .....	64
<b>Ilustración 15.</b> Perfil del ramal de Urdesa Norte .....	65
<b>Ilustración 16.</b> Perfil Ramal de Miraflores.....	66
<b>Ilustración 17.</b> Ubicación de las presas Inflables.....	67
<b>Ilustración 18.</b> Ubicación del Parque Central Mareomotriz. ....	68
<b>Ilustración 19.</b> Hietograma de precipitación para un periodo de diseño de 10 años en la estación aeropuerto de Guayaquil M0056 .....	71
<b>Ilustración 20.</b> Lluvia máxima estimada para el Ramal Urdesa Norte. ....	72
<b>Ilustración 21.</b> Lluvia máxima esperada para el Ramal de Miraflores .....	72
<b>Ilustración 22.</b> Vista de presa inflable y caseta de control.....	74
<b>Ilustración 23.</b> Vista en planta de una presa inflable. ....	75
<b>Ilustración 24.</b> Vista lateral del Parque Central Mareomotriz. ....	75
<b>Ilustración 25.</b> Detalle de conexión entre tuberías y turbinas. ....	76
<b>Ilustración 26.</b> Vista en planta del sistema completo.....	76

## RESUMEN

La presente investigación fundamentó la utilización de 4 presas inflables sucesivas, instaladas en los dos ramales del Estero Salado que circundan al sector de Urdesa en la ciudad de Guayaquil para que, al mantener secos estos dos ramales en la temporada lluviosa, éstos puedan almacenar un volumen de agua lluvia superior a un millón de metros cúbicos, y soportar lluvias entre 104 y 110 mm, sin presentar calles inundadas en Urdesa durante una marea alta. Los 4 embalses que se forman sólo ocuparán las áreas de los dos ramales del Estero que se mojan diariamente, es decir, no habrá inundaciones de otras áreas diferentes a las mencionadas durante la formación de los embalses. En la estación seca, la segunda presa inflable de cada ramal enviará el agua de marea almacenada, por un conducto forzado asentado en el cauce de cada ramal, hacia una turbina de baja altura de caída, para la generación de energía mareomotriz.

***Palabras claves:*** Presas inflables, Estero Salado, temporada lluviosa, inundación, energía mareomotriz, estación seca, turbina de baja caída.

## **ABSTRACT**

The present research based the use of 4 successive rubber dams, installed in the two branches of the Estero Salado that surround Urdesa so that, by keeping those two branches dry during the rainy season, they can store a total volume of one million cubic meters, and hold a rainfall between 104 and 110 mm, without flooding Urdesa's streets during a high tide. The 4 reservoirs that are formed will only occupy the areas of the two branches of the Estero that get wet daily, which means, there will be no flooding from areas other than those mentioned during the formation of the reservoirs. In the dry season, the second rubber dam of each branch will send the stored tidal water, through a forced conduct set at the bottom of each branch, towards a low drop height turbine, for the generation of tidal energy.

**Keywords:** Rubber dams, flooding, Estero Salado, rainy season, tidal energy, dry season, low drop height turbine.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático afecta al planeta y a sus habitantes, este es causado por el ser humano mediante fábricas, basura, y la construcción de estructuras, por lo que es necesario que se busquen alternativas eco-amigables para reducir estos cambios. Se pueden buscar fuentes alternativas de energía, incluso realizar métodos constructivos que sean distintos a los tradicionales, con el fin de que exista armonía con el medio ambiente.

El cambio climático ha afectado a las zonas más bajas del mundo con grandes inundaciones que destruyen distintas construcciones fundamentales para el ser humano, y es deber de la nueva generación solucionar estos problemas. Gracias a estos dos motivos, el uso de presas inflables ayuda a reducir el impacto ambiental y a su vez da una solución al problema de las inundaciones en la zona donde estas sean implementadas. También se puede turbinar el agua que se encuentre encerrada entre las presas para así generar energía y dar una fuente alternativa para el uso humano. El propósito de este trabajo investigativo es determinar una cantidad de presas en un cuerpo de agua específico que se encuentre en una zona urbana de la ciudad de Guayaquil, con el fin de prevenir inundaciones y generar energía.

### **1.1 Antecedentes**

Una inundación, es un desastre natural muy frecuente a nivel mundial, debido a que genera problemas en la sociedad, al existir una inundación se tienen pérdidas materiales, económicas, ambientales y vidas humanas, de acuerdo con datos obtenidos de la Organización de las Naciones Unidas ONU (2020), la calidad del agua se verá afectada por los cambios en el clima. Las inundaciones aumentarán el riesgo de polución del agua y de la contaminación patogénica. El cambio climático hará que el ecosistema se encuentre en peligro, porque estos se van a degradar, y lugares naturales que sirven como protección contra inundaciones ya no podrán cumplir su función.

Cuando se habla sobre la salud humana la ONU (2020) dice lo siguiente:

Las consecuencias que el cambio climático puede acarrear sobre la salud humana por medio del agua son, en primer lugar, las enfermedades transmitidas por vectores o a través de los alimentos y el agua, muertes y lesiones debidas a eventos climáticos extremos, como las inundaciones de las costas o de las tierras de interior, así como la desnutrición como resultado de escasez de alimentos originada por las sequías e inundaciones. (p.4)

Las inundaciones son los fenómenos meteorológicos que causan los mayores impactos en una sociedad, debido al espacio del daño y al tiempo de duración. De acuerdo a Lopardo & Seoane (2000) que indica que “este riesgo natural origina un tercio del total de las catástrofes naturales que se producen alrededor del mundo en cuanto a pérdidas económicas, y son la causa de al menos más de la mitad de las víctimas humanas”.

Referente a las inundaciones, la ONU (2020) indica que “Las inundaciones globales y los eventos de lluvia extrema han aumentado en más de un 50% esta década, y ahora se están produciendo a una tasa cuatro veces mayor que en 1980” (p. 26). Con estas estadísticas que brinda la Organización de Naciones Unidas solo se puede esperar que la cantidad aumente, y esto es algo que ya se ha visto a lo largo del año 2021, donde en países europeos este fenómeno se ha vuelto común.

También se describe daños que han causado las inundaciones que según la ONU (2020) indica que durante los últimos 20 años las inundaciones y las sequías ocasionaron más de 166.000 muertes, tres millones de personas se vieron afectadas con un daño económico promedio de 700 mil millones de dólares (p. 27).

En zonas costeras, como Guayaquil, la vulnerabilidad ante los aumentos de mareas es algo inminente, existiendo cierta susceptibilidad a las inundaciones. Según datos de ONU (2020) alrededor del 10% de la población mundial vive en zonas costeras que están a menos de diez metros sobre el nivel del mar y estas áreas cada vez se urbanizan más.

Guayaquil es una ciudad ubicada en la provincia del Guayas, esta se encuentra asentada al margen de la Ría Guayas, a esta ría acceden partes del Océano Pacífico mediante los distintos brazos de mar que ingresan por el Golfo de Guayaquil. Esta ciudad

se encuentra rodeada por manglares y esteros que, adicionalmente, tiene una población de 2.350.915 habitantes, datos obtenidos del censo realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Adicionalmente, la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, manifiesta que la ciudad cuenta con una superficie total de 435 km<sup>2</sup> de extensión., siendo la ciudad mas grande del Ecuador.

Referente a la situación climática de Guayaquil, Castillo (2019) manifiesta que la ciudad cuenta con un clima tropical megatérmica, que va desde húmedo hasta seco y semiárido; además consta de dos estaciones, la estación lluviosa que va de enero a mayo, la cual se caracteriza por las temperaturas altas y húmedas, la estación seca que va de junio a diciembre, en la cual no se presentan precipitaciones y el clima es fresco.

Guayaquil, es considerada como una de las ciudades más susceptibles al aumento del nivel del mar debido al cambio climático, esto se debe principalmente a los factores como la ubicación geográfica, hidrología y los periodos largos de lluvias, también se sabe que la ciudad está impermeabilizada casi por completo, tiene una alta densidad poblacional que la vuelve vulnerable.

Al ser una de las ciudades más bajas del mundo, Guayaquil se encuentra muy afectada al fenómeno de las inundaciones. De acuerdo a un reporte del Sistema de Naciones Unidas Ecuador (2013) se presentaron grandes precipitaciones en las provincias de Guayas, El Oro y Manabí, para ser más específico, desde el 9 de marzo de ese año se reportaron intensas lluvias en la provincia del Guayas y estas generaron inundaciones en los cantones de Palestina, Guayaquil y Salitre, adicionalmente, estas hicieron que el río Macul se desborde y 211 familias se vean afectadas.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El problema que vive la ciudad de Guayaquil, es que se inunda y según Mejía, Morelli, Bertoni, & Cabezas (2013) señala que:

Las inundaciones pluviales en Guayaquil ocurren cuando la frecuencia de la lluvia dentro de la ciudad excede la capacidad de descarga del drenaje natural o artificial; y por el efecto combinado de los niveles de marea y de los ríos en las partes más

bajas. Estas condiciones se relacionan con la baja capacidad de descarga y de amortiguamiento de los sistemas de drenaje local, y con la falta de control del efecto de remanso desde aguas abajo, además la ocupación urbana produce un impacto hidrológico importante porque aumenta el caudal y la velocidad del escurrimiento superficial (p. 1).

Como se menciona, un gran problema es la ocupación urbana descontrolada, se puede tomar como ejemplo a Urdesa, donde el riesgo de inundaciones durante la temporada lluviosa es muy grande. A pesar de que toda la población y las autoridades saben que este es un problema que debe de ser solucionado, y que se busca realizar algún proyecto que mitigue esto, no se observan resultados.

### **1.3 Situación actual**

A pesar de los esfuerzos del Municipio de Guayaquil para tratar de solucionar este problema por medio de la construcción de infraestructuras de conducción, con el fin de aumentar la capacidad de los cauces mediante conductos y canalizaciones, como lo es la construcción de válvulas Tideflex en sectores de la ciudad que son vulnerables a inundaciones por mareas, a pesar de esto no se ha observado un cambio notable. Algunos expertos aseguran que el estancamiento del agua en algunas zonas de Guayaquil se da debido a la sedimentación que existe en la Ría Guayas, debido a que los ductos pluviales se taponan, debido a la alta cantidad de basura y desechos que las comunidades descargan hacia este sitio, ampliando el problema y generando contaminación ambiental.

Guayaquil, es una de las ciudades que se encuentra a un nivel del mar muy bajo, siendo este de cuatro metros. En una noticia publicada por el periódico Primicias durante una lluvia que ocurrió el lunes 8 de marzo de 2021, según fuentes oficiales la marea alcanzó los 3.68 metros, gracias a esto los vertederos de aguas lluvias que están conectados al río se obstruyen, a esto se le puede sumar fuertes precipitaciones sostenidas y el drenaje se vuelve cero debido a que la presión del agua y su nivel que se encuentran en la ría es mayor a la que sale de la ciudad y esta regresa por las alcantarillas.

Otro problema que tiene la ciudad, es que esta fue levantada sobre manglares, dificultando un drenaje adecuado, en los primeros mapas de la ciudad se puede observar que estaba rodeada de brazos de estero, los cuales fueron rellenados con el tiempo y esto dificulta el drenaje, adicionalmente, las alcantarillas se encuentran acumuladas de basura. En una noticia publicada por Primicias, señala que Guayaquil el único problema no solo es la lluvia, sino la elevación del nivel del mar producto del calentamiento global.

Otro problema sobre las inundaciones en Guayaquil, tiene que ver con lo que está pasando con el Delta de la Ría Guayas que de acuerdo con Espinoza (2013) señala “En principio el Delta era un gran humedal con grandes servicios ambientales, es decir, la naturaleza regulaba las inundaciones sin precio alguno”. (p. 4), lo que quiere decir que, el humedal sofocaba las crecidas en sus planicies naturales, incrementaba la productividad y fertilidad del suelo y almacenaba gran biodiversidad de vida.

Espinoza (2013) indica que “Con el paso del tiempo el Delta fue cambiando su uso, y todo el territorio que era para la riada fue ocupado para diversos fines; urbanos, agrícolas, acuícolas, reduciendo los servicios ambientales” (p. 4), adicionalmente, se da a conocer que la región cercana a la cuenca baja de la Ría Guayas se zonificó en tres partes bien caracterizadas:

- Región norte dedicada a suelos ocupados por viviendas.
- Región central dedicada a los suelos ocupados por viviendas informales, como urbanizaciones privadas en Samborondón, Daule, La Puntilla, entre otras.
- Región sur dedicada a camaroneras y asentamientos humanos.

#### **1.4 Zonas afectadas**

Según un artículo publicado por el periódico El Universo (2020) señala que “Hay al menos 10 sitios que se inundan en todos los inviernos en Guayaquil” los lugares en la ciudad que se inundan todos los inviernos son:

- Juan Tanca Marengo: A la altura de la ciudadela Martha de Roldos.

- Pedro Menéndez Gilbert: Por la Sociedad de Lucha Contra el Cáncer y por la Infantería Aérea.
- Víctor Emilio Estrada: Por el tramo que va de Jiguas a Costanera.
- Perimetral: Frente al mercado de transferencia de Víveres y de la estación Tres Bocas.
- Vía Daule: A la altura del parque Industrial California, el colegio Dolores Sucre y la Florida.
- Avenida Felipe Pezo: En las inmediaciones del camposanto Jardines de Esperanza.
- Avenida Quito: Desde la calle San Martín hasta Capitán Nájera.
- Avenida del Bombero: Cerca de la agencia del MIES.
- Pedro Pablo Gómez: En los alrededores del mercado Pedro Pablo Gómez y García Moreno.
- La Ladrillera: En esta zona el agua fluye como río e impide el paso peatonal.

Adicionalmente, estudios y reportes demuestran que una de las zonas más afectadas por inundaciones es Urdesa, al verse rodeada por dos entradas del Estero Salado, se decide tomar como zona de estudio a este sector de la ciudad, debido a que es una de las más afectadas año a año.

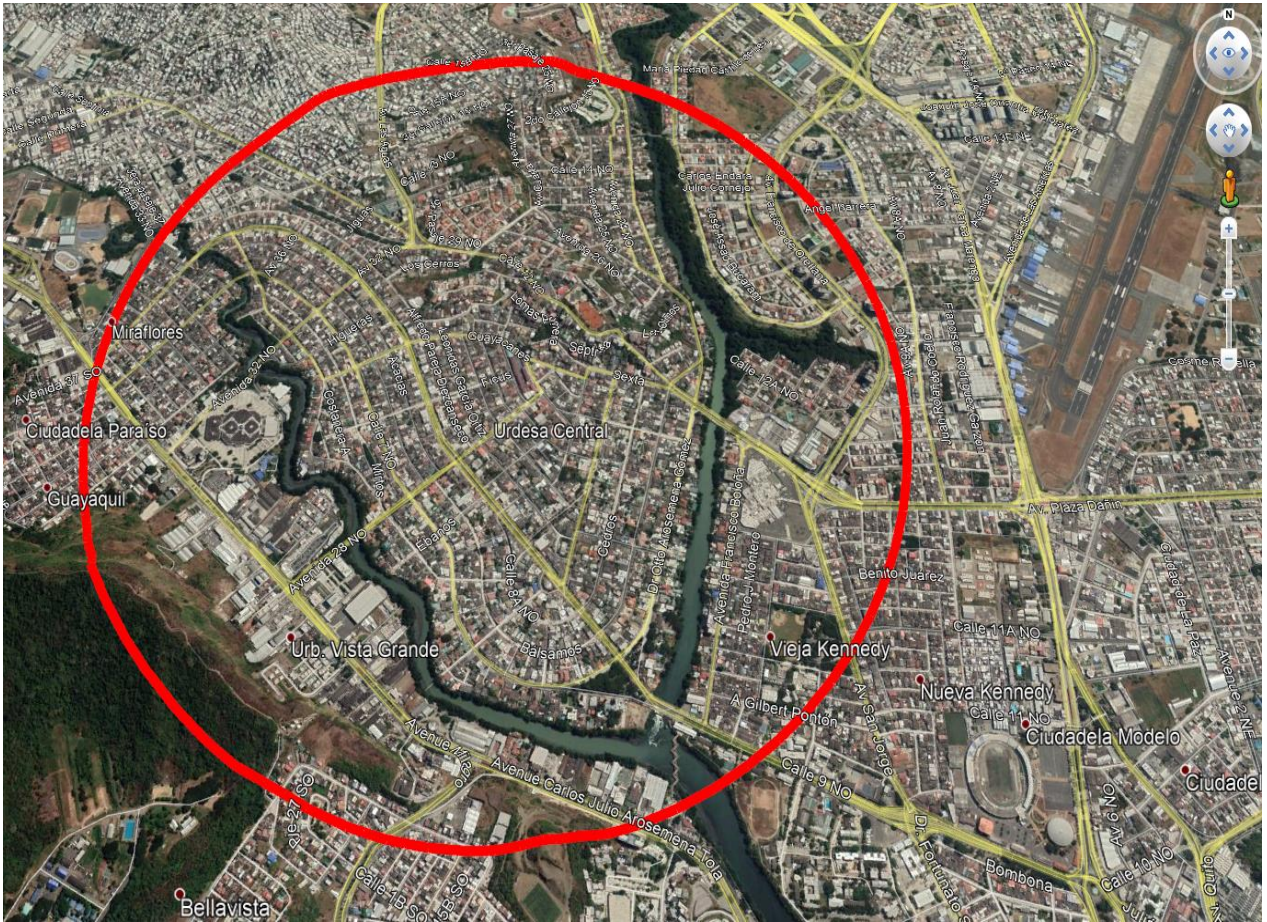
### **1.5 Zona de estudio**

El presente trabajo de investigación se enfocará estrictamente en las zonas ubicadas en Urdesa, en este sector los principales cuerpos de agua actuantes son brazos del Estero Salado que ingresan y rodean el área.

### **1.6 Justificación**

Guayaquil se encuentra entre las 10 ciudades a nivel mundial más vulnerables a inundaciones, cuenta con todas las condiciones necesarias para poder ser estudiada, y debido a esto se puede utilizar como ejemplo para este trabajo de investigación.

**Ilustración 1.** Mapa Geográfico que representan la zona de estudio, ubicada en Urdesa, Guayaquil



**Fuente:** Google Earth Pro (2021)

La investigación se encuentra enfocada en el tratamiento de las inundaciones, y a su vez, se puede generar energía eléctrica mediante un recurso renovable, lo cual hace que se puedan mitigar ciertos impactos ambientales.

## 1.7 Objetivos

### 1.7.1 Objetivo general

Estudiar y fundamentar la instalación de un número determinado de presas inflables en los 2 cuerpos de agua que circundan por Urdesa, en la ciudad de Guayaquil, y que incluya la instalación de micro centrales eléctricas al lado de las presas inflables, con el propósito de optimizar la energía mareomotriz. La propuesta debe lograr una regeneración

ambiental que incluya el implantar un esquema o estrategia de alivio, que conduzca a reducir las inundaciones naturales de Urdesa y contribuir a estimular la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

#### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un levantamiento bibliográfico global y analizar un caso a nivel mundial, donde se implantó una mini central eléctrica al lado de una pequeña presa urbana construida para el control pluvial de mareas en los ríos de esa ciudad.
- Desarrollar las principales directrices y estrategias teóricas para un arreglo general con un número determinado de presas inflables, para los cuerpos hídricos que circundan Urdesa en la ciudad de Guayaquil, con la propuesta de implantación de un esquema de alivio para inundaciones naturales por aguas superficiales marinas y/o pluviales, y asociadas a la generación de energía mareomotriz.
- Definir una relación de beneficios y dificultades que se podrían presentar cuando se genere energía a partir de presas inflables.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Marco Legal**

El marco jurídico que se presentará en este trabajo justifica la realización válida y legal del mismo. Se hablará de regulaciones que tengan que ver con el campo de acción de la ingeniería, haciendo énfasis en los aspectos ambientales, todo esto se realiza con el fin de dar un respaldo legal al trabajo investigativo.

##### **2.1.1 Constitución Nacional de la República del Ecuador**

En la Asamblea Nacional (2008) existen una serie de lineamientos que tienen que ver con el medio ambiente, los cuales exigen al Estado y a los habitantes ser responsables con él, estos se pueden encontrar en la sección segunda de la Constitución Nacional de la República del Ecuador, donde el Artículo 14 manifiesta que:

Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (p.14).

Este artículo da a entender que, un ciudadano tiene como derecho constitucional a poder desarrollarse y vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, donde haya un equilibrio entre la naturaleza y el hombre, donde pueda existir una convivencia entre ecosistemas naturales y un sitio donde el humano puede desarrollarse libremente. El autor del presente trabajo manifiesta que debe existir una forma en la que el humano desarrolle formas cómodas de vivir; pero sin alterar la naturaleza ni los ecosistemas que nos rodean.

Adicionalmente, en el Artículo 15 se dice lo siguiente:

El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnología ambiental limpias y de energías alternativas no contaminantes de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional (p.14).

En el Artículo 15, el Estado incentiva a la población que se utilicen tecnologías que no perjudiquen a la integridad ambiental del sitio, a la vez, incentiva el uso de energías que ayuden a solucionar el problema ambiental, además deja muy claro que no se podrá utilizar, ni un tipo de herramientas que sean perjudiciales para la salud humana o ambiental.

Cuando la Constitución habla acerca de la relación que debe de existir entre las nuevas tecnologías y el medio ambiente se puede mencionar al Artículo 66, numeral 27, donde se manifiesta lo siguiente: “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.” (p. 33), donde se da a entender que el Estado da la garantía a la población que el lugar donde se habitará y desarrollará una persona tendrá todos los recursos para tener una calidad de vida sana en conjunto a la naturaleza. En caso de que se realice una obra y esta deba de afectar a la naturaleza en el Artículo 72 se establece lo siguiente:

La naturaleza tiene derecho a la restauración, restauración independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los

mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas (p. 36).

Esto quiere decir, que en caso de ejecutar alguna obra que afecte a individuos que dependan de un sistema natural, el Estado y las personas responsables de esto deben de compensar a los individuos, y en caso de que se genere un impacto ambiental grave o permanente, se debe de buscar la forma con mayor eficacia para restaurar lo perdido y mitigar alguna consecuencia ambiental que afecta a gran escala. Adicionalmente, en el artículo 395, numeral 1 se manifiesta que:

El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (p.188).

De este artículo se puede entender que el Estado va a continuar con el desarrollo de la obra, teniendo en cuenta las regulaciones pertinentes para mantener un equilibrio con la naturaleza, protegiendo ecosistemas en la actualidad, y en un futuro. Finalmente, cuando se habla sobre temas que pudieran causar algún tipo de impacto ambiental, en el Artículo 396 se dice que:

El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos [...] el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles (p. 188).

Esto quiere decir que el Estado se buscará todas las medidas que puedan evitar cualquier tipo de impacto ambiental negativo, además afirma que el Estado sancionará a los responsables en el momento que exista alguna amenaza hacia el medio ambiente. La responsabilidad por estos daños será de todos los involucrados y deberán de ser encargados de la recuperación.

