



Tarea 1

Energías Renovables

Valentina Iturra Rosales
Profesor Francisco Lang Tasso
Ayudante Oscar Cartes
Fecha de entrega: 10 de Abril de 2024
Concepción, Chile

Índice de Contenidos

1. Item 1	2
1.1. Descargar 1 año de datos de viento de velocidad diaria para alguna parte de Chile desde https://agrometeorologia.cl , con esto se debe obtener y explicar los siguientes gráficos:	2
1.1.1. Gráfico de la Rosa de los Vientos para las fechas de verano e invierno.	2
1.1.2. Gráfico de vector progresivo.	3
1.1.3. Gráfico de la función de densidad de probabilidad Weibull para los datos de viento, tanto para los datos en [m/s] y para los datos estandarizados. Usar la siguiente aproximación para calcular el k:	4
2. Item 2	5
2.1. Al igual que en el practico, ingrese al Explorador Climático del CR2 y obtenga esta vez 30 años de datos de caudales para algún río o arroyo de cualquier parte de Chile.	5
2.1.1. Grafique los caudales promedios diarios y los caudales clasificados para los 30 años, y además para un año en específico, y compare.	5
2.1.2. Determine el caudal del promedio que podría usarse para obtener energía hidromotriz, indicando el tipo de sección sobre la que trabaja (estimar área, perímetro mojado, radio hidráulico y espejo de agua). Además estime un caudal ecológico ¿que opina sobre este caudal?.	6
2.1.3. Usando Google Earth o cualquier otra forma para calcular la pendiente, calcule la potencia hidromotriz que se podría obtener del río y recomiende una turbina para esa potencia. Asuma valores razonables para todas los parámetros que usted necesite y que no conozca (sus valores deben ser realistas).	8
3. Anexo	10
3.1. Script utilizado para desarrollar la tarea.	10
3.2. Función utilizada para promediar los datos de cada día por cierta cantidad de años.	14

1. Item 1

1.1. Descargar 1 año de datos de viento de velocidad diaria para alguna parte de Chile desde <https://agrometeorologia.cl>, con esto se debe obtener y explicar los siguientes gráficos:

1.1.1. Gráfico de la Rosa de los Vientos para las fechas de verano e invierno.

Para analizar estos gráficos, es importante tener en cuenta que los datos utilizados pertenecen al Aeropuerto Carriel Sur en Concepción, Chile, una zona cercana al océano Pacífico. Esta proximidad al mar influye significativamente en la velocidad del viento que se muestra en las figuras (1.1) y (1.2). Si consideráramos datos de una zona más interna, es probable que observáramos velocidades de viento considerablemente más bajas.

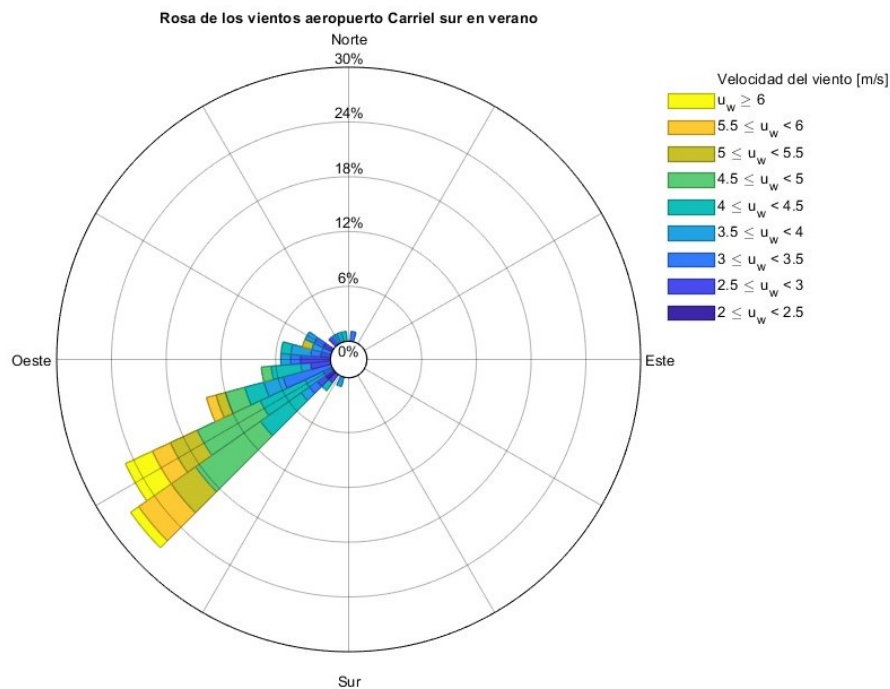


Figura 1.1: Rosa de los vientos en invierno.