### **2.1.2 Ley Orgánica de Educación Superior (LOES)**

La Asamblea Nacional (2018) establece en varias secciones que es fundamental para el país formar profesionales que sean conscientes y puedan solucionar el problema ambiental que se vive actualmente. Por ejemplo, en el Artículo 8, inciso f, se dice que:

La educación superior tendrá los siguientes fines: [...] Fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional en armonía con los derechos de la naturaleza constitucionalmente reconocidos, priorizando el bienestar animal (pp. 9-10).

En el cual se puede entender que uno de los principales objetivos de la educación superior ecuatoriana es poder generar programas investigativos que ayuden a la mejora del medio ambiente y, a su vez, logren que el país salga adelante en armonía con la naturaleza.

Adicionalmente, en el Artículo 13, inciso m, se dice que: “Son funciones del Sistema de Educación Superior: Promover el respeto de los derechos de la naturaleza, la preservación de un ambiente sano y una educación y cultura ecológica;” (pp. 11-12). Gracias a esto, las instituciones de educación superior se encuentran en la obligación de fomentar a sus estudiantes a respetar a la naturaleza y a poder conservar los ambientes gracias a una formación que facilite al entendimiento del problema actual.

### **2.1.3 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021: Toda una Vida**

La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2017) tiene como objetivo principal en el Plan Nacional de Desarrollo: Toda una Vida, lograr que Ecuador sea un país equitativo y justo, en el cuál nadie sea definido por sus condiciones y cualquiera pueda alcanzar una armonía con la naturaleza. Se puede tomar como un claro ejemplo al Objetivo

3: “Garantizar los derechos de la naturaleza para actuales y futuras generaciones”, el cual establece que:

Las nuevas tendencias mundiales apuntan a hacer de las ciudades lugares más seguros, que cuenten con servicios básicos, con espacios de convivencia que mejoren la calidad de vida de sus habitantes, con capacidad para reducir la vulnerabilidad a los efectos adversos del cambio climático y a otros fenómenos naturales y antrópicos, controlando el desarrollo de actividades humanas que alteran directa o indirectamente la composición de la atmósfera mundial (p. 65).

Este objetivo busca que la naturaleza sea reconocida como un sujeto de derecho, lo cual hace que esta deba de ser respetada y restaurada en caso de contaminarse, además se hace responsable de forma ética a las generaciones actuales y futuras, y que estas puedan vivir en un ambiente sano y equilibrado, mediante el uso de nuevas tecnologías que puedan generar un desarrollo sostenible, el cual ayudará a restaurar la economía del país.

#### **2.1.4 Estatuto de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.**

El consejo Universitario de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (2016) establece en el Artículo 2 del Estatuto de la UCSG que tiene como misión, “generar, promover, difundir y preservar la ciencia, la tecnología, el arte y la cultura, formando personas competentes y profesionales socialmente responsables para el desarrollo sustentable del país, inspirados en la fe cristiana de la Iglesia Católica.” (p. 2).

Adicionalmente, en el Artículo 3, se dice que:

Son las responsabilidades sustantivas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil las siguientes:

- a. La producción del conocimiento científico y tecnológico [...]
- c. La gestión del conocimiento y los saberes de manera ética crítica y prospectiva para la solución de los problemas de la sociedad, el desarrollo humano [...] (p. 2).

Finalmente, en el Artículo 6 se hablan de los fines de la UCSG, donde se puede observar que:

La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil se orienta a la consecución de los siguientes fines:

a. Formar en todos los niveles, profesionales y talentos de excelencia con sólidos valores éticos y morales, conciencia reflexiva, responsabilidad social y ambiental; autonomía y liderazgo innovador, capacidades para asumir los desafíos de una sociedad y un mundo cambiantes [...]

c. Fomentar y difundir la democracia, la paz, la convivencia armónica y la justicia social, promoviendo la participación ciudadana y el fortalecimiento de las instituciones del Estado constitucional de derechos y de justicia [...]

f. Generar producción científica, humanística y tecnológica, desplegando el diálogo entre el conocimiento y los saberes disciplinares, profesionales y culturales, a través de la investigación, la construcción de los aprendizajes y su transferencia, aportando al pensamiento universal y a los objetivos de los planes de desarrollo nacional, regional, local y sectorial, en el marco de la sustentabilidad [...]

g. Debatir, orientar y plantear alternativas de solución a los problemas del desarrollo nacional, regional, local y sectorial, contribuyendo a la construcción de una sociedad justa, solidaria, equitativa, equilibrada y de generación permanente de oportunidades y del ejercicio de valores humanos y ciudadanos [...]

h. Permanecer atenta al proceso de transformación e integración de las sociedades latinoamericana y mundial, colaborando con la defensa y protección ecológica y el desarrollo sostenible, con el afán de erradicar las diversas formas de dependencia. [...]

i. Realizar y participar en actividades que vinculen a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil con la sociedad, a través de consultorías, asesorías,

investigaciones, transferencias tecnológicas, estudios, capacitación, intervenciones sociales y otros (p. 3).

### **2.1.5 Planificación Estratégica Institucional 2017-2021 (PEDI)**

De acuerdo con la Comisión de Integración de Análisis, Diagnóstico y Construcción del PEDI (2017), en total existen seis dimensiones para el análisis de pertinencia necesarias para la organización del conocimiento de una institución, para este trabajo investigativo las más relevantes son la segunda y la cuarta, en las cuales se manifiesta que:

[...]b) La dimensión tecnológica, dado los avances relacionados con las Tecnociencias y la necesidad de construir una postura crítica y creativa frente a los efectos que produce este tipo de innovación. Así mismo, es de vital importancia esta dimensión para la pertenencia del sistema de educación superior con los nuevos horizontes de futuro de la sociedad ecuatoriana, en lo relacionado a la producción de modelos tecnológicos prototípicos a escala, que solucionen los problemas y desafíos de los territorios, en el marco del respeto al medio ambiente [...]

d) La dimensión ecológica, para asumir una visión sistemática de los entornos ambientales y sociales, con miras a desarrollar desde la academia, mecanismos del conocimiento que aseguren relaciones armónicas y de colaboración entre los colectivos sociales y la naturaleza. (p. 265).

## **2.2 Energía Renovable**

Para el desarrollo de una región es importante tener una forma sostenible de generación de energía. Tradicionalmente se han utilizado combustibles fósiles como herramientas principales, este tipo de combustibles son no renovables, es decir, existe una cantidad limitada de estos en el planeta, estos causan problemas climáticos a los cuales se enfrenta la humanidad, actualmente se está en busca de alternativas que ayuden a la solución de dichos problemas.

Gracias al progreso de la tecnología se ha descubierto poco a poco que existen fuentes alternativas que reducen la contaminación ambiental y a su vez son más seguras para el ser humano, debido a que a lo largo de la historia se han podido observar grandes

acontecimientos que comprometen la vida de las personas, tómesese como ejemplo el desastre que fue el accidente en la planta nuclear de Chernóbil.

Hay varias formas de reducir los impactos ambientales que genera la energía tradicional, y varios autores piensan de manera distinta, una de estas opiniones indica que “una de las mejores formas de evitar la escasez energética y reducir los impactos negativos ambientales y de salud de nuestras tecnologías actuales energéticas es simplemente, utilizar menos energía.” (Badii, 2016, p. 141).

La energía que se genera actualmente en el mundo es debido a la quema de combustibles fósiles, según Badii (2016) señala que “estos combustibles proveen el 66% de la energía eléctrica a nivel global, y a la vez contestan el 95% de la demanda energética del mundo, incluyendo el calentamiento, el transporte, la generación de la electricidad y otros usos” (p. 142). Lo que demuestra la gran dependencia que tiene el ser humano sobre el uso de combustibles fósiles, el cuál no es renovable y pone en duda que será de la humanidad una vez que estos se vuelvan escasos. El escenario óptimo para la humanidad consistiría en tener una fuente de energía sustentable, que a su vez que sea manejada de forma eficiente. A pesar de que esto suene imposible para algunos, aquí es cuando entra el uso de fuentes de energía renovable, donde se tiene saber aprovechar cada recurso natural que brinda el planeta Tierra y no desperdiciarlo.

La fuente de energía natural más grande proviene del sol, este calienta al planeta y todo lo que se encuentra en él y lo hace de forma completamente gratuita. La entrada de energía solar produce formas indirectas de energía solar renovable, tales como la energía eólica, la hidroeléctrica, la mareomotriz y la biomasa. La gran parte de la energía renovable proviene de forma directa o indirecta del sol, esta energía se puede usar prácticamente para todo, desde calentar el agua o iluminar un edificio, hasta darle un uso industrial o comercial.

Como se mencionó previamente, el sol es el causante de todas estas fuentes de energía renovable. El calor del sol hace que el viento se dinamice, logrando que las turbinas de viento capturen esa energía, creando así la energía eólica. El calor del sol hace que comience un ciclo hidrológico del agua y esta se evapora, una vez evaporada se condensa



para luego precipitarse en forma de lluvia o en nieve y se escurre hasta llegar a los distintos cuerpos de agua, la energía generada por todo este ciclo puede ser capturada y utilizarse en forma de energía hidroeléctrica. Las plantas tienen materia orgánica y esta es conocida como biomasa, esta biomasa puede ser utilizada para generar electricidad, combustible o productos químicos, el uso de ella genera bioenergía.

Es necesario saber que no todas las fuentes de energía renovables provienen del sol. La Tierra tiene un calor interno, este calor genera la energía geotérmica y puede ser utilizada para varios fines. Con el trabajo en conjunto del sol y la luna las mareas se ven alteradas, esta variación en ellas genera la energía mareomotriz. Las olas oceánicas producen energía, debido a la fuerza gravitacional generada sobre la tierra por acción de la luna y el sol. El sol calienta la superficie del océano, la cual se encuentra a mayor temperatura que la profundidad, esto crea una temperatura diferencial que puede ser utilizada como fuente de energía.

### **2.3 Energía Solar.**

Para tener claro lo que es la energía solar y como esta es generada, se puede tomar como referencia a Friedrich (1988), el cual manifiesta que:

El sol es una estrella formada de varios gases, siendo el principal el hidrógeno. Dentro del sol hay presiones elevadas, que generan temperaturas de millones de grados que producen una forma ininterrumpida de fusión nuclear, este proceso genera la energía solar que es disipada a una potencia de  $3.7 \times 10^4$  Tw. Dicha energía no llega en su totalidad a la Tierra, ya que esta se encuentra a 150 millones de kilómetros. Dicho esto, la potencia interceptada por la Tierra es de 173 000 Tw. Incluso siendo una cantidad pequeña la potencia es aproximadamente 10 000 veces mayor a la que proporcionan todas las formas de energía utilizadas por los humanos en la Tierra. (p. 2).

La energía solar tiene dos características específicas de alta importancia que la diferencian de fuente de energía convencionales, estas son la dispersión y la intermitencia. La energía solar es una forma de energía que presenta una gran dispersión, haciendo que su

densidad se encuentra muy por debajo de las densidades con las que se trabaja generalmente en ingeniería. Debido a esto, para poder tener densidades energéticas grande se necesitan de grandes superficies de captación o de sistemas que concentren los rayos solares. La intermitencia, se refiere a que a la misma vez que se desarrollan instalaciones captadoras de energía, se debe de investigar los correspondientes sistemas de almacenamiento de la energía captada.

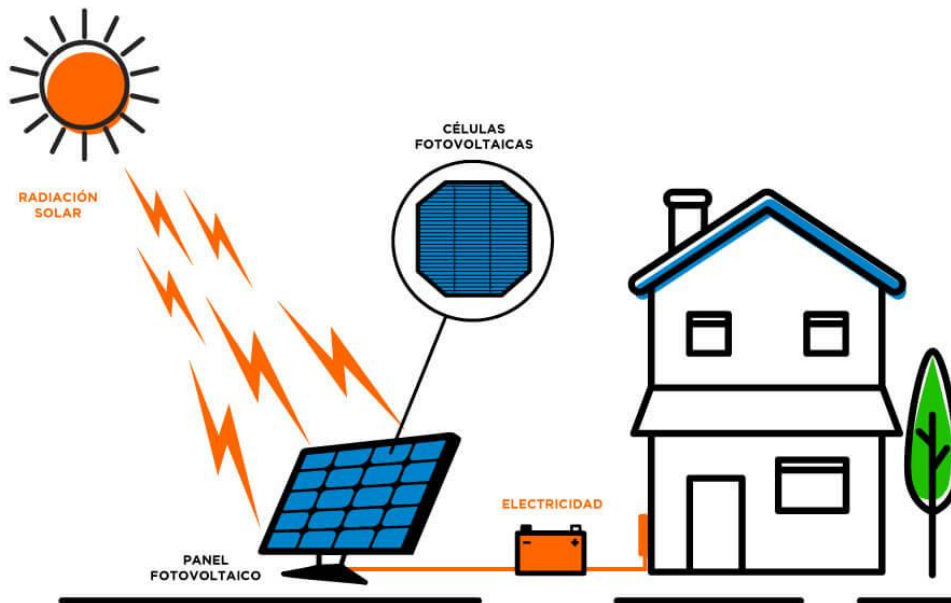
### **2.3.1 Energía Solar fotovoltaica**

Una vez conocidos ambas definiciones, se puede hablar de cómo captar esta energía solar para transformarla en energía eléctrica; para poder captar dicha energía procedente del sol, se necesita disponer de un elemento que pueda recibirla, para luego transferirla a un fluido que entre en contacto directo con el dispositivo captador. Los paneles solares son ideales para este trabajo, debido a que ellos cumplen con la función de captar y transferir el calor, estos están compuestos de los siguientes elementos:

- Una superficie captadora de la radiación solar
- Un circuito por donde circula el fluido capaz de transferir el calor captado.
- Una cubierta transparente.
- Un aislamiento térmico.
- Una caja protectora.

El elemento principal del panel solar es la placa captadora, ya que esta recoge la radiación solar y transmite el calor que esta transporta. Generalmente es de un material metálico de color negro que se expone al sol para ser calentado y elevar su temperatura hasta que exista un equilibrio entra la energía captada y la cedida por conducción, convección y radiación. Esta placa siempre debe de ser hacia el Sur solar, con una inclinación igual a la latitud del lugar. Gracias a esto los rayos solares son captados perpendicularmente, haciendo que el rendimiento del colector aumente de forma notable.

## Ilustración 2. Explicación del funcionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaica



**Fuente:** "Dimensionado de sistemas FV aislados", elaborado por SOPELIA (2021) ([energiasolar.lat/category/energia-solar-fotovoltaica/](http://energiasolar.lat/category/energia-solar-fotovoltaica/)).

### 2.3.2 Energía Solar Térmica

Existe otra forma para poder captar la energía solar y utilizarla de una manera beneficiosa, esta es conocida como un sistema solar térmico, consiste en transformar la energía radiante emitida por el sol en energía térmica, esta es acumulada en forma de agua caliente para pasar al sistema auxiliar antes de ser consumida. El sistema solar térmico se encuentra formado por los siguientes elementos:

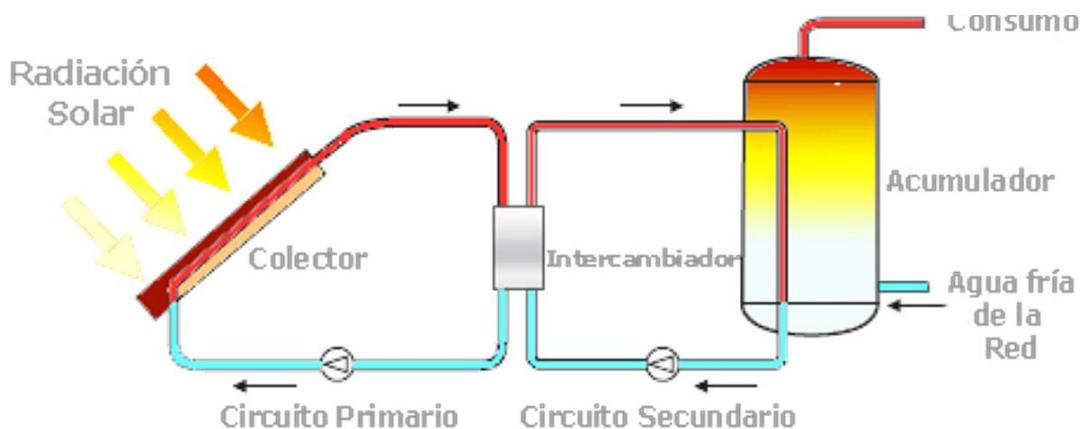
- Un sistema de captación que transforma la radiación solar incidente en energía térmica, esto aumenta la temperatura de un fluido de trabajo.
- Un sistema de acumulación que almacena agua caliente hasta que sea necesario utilizarse.
- Un sistema auxiliar que complementa el aporte solar suministrando la energía para cubrir un consumo previo.

- Adicionalmente, se tiene un circuito hidráulico que está constituido por los conjuntos de cañerías con su aislante, accesorios, bombas, válvulas y demás elementos que puedan conectar los distintos sistemas mediante la circulación de fluidos que puedan transferir el calor del sistema de captación hasta los puntos de consumo.

La diferencia entre la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica se puede resumir en los siguientes conceptos dados por Ojeda (2021) que señala que: “La energía solar térmica nos permite obtener calor al calentar un fluido, este fluido calentará el agua de la vivienda mediante un intercambiador de calor.” Mientras que, para la energía solar fotovoltaica da la siguiente definición: “La energía solar fotovoltaica es la energía eléctrica producida gracias al efecto fotovoltaico producido al incidir la radiación solar sobre un panel fotovoltaico.”

Con ambos conceptos establecidos, se puede concluir que la diferencia es que la energía solar térmica funciona mediante el calentamiento de un fluido, mientras que la energía solar fotovoltaica utiliza paneles que absorben la radiación solar para así poder generar electricidad.

**Ilustración 3.** Explicación del funcionamiento de un sistema de energía solar térmica



**Fuente:** "Energía Solar Térmica para Piscina", elaborado por Enercity SA (2019) (<https://enercitysa.com/blog/energia-solar-termica-para-piscinas/>)

## **2.4 Energía Eólica**

Para entender lo que es la energía eólica se puede tomar el concepto realizado por Moreno (2013) donde manifiesta que:

“La energía producida por el viento. Como la mayor parte de las energías renovables, la eólica tiene su origen en el sol, ya que entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento debido al movimiento del aire ocasionado por el desigual calentamiento de la superficie terrestre.” (p. 19).

Esta energía tiene su nombre gracias al Dios griego del viento Eolo y es provocada gracias a las diferencias de presiones que generan los vientos. Las masas de aire atmosférico se desplazan desde las áreas de alta presión atmosférica hacia las de baja presión. Las principales aplicaciones de este tipo de energía son: la navegación, el bombeo de agua y la generación de electricidad. Esta última es la que más importante ya que utiliza de generadores eólicos para convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica.

## **2.5 Energía de la Biomasa**

Según Rufes (2010) el concepto de energía de la biomasa es el siguiente: “Es la energía solar almacenada en los seres vivos por medio del proceso de fotosíntesis (vegetales) y la digestión de estos vegetales por animales.” (p. 7).

Este tipo de energía puede ser de origen vegetal, animal o humano. Se puede utilizar de forma directa como un combustible que puede producir calor o para producir electricidad. Para producir electricidad se debe de evaporar agua, luego se obliga a ese vapor a circular a través de una turbina. Adicionalmente, se puede transformar en biocombustibles, debido a esto algunos expertos consideran que este tipo de energía es contaminante.

## **2.6 Energía Mareomotriz**

Los océanos y los mares tienen un gran potencial para ser elegidos como fuentes de energía para ser convertida en electricidad. Entre todas esas fuentes, para este trabajo investigativo se va a hacer énfasis en la energía mareomotriz, esta energía aprovecha el ascenso y descenso del agua del mar producido por fuerzas gravitatorias del sol y la luna. Para poder utilizar la energía mareomotriz de manera correcta Quintero & Quintero (2015) sugieren que: “La energía mareomotriz requiere de la construcción de un dique para el almacenamiento del agua, cuyo movimiento puede hacer girar turbinas y así producir electricidad.” (p. 122). Países avanzados como Canadá, Suiza, Reino Unido, Francia, Estados Unidos y China están utilizando esta energía a gran escala, teniendo ya proyectos de expansión en mente.

La energía mareomotriz lleva siglos siendo utilizada, se aprovecha la subida y la bajada de mareas para darle energía a molinos de agua. Estudios demuestran que la implementación de sistemas de producción de mareas y corrientes en cursos de agua y zonas costeras aumento de forma significativa entre el año 2000 y 2010.

### **2.6.1 Beneficios Energéticos**

A pesar de todos los beneficios que brinda el uso de la energía mareomotriz “el conocimiento de estos sistemas es escaso, particularmente respecto a sus beneficios ambientales en la reducción de la huella ecológica y su potencial energético.” (Quintero & Quintero, 2015, p. 123). Debido a esto, a la inversión inicial y a la dependencia tecnológica el uso de este tipo de energía se ha visto retrasado en países en vías de desarrollo donde existen fuentes potenciales para el uso del recurso mareomotriz.

En países europeos el interés por el uso de la energía mareomotriz es muy elevado, el ejemplo más claro es el Reino Unido donde se estima que para el 2050 mediante el uso de sistemas sería posible captar aproximadamente el 25% del mercado de la energía marina mundial. En Escocia se ha determinado que las corrientes de las mareas que producen el estrecho de Pentland Firth alcanzan una velocidad de 19 km/h, gracias a esto se ha establecido un flujo medio de energía en Pentland Firth desde el océano Atlántico al norte de 8.97 GW. Easton, Woolf, & Bowyer (2012).

En España, la evaluación y estimación de las corrientes de marea en la zona conocida como la Ría de Muros determinaron que las mareas máximas superan los 2 m/s, esto lo hace un sitio prometedor para la explotación de la marea. Carballo, Iglesias, & Castro (2008).

En Asia, la primera estación de energía eléctrica mareomotriz de fue construida en 1958 en Jizhou, China y esta era la primera en su tipo. A partir de esto, en 1960 se construyeron más de 40 pequeñas centrales mareomotrices en la región costera al este. Gracias a esto el desarrollo económico y social crecieron de manera exponencial y el gobierno chino ganó interés en este tipo de energía renovable y sostenible.

### **2.6.2 Beneficios Ambientales**

La energía mareomotriz es conocida por su disminución de la huella ecológica; pero esto se le debe sumar que existen otro tipo de consideraciones que resultan beneficiosas para solucionar los problemas ambientales. En Corea del Sur se pronosticaron daños ambientales relacionados con el agua del mar, como la reducción de su área intermareal, degradación del agua del mar y la destrucción de la vida marina debido a la construcción de la planta de energía mareomotriz en Garolim Bay. Lee & Yoo (2009).

En el Reino Unido, se han realizado estudios que indican que la zona intermareal fangosa ha perdido la capacidad de carga para los organismos, especialmente cuando se hablan de aves y peces. Este problema se puede solucionar con la construcción de una presa en el río Severn, ya que esta obra haría que el número de fauna y biodiversidad aumenten, debido a la colonización por parte de las poblaciones que se moverían a barros estériles. Kirby (2010).

Los efectos de las presas de energía mareomotriz en el Mar de Okhostk, entre Rusia y Japón, se ha determinado que el principal efecto son los cambio morfométricos en las cuencas a causa del cambio del curso de las mareas. Nekrasov & Romanenkov (2009).

Ciertos estudios dan aspectos positivos respecto al ambiente, los cuales evalúan la forma en la que un conjunto de turbinas tendría efectos hidroambientales en casos como el del estuario Severn y el canal Bristol. El estudio demostró que la alteración de los niveles

de agua que representan riesgos de inundación es mínima; sin embargo, los niveles de sedimentos en suspensión y presencia de bacterias fecales aumentaron cerca de las turbinas y disminuyeron aguas arriba y aguas abajo. Ahmadian & Falconer (2012).

### **2.6.3 Métodos para generar energía**

El primer método es el que utiliza generadores de corrientes marinas, los cuales usan la energía cinética generada por las corrientes, debido a esto producen energía eléctrica, estas turbinas trabajan de forma similar al de las turbinas eólicas, este método es el más popular, ya que presenta los costos más bajos y un menor daño ecológico con relación a una presa marina.

El segundo método es el uso de presa de mareas, que generan energía eléctrica que utiliza la energía potencial del fluido, aprovecha la diferencia de altura que produce en las mareas. Estas presas se ubican en todo el ancho de un estuario, su costo es muy elevado y son poco aptos para su instalación, producen un mayor daño ambiental que otros dispositivos.

El tercer método es la energía mareomotriz dinámica, es una interacción entre las energías cinéticas y potenciales en las corrientes de la marea. Se usan presas muy largas y se construyen desde costas hacia dentro del océano, funciona cuando se introducen en la presa las diferencias en las fases de las mareas; esto lleva a un diferencial del nivel de agua.

## **2.7 Presas Inflables**

Zhang, Tam, & W (2002) definen a las presas inflables de la siguiente manera:

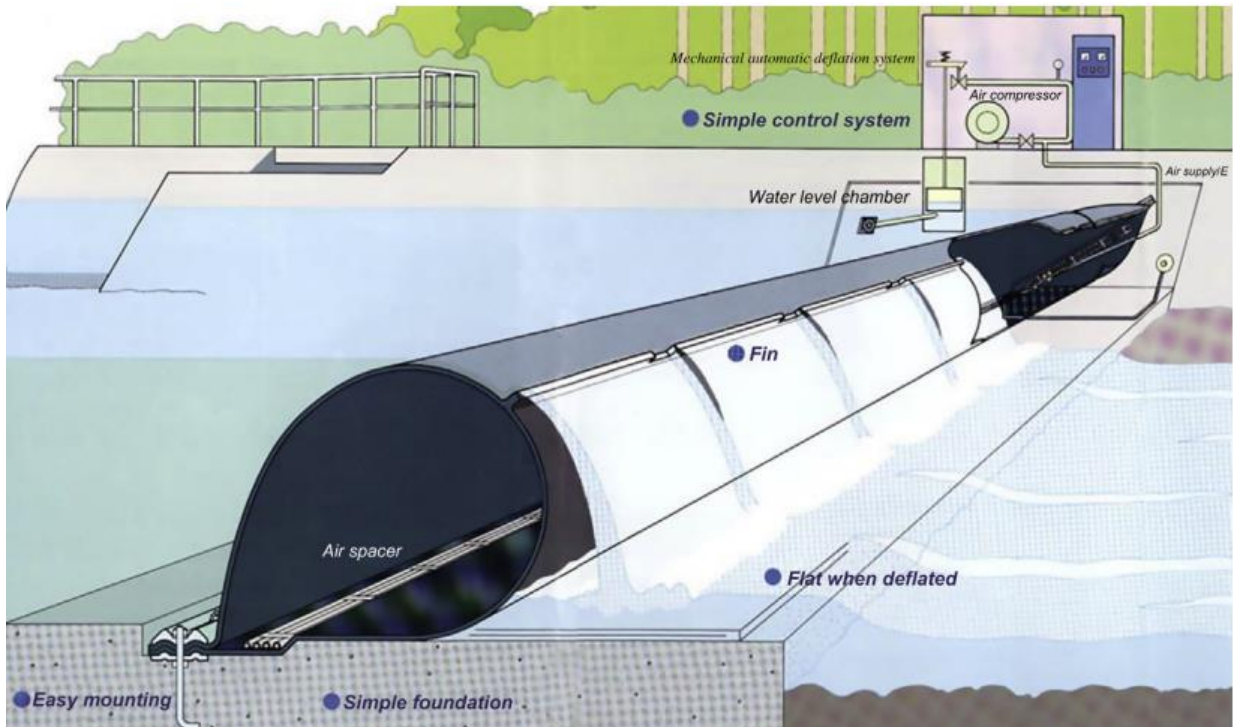
Las presas inflables son estructuras hidráulicas inflables y desinflables. Se han instalado miles de presas inflables en todo el mundo para diversos fines: riego, suministro de energía, barrera de mareas, control de inundaciones, mejora ambiental y recreación, además las presas inflables se han utilizado en zonas frías donde la temperatura es tan baja como – 40 grados Celsius. La simplicidad y flexibilidad de la estructura de las presas inflables y su probada confiabilidad son consideraciones clave en su amplio alcance de aplicaciones (p. 409).



Las presas inflables fueron desarrolladas en los años 1950 y la primera fue instalada en el Río de Los Angeles, California, con el propósito de recargar agua subterránea y mitigar inundaciones, esta fue inflada con una combinación de aire y agua. Con el pasar del tiempo, estas han mejorado tecnológicamente y funcionalmente. Gracias al concepto simplista, y al material confiable y flexible, miles de estas presas han sido instaladas en distintas partes del mundo, cumpliendo con una variedad de funciones, como: riego, suministro de agua, generación de energía, barrera de mareas, tratamiento de agua, control de inundaciones, mejora del medio ambiente y recreación. Todas estas características vuelven a las presas inflables estructuras ideales para solucionar una gran cantidad de problemas que esta viviendo Guayaquil en este momento. Una presa inflable consta de cuatro partes principales:

- Una presa con cuerpo hecho a base de una tela cauchutada.
- Una cimentación de hormigón.
- Un cuarto de control, que contenga equipos mecánicos y eléctricos, así como un soplador de aire y/o una bomba de agua, y mecanismos automatizados de inflado y desinflado
- Un sistema de tuberías de entrada y salida.

**Ilustración 4.** Partes de una presa inflable. Obtenido de: Hydraulic Rubber Dam (p. 70)



**Fuente:** Kumar & Islam (2019). Todos los derechos reservados (2018) por William and Andrew.

El cuerpo de la presa se encuentra fijo sobre la cimentación de hormigón y estribos, mediante un sistema de anclaje, el cual depende de muchos factores que afectan al comportamiento de dicha presa, estos pueden ser de una línea única o un sistema de anclaje de doble hilo. La gran ventaja que tienen estas presas es que pueden funcionar como una compuerta de agua con una cresta ajustable. Cuando se infla hasta la mitad, sea de agua, aire o mezcla de ambas, sube para retener el agua. Cuando se desinfla, se colapsa de manera plana hasta la base, gracias a esto se abre completamente el paso del agua. Adicionalmente, se puede ajustar para operar en alturas intermedias para satisfacer las necesidades de agua corriente arriba y corriente abajo en distintos tiempos. Según Zhang, Tam, & W (2002) es mejor utilizar las presas infladas con aire por los siguientes motivos:

- El agua y los desechos que este lleve pueden corroerse y tapan tuberías.
- La construcción y diseño de las presas con aire es más sencillo.

- Las presas llenas con agua requieren de un sistema de tuberías más complejo, a menudo, necesitan de un estanque para almacenar agua para llenar las presas cuando los niveles de agua de la zona sean bajos.
- El tiempo de inflado o desinflado de una presa llena de aire es más corto que el de una llena de agua del mismo tamaño.
- Debido al peso del agua, una presa que esté llena de esta tiene una forma de cuclillas, esto requiere más caucho que una presa llena de aire del mismo tamaño.
- Para acomodar el cuerpo de una presa, la base de una llena de agua debe de ser más ancha que la de una llena de aire con las mismas características.

A pesar de todo, las presas que son llenadas con aire son menos estables, y sufren de una mayor cantidad de vibraciones que una llena de agua, se prefiere usar las de agua cuando las condiciones hidráulicas lo exigen.

### **2.7.1 Consideraciones**

Al momento de seleccionar un sitio adecuado para una presa inflable los factores a tomar en cuenta deben de ser: geológicos, geomórficos, hidrológicos, meteorológicos e hidráulicos , y el método constructivo. A pesar de que el cuerpo de una presa inflable sea ligero y la carga uniforme, el sitio donde se ubica debe de estar siempre en suelo sólido y una base de hormigón debe de ser instalada.

Al instalar la presa en un río con un alto nivel de sedimentación, para poder evitar que se depositen limos cerca de esta, el sitio no debe de estar en una sección donde el gradiente longitudinal se vuelva suave de una manera agresiva. El nivel de los cimientos debe de ser más alto que el lecho del río aguas abajo, para evitar que el limo y la grava entren de forma directa por debajo del cuerpo de la presa y se incremente la abrasión. Generalmente, la base de la presa está conectada al lecho aguas abajo del río por una pendiente de 1:4 o 1:2.

El sitio adecuado para instalar una presa inflable debe de ser en una sección recta del río, donde el flujo sea suave y el lecho del río y las pendientes de las orillas sean estables. No puede estar en una sección donde las condiciones hidráulicas puedan cambiar de forma abrupta. Las condiciones hidráulicas adversas son la principal causa de vibración en este tipo de estructura, dicha vibración causa abrasión y desgarramiento del cuerpo de la presa y puede causar grandes daños. Un ejemplo claro de esto fue la presa inflable de Mahuang Weir, en la sección central del Río Jiangan en China, donde la selección del sitio inadecuado para la presa provocó la falla de ella. La presa fue instalada en la parte inferior de un tramo curvo en marzo de 1967.

El cuerpo de esta estaba hecho de caucho y cloropreno, tenía las dimensiones de 2.5 m de alto y 33 m de largo, utilizaba una línea única de sistema de anclaje. Debido al efecto de la sección curva del río, el flujo del río se desvió aguas arriba de la presa. Esta desviación de flujo provocó una fuerte vibración en el cuerpo, el cuál fue examinado y reparado en 1968. Se encontraron más de 20 áreas erosionadas en el cuerpo, con algunas que medían 400 cm<sup>2</sup> y el caucho expuesto. Ya que flujos fueron desviados a la izquierda, abrasiones en la parte izquierda del cuerpo de la presa fueron mucho más graves. En los años 1970, 1972 y 1973 se realizaron más reparaciones, hasta que, eventualmente, la presa tuvo que ser demolida debido a daños causados por la vibración (Zhang, Tam, & W, 2002, p. 410).

### **2.7.2 Proceso Constructivo**

La construcción de estas obras se realiza generalmente en la estación seca, ya que las condiciones que dominan durante la estación húmeda no son favorables para el trabajo. Para facilitar la excavación de movimientos de tierra y la construcción de la presa, se realiza un desvío del río. Una medida ideal, es utilizar un canal existente para desviar el agua hacia otros cuerpos de agua adyacentes. En caso de que no existan estas condiciones ideales, se construye un terraplén ideal para desviar el agua aguas abajo del sitio de la presa. También se pueden realizar rellenos de tierra aguas arriba de donde se ubica la presa, y se debe de instalar una tubería por debajo del relleno. Gracias a esta tubería, el agua del río pasa a través de esta y es movilizada aguas abajo.

Es importante, saber que en un río ancho, la construcción de la cimentación puede empezar de un lado del río y se desvía el flujo hacia el lado opuesto. Una vez terminada la cimentación en un lado; parte del cuerpo de la presa puede ser colocado sobre esta, luego, el agua del río es desviada hacia este lado, de modo que la construcción de los cimientos del lado contrario puede ser realizada. Previo a la colocación de los cimientos, se debe de quitar todo material suelto para que la cimentación se encuentra apoyada en material de base sólida. Como toda estructura, esta cimentación sufre de asentamientos; esto afecta al nivel de la cresta de la presa inflable, este parámetro es importante, ya que afecta al funcionamiento correcto.

Adicionalmente, se utiliza hormigón armado para evitar cualquier posible asentamiento diferencial que cause desgarro del cuerpo de la presa. Es recomendable realizar alguna prueba de carga u otro método de prueba para comprobar la fuerza de apoyo de los cimientos. Se desea una superficie de cimentación lisa con el fin de reducir la abrasión del cuerpo de la presa cuando vibre y exista fricción entre este y el cimiento. La instalación de los pernos de anclaje debe de ser precisa para poder asegurar la colocación nivelada del cuerpo. En caso contrario, los pernos mal formados pueden generar un impacto desastroso en todo el proyecto.

Finalmente, se instala una plataforma de hormigón resistente y duradero para evitar daños por cortes en el lecho del río y las orillas; debido a las corrientes de agua, además la acumulación de sedimentos encima o adyacentes a la presa, no solo afectaría de forma negativa al inflado de esta, si no que podría ocasionar daño; por lo tanto, trampas de deshidratación son esenciales para el buen funcionamiento. Para facilitar el desagüe regular, se proporciona un acceso vehicular desde la orilla del río hacia el fondo de la trampa de desahogo.

### **2.7.3 Comparación con presas convencionales**

En comparación a las puertas de acero, las presas inflables son mucho más rentables con el aumento de longitud de sus tramos. Las puertas de acero son costosas y requieren de estructuras intermedias que recogen escombros durante inundaciones; aunque los tableros

de luz son económicos de construir, no son confiables y su costo de operación y mantenimiento si son costosos.

Se podría decir que las presas inflables no necesitan de mucho mantenimiento en comparación con puertas de acero que requieren de un mantenimiento periódico. Al momento de incrementar la cresta de una presa existente, la inflable es mucho más económica de instalar que cualquier tipo de puerta de acero, además el aumento de la capacidad de agua almacenada para generación adicional de energía y suministro de agua pueden resultar en una recuperación rápida de los costos de construcción.

## **2.8 Manglares**

Los manglares son unos de los entornos naturales de mayor valor del planeta Tierra, estos son ecosistemas costeros, que se encuentran de forma frecuente en zonas tropicales y subtropicales. Existe una gran variedad de manglares; pero todos tienen algo en común, estos nacen del contacto entre un ambiente terrestre y uno marino, debido a esto es que tienen un gran valor. Un manglar tiene varias funciones, la principal de ellas es conservar los distintos tipos de especies y vegetales que necesitan de este hábitat para crecer, adicionalmente, ayudan a mitigar los efectos del cambio climático, ya que pueden absorber y almacenar CO<sub>2</sub> en sus raíces. Los manglares se encuentran ubicados en zonas de transición, donde la marea incrementa y disminuye diariamente, la salinidad cambia y el contenido de oxígeno en el suelo es bajo. Esto da paso a la gran variedad de flora y fauna que existe en estos ecosistemas que deben de adaptarse a situaciones muy distintas.

Al existir cambios de marea de forma diaria el estrato en el cual crecen las plantas no es estable y la salinidad cambia; esto hace que las plantas que crecen en estas zonas tengan que desarrollar raíces largas para que exista apoyo, estas raíces no penetran profundamente en el suelo, estas se extienden hacia los lados, dando soporte al tallo. En Ecuador, crecen hasta 60 metros; pero es soportado por un suelo lodoso inestable. Las especies inmóviles se adaptan al movimiento de las mareas al anclarse contra la marea, mientras que la fauna móvil evita las mareas al excavar en el lodo o escalando árboles.

En una expedición hacia el archipiélago de Jambelí realizada por Hinojosa, Chaviano, Marín, & Vázquez (2017) se encontraron ciertas características de los manglares ecuatorianos de las cuales mencionan que:

Las raíces de los manglares tienen complejos sistemas para filtrar nutrientes del agua del mar y deshacerse de la sal. Su presencia disminuye el tremendo poder erosivo del mar y filtra el salífero aire marino, purificándolo en su camino tierra adentro.[...] Estos árboles son un potente depositador de gases tóxicos que provocan el efecto invernadero. Tan solo una hectárea de manglar puede retener hasta 1000 toneladas de dióxido de carbono (p.100).

Antes se usaban los manglares como una fuente de madera para la construcción y la pesca; pero con el pasar de los años se empezó a relacionar a los manglares con enfermedades e insectos, debido a esto fue que se empezó a realizar una especie de exterminio de estas áreas mediante la tala de árboles. Desde los años 1980 el archipiélago de Jambelí ha perdido el 50% de su cobertura de manglar para el cultivo de camarones. Los autores Hinojosa, Chaviano, Marín, & Vázquez (2017) manifiestan que si la deforestación continúa al ritmo actual para el año 2040 ya no existirá nada de ese manglar.

Consecuencia de esto sería que las costas se queden expuestas a la erosión, no existiría protección ante eventos marítimos, ya que gran cantidad de los puertos ubicados en zonas protegidas por manglares no tienen barreras de protección ante las mareas gracias a que estos ecosistemas siempre se han encargado de proteger esta zona. Adicionalmente, existiría gran pérdida de especies marinas y de aves.

### **2.8.1 Tipos de Manglares.**

- Los manglares Ribereños son los que se encuentran en las orillas de los ríos y en zonas que se inundan a diario por acción de las mareas y se encuentran afectados por agua salada.
- Los manglares marginales se encuentran en el borde de zonas costeras protegidas, islas y las aguas expuestas de bahías y lagunas. Se encuentran

afectados por las mareas de forma periódica, es decir, son los que soportan el golpe de las olas de frente.

- Los manglares de cuenca se encuentran detrás de los ribereños y de los de borde. Los suelos en esta zona son estables, la salinidad es muy alta y hay poco oxígeno. Adicionalmente, estos manglares casi nunca se inundan.

### **2.8.2 Amenazas a Manglares**

Gracias al efecto invernadero, combinado con fenómenos naturales como el fenómeno de El Niño y los efectos provocados por la ruptura de la capa de ozono, varios efectos naturales se encuentran incrementados. Actualmente las lluvias son más intensas, las temperaturas han aumentado o disminuido de formas extremas y el nivel medio del mar se ha visto afectado. Todo esto ha hecho que varios hábitats naturales se encuentren en una zona de inestabilidad, donde es poco probable saber qué es lo que va a pasar con algunos de ellos.

Los manglares también se encuentran afectados por estos; pero son más resistentes y pueden soportar con mayor éxito estas nuevas variables ambientales que crecen a un ritmo acelerado. A pesar de eso, los manglares pueden ser afectados por ciclones o tormentas, también por cantidades excesivas de sol e inundaciones. Al existir cambios en los niveles de sal en el mar, inundaciones debido a las mareas o sedimentación, los manglares se vuelven más vulnerables a pestes y enfermedades por estrés

Una gran amenaza hacia los manglares es el hombre, debido a que ciertas comunidades los utilizan como fuente de madera para poder construir o cocinar. De acuerdo con Godoy & Rueda (2018) señala que “La sobreexplotación es una de las primeras causas de la pérdida de muchos bosques de manglar, por motivo de comercialización y trabajo, como construcciones, producción de madera, puentes y diques entre otros.”

La mayor amenaza que hay en Ecuador para los manglares son las camaroneras, ya que se elimina de forma directa la flora y fauna del lugar, esto genera la pérdida rápida de



los mangles, por ende se bloquean las mareas y se altera el flujo natural de esta, además se liberan los desechos tóxicos.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Metodología de la Investigación**

Una investigación no es más que un proceso en el cual se realiza una recopilación de información; para así poder obtener un nuevo conocimiento o resolver un problema. Es de gran importancia, conseguir esta información de fuentes validadas y confiables para a partir de ella profundizar en los distintos temas y poder llegar al resultado esperado, en la investigación se decide utilizar el tipo documental o bibliográfica.

##### **3.1.1 Investigación Documental**

Para tener una idea clara del concepto de este tipo de investigación se puede tomar como ejemplo a Tancara (1993), donde se define a la investigación documental como “Una serie de métodos y técnicas de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información contenida en los documentos, en primera instancia; y la presentación sistemática, coherente y suficientemente argumentada de nueva información en un documento científico, en segunda instancia.” (p.94).

Con este concepto claro, se puede justificar que en este estudio se utilizó un tipo de investigación documental, debido a que se realizó un exhaustivo levantamiento bibliográfico global respecto a las presas inflables y sus distintos usos en diversos países del mundo, además se buscaron ejemplos de grandes plantas de energía mareomotriz a nivel mundial, exitosas y algunas con ciertos problemas; para poder seguir un modelo exitoso, para la ciudad de Guayaquil, con el fin de controlar inundaciones y generar

energía. Estos datos fueron obtenidos de distintos documentos como: tesis, artículos científicos, revistas, informes gubernamentales, libros, entre otros.

### **3.1.2 Método Inductivo-Deductivo.**

En el método inductivo-deductivo se basa en dos procedimientos que son opuestos; la inducción y la deducción. La inducción es lo opuesto a la deducción, de acuerdo con Rodríguez & Pérez (2017) señala que “La inducción es una forma de razonamiento en la que se pasa del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales.” (p. 10). Gracias a la inducción se puede observar la repetición de hechos y situaciones en la realidad; y se puede encontrar cierta similitud en un grupo establecido.

Tanto la inducción como la deducción se complementan entre sí, gracias a la inducción se pueden establecer escenarios generales debido a lo común que pueden ser en una serie de casos, una vez establecidas estas generalidades se pueden tener conclusiones lógicas. Gracias a este método se pudo encontrar una serie de datos a nivel mundial; para luego ser focalizados a nivel local y así tener un punto de partida en el uso de presas inflables en la ciudad de Guayaquil.

### **3.1.3 Método Cualitativo**

El método de investigación cualitativo busca recopilar experiencias, el investigador deja que las cosas transcurran con naturalidad, es decir, este no busca manipular los distintos escenarios de la investigación; para influir de forma externa o formar el experimento a su placer; para tener un concepto de lo que es un método de investigación cualitativa se pueden utilizar las palabras de Mayan (2001) donde dice que “La indagación cualitativa es semejante a armar un rompecabezas, usted no está reuniendo piezas de un rompecabezas cuya imagen ya conoce. Está construyendo una imagen que se forma cuando se reúnen y examinan las partes” (p. 5).

Con este concepto se puede establecer que en este trabajo si existe un enfoque cualitativo, debido a que este se basa en la recopilación y el análisis de distintos casos de

presas inflables a nivel global, para así poder comparar dichos casos con lo que puede ocurrir en Guayaquil.

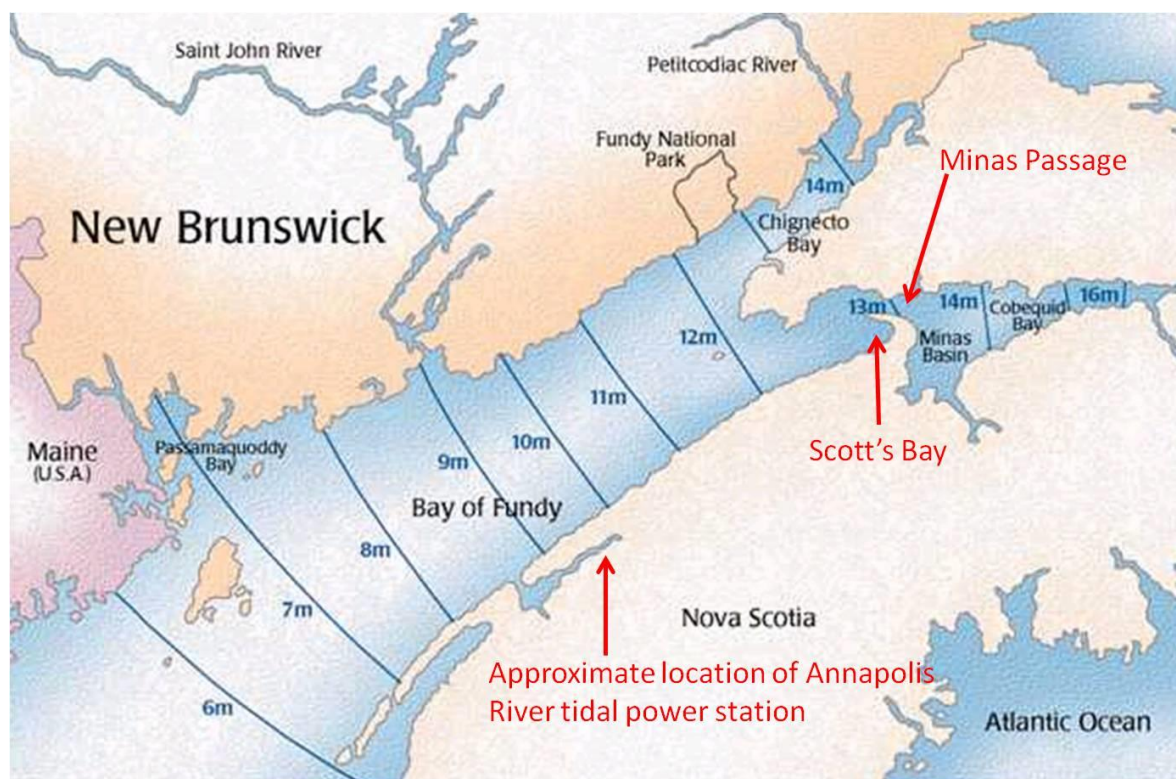
### 3.2 Plantas de Energía Mareomotriz a Nivel Mundial

Con el fin de realizar un “Parque Central Mareomotriz”, se pueden observar ejemplos de grandes plantas de energía mareomotriz a nivel mundial, algunas son un caso complicado como lo es la que se encuentra en la Bahía de Fundy, otras como la planta de La Rance son consideradas un éxito. Estas se toman como ejemplos; para tener una base sobre la cual cimentar la idea de la realización de un sitio que pueda generar energía mareomotriz gracias al control de mareas e inundaciones mediante el uso de presas inflables.

#### 3.2.1 Bahía de Fundy

La Bahía de Fundy es un brazo de mar que se encuentra en la costa atlántica de Canadá, en el extremo noreste del golfo de Maine, entre el territorio continental y la Península de Nueva Escocia y Nuevo Brunswick, este sitio es muy conocido a nivel mundial por sus mareas de gran tamaño.

**Ilustración 5.** Bahía de Fundy con sus distintos rangos de marea.



**Average tide ranges in the Bay of Fundy**

**Fuente:** A Tidal power lagoon in Nova Scotia's Scott Bay? (2014) por: Earth Science Society (2014) (<https://earthsciencesociety.com/2014/05/01/a-tidal-power-lagoon-in-nova-scotias-scotts-bay/>).

De acuerdo con Garrett (1972) señala que “Las mareas en la Bahía de Fundy probablemente son las más altas del mundo, con un rango ocasional mayor a 50 pies en lugares ubicados en la cuenca de Minas, en la cabecera de la bahía.” (p. 441). Gracias a sus grandes mareas el gobierno canadiense ha tomado la decisión de realizar una gran cantidad de presas para aprovechar la energía generada en este punto. Es importante tener en cuenta que es un sitio altamente turístico, gracias a sus bellos paisajes y al nivel de mareas previamente mencionado. Cuando se desea hablar sobre la Central de la Bahía de Fundy, Gomez & Burgos (2008) manifiestan que:

La Central de la Bahía de Fundy se encuentra ubicada en la frontera entre Canadá y Estados Unidos de América en el río Annapolis, aquí existen las mareas de 50 pies y un dique de 30.5 metros de altura y 46.5 m de longitud, esta utiliza una turbina Straflo axial de 18 MW con cuatro polos y un alternador periférico de 144 polos. (p. 25).

La construcción de la Estación de Energía Mareomotriz de Annapolis comenzó en Septiembre de 1980 y su funcionamiento en Agosto de 1984. La estación fue diseñada como un prototipo; para probar las turbinas Straflo en las operaciones comerciales propuestas a gran escala en la bahía de Cobequid y la cuenca de Cumberland. De acuerdo a Dadswell, Rulifson, & Dabron (1986) se sabe que: “La turbina Straflo produce una potencia estimada de 20 MW durante la generación de reflujo; pero gira libremente durante la marea de inundación, para que el cabezal de una sola cuenca se pueda llenar más rápido.” (p. 27). Además, dicha estación tenía una potencia de salida proyectada de 50 Gwh por año.

Gracias al éxito de esta estación, desde el punto de vista de diseño y de generación de energía, la idea de realizar construcciones, para la generación de energía mareomotriz a gran escala se vió más cercana a la realidad; pero no todo acerca de la presa fue bueno,

existieron una gran cantidad de factores que generaron preocupación en las autoridades. Las ensenadas eran estuarios homogéneos con aguas extremadamente turbias. Las especies que habitaban en el área estaban compuestas por una gran población de peces migratorios, entre ellos estaban las lubinas rayadas, la mielga, el salmón atlántico y esturión del atlántico.

Ciertos estudios indicaron que la región era un término de migración hacia el norte; para las poblaciones de sábalo estadounidense de todos los ríos de la costa atlántica, la población era tan grande que en una cuenca de marea individual se encontraban aproximadamente 1.5 millones de adultos durante un ciclo de mareas único. Dadswell, Rulifson, & Dabron (1986).

Los estanques que se encontraban marea aguas arriba tenían un rango de marea reducidos de 5 a 6 m, gracias a esto la energía pudo haber sido inferior y la estratificación de la columna de agua y menor turbidez pudo haberse dado. Se esperaba que la sedimentación aumente por encima y por debajo de las presas, esto podía afectar a las pesquerías locales de almeja de caparazón blando. Las barreras protectoras de mareas podían alterar las rutas de migración de los peces y el paso repetido a través de las turbinas durante los movimientos de las mareas, podían haber resultado en una mortalidad significativa de peces y mamíferos marinos. Se habían realizado diseños de pasajes en dicho entorno; pero estos eran inadecuados; para el desarrollo de medidas de mitigación sólidas. Dadswell, Rulifson, & Dabron (1986).

Se concluye que a pesar de ser una energía sustentable y renovable, también tiene sus problemas, los ecosistemas de las zonas donde existe alguna planta de energía mareomotriz se ven afectados, ya que estos son alterados. En la Bahía de Fundy se habló de como esto podía afectar a las especies de la zona y al área, y esta es una realidad la cuál no puede ser ignorada.

### **3.2.2 Central de La Rance.**

La primera central mareomotriz fue construida en La Rance, cerca de Saint Malo, en la Bretaña francesa. Fue construida entre 1961 y 1966, con una potencia eléctrica

instalada de 240 MW, su construcción fue combinada con la de una carretera que cruzaba el estuario. Esta central consta de 24 grupos de turbinas Bulbo que alcanzan la potencia previamente mencionada, gracias al nivel de mareas que alcanza el estuario que es de 12 a 13.5 m. Las turbinas utilizadas con reversibles, es decir, giran en ambos sentidos y aprovechan el caudal máximo de 20 000 m<sup>3</sup>/s.

Gracias a esta central se puede saber que estas obras tienen una vida útil muy larga. La planta de La Rance lleva en funcionamiento desde el año que fue inaugurada y hoy sigue produciendo una gran cantidad de energía. De acuerdo con Girón (2016) indica que “Es la estación de energía mareomotriz más antigua y la segunda más grande del mundo. La planta de energía renovable, actualmente se opera por Electricité de France, y tiene una capacidad de generación anual de 540 Gwh.” (p. 39).

Adicionalmente, Girón (2016) da la siguiente información acerca de la planta de energía mareomotriz de La Rance:

Consistió en la construcción de una presa de 145.1 m de longitud con seis compuertas de ruedas fijas y un dique de 163.6 m de largo. Siendo el área de la cuenca abarcada por la planta de 22.2 km<sup>2</sup>. El lugar donde se sitúa las instalaciones cuenta con un rango de marea media de 8.2 m, el más alto de Francia, lo que permite producir energía a través de 24 turbinas Bulbo reversibles con una potencia nominal de 10 MW cada una. La electricidad producida se envía a la red nacional de transmisión de 225 kV, cubriendo las necesidades de aproximadamente 130 000 hogares cada año. (p. 39).

El proceso constructivo de este proyecto de gran magnitud tuvo sus partes complejas. Los encargados decidieron separar la construcción de la planta en tres recintos separados detrás de terraplenes : La esclusa, la sección de la esclusa de la presa y la sección restante de la presa, donde se ubicaba la planta de energía.

Se utilizó una escala de 1:150, para evaluar los métodos y ejecutar la construcción de los recintos. El cerramiento del edificio para la sección general de la presa que contiene el poder de la planta fue la última en completarse. Se tuvo que utilizar una técnica nueva;

para poder cerrar el terraplen a mar abierto en la parte norte de la planta, debido al incremento de corrientes violentas que atravesaban una brecha estrecha. Se implementaron cajones cilíndricos huecos que se apoyaban sobre cimientos rellenos de arena situados en intervalos de 21 m. Cualquier espacio entre estos eran sellados con tableros de hormigón armado, gracias a esto se pudo permitir la construcción de gaviones anclados a los cajones, así se decidió cerrar cualquier otro espacio restante entre cajones. Andre (1978).

La presa se encuentra sobre un lecho de granito ubicado en el estuario de la zona tiene una profundidad de 13 m por debajo del nivel de referencia de la carta marina con una longitud total de 750 m. La cantidad total de agua que se puede almacenar es de 184 millones de  $m^3$  entra el nivel de referencia y sobre 13.5 sobre el nivel de referencia, tiene una superficie de 2 200 hectáreas. Las principales estructuras de todo el proyecto consisten de los siguientes:

- Una esclusa de 65 m de largo y 13 m de ancho.
- La planta de poder que se encuentra en una sección hueca de hormigón armado y que contiene 24 juegos de bombillas de 10MW.
- Una sección de presa general de escollera que mide 163 m de longitud.
- Una sección de presa de desagüe que tiene 6 compuertas que miden 15 x10 metros, con una capacidad de descarga de 9 600  $m^3/s$  bajo una altura de 5 m.

“Los juegos de bombillas están compuestos por una turbina Kaplan horizontal con un corredor de 4 palas y gira a 93.75 rpm con una admisión de descarga de hasta 275  $m^3/s$ ” (Andre, 1978, p. 168). Además, pueden funcionar de las siguientes maneras:

- Funcionamiento de la bomba desde el mar hasta el depósito de almacenamiento.
- Operación de la turbina con flujo del mar a la cuenca de almacenamiento.
- Operación de la turbina con flujo desde la cuenca de almacenamiento hacia el mar.

- Operación de “orificio” en cualquier dirección del flujo, cuando la diferencia entre el nivel del mar y de la cuenca es insuficiente, para la producción de energía; pero una quiere aumentar la descarga a través de las compuertas.

La operación de orificio les da una gran ventaja a 170 conjuntos de bombillas de río, ya que estos se usan para desviar el flujo excedente, generando un ahorro considerable en el costo de construir grandes obras de ayuda independientes. Estas bombillas ofrecen un rango de opciones más grande que los viejo molinos de marea que solo trabajaban para una sola dirección de flujo.

Todo esto se puede realizar gracias a una computadora, que planifica la operación de la planta de energía, con el objetivo de lograr un rendimiento óptimo en efecto, es decir, no toma en cuenta la energía. Dicha computadora tiene en cuenta la complejidad de las mareas en el sitio y la variación de los costos de energía con la hora.

Debido a que la central de energía se ubica dentro de una presa, la estanqueidad eficiente fue un factor de diseño muy importante. En realidad, este resultó ser excelente, ya que la tasa de fuga total; para esta estructura fue encontrada a menos de 20 litros/min. Desde su inauguración en 1966 hasta el año 1974 la producción aumentó a 507 millones de kWh. A lo largo de su larga vida, ha sufrido de problemas que claramente han afectado a su producción. La variación del comportamiento de las mareas afecta directamente a la producción de energía.

En conclusión, la planta de energía mareomotriz de La Rance es un ejemplo de cómo este aprovechamiento de energía renovable puede lograr grandes cambios. Siendo una tecnología que lleva años siendo usada en países desarrollados, que ya es momento de que los países en vías de desarrollo empiecen a implementar; para crecer de una forma ecológicamente amigable y aprovechar al máximo los recursos internos.

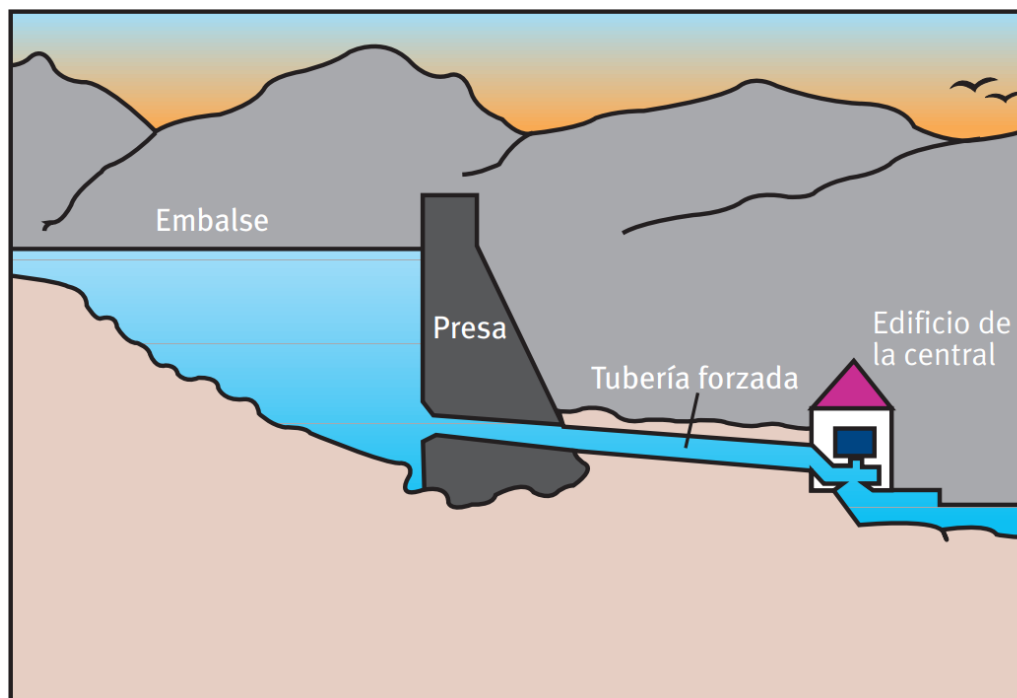
### **3.3 Minicentral Hidroeléctrica cerca de una presa urbana**

Cuando se sitúa una minicentral hidroeléctrica al pie de una presa, esta debe de encontrarse debajo de los embalses que serán utilizados con fines hidroeléctricos, con el objetivo de aprovechar ese desnivel creado por la misma presa, donde se aprovecha el



embalse en el cauce del río; para almacenar lo que este aporte, además del agua que proviene de las lluvias.

**Ilustración 6.** Ubicación de una minicentral hidroeléctrica ubicada al pie de una presa.



**Fuente:** Minicentrales Hidroeléctricas, por: Castro (2006). Todos los derechos reservados (2006) por Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía.

La particularidad de en este tipo de instalaciones es que pueden regular los caudales de salida del agua; para luego ser turbinada en los momentos necesarios, gracias a esta capacidad que se tiene de poder controlar volúmenes de producción se usa de forma general para generar energía durante las horas pico de consumo.

Una de las grandes ventajas que tiene una de esas instalaciones es que la regulación del agua, que puede ser semanal o diaria, depende de la capacidad de almacenamiento que existe en la zona, adicionalmente, Castro (2006) establece que: “En las minicentrales hidroeléctricas el volumen de almacenada suele ser pequeño, permitiendo por ejemplo producir energía eléctrica un número de horas durante el día, y llenándose el embalse durante la noche” (p.29). En caso de tener una regulación semanal, la producción eléctrica será durante el fin de semana, para que el embalse se llene de nuevo durante el resto de la

semana. El Autor Castro (2006) habla de una serie de instalaciones necesarias para construir una minicentral al pie de una presa existente, y estas son:

- Adaptación o construcción de las conducciones de la presa a la minicentral.
- Toma de agua con compuerta y reja.
- Tubería forzada hasta la central.
- Edificio central y equipamiento electro-mecánico.
- Subestación y línea eléctrica.

Existen una gran cantidad de minicentrales eléctricas ubicadas al pie de presas, la mayoría de estas se encuentran en países europeos y pueden servir como un claro ejemplo guía para lo que se aspira a realizar en la ciudad de Guayaquil, ya que algunos de estos se encuentran cercanos a poblaciones.

### **3.3.1 Central Hidroeléctrica Los Hurones**

Esta se encuentra ubicada en la Presa de Los Hurones en la Provincia de Cádiz, España. El agua que esta presa recolecta proviene del Río Majaceite y la minicentral se encuentra ubicada al pie de la presa. Esta es propiedad del Estado y cuenta con un trasvase que va desde el río Guadaíro, esto ha permitido la ampliación del equipamiento inicial de la central.

Esta minicentral produce 12 450 MWh al año y consiste dos turbinas Francis de eje horizontal que giran a 750 revoluciones por minuto, estas se encuentran acopladas a sendos generadores síncronos. Adicionalmente, tiene una turbina Francis de eje vertical que gira a 600 revoluciones por minuto que esta acoplada a un generador síncrono.

### **3.3.2 Central Hidroeléctrica Selga de Ordás**

Se encuentra ubicada en el embalse de Selga de Ordás, es propiedad del Estado. La presa trabaja a gravedad con una altura de 14.4 metros y una longitud de 232 m. Tiene como funciones principales ser el contra embalse del embalse de Barrios de Luna, abastecer de aguas a León y el riego de 45 000 hectáreas.

En la central se encuentra instalada una tubería de by-pass que deriva de la tubería de toma y desagua en el canal de restitución. La central se encuentra controlada in situ y a distancia, la acometida al centro de transformación se realiza desde una línea eléctrica aérea que une al pueblo de Selga de Ordás y la central, esta tiene una longitud de 241 metros. Consiste en una turbina Kaplan de eje vertical con doble regulación de 450 kW que se encuentra acoplada mediante un multiplicador al generador síncrono de 450 kW, la producción estimada que tiene es de 2 000 MWh/año.

### **3.3.3 Central Hidroeléctrica Porma**

Se encuentra ubicada en la Presa de Juan Benet, en el Embalse del Porma, en la Provincia de León. Esta central consiste en algunas instalaciones, y son: toma de agua, tubería forzada y repartidor, edificio de la central, canales de restitución y sistema de by-pass. Es importante saber que el camino de acceso y servicio se tuvieron que rehabilitar, además de todo el terreno y las instalaciones que fueron afectadas por la masiva obra

La toma de agua para la central se realiza en el cuerpo de la presa, a través de una conducción forzada de 35 metros de longitud realizada gracias a una perforación en la presa y dispone de una compuerta en el paramento de aguas arriba; además tiene una válvula mariposa junto al pie de aguas debajo de la presa, que se encuentra alojada en una caseta adosada a la presa.

Desde la caseta inicia la tubería forzada de acero con un diámetro de 2800 mm, esta se conecta con el edificio mediante un repartidor que se bifurca en tres ramales de entrada a tres turbinas de 1700 mm de diámetro y un ramal de 1200 mm de diámetro para el sistema by-pass. Incluido se encuentra un caudalímetro por ultrasonidos en la tubería de 2800 mm para medida de velocidad, caudal y volumen.

El edificio consta de tres niveles, en el inferior se encuentra la sala de turbinas, en el del medio se encuentra la sala de generadores y en el superior se encuentra el nivel de acceso. Alado del edificio se dispone la caseta para el by-pass, se encuentra compuesto por dos válvulas de chorro-hueco, que tienen como objetivo evacuar los caudales no turbinados.

Esta central consiste en dos turbinas Francis de eje vertical de 13 m<sup>3</sup>/s y una potencia de 7 896 kW acopladas a dos generadores síncronos trifásicos de 8 656 kVA. Adicionalmente, se tiene una turbina Francis de eje horizontal de 5 m<sup>3</sup>/s y potencia 3 017 kW acoplado a un generador síncrono trifásico de 3 315 kVA.

### **3.4 Energía Mareomotriz en Latinoamérica.**

Hasta el día de hoy no existe una planta de energía mareomotriz en América Latina, lo más cercano es una central de energía undimotriz ubicada en un muelle del Puerto de Pecém, siendo este caso el único en toda la región; a pesar de que países como Argentina, México y Chile tienen estudios que demuestran que son países idóneos para la construcción de plantas de energía mareomotriz, no hay registro de construcción en dichos países.

#### **3.4.1 Argentina**

En ciertas partes de la costa patagónica las amplitudes de mareas se encuentran entre las cuatro más pronunciadas del mundo. Cuando se avanza desde la Provincia de Santa Cruz hacia el norte, las amplitudes disminuyen de forma progresiva, exceptuando en el Golfo de San Matías, Golfo de San José y Golfo Nuevo; esto ocurre debido a fenómenos de reflexión y corrientes diversas, la amplitud de mareas considerable es de seis metros y se encuentra en la Península de Valdés.

Lo que hace a esta zona de Argentina muy buena para el uso de energía mareomotriz, es que entre el Golfo de San José y el Golfo Nuevo, las mareas tienen una diferencia horaria de seis horas; debido a esto cuando uno se encuentra en su pleamar el otro está en su bajamar. Si esto es explotado de forma correcta, mediante el uso de una central mareomotriz, el bombeo puede ser generado de forma natural. A pesar de que esta diferencia horaria suene rara, los autores Hernández & Serrato (2005) dan una explicación lógica.

La diferencia horaria entre las mareas de ambos golfos tiene su explicación en la interferencia provocada por dos ondas de corriente del mismo origen y que provienen de las aguas antárticas. Una de ellas avanza de sur a norte contorneando las costas; la otra, más oriental, se desvía al topar con los fondos marinos que circundan a las Islas Malvinas. La bordea por el Este y posteriormente gira hacia el

Oeste dirigiéndose hacia la costa patagónica, donde se encuentra con la onda de marea anterior (p. 64).

Las mareas a lo largo de la costa sur de Argentina se encuentran entre las más grandes del mundo, debido a esto varios puntos ubicados en la zona costera podrían ser utilizados con fines energéticos, los que más han llamado la atención de distintos autores son los de El Golfo San José y el Golfo Nuevo.

Entre estas propuestas se encuentran los aprovechamientos estudiados por Oca Balda y Romero, y Aisicks y Zyngierman, donde sugieren que una solución es realizar el cierre de golfos, como el de San José, para así crear un embalse inmenso e instalar las turbinas necesarias de tal manera que las mismas puedan generar energía traspasando el agua desde el océano al golfo y viceversa; para poder aprovechar las diferencias del nivel que se crearían a los lados de la corriente. En contraste a esta propuesta, se tiene que cerrar este golfo exige la elaboración de diques que van de 8 a 13 km de longitud y con profundidades de hasta 40 m, sin un estudio detallado se puede dudar de la magnitud de la inversión que provocaría no tener una razón válida para realizar el sistema.

### **3.4.2 México.**

En México, se han considerado dos áreas en el Golfo de California para poder crear un sistema de energía mareomotriz, uno se encuentra cercano a la Isla Montague, cercana a la desembocadura del Río Colorado, y la otra en la isla de Tiburón. Cabe recalcar, que en el Golfo de California existen varios lugares donde la marea se encuentra entre los rangos de 6 y 7 metros. En el Río Colorado se pueden apreciar profundidades pequeñas en la desembocadura, gracias a esto la longitud del dique requerido para la construcción de una planta no sería menor que 10 km, esto solo en caso de que se cerraran las islas Montague, Gore y Pelicano.

En la Isla Tiburón y el litoral Sonorense, se tiene un estrecho que es un embalse, esto sería lo más conveniente ya que realizar el cierre inferior de este estrecho y el cierre del norte generan dos posibilidades. En la primera, se puede construir un dique que partiría del litoral de la Isla Cerrada con Punta Arenas, mientras que, la otra sería la construcción de un dique que vaya de Norte a Sur que iría desde Cabo Témpera hasta el litoral de la isla.

### **3.4.3 Chile.**

En Chile, existen más de 4000 km de costa expuesta al oleaje del Océano Pacífico, existen fuertes pendientes en su fondo marino y una gran cantidad de centros de demanda eléctrica ubicados en la costa o cercana a esta, gracias a todos estos motivos varios autores dicen que este país es uno de los mejores en el mundo para instalar plantas de energía mareomotriz.

El autor Meniconi (2015) manifiesta que: “El potencial bruto determinado para la costa de Chile excede los 150 GW, una potencia única en el mundo.” (p. 11). Esto significaría que Chile se encuentra en posición de ser una potencia mundial en el tema de la energía mareomotriz si aprovecha sus recursos de manera debida.

### **3.5 Directrices y Estratregias Teóricas para la Construcción del Parque Central Mareomotriz y las Presas Inflables**

Referente a la forma teórica y técnica sobre toda la información que se considere necesaria para la construcción del Parque Central Mareomotriz y el sistema de presas inflables sucesivas. Estas se basan en consideraciones generales que cualquier sistema de presas con el fin del control de inundaciones ubicado en una zona costera debe de cumplir. Dichas consideraciones son:

- Estudio topográfico.
- Estudio de suelos.
- Estudio hidrológico e hidráulico.
- Tablestacado.
- Tipo de hormigón.
- Cimentación
- Pilotes metálicos
- Sistema de anclaje de las presas
- Sismología del sitio

- Turbinas de baja caída.
- Compuertas Stop-log

### **3.5.1 Estudio Topográfico.**

Se debe de realizar un análisis topográfico del sector; donde se pretende desarrollar el proyecto del Parque Central Mareomotriz y de las presas inflables sucesivas, este se encuentra ubicado en la ciudad de Guayaquil, la cual se ubica en la región costera del Ecuador. Es conocido por muchos que las zonas cercanas a la costa tienen pendientes suaves que hacen que el flujo sea direccionado hacia una desembocadura con el Océano Pacífico, adicionalmente, estas hacen que se pueda evacuar el agua proveniente de las lluvias hacia ríos o esteros, debido a esto se puede tener una idea de que las pendientes de la zona de estudio son suaves.

### **3.5.2 Estudio de Suelos**

Es de conocimiento común, que Guayaquil está compuesto por depósitos aluviales, deltaicos estuarinos, estuarios y formaciones rocosas. En las zonas donde existen deltaicos estuarinos tienen sus suelos compuestos por arcillas limosas con capas de arena limosa y arena que contiene residuos de moluscos, este tipo de suelos pueden ser considerados como blandos; para poder ejecutar el proyecto es necesario que se investigue el tipo de suelo que se ubica en la zona cercana a los dos ramales de estero que circundan a Urdesa, se recomienda que esta se tome desde el puente que da acceso a Urdesa, ubicado cercano al puente Zigzag, hasta la FACSO en el caso del ramal izquierdo, y hasta URDENOR en el caso del ramal derecho.

Es de gran importancia que se conozca el tipo de suelo donde se ubicará el Parque Central Mareomotriz y las presas inflables, con el fin de evitar problemas que dificulten el correcto funcionamiento del proyecto. De forma preliminar se conoce que la mayoría del suelo localizado en estas zonas de estudio es considerados suelos blandos. Una vez obtenida esta información de forma certera, se puede realizar una cimentación con pilotes metálicos, con el objetivo de llegar a un estrato de roca firme.

### **3.5.3 Estudio Hidrológico e Hidráulico.**

El estudio hidrológico tiene como objetivo determinar la demanda que producen las lluvias, una vez determinada la intensidad de la lluvia se pueden generar modelos para así conocer dicha demanda, con este valor ya identificado se puede tener una idea de cuál sería la capacidad de almacenamiento de las presas inflables.

Con el estudio hidráulico se puede realizar el dimensionamiento de la estructura y de cómo esta podría afectar al cauce natural de río al momento de ser construida, el objetivo de este estudio es determinar una altura de represa que se será fundamental para la construcción de cada una de las presas y evitar la generación de impactos ambientales. Adicionalmente, este estudio ayudará en la elaboración del Parque Central Mareomotriz y de cómo el agua será llevada a las turbinas para así poder generar energía.

### **3.5.4 Tablestacado**

Las tablestacas son consideradas como elementos de retención, de acuerdo con Trebo (2019) estas son “piezas aplanadas y largas, de madera, acero o concreto reforzado o presforzado, que se hincan en el suelo, unidas o acopladas entre sí, de forma que constituyan cortinas planas o cilíndricas” (p.15). El objetivo de estos elementos es dar resistencia ante los esfuerzos transversales de empuje y así servir como obras de retención de agua o de tierra.

Para la ingeniería estas son utilizadas para generar paredes herméticas con el fin de proteger muelles, muros de contención o para realizar excavaciones; pero este elemento tiene una gran variedad de usos, sirven para la construcción de edificios al momento de contener de forma transitoria terrenos o para la habilitación de subterráneos. Originalmente, las tablestacas eran de madera, hoy ya son en su mayoría de acero, existen una cantidad de otros materiales como el hormigón, aluminio o vinilo.

La forma en como trabaje una tablestaca depende de su geometría y del terreno donde estas se encuentren enclavadas; lo que hace es transferir la presión desde la parte superior de la pared hasta el suelo que se encuentra frente a ella. Pueden ser aplicadas temporal o permanentemente, las permanentes se fijan al terreno y sirven para contención,



mientras que, las temporales solo dan un acceso seguro para poder realizar actividades constructivas para luego ser quitadas.

Estos elementos son muy importantes al momento de realizar la construcción del proyecto, ya que las tablestacas van a brindar un equilibrio del confinamiento, van a permitir facilitar de gran forma la construcción en agua, y es una forma segura y económica de elaborar la obra, además no será un problema al momento del proceso constructivo, ya que son elementos de fácil instalación y fáciles de remover una vez que se haya finalizado la construcción.

### **3.5.5 Hormigón.**

El hormigón es una mezcla de varios componentes; pero sus principales son: agua, cemento, agregados finos y gruesos y aire, al ser mezclados de forma correcta se genera una mezcla homogénea útil para la construcción de elementos estructurales. Existen varios tipos de hormigón y cada uno de estos tiene sus propias características que los distinguen unos de los otros, debido a la gran variedad que existe se tiene que determinar a qué ambiente se encontrará expuesto el hormigón.

Las estructuras que serán construidas se ubican en el agua, por lo tanto, se tiene que tomar en cuenta que el hormigón se encontrará expuesto a un ambiente marino, en este tipo de ambiente el elemento se puede deteriorar física y químicamente. Al encontrarse en ramales de Estero Salado existirá una alta presencia de sulfatos y tanto el tema de problemas físicos como químicos deben de ser considerados.

Los ataques físicos que puede sufrir el hormigón ocurren cuando este se encuentra sometido a un desgaste superficial que puede provocar una disgregación o pérdida de su integridad. Según, Porto (2005) el fenómeno puede manifestarse por erosión o acción del hielo y deshielo y define ambos términos como:

Erosión, ya sea por el paso continuo de vehículos o personas sobre una superficie; o por cavitación que se produce por el paso del agua a gran velocidad como sucede en obras hidráulicas. [...] Acción del hielo y deshielo, que suelen sufrir hormigones

situados a la intemperie o que oscilan por encima y por debajo de los cero grados. (p.6).

Además, Porto (2005) recomienda que para evitar los efectos de los ataques físicos es fundamental que durante el diseño se conozcan las condiciones a las cuales se encuentra expuesto el hormigón, tanto por servicio como temas ambientales. Esto es de gran importancia debido a que estas características definirán el tipo de cemento, áridos, granulometría, relación agua/cemento, grado de consolidación, curado y la protección que tendrá.

En el caso de la construcción de las presas inflables sucesivas, lo primero que se viene a la mente es la erosión por cavitación. Según Porto (2005) señala que “Este tipo de erosión se produce en las estructuras de hormigón armado destinadas a estar en contacto con corrientes de agua, cuya forma no está correctamente estudiada.” (p. 8). Considerando esto, se tienen que buscar superficies uniformes sin cambios bruscos en su geometría en caso de no hacerlo el problema será muy grande y la integridad del elemento se verá comprometida.

Ocurre cuando el agua que pasa por el hormigón encuentra algún cambio en la geometría del elemento mal diseñado y provoca que el flujo de agua se separa de las paredes del conducto de hormigón. Cuando la presión estática de la corriente de agua sea menor a la presión del vapor, se forman burbujas de vapor de agua en ciertas zonas, si estas burbujas fluyen a zonas donde la presión estática de la corriente de agua supera a la presión de vapor de agua, las burbujas se condensan y estallan de forma brusca. A esto se le puede sumar la presión existente y generar ondas similares a las que se generan en una explosión, y provocan picaduras y roturas superficiales.

Los ataques químicos son los que ocasionan el mayor daño en estructuras de hormigón, también son los más difíciles de solucionar. Generalmente el ataque químico lo sufren los áridos y el cemento, ahí la importancia de saber cuáles utilizar dependiendo del ambiente al que se verá sometido. Es importante saber que para que exista un ataque químico, tiene que existir agua, sea esta líquida o gas, ya que esta es la encargada de disolver los componentes agresivos. Según Porto (2005) existen tres tipos de ataques

químicos y son: Ataque por ácidos que reaccionan con el cemento endurecido; Ataque por sulfatos que reaccionan con los aluminatos del hormigón; Reacción álcali-sílice de los áridos reactivos.

La más importante para la construcción de las presas inflables sucesivas, el más importante es el ataque por sulfatos. Porto (2005), manifiesta que:

El ataque por sulfatos es el ataque más perjudicial de los diferentes ataques que pueden desarrollar los aniones que componen las sales. Los sulfatos centran su ataque en el cemento creando unos componentes fuertemente expansivos que provocan la destrucción del hormigón (p. 14).

Los iones de sulfato reaccionan con el aluminato tricálcico del cemento al existir agua, esto genera sulfoaluminato tricálcico, y en cierta medida yeso. El sulfoaluminato tricálcico tiene un volumen 250% superior al del aluminato origen, debido a esto existe una fuerte expansión que disgrega el hormigón dada por la destrucción del cemento que deja suelto el árido. Una vez ocurrido esto, se generan fisuras irregulares que permiten que los sulfatos accedan y otros ataques ocurran posteriormente.

Una vez que ocurre este fenómeno es muy notorio, la disgregación del hormigón comienza en la superficie del elemento dando un cambio de color, seguido de esto aparecen fisuras entrecruzadas cuyo espesor aumenta de forma progresiva, mientras que el hormigón superficial sufre de una laminación y se forman curvas en las capas más externas debido a que se forman tensiones que expanden los productos producidos.

### **3.5.6 Cimentación.**

Al momento de realizar la cimentación se debe tener en cuenta que se utilizará una losa de hormigón que estará sometida a las cargas que genere la presa inflable, estas serán transmitidas directamente y bajarán al suelo mediante el uso de pilotes metálicos. Adicionalmente, la superficie de la losa tiene que ser lisa y rígida para que no existan problemas al momento de colocar la goma de las presas, también es importante que existan dispositivos de empotramiento que sirvan para anclar los sistemas de inflado y desinflado de la presa.

Como se mencionó previamente, existirán cargas sobre la losa de hormigón. Para determinar de forma aproximada cual será esta se tienen que tomar dos aspectos muy importantes: la altura de la presa, que en caso de este proyecto no se espera que sean superiores a los 2.40 metros, y el ancho de la presa que será dado por el ancho del cauce en la zona donde se ubiquen. Con estos dos valores se puede aproximar el peso que ejercerá la goma dependiendo de con que se infle la presa, sea agua o aire.

Adicionalmente, al ser una estructura hecha a base de caucho no se consideran fuerzas ejercidas por olas o sismos, en vez de considerarse estas se debe tener en cuenta que existirá fuerza hidrostática, carga de la presa cuando esta esté llena y vacía, fuerza hidrodinámica y la fuerza de inercia para la cimentación.

### **3.5.7 Pilotes metálicos.**

Para la cimentación se tiene planteado utilizar pilotes de acero con perfil H, este tipo de perfil es utilizado para soportar una gran cantidad de cargas, a diferencia de un pilote de hormigón. Cuando estos son hincados a golpes mediante martillos se genera una gran cantidad de golpes que son absorbidos sin problema alguno por el material; al momento de penetrar el suelo este tipo de pilotes lo hace con mayor facilidad, ya que tiene una gran resistencia a la tracción y flexión. En caso de que la longitud de hincado sea muy grande, se puede soldar un perfil con otro y alargar su tamaño.

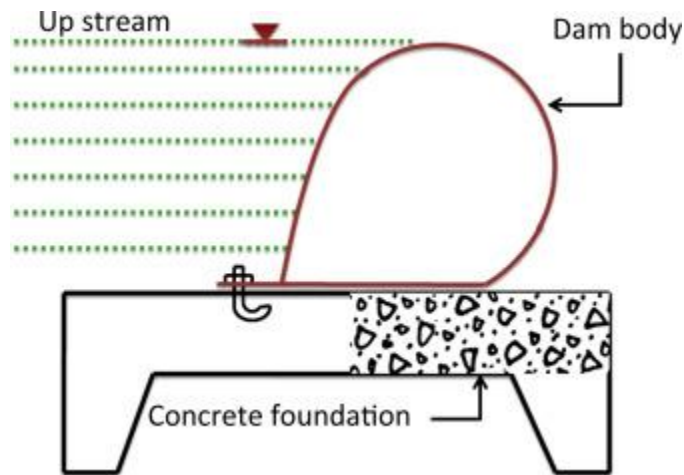
El uso de este tipo de pilotes también tiene sus desventajas, al ser de acero tienen un notable costo y son muy susceptibles a ser afectados por la corrosión, más aún en ambientes marinos, como el caso de este proyecto; pero existe una solución al problema corrosivo y se basa en la aplicación de pinturas anticorrosivas a lo largo del elemento.

### **3.5.8 Sistema de Anclaje de las Presas**

El sistema de anclaje tiene la importante función de unir la cimentación a la presa de goma. Hay varias formas de determinar cómo serán anclados los elementos, uno de estos depende de cómo esta llenada la presa, es decir, si son de aire o de agua, las que son llenas de agua son más pesas y más estables. Mientras que, las que están llenas de aire son conocidas por sufrir vibraciones. En este caso se hablará de dos sistemas, el de una sola línea y el de dos líneas.

En el caso del sistema de anclaje de una línea, la presa de goma es unida a la osa de hormigón fijándola con la ayuda de placas y anclajes que se posicionan en una única fila como se muestra en la figura. Las presas que cuentan con un anclaje único son de muy baja altura, donde la retención de agua es limitada a 2 metros.

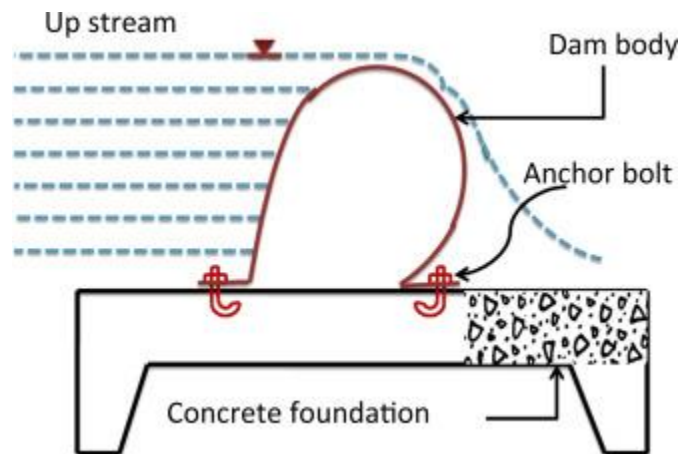
**Ilustración 7.** Anclaje de una sola línea.



**Fuente:** Hydraulic Rubber Dam: An Effective Water Management Technology (p. 52) por Joygopal, Jena, 2019, Plastics Design Library.

Para el sistema de anclaje de doble línea el cuerpo de la presa se fija a la cimentación mediante dos filas de anclaje como se muestra en la figura. Las presas de doble anclaje se utilizan cuando las presas son superiores a los 2 metros de altura. En este caso la longitud de la base de la presa bien definida, y se debe de proporcionar la distancia entre las líneas de anclaje, de tal manera que la membrana de la cara aguas abajo no se apoyen de forma plana en la cara de la base.

**Ilustración 8.** Anclaje de doble línea.



**Fuente:** Hydraulic Rubber Dam: An Effective Water Management Technology (p. 52) por Joygopal, Jena, 2019, Plastics Design Library.

### 3.5.9 Sismología del Sitio.

El Ecuador, se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, esto lo vuelve un país con una actividad sísmica muy alta, debido a esto, para diseñar cualquier tipo de estructura en esta zona se tiene que ser muy cuidadoso para evitar cualquier catástrofe estructural y humana; La costa ecuatoriana es una zona por la cual pasan una serie de fallas geológicas activas, razón por la cual existe una actividad sísmica alta.

Guayaquil, se ubica en la zona de mayor peligro sísmico del Ecuador, a pesar de esto, una gran cantidad de edificaciones de madera y mixtas siguen en pie en el centro de la ciudad, a esto se le puede sumar su antigüedad, motivo por el cuál estas no cumplen con los parámetros de diseño sísmico resistente que se han descubierto al pasar de los años y existe una gran posibilidad de que estas sufran daños o colapsen al momento que ocurra un sismo.

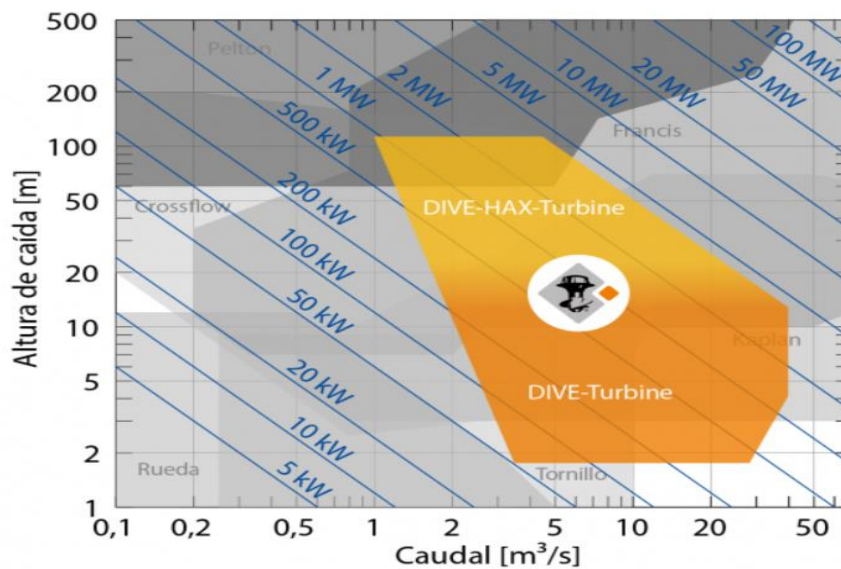
Ya se mencionó que Guayaquil se encuentra en una zona con una alta actividad sísmica; además de esto, se tiene que tomar en cuenta el tipo de suelo, que en su mayoría está compuesto materiales cohesivos como limos y arcillas que no tienen una gran resistencia y son muy propensos a sufrir de licuación. La zona de Guayaquil que tiene el suelo más resistente se encuentra al norte, gracias a los rocosos existentes como el Cerro

Santa Ana, por otro lado, se tienen las zonas más vulnerables, como la Puntilla, debido a que el tipo de suelo en esta zona consiste en su mayoría de arenas saturadas.

### 3.5.10 Turbinas de Baja Caída.

Al realizar el proyecto en los ramales del Estero Salado que circundan a Urdesa, se espera que la profundidad de estos cuerpos de agua no sea muy alta, por este motivo se propone el uso de la DIVE- Turbine para baja y media alturas de caída de agua. Esta tiene una serie particularidades, una de estas es que empieza a generar energía a partir de los 2 metros de caída de agua, también cumplen con las normas de contaminación sonora y se pueden instalar sin problema alguno en zonas residenciales, sirven tanto en agua sucia como limpia, e incluso con partículas grandes. Adicionalmente, cada turbina puede generar entre 30 kW y 4 MW de energía.

*Ilustración 9. Cantidad de energía que puede generar una Dive - Turbine*



**Fuente:** Dive Turbine, Campo de aplicación (2020) ([https://www.dove-turbine.de/hidroenergia/area-de-aplicacion\\_diagrama](https://www.dove-turbine.de/hidroenergia/area-de-aplicacion_diagrama)).

Un problema que tienen algunas turbinas es que estas se dañan al momento de que un animal, como un pez, colisiona contra las aspas, en el caso de la propuesta, el rodete está diseñado para respetar la fauna piscícola. Finalmente, la instalación de estas es muy

sencilla, ya que no necesitan de una casa de máquinas al tener su generador incorporado sobre el rotor de la turbina, y este puede ser totalmente sumergido.

### **3.5.11 Compuertas Stop-Log**

Este tipo de compuertas son utilizadas en una serie de estructuras hidráulicas, de las cuáles se pueden destacar vertederos y tomas para centrales hidroeléctricas de presas. Sirven como una compuerta auxiliar para poder realizar mantenimiento de alguna compuerta principal, su operación es sencilla y se realiza mediante una grúa móvil.

Estas compuertas son una muy buena idea al momento de desarrollar de forma general las presas inflables sucesivas y el Parque Central Mareomotriz, ya que servirán como una forma extra de mantener los cauces llenos o vacíos, dependiendo de lo que se necesite en ese momento, adicionalmente, servirán para realizar montaje y mantenimiento de las turbinas.



## **CAPÍTULO IV**

### **REALIZACIÓN DEL PARQUE CENTRAL MAREOMOTRIZ**

#### **4.1 Sistema de Presas Sucesivas en la Ciudad de Guayaquil**

Realizar un sistema de presas inflables sucesivas en la ciudad de Guayaquil tiene como propósito fundamental generar el control de inundaciones en el sector de Urdesa, que año a año se inunda de forma descontrolada. A su vez, busca generar energía mareomotriz e implementar una nueva tecnología para los países Latinoamericanos. Este sistema funcionará durante la época lluviosa para el control de inundaciones, debido a que el problema no ocurre cuando sube y baja la marea, este ocurre cuando existe marea alta y una gran lluvia, gracias a esto el nivel del estero se incrementa, lo que genera un desborde de este y el agua ingresa a las calles.

Se detallará de forma conceptual y esquemática la implementación del sistema de presas sucesivas en los dos ramales que circundan a Urdesa. Ambos cuerpos de agua se encuentran ubicados a lo largo del tramo del Estero Salado, estos se nombrarán Ramal de Miraflores y Ramal de Urdesa Norte. El primero va desde Mapasingue Oeste – Este hasta el punto de intersección de ambos ramales en el puente Zigzag; El segundo va desde Urdenor hasta la intersección de ambos ramales en el puente Zigzag.

**Ilustración 10.** Ubicación del Ramal de Miraflores y el Ramal de Urdesa Norte para realizar el estudio.



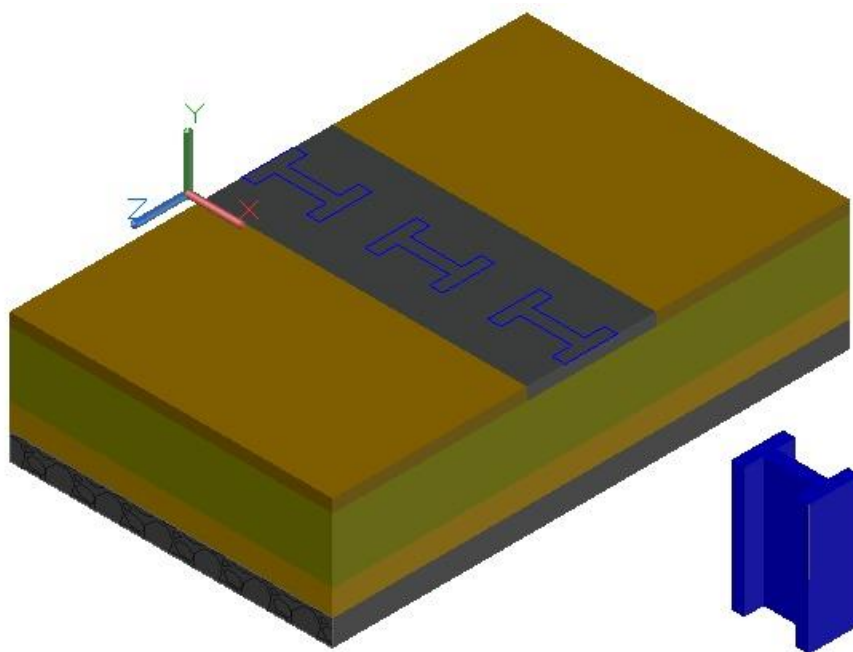
**Fuente:** Google Earth pro (2021).

## 4.2 Alternativas Constructivas de presas inflables

### 4.2.1 Cimentación

Como alternativa para la cimentación de las presas inflables se propone el uso de pilotes de acero con un perfil en I; se recomienda que estos sean hincados a golpes mediante el uso de un martillo hidráulico. Adicionalmente, se sugiera hincar el pilote por secciones e ir soldando una con la otra para generar un solo elemento, esto con el fin de facilitar la movilización de los perfiles hasta los sitios de trabajo. Para evitar cualquier problema relacionado con la corrosión se sugiere que estos pilotes sean revestidos con una capa de cualquier material anticorrosivo.

**Ilustración 11.** Sugerencia para el uso de pilotes para la construcción de las presas inflables



**Fuente:** Elaboración propia.

Cabe recalcar que se puede utilizar cualquier otro material para los pilotes, este podría ser hormigón armado, este puede ser fundido en sitio o prefabricado. El funcionamiento sería el mismo, hincarlo hasta un estrato fuerte o realizar una fundición hasta dicho estrato. Es importante saber que las presas inflables no generan una gran



descarga sobre la cimentación, por lo tanto, las dimensiones de los pilotes deberían de ser mucho menores a las de los pilotes de una edificación.

#### **4.2.2 Tipo de Hormigón**

Una vez ubicados los pilotes y calculada la cantidad que serán necesarios, el siguiente paso consiste en realizar la construcción de la losa sobre la cual irá asentada la presa. Esta losa será de hormigón armado y debe de ir a lo ancho del ramal correspondiente. Como se mencionó en el capítulo de Desarrollo Metodológico, las estructuras de hormigón que se encuentren en ambientes marinos son altamente susceptibles a sufrir ataques por sulfatos, debido a esto se recomienda:

- Utilizar cemento marino o que sea resistente a los sulfatos, para esto el contenido de hidróxido de calcio del cemento debe de ser bajo.
- Utilizar aditivos con el fin de reducir la relación agua – cemento, preferentemente, estos aditivos tienen que ser bajos en cloruro de calcio.
- Realizar un tiempo de curado prudente, para así poder evitar que el hormigón sufra de filtraciones y se deteriore.

#### **4.2.3 Tipo de Anclaje**

Para mantener al cuerpo de goma sujeto a la losa de hormigón se recomienda el uso de un sistema de anclaje a todo lo largo de la losa. El sistema recomendado es uno de doble fila de anclaje, ya que al estar llena de agua el cuerpo de goma se torna ovalado y el flujo interno del agua hace que esta se mueva. Adicionalmente, se espera que el diámetro del cuerpo sea de 2 metros.

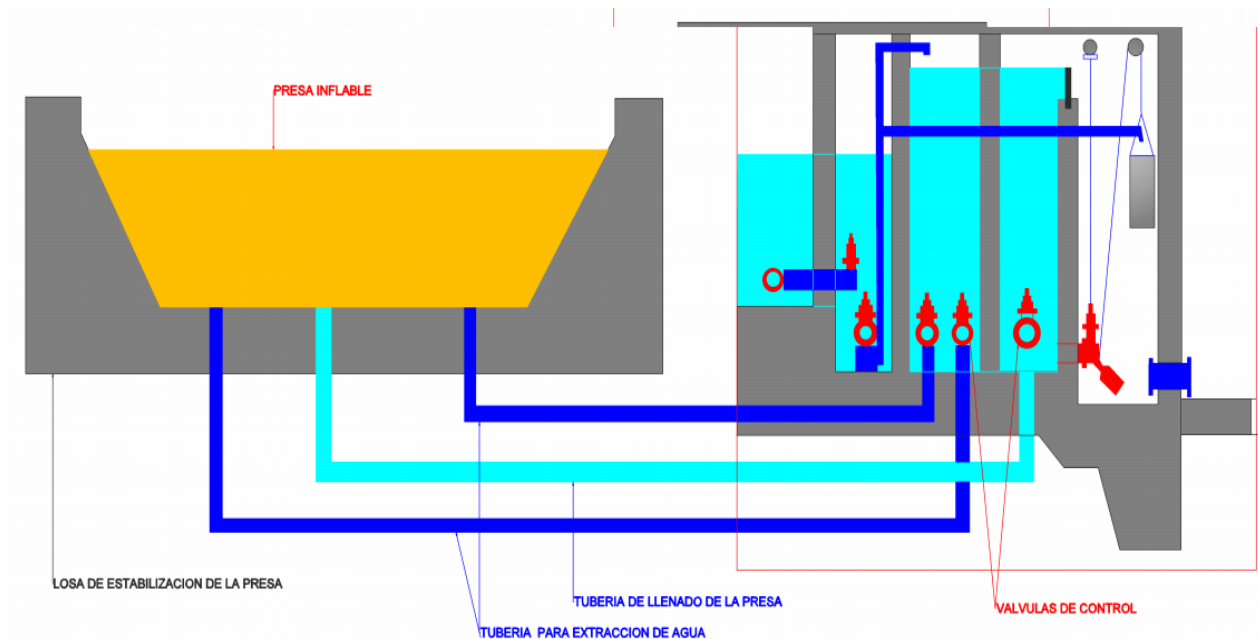
#### **4.2.4 Inflado de las Presas**

Se recomienda que las presas sean llenadas con agua y no con aire; debido a que estas al ser llenadas con aire pueden sufrir de vibraciones que hagan que estas causen problemas durante su vida útil, para esto se recomienda usar un sistema de válvulas y tuberías que llenen a la presa y la desinflen de manera rápida, adicionalmente, utilizar

filtros que eviten que la basura ingrese al sistema de inflado para no dañar la integridad del elemento.

Adicionalmente, el inflado y desinflado se realizará de forma automática mediante el uso de un software, este logrará determinar el momento preciso en el cuál estas se tengan que inflar y desinflar, dependiendo del registro de mareas que pueda brindar el INAMHI o cualquier otra institución nacional que tenga un registro de mareas.

**Ilustración 12.** Sistema de inflado con agua de una presa inflable.



**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.5 Desvío del cauce

Para poder construir todo el sistema sobre el agua se recomienda el uso de tablestacado metálico; este busca retener al agua que se encuentra dentro del cauce principal de los ramales del estero de forma momentánea durante la etapa de construcción. Se propone ubicar el tablestacado de tal manera que se pueda trabajar un 50% de la obra, esto se logra al dejar un espacio donde el agua pueda fluir con naturaleza y se pueda trabajar en las distintas etapas constructivas.

### 4.3 Ubicación de las Presas Inflables

Para realizar la ubicación de las presas inflables sucesivas, primero se tienen que estimar las subcuencas hidrográficas para cada uno de los casos, esto con el fin de tener una idea de cuál sería el área de aportación de cada uno de los ramales a estudiar y tener un

**Ilustración 13.** Subcuenca de cada uno de los ramales. La de color morado pertenece al Ramal de Miraflores, mientras que, la de color verde pertenece al Ramal de Urdesa Norte.



conocimiento base del comportamiento de la zona.

**Fuente:** Google Earth Pro (2021)

Una vez determinadas las subcuencas de ambos ramales, se procede a ubicar las presas inflables a través del Estero Salado, se decidió definir 4 puntos para la ubicación de 4 presas. Para lograr esto se elaboran perfiles, los cuáles servirán para comprobar que las presas no superan la cota de terreno. En estos perfiles se toma en cuenta la ubicación del Parque Central Mareomotriz, la turbina, y los diámetros de cada una de las presas, con el fin de saber hasta dónde llega la cola de cada uno de los embalses y determinar el volumen de almacenamiento de aguas de cada uno de ellos.

**Ilustración 14.** Predicción Diaria de Mareas en el Ecuador Guayaquil (Río Guayas, 2021)

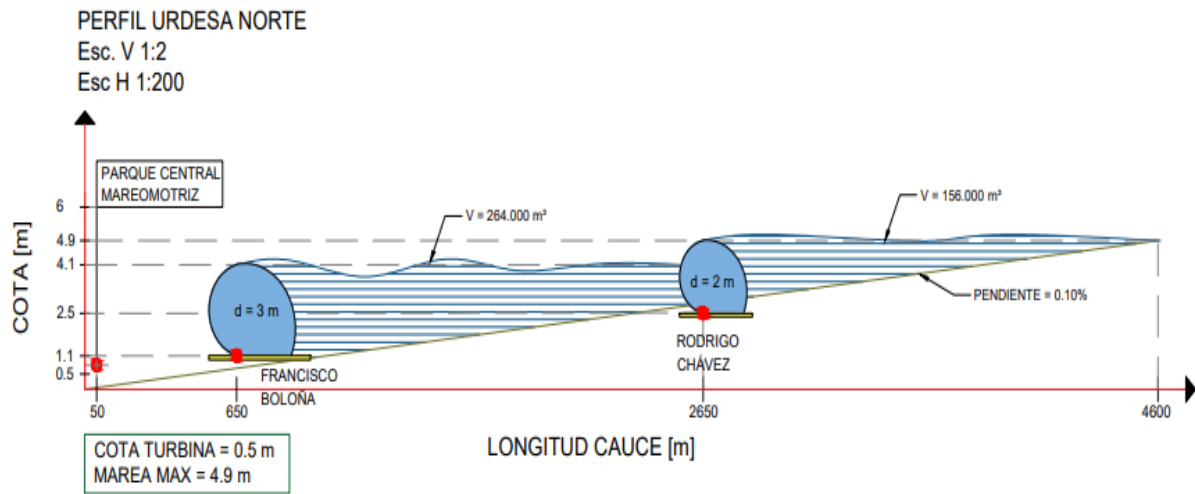
ENERO						FEBRERO						MARZO						
DIA	HORA h:mm	ALT. (m)	DIA	HORA h:mm	ALT. (m)	DIA	HORA h:mm	ALT. (m)	DIA	HORA h:mm	ALT. (m)	DIA	HORA h:mm	ALT. (m)	DIA	HORA h:mm	ALT. (m)	
1	0328	0.6	16	0414	0.6	1	0436	0.5	16	0502	0.6	1	0334	0.4	16	0401	0.4	
VI	0847	3.9	SA	0932	4.0	LU	0950	4.3	MA	1025	4.1	LU	0850	4.6	MA	0925	4.3	
	1546	0.4		1629	0.4		1650	0.4		1709	0.6		1549	0.3		1609	0.5	
	2121	4.1		2201	4.3		2217	4.5		2242	4.3		2114	4.8		2136	4.4	
2	0409	0.6	17	0454	0.6	2	0519	0.4	17	0533	0.6	2	0417	0.3	17	0431	0.5	
SA	0925	3.9	DO	1012	3.9	MA	1034	4.3	MI	1104	3.9	MA	0933	4.6	MI	0958	4.2	
	1626	0.4		1706	0.5		1732	0.4		1738	0.7		1631	0.3		1637	0.6	
	2158	4.1		2239	4.2		2259	4.5		2319	4.1		2154	4.8		2207	4.3	
3	0450	0.6	18	0532	0.7	3	0603	0.5	18	0603	0.7	3	0500	0.3	18	0458	0.5	
DO	1005	3.9	LU	1054	3.9	MI	1122	4.2	JU	1147	3.8	MI	1017	4.5	JU	1032	4.1	
	1706	0.4		1742	0.6		1814	0.5		1810	0.8		1713	0.4		1705	0.7	
	2237	4.1		2318	4.1		2345	4.4					2235	4.6		2241	4.1	
4	0533	0.6	19	0610	0.7	4	0649	0.5	19	0000	3.9	4	0543	0.4	19	0526	0.6	
LU	1049	3.9	MA	1138	3.7	JU	1215	4.0	VI	0635	0.8	JU	1103	4.4	VI	1111	3.9	
	1747	0.5		1816	0.7	●	1900	0.6	●	1235	3.6		1755	0.5		1736	0.8	
	2321	4.2								1848	1.0		2320	4.4		2319	3.9	
5	0619	0.6	20	0000	4.0	5	0036	4.2	20	0047	3.7	5	0627	0.5	20	0557	0.6	
MA	1141	3.9	MI	0648	0.8	VI	0740	0.6	SA	0715	0.8	VI	1154	4.1	SA	1155	3.7	
	1831	0.5	●	1227	3.6		1315	3.9		1329	3.4	●	1839	0.7		1812	0.9	
				1854	0.9		1954	0.8		1935	1.1							
6	0010	4.1	21	0046	3.8	6	0135	4.0	21	0142	3.5	6	0010	4.2	21	0004	3.7	
MI	0708	0.6	JU	0730	0.8	SA	0841	0.7	DO	0805	0.9	SA	0715	0.6	DO	0634	0.7	
●	1239	3.8		1321	3.4		1421	3.7		1428	3.4		1252	3.9		1245	3.6	
	1920	0.6		1938	1.0		2102	1.0		2033	1.2		1931	0.9	●	1856	1.0	
7	0105	4.1	22	0136	3.6	7	0242	3.8	22	0244	3.4	7	0108	3.9	22	0059	3.6	
JU	0805	0.6	VI	0821	0.9	DO	0953	0.7	LU	0910	1.0	DO	0813	0.8	LU	0720	0.8	
	1342	3.7		1420	3.3		1534	3.7		1531	3.4		1358	3.8		1343	3.5	
	2019	0.7		2033	1.1		2223	1.1		2148	1.3		2040	1.1		1948	1.1	
8	0205	4.0	23	0232	3.5	8	0355	3.6	23	0347	3.5	8	0219	3.6	23	0201	3.5	
VI	0912	0.6	SA	0925	0.9	LU	1106	0.7	MA	1030	1.0	LU	0926	0.9	MA	0815	0.9	
	1449	3.7		1521	3.3		1650	3.7		1633	3.6		1512	3.7		1445	3.5	
	2130	0.8		2144	1.2		2340	1.0		2311	1.2		2206	1.2		2054	1.2	
9	0310	3.9	24	0332	3.4	9	0509	3.7	24	0447	3.7	9	0338	3.6	24	0307	3.5	
SA	1023	0.6	DO	1032	0.9	MA	1211	0.6	MI	1140	0.9	MA	1043	0.9	MI	0927	1.0	
	1558	3.7		1623	3.4		1801	3.9		1730	3.8		1633	3.8		1548	3.7	
	2246	0.9		2256	1.1								2325	1.1		2221	1.2	
10	0418	3.8	25	0431	3.5	10	0046	0.9	25	0017	1.0	10	0458	3.6	25	0410	3.7	
DO	1130	0.5	LU	1132	0.8	MI	0616	3.8	JU	0542	3.9	MI	1151	0.7	JU	1052	0.9	
	1708	3.8		1720	3.6		1309	0.5		1238	0.7		1745	3.9		1648	4.0	
	2357	0.9		2357	1.0		1900	4.1		1821	4.1					2342	1.0	
11	0524	3.8	26	0525	3.6	11	0141	0.7	26	0113	0.8	11	0030	0.8	26	0509	4.0	
LU	1231	0.4	MA	1224	0.6	JU	0712	3.9	VI	0633	4.2	JU	0605	3.8	VI	1202	0.7	
	1814	3.9		1811	3.8	●	1401	0.4		1331	0.6		1249	0.6		1744	4.3	
							1947	4.2		1908	4.4		1842	4.2				
12	0100	0.8	27	0051	0.9	12	0230	0.6	27	0202	0.6	12	0123	0.6	27	0043	0.7	
MA	0626	3.8	MI	0615	3.8	VI	0759	4.1	SA	0721	4.4	VI	0659	4.0	SA	0604	4.3	
	1327	0.4		1312	0.6		1447	0.4		1420	0.4		1339	0.4		1301	0.6	
	1911	4.0		1857	4.0		2028	4.4	○	1952	4.6		1928	4.3		1835	4.6	
13	0156	0.7	28	0139	0.7	13	0313	0.5	28	0249	0.5	13	0209	0.5	28	0137	0.5	
MI	0721	3.9	JU	0702	4.0	SA	0838	4.1	DO	0807	4.6	SA	0745	4.2	DO	0655	4.6	
●	1418	0.3		1359	0.5		1528	0.4		1506	0.3	●	1424	0.4		1353	0.4	
	2001	4.1	○	1939	4.2		2103	4.4		2034	4.7		2005	4.4	○	1922	4.8	
14	0246	0.6	29	0225	0.6	14	0353	0.5				14	0250	0.4	29	0225	0.3	
JU	0809	3.9	VI	0746	4.1	DO	0915	4.2				DO	0820	4.3	LU	0744	4.7	
	1505	0.3		1444	0.4		1605	0.4					1503	0.4		1442	0.3	
	2044	4.2		2020	4.3		2135	4.4					2037	4.5		2007	4.9	
15	0331	0.6	30	0310	0.6	15	0429	0.6				15	0327	0.4	30	0312	0.2	
VI	0852	3.9	SA	0828	4.3	LU	0950	4.2				LU	0853	4.3	MA	0831	4.7	
	1549	0.4		1527	0.4		1638	0.5					1538	0.5		1527	0.3	
	2123	4.3		2059	4.4		2208	4.4					2107	4.5		2049	4.9	
			31	0353	0.5										31	0356	0.2	
			DO	0909	4.3											MI	0915	4.7
				1609	0.4												1611	0.3
				2138	4.5												2131	4.8

HUSO HORARIO + 5

**Fuente:** Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (2021)  
(<https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas>)

Se puede observar que según, INOCAR (2021) la marea máxima que existe en la zona de estudio es de 4.9 metros, mientras que la marea mínima es de 0.0 metros

**Ilustración 15.** Perfil del ramal de Urdesa Norte

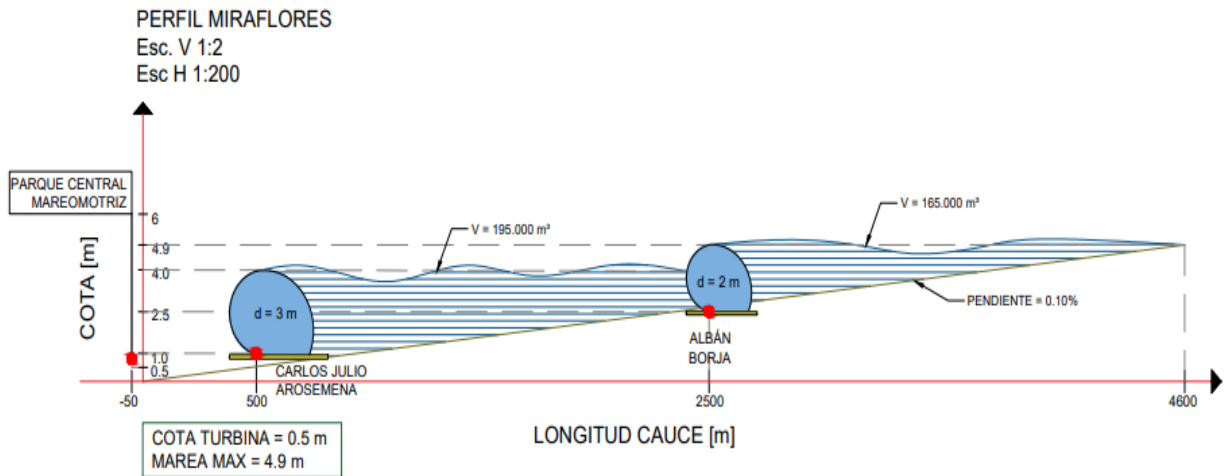


**Fuente:** Elaboración propia.

Se toma la decisión de utilizar la primera presa, es decir, la de mayor diámetro para el control de inundaciones; mientras que la segunda presa se utilizará para la generación de energía. Esto se debe a que la primera no cumpliría con los 2 metros de caída de agua mínima que requiere la turbina, a diferencia de la segunda que si lo permite. Lo mismo se aplica para el ramal de Miraflores.



## Ilustración 16. Perfil Ramal de Miraflores



**Fuente:** Elaboración propia

Una vez realizados ambos perfiles se puede comprobar que la ubicación y diámetros de las presas sean correctas, con esto se puede definir los puntos en una vista en planta estos son:

- **Presa Francisco Boloña:** Se encuentra ubicada cercana al Policentro. Las coordenadas son (622074.00 E - 9759825.00 S).
- **Presa Rodrigo Chávez González:** Se encuentra ubicada cercana a la Kennedy Norte por Bosques del Salado. Las coordenadas son (621940.00 E- 9761803.00 S).
- **Presa Carlos Julio Arosemena:** Se encuentra ubicada cercana a la parada de Metrovía de Bellavista. Las coordenadas son (621363.00 E - 9759306.00 S).
- **Presa Albán Borja:** Se encuentra ubicada cercana al Albán Borja, Las coordenadas son (620426.00 E – 9760615.00 S).

### Ilustración 17. Ubicación de las presas Inflables.



**Fuente:** Elaboración propia

Se determinó que con 2 presas por ramal sería suficiente para generar energía, las primeras (Carlos Julio Arosemena y Francisco Boloña) serán destinadas al control de inundaciones, se espera que estas sean las de mayor diámetro para tener mayor volumen de almacenamiento. Mientras que, las presas Albán Borja y Rodrigo Chávez González serán destinadas a la generación de energía, ya que estas son las que se encuentran más alejadas al Parque Central Mareomotriz y cumplen con los 2 metros de caída de agua para el correcto funcionamiento de las turbinas.

#### 4.4 Volúmen de Almacenamiento de cada tramo.

Una vez ubicadas las presas y determinadas cuáles serían las longitudes que separan a cada una de estas, se puede realizar una estimación del volumen de agua que se podrá almacenar en cada uno de estos espejos de agua. Para ambos ramales las presas se encuentran separadas 2000 metros, las presas que serán destinadas para el control de inundaciones tendrán un diámetro de 3 metros, mientras que, las presas destinadas a la producción de energía tendrán un diámetro de 2 metros. Finalmente, se realiza la medición para el ancho de cada tramo de ramal, dando como resultado los siguientes valores:

$$V \text{ Ramal Urdesa Norte} = 420\,000 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Ramal Miraflores} = 360\,000 \text{ m}^3$$

#### 4.5 Parque Central Mareomotriz

**Ilustración 18.** Ubicación del Parque Central Mareomotriz.



**Fuente:** Elaboración propia.



Una vez elaborado el sistema de presas sucesivas y asegurado el control de inundaciones durante la época lluviosa, se busca utilizar el agua para generar energía mareomotriz mediante turbinas de baja caída, estas se encontrarán ubicadas en el puente de la entrada de Urdesa, al cual se le planea realizar una ampliación hacia el Ramal de Urdesa Norte para poder ubicar las turbinas a un nivel adecuado.

El agua será llevada hacia las turbinas mediante tuberías que se encontrarán en la parte del fondo del cauce, estas recolectarán agua de las dos últimas presas, es decir, Presa Rodrigo Chávez González y Presa Albán Borja, ya que estas dos son las que cumplen con la mínima altura de caída de agua de 2 metros que requieren las turbinas para generar energía. Para el caso de la turbina que llega desde la Presa Albán Borja, se sugiere evitar realizar excavaciones, por lo tanto, se propone que pase por debajo del puente de la entrada de Urdesa, es decir, el puente donde se ubicaría el Parque Central Mareomotriz.

#### **4.6 Seguridad del Sistema**

Es una realidad que en la ciudad de Guayaquil existe cierto nivel de inseguridad, y se debe de estar preparados ante cualquier inconveniente; para esto es necesario que cada una de las presas inflables tenga una caseta de guardianía, para que este se encargue de mantener bajo vigilancia y control la operación e integridad de las estructuras. Estas deben de colocarse lo más cercana posible a cada presa y deben de contar con las comodidades y todo lo necesario para que las personas que la ocupen se sientan cómodas.

#### **4.7 Estudio Hidrológico**

El estudio hidrológico se realizará en base al Texto Básico de Hidrología, escrito por Gámez William, (2010), Pin (2021) pudo estimar la demanda de lluvia producida en periodos de diseño con datos como la intensidad de lluvia, el escurrimiento y la intensidad. Debido a que es un modelo similar al de Pin (2021) se decide realizar el mismo proceso de cálculo, en este caso el utilizó el método racional que se usa comúnmente para áreas menores a 1000 hectáreas.

De acuerdo con Gámez (2010) señala que “el método Racional requiere de datos pluviográficos para obtener el escurrimiento máximo que puede aportar una cuenca pequeña” (p. 118). El autor indica que la fórmula a usar es la siguiente:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Las normas establecen que el periodo de retorno para el tipo de estructuras de mitigación se puede establecer como  $T = 10$  años y una duración de  $t = 15$  minutos. Una vez que se obtuvieron los datos del periodo de retorno y la duración de la precipitación se obtiene la intensidad de lluvia mediante tablas que se pueden observar en el INAMHI, la estación más cercana para la zona de estudio ubicada en Guayaquil es la del “Aeropuerto de Guayaquil”, su código es M0056. Para fines prácticos se decide utilizar la Intensidad calculada por Pin (2021) la cual es  $I = 97.6$  mm/h

Para el coeficiente de escurrimiento se tiene que considerar el material que se encuentra en la superficie del terreno de la zona a estudiar. En Guayaquil se realizó un estudio en la zona de Urdesa Central, debido a esto se considera una zona residencial con viviendas multifamiliares, por ende, el valor del escurrimiento es de  $c = 0.75$ .

Finalmente, las distintas áreas que descargan ambos tramos a analizar se consideran que se encuentran en la zona de Urdesa y aledañas, hay que tener mucho cuidado al considerar esta área, ya que Guayaquil es una ciudad que ha rellenado varios esteros para realizar construcciones y estos deben de ser tomados en cuenta. Se ha estimado el área de aportación de cada uno de los tramos independientemente, los cuales son:

- Ramal de Miraflores  $A = 712$  Ha.
- Ramal de Urdesa Norte  $A = 780$  Ha.

Con estos valores, se puede calcular los caudales de ingreso para cada ramal:

$$Q \text{ Miraflores} = \frac{0.75 * 97.6 * 712}{360}$$

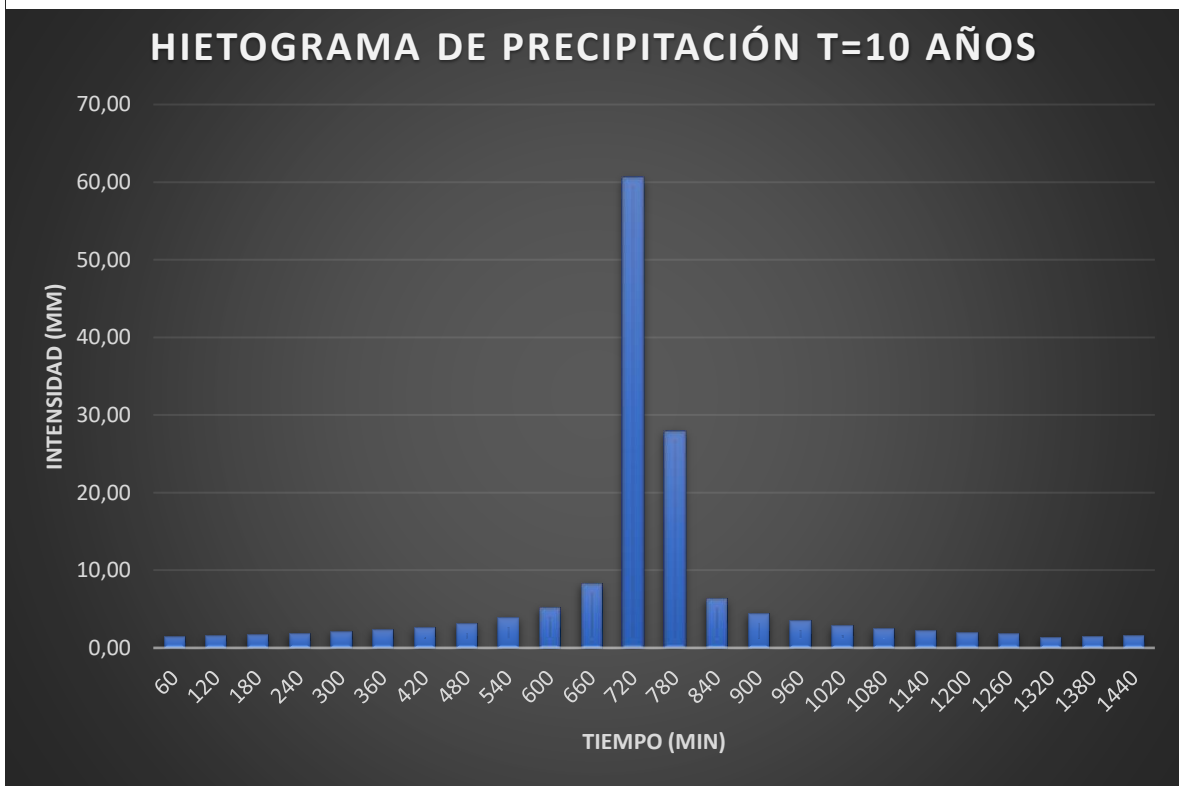
$$Q \text{ Miraflores} = 144.77 \frac{m^3}{s}$$

$$Q \text{ Urdesa Norte} = \frac{0.75 * 97.6 * 780}{360}$$

$$Q_{Urdesa\ Norte} = 158.6 \frac{m^3}{s}$$

Adicionalmente, se puede estimar la cantidad de lluvia que puede soportar cada uno de los ramales que circundan a Urdesa, para esto se utiliza el programa HEC-HMS, donde se ingresan las áreas de cada una de las subcuencas, la lluvia máxima esperada para un periodo de diseño de 10 años y una duración de tormenta de 24 horas. El valor de la intensidad máxima puede ser apreciado en el siguiente hietograma:

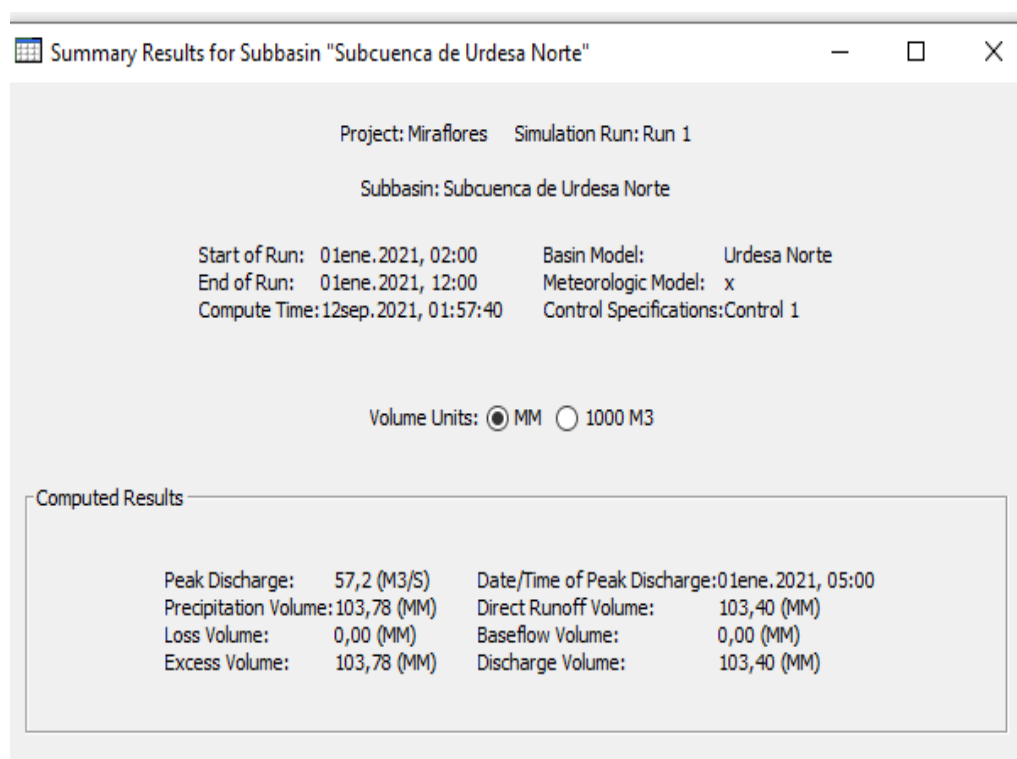
**Ilustración 19.** Hietograma de precipitación para un periodo de diseño de 10 años en la estación aeropuerto de Guayaquil M0056



**Fuente:** Elaboración propia.

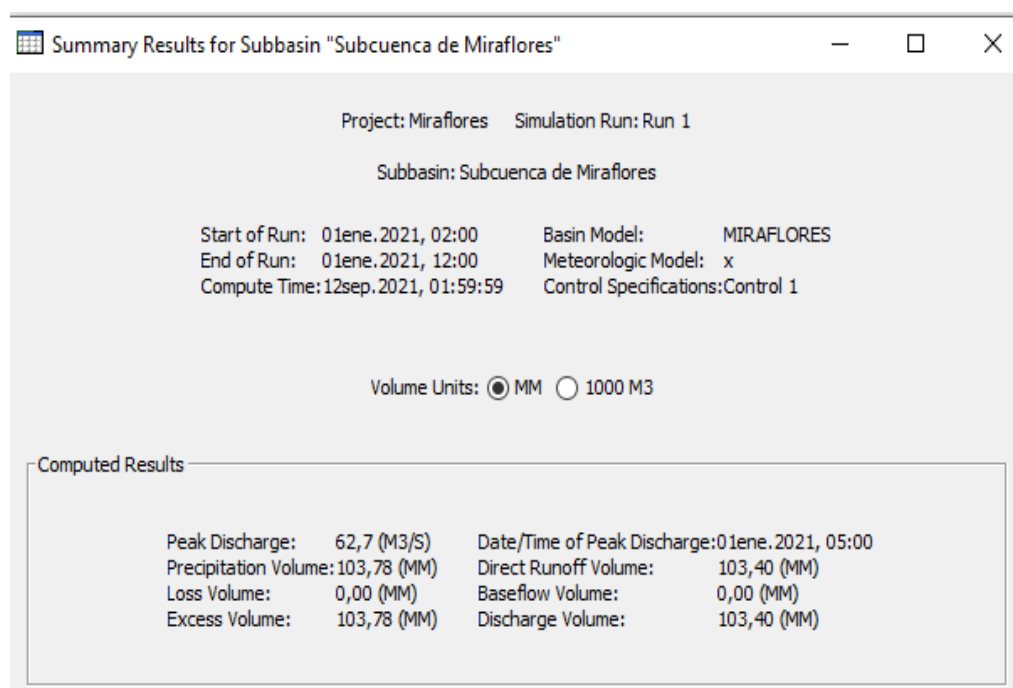
Con este dato obtenido se ingresan los valores a HEC-HMS y se obtienen los siguientes resultados:

## Ilustración 20. Lluvia máxima estimada para el Ramal Urdesa Norte.



Fuente: Elaboración propia.

## Ilustración 21. Lluvia máxima esperada para el Ramal de Miraflores



Fuente: Elaboración propia.

## **4.8 Beneficios y Dificultades del Sistema de presas Inflables Sucesivas y el Parque Central Mareomotriz**

Una vez que se han explicado todos los elementos del sistema, se pueden dar ciertos beneficios y dificultades que se podrían presentar al momento de realizar la implementación de este en la ciudad de Guayaquil en ambos tramos del Estero Salado que circundan al sector de Urdesa, estos son:

### **4.8.1 Beneficios**

- Fácil instalación y construcción de presas inflables.
- Sistema apto para cualquier tipo de sección transversal en cuerpos de agua.
- Versatilidad de los elementos estructurales.
- Fácil inflado y desinflado, además se puede implementar cualquier método dependiendo de las condiciones.
- Control y mitigación de inundaciones en zonas bajas.
- Los materiales que se usan en la construcción de las presas inflables pueden ser fáciles de fabricar, por lo tanto, se pueden empezar a producir dentro del territorio nacional.
- Estructura ligera apta para zonas altamente sísmicas.
- Mejora el medio ambiente y ayuda al desarrollo de la flora y fauna.
- Sistema automatizado y fácil de mantener.
- Mantiene el cauce natural del río y lo embellece.
- Idea innovadora, nunca implementada en América Latina, lo cual volvería a la ciudad de Guayaquil un foco de atención.
- Generación de energía limpia, lo cual de una solución al gran problema ambiental.
- Al crear un Parque Mareomotriz se puede volver una zona altamente turística.



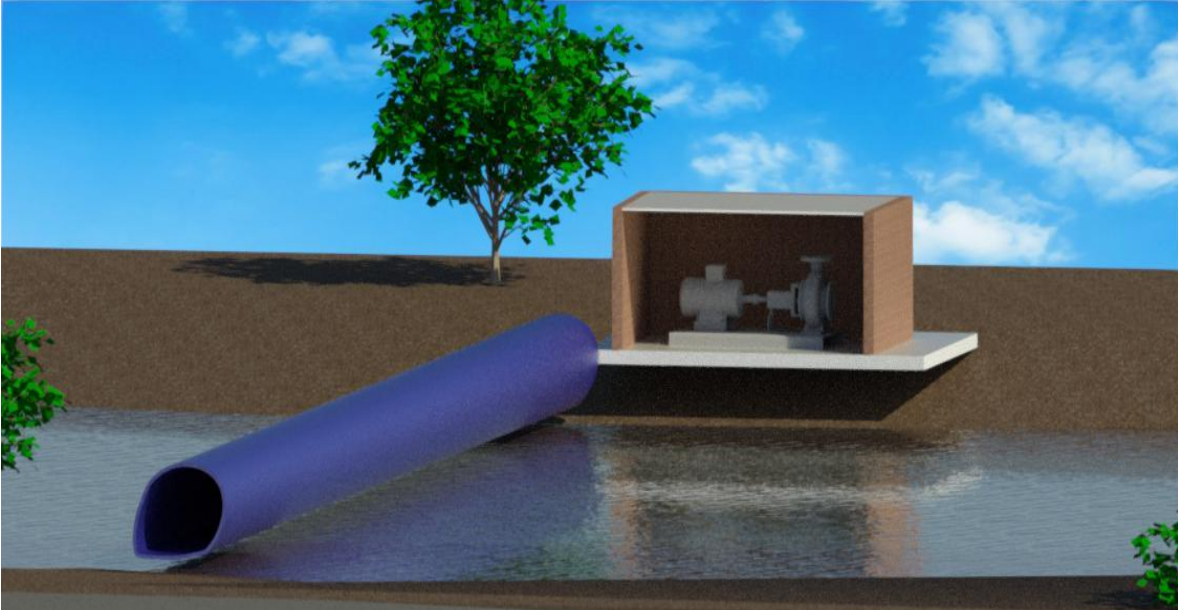
- Puede ayudar al problema económico del país al momento de generar energía.
- Se puede tomar este proyecto como un punto de partida para ser implementado en distintos lados del país.

#### 4.8.2 Dificultades

- Encontrar turbinas adecuadas para el proyecto.
- Tratar de dejar intacto el manglar.
- Realizar la conexión de las tuberías con las turbinas.
- Realizar el Software automatizado.
- Conservación y protección de las presas inflables.

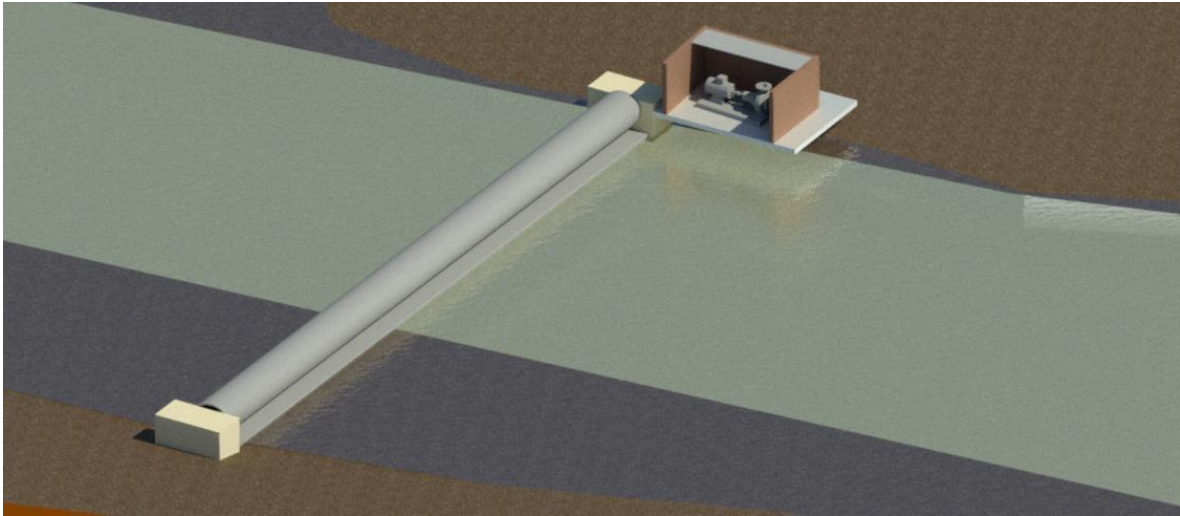
#### 4.9 Esquemas

**Ilustración 22.** Vista de presa inflable y caseta de control



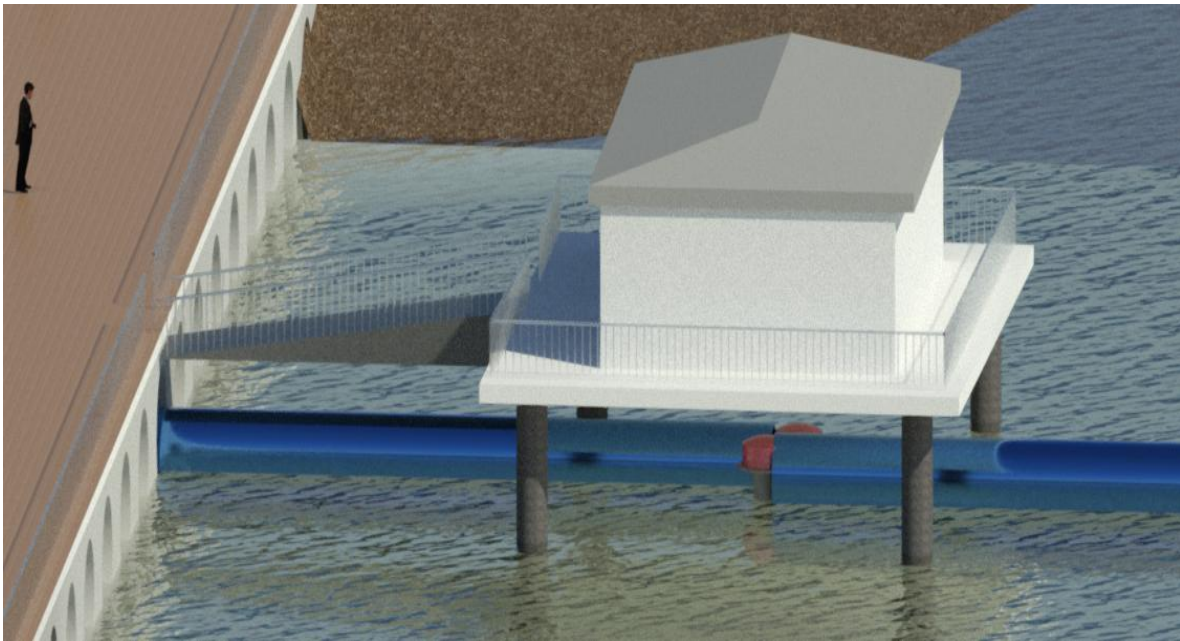
**Fuente:** Elaboración propia.

**Ilustración 23.** Vista en planta de una presa inflable.



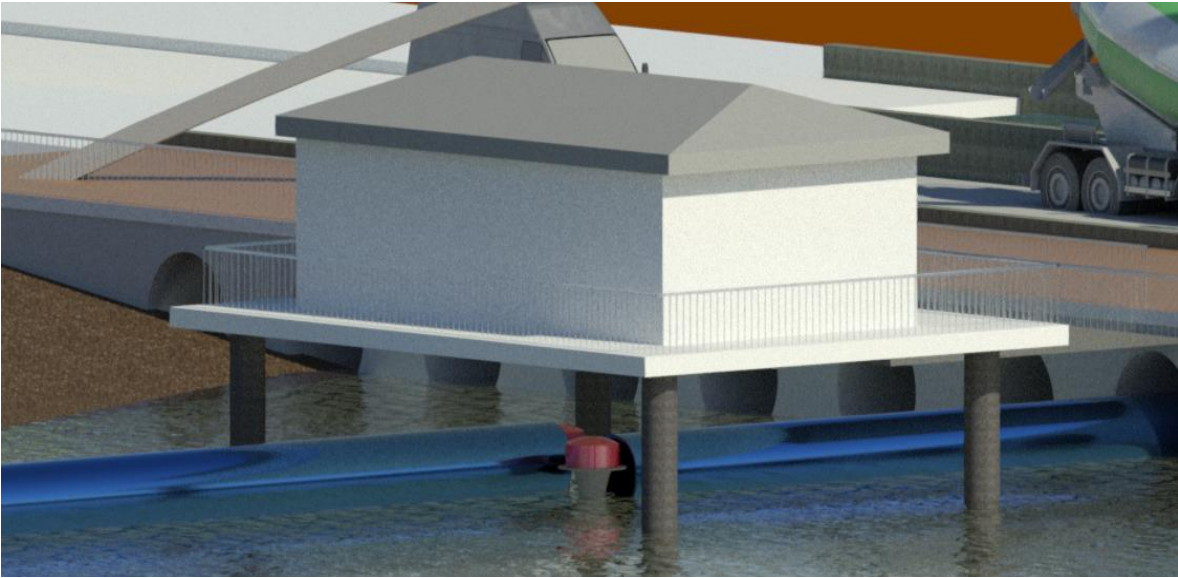
**Fuente:** Elaboración propia.

**Ilustración 24.** Vista lateral del Parque Central Mareomotriz.



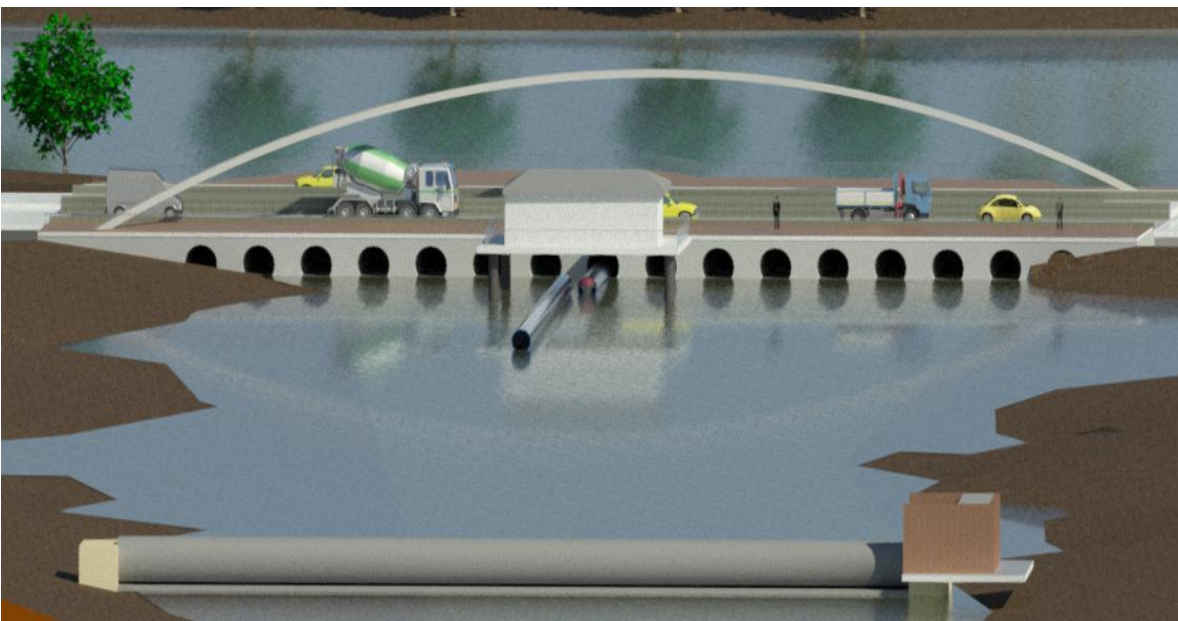
**Fuente:** Elaboración propia

**Ilustración 25.** Detalle de conexión entre tuberías y turbinas.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Ilustración 26.** Vista en planta del sistema completo.



**Fuente:** Elaboración propia.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

La presente investigación fundamenta la utilización de 4 presas inflables sucesivas, instaladas en los dos ramales del Estero Salado que circundan por Urdesa para que, al mantener secos estos dos ramales en la temporada lluviosa, puedan almacenar un volumen de agua lluvia superior a un millón de metros cúbicos; y soportar precipitaciones entre 104 y 110 mm en un área total de 1500 hectáreas, sin presentar calles inundadas en Urdesa durante una marea alta. Se realizó una investigación bibliográfica y se analizó un caso a nivel mundial, donde se implantó una minicentral eléctrica al lado de una pequeña presa urbana, construida para solucionar necesidades similares al caso de Urdesa en la ciudad de Guayaquil.

Los cuatro embalses que se forman sólo ocuparán las áreas de los dos ramales del Estero que se mojan diariamente, es decir, no habrá inundaciones de otras áreas diferentes a las mencionadas durante la formación de los embalses correspondientes a la presente investigación. En la estación seca, la segunda presa inflable de cada ramal enviará el agua de marea almacenada, por un conducto forzado asentado en el cauce de cada ramal, hacia una turbina de baja altura de caída, para la generación de energía mareomotriz.

Esta solución aplicada en Urdesa permitirá el tratamiento de aguas residuales que actualmente son lanzadas en estos cuerpos de agua. Podría realizarse inyecciones de oxígeno, por ejemplo, durante los períodos de marea alta en la temporada seca. Se logrará una mejoría en la regeneración ambiental que se relaciona con estos dos ramales. Las turbinas de baja caída no producirán vibraciones o ruidos que perturbe a la comunidad. Estarán ubicadas en un Parque Mareomotriz construido sobre el ramal Urdesa Norte, al que se accederá por el puente de la entrada de Urdesa, sin ocupar espacios de la comunidad, y generando una mejoría paisajística.

## **5.2 Recomendaciones**

Existen diferentes sectores en la ciudad de Guayaquil sujetas a inundaciones para los que, el presente desarrollo tecnológico, podría contribuir con soluciones, Se podría estudiar un plan general para atender a toda la ciudad de Guayaquil.

## Referencias Bibliográficas

- Ahmadian, R., & Falconer, R. (2012). Assessment of array shape of tidal stream turbines on hydro-environmental. *Renewable Energy*, 318-327. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/233734705\\_Assessment\\_of\\_array\\_shape\\_of\\_tidal\\_stream\\_turbines\\_on\\_hydro-environmental\\_impacts\\_and\\_power\\_output](https://www.researchgate.net/publication/233734705_Assessment_of_array_shape_of_tidal_stream_turbines_on_hydro-environmental_impacts_and_power_output)
- Andre, H. (1978). Ten Years of Experience at the "La Rance" Tidal Power Plant. *Ocean Management*, 165-178. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0302184X78900239>
- Asamblea Nacional. (2018). *Ley Orgánica de Educación Superior*. Oficio No. T. 4454-SNJ-10-1512.
- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución Nacional de la República del Ecuador*. Decreto Legislativo 0. Obtenido de [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)
- Badii, M. A. (2016). Energías Renovables y Conservación de Energía (Renewable Energies and Energy Conservation). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 141-155. Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v11-n1/A12.11\(1\)141-155.pdf](http://www.spentamexico.org/v11-n1/A12.11(1)141-155.pdf)
- Carballo, R., Iglesias, G., & Castro, A. (2008). Numerical model evaluation of tidal stream energy resources in the Ría de Muros (NW Spain). *Renewable Energy*, 1517-1524. Obtenido de <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v34y2009i6p1517-1524.html>
- Castillo, A. (22 de Enero de 2019). *Proyecta Verde*. Obtenido de <https://www.proyectaverde.com/blog/2019/1/22/guayaquil-la-cuarta-ciudad-costeras-vulnerable-a-los-efectos-del-cambio-climtico>
- Castro, A. (2006). *Minicentrales Hidroeléctricas*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Obtenido de [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_2.1.7\\_Minicentrales\\_hidroelctricas\\_125f6cd9.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelctricas_125f6cd9.pdf)
- Comisión de Integración de Análisis, Diagnóstico y Construcción del PEDI. (2017). *Planificación Estratégica Insitucional*. Guayaquil. Obtenido de <https://www.ucsg.edu.ec/wp-content/uploads/transparencia/pedi2017.pdf>
- Consejo Universitario de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. (2016). *ESTATUTO de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil 2016*. Guayaquil. Obtenido de [https://www.ucsg.edu.ec/wp-content/uploads/transparencia/ESTATUTO\\_2016-Aprobado-CES.pdf](https://www.ucsg.edu.ec/wp-content/uploads/transparencia/ESTATUTO_2016-Aprobado-CES.pdf)
- Dadswell, M., Rulifson, R., & Dabron, G. (1986). Potential Impact of Large-Scale Tidal Power Developments in the Upper Bay of Fundy on Fisheries Resources of the Northwest Atlantic. *Fisheries*, 26-35. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/255123953\\_Potential\\_Impact\\_of\\_Large-](https://www.researchgate.net/publication/255123953_Potential_Impact_of_Large-)



Scale\_Tidal\_Power\_Developments\_in\_the\_Upper\_Bay\_of\_Fundy\_on\_Fisheries\_Resources\_of\_the\_Northwest\_Atlantic

- Dive Turbinen. (2020). *Dive Turbinen*. Obtenido de [https://www.dive-turbine.de/hidroenergia/area-de-aplicacion\\_diagrama](https://www.dive-turbine.de/hidroenergia/area-de-aplicacion_diagrama)
- Earth Science Society. (1 de Mayo de 2014). *Earth Science Society*. Obtenido de <https://earthsciencesociety.com/2014/05/01/a-tidal-power-lagoon-in-nova-scotias-scotts-bay/>
- Easton, M., Woolf, D., & Bowyer, P. (2012). The dynamics of an energetic tidal channel, the Pentland Firth, Scotland. *Continental Shelf Research*, 50-60. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278434312002233>
- Enercity SA. (2 de Septiembre de 2019). Obtenido de Enercity Energía Limpia : <https://enercitysa.com/blog/energia-solar-termica-para-piscinas/>
- Espinoza, F. (12 de Agosto de 2013). *Informe sobre los riesgos de inundación de Guayaquil y sus alrededores*. Guayaquil. Obtenido de <https://fdocuments.ec/document/informe-sobre-los-riesgos-de-inundacion-guayaquil-2013.html>
- Fariña, J. C. (2009). *Energía Solar Térmica*. Obtenido de [https://issuu.com/mundoelectricidad/docs/manual\\_energ\\_a\\_solar\\_t\\_rmica\\_-\\_ener\\_eab59f67c71d8b](https://issuu.com/mundoelectricidad/docs/manual_energ_a_solar_t_rmica_-_ener_eab59f67c71d8b)
- Friedrich, F. (1988). *El Libro de las Energías Renovables*. Madrid: S.A. de Publicaciones Técnicas. Obtenido de <http://www.grupoblascabrera.org/webs/ficheros/08%20Bibliograf%C3%ADa/08%20Renovables/04%20El%20libro%20de%20las%20energ%C3%ADas%20renovables.pdf>
- Gamez, W. (2010). *Texto Básico de Hidrología*. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Garrett, C. (1972). Tidal Resonance in the Bay of Fundy and Gulf of Maine. *Natura* Vol.238, 441-443. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/238441a0>
- Girón, L. (2016). *Diagnóstico de las potencialidades de la energía mareomotriz para la obtención de energía eléctrica en el municipio de Gibara*. Univesidad de Holguín, Holguín. Obtenido de <https://repositorio.uho.edu.cu/handle/uho/5620>
- Godoy, M., & Rueda, F. (2018). Los Manglares de las Islas Galápagos y su incidencia ambiental en el Ecuador. *Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible n.31*, En Línea. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/delos/31/Maria-Godoy-galapagos.html>
- Gomez, L., & Burgos, W. (2008). Actualización del inventario de posibilidades de generación de energía mareomotriz en Colombia. (*Trabajo para optar el título de Ingeniero Electricista*). Universidad De La Salle, Bogotá D.C. Obtenido de

[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1068&context=ing\\_electrica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1068&context=ing_electrica)

- Hay al menos 10 sitios que se inundan en todos los inviernos en Guayaquil. (29 de febrero de 2020). *ElUniverso*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2020/02/29/nota/7759950/hay-menos-10-sitios-que-se-inundan-todos-inviernos/>
- Hernández, S., & Serrato, A. (2005). *Análisis y Aprovechamiento de la Energía Mareomotriz para la Generación Eléctrica en México*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. Obtenido de [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14384/Tesis\\_Completa.pdf?sequence=1](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14384/Tesis_Completa.pdf?sequence=1)
- Hinojosa, M., Chaviano, A., Marín, I., & Vázquez, J. (2017). Los manglares ecuatorianos. *Cannabis Magazine*, 98-104. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/316655326\\_Los\\_manglares\\_ecuatorianos](https://www.researchgate.net/publication/316655326_Los_manglares_ecuatorianos)
- Jena, J. (2019). *Hydraulic Rubber Dam: An Effective Water Management Technology*. Bhubaneswar: Plastics Design Library. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128122105000055>
- Kirby, R. (2010). Distribution, transport and exchanges of fine sediment, with tidal power implications: Severn Estuary, UK. *Marine Pollution Bulletin*, 21-36. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20153483/>
- Kumar, A., & Islam, S. (2019). Inflation and Deflation of Rubber Dam. En *Hydraulic Rubber Dam* (págs. 67-98). Roorkee: Alternate Hydro Energy Centre, Indian Institute of Technology. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128122105000067>
- Lee, J., & Yoo, S. (2009). Measuring the environmental costs of tidal power plant construction: A choice experiment study. *Energy Policy*, 5069-5074. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030142150900528X>
- Lopardo, R., & Seoane, R. (2000). Algunas reflexiones sobre crecidas e inundaciones. *Ingeniería del agua*, 11-21. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/39426721\\_Algunas\\_reflexiones\\_sobre\\_crecidas\\_e\\_inundaciones](https://www.researchgate.net/publication/39426721_Algunas_reflexiones_sobre_crecidas_e_inundaciones)
- Mayan, M. (2001). *Una Introducción a los métodos cualitativos: Módulo de entrenamiento para estudiantes y profesionales*. Iztapalapa: International Institute for Qualitative Methodology. Obtenido de <https://sites.ualberta.ca/~iiqm/pdfs/introduccion.pdf>
- Mejía, A., Morelli, C., Bertoni, J., & Cabezas, G. (2013). *La Inundación de Guayaquil en Marzo 2013*. Guayaquil: Municipalidad de Guayaquil. Obtenido de [https://issuu.com/marcelaguinaga/docs/la\\_inundacion\\_de\\_guayaquil\\_en\\_mar](https://issuu.com/marcelaguinaga/docs/la_inundacion_de_guayaquil_en_mar)



- Meniconi, J. (2015). *Chile y su costa: Lider potencial de Energía Marina*. Colegio San Felipe Diácono, Calera de Tango. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/336279422\\_Chile\\_y\\_su\\_costa\\_Lider\\_potencial\\_de\\_Energia\\_Marina](https://www.researchgate.net/publication/336279422_Chile_y_su_costa_Lider_potencial_de_Energia_Marina)
- Moreno, P. (2013). *Energía Eólica: Ventajas y Desventajas de su Utilización en Colombia*. Bogotá D.C. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10602/Monograf%C3%A1Da.pdf?seque>
- Nekrasov, A., & Romanenkov, D. (2009). Impact of tidal power dams upon tides and environmental conditions. *Continental Shelf Research*, 538-552. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278434309002003>
- Ojeda, G. (7 de Abril de 2021). *Selectra*. Obtenido de <https://selectra.es/autoconsumo/info/energia-solar>
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020*. París: UNESCO 2020. Obtenido de <https://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020>
- Pin, W. (2021). *Presas inflables para controlar las inundaciones de Guayaquil y la contaminación en los ríos urbanos*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/16602>
- Porto, J. (2005). *Manual de Patologías en las estructuras de hormigón armado*. Universidad de Coruña, La Coruña. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn401.html>
- Quintero, J., & Quintero, E. (01 de Julio de 2015). Energía mareomotriz: potencial energético y medio ambiente. *Gestión y Ambiente* 18, 121-134. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/46511>
- Rodríguez, A., & Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, núm. 82, 1-26. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
- Romero, R. (2010). Producción de energía eléctrica a partir de los mares. *Técnica Industrial*, 45-51. Obtenido de <https://www.tecnicaindustrial.es/produccion-de-energia-electrica-a-partir-de-l/>
- Rufes, P. (2010). *Energía Solar Térmica- Técnicas para su aprovechamiento*. Barcelona: Marcombo. Obtenido de <https://es.scribd.com/book/404377282/Energia-solar-termica-Tecnicas-para-su-aprovechamiento>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021: Toda una Vida*. Obtenido de [https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf)

- Sistema de Naciones Unidas Ecuador. (25 de abril de 2013). *Naciones Unidas Ecuador*. Obtenido de [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Ecuador%20Emergencias%20Estacion%20Invernal%202013\\_Reporte%20de%20Situacion%20No%2001.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Ecuador%20Emergencias%20Estacion%20Invernal%202013_Reporte%20de%20Situacion%20No%2001.pdf)
- Solar Platform America Latina. (31 de Mayo de 2021). *Plataforma Solar de America Latina*. Obtenido de [energiasolar.lat/category/energia-solar-fotovoltaica/](https://energiasolar.lat/category/energia-solar-fotovoltaica/)
- Sriyanie, M. (2008). *Mangroves. Coastal Ecosystems Series Volume 2*. Colombo: Ecosystems and Livelihoods Groups Asia. ICUN. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/303806001\\_Mangroves'\\_Coastal\\_Ecosystems\\_Series\\_Vol\\_2](https://www.researchgate.net/publication/303806001_Mangroves'_Coastal_Ecosystems_Series_Vol_2)
- Tancara, C. (1993). La Investigación Documental. *Temas Sociales*, 91-106. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0040-29151993000100008](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29151993000100008)
- Torres, J. (2012). *Estudio de las centrales de aprovechamiento de la energía mareomotriz*. Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú, Cataluña. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/16372>
- Trebo, M. (2019). *Elementos de retención muros y tablestacas*. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México. Obtenido de [file:///C:/Users/USER/Downloads/ELEMENTOS\\_DE\\_RETENCION\\_Muros\\_y\\_tablestacas.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/ELEMENTOS_DE_RETENCION_Muros_y_tablestacas.pdf)
- Yépez, J. (8 de Marzo de 2021). Guayaquil se inunda por las mareas altas y la falta de drenaje. *Primicias*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/guayaquil-inundaciones-mareas-altas-falta-drenaje/#:~:text=Las%20mareas%20altas%20y%20el,Guayaquil%20en%20una%20ciudad%20inundable.&text=Seis%20horas%20de%20aguacero%20sobre,8%20de%20marzo%20de%202021>.
- Zhang, X., Tam, P., & W, Z. (2002). Construction, operation, and maintenance of rubber dams. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 409-420. Obtenido de <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/102-016>



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cornejo Ayon, Fernando Guillermo**, con C.C: # 0950202283 autor/a del trabajo de titulación: **Energía mareomotriz generada a partir del control de inundaciones con presas inflables en Guayaquil**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **13 de septiembre del 2021**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Cornejo Ayon, Fernando Guillermo**

C.C: **0950202283**

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Energía mareomotriz generada a partir del control de inundaciones con presas inflables en Guayaquil.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Cornejo Ayon, Fernando Guillermo		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Gilberto Martínez Rehpani		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniería Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	13 de septiembre del 2021	<b>No. PÁGINAS:</b>	<b>DE</b> 102
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Hidráulica, Ingeniería Ambiental, Hidrología.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Presas inflables, Estero Salado, temporada lluviosa, inundación, energía mareomotriz, estación seca, turbina de baja caída.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>La presente investigación fundamentó la utilización de 4 presas inflables sucesivas, instaladas en los dos ramales del Estero Salado que circundan al sector de Urdesa en la ciudad de Guayaquil para que, al mantener secos estos dos ramales en la temporada lluviosa, éstos puedan almacenar un volumen de agua lluvia superior a un millón de metros cúbicos, y soportar lluvias entre 104 y 110 mm, sin presentar calles inundadas en Urdesa durante una marea alta. Los 4 embalses que se forman sólo ocuparán las áreas de los dos ramales del Estero que se mojan diariamente, es decir, no habrá inundaciones de otras áreas diferentes a las mencionadas durante la formación de los embalses. En la estación seca, la segunda presa inflable de cada ramal enviará el agua de marea almacenada, por un conducto forzado asentado en el cauce de cada ramal, hacia una turbina de baja altura de caída, para la generación de energía mareomotriz.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593967694486	E-mail: fercornejoa99@gmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Clara Catalina Glas Cevallos		
	<b>Teléfono:</b> +593-4- 2206956		
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			