En cuanto a las direcciones de los vientos, podemos observar en la figura (1.1) que durante el verano, estos provienen del suroeste, mientras que en la figura (1.2) notamos que en invierno, la dirección es desde el oeste. Estos cambios pueden analizarse considerando la presencia de una alta presión en el Pacífico Sur. En invierno, esta alta se desplaza hacia el norte, lo que produce que Concepción reciba los vientos más extremos del sur del anticiclón, lo que explica por qué los vientos son horizontales en esta época. En verano, la alta presión regresa a su posición habitual, lo que resulta en vientos diagonales desde el anticiclón hacia el continente.

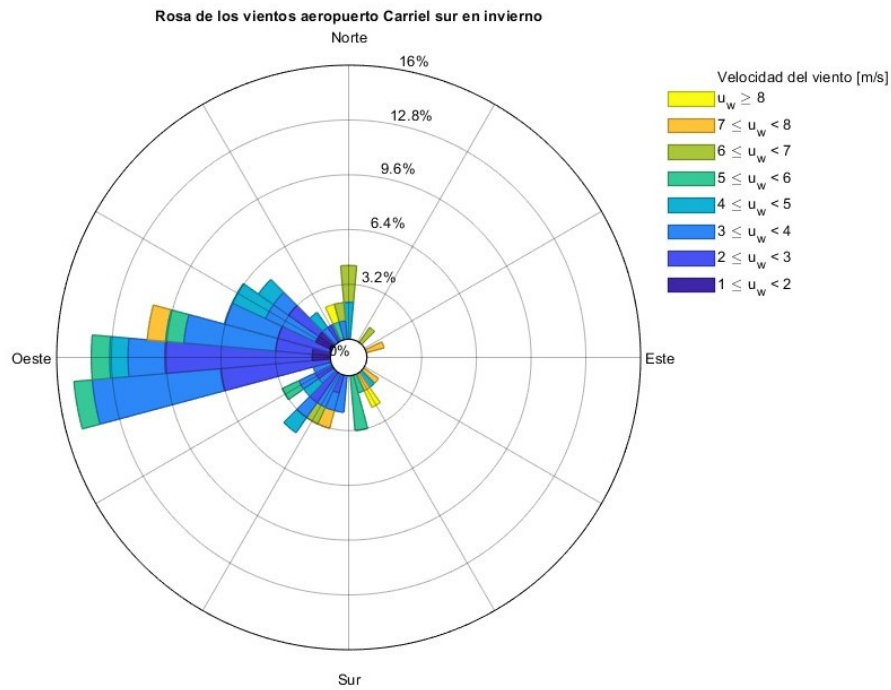


Figura 1.2: Rosa de los vientos en verano.

1.1.2. Gráfico de vector progresivo.

El vector progresivo presenta una representación del movimiento de una partícula en la dirección del viento en esta zona. Se observa en la figura (1.3) que la partícula inicialmente se desplaza hacia el noroeste, avanzando unos 20.000 kilómetros hacia el norte y 5.000 kilómetros hacia el oeste. Posteriormente, su movimiento cambia hacia el noreste, con algunas oscilaciones breves hacia el oeste pero con una tendencia predominante hacia el este.

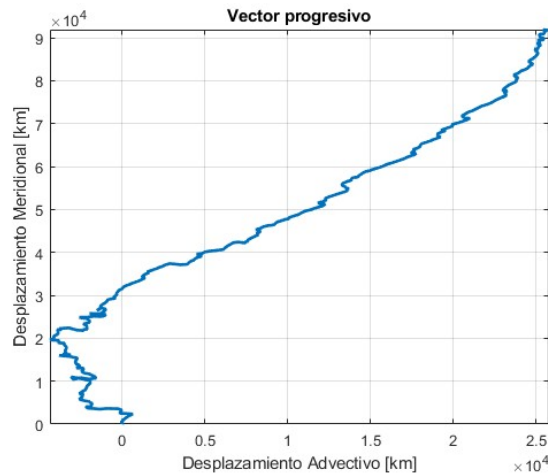


Figura 1.3: Desplazamiento con respecto a la dirección de la velocidad.

1.1.3. Gráfico de la función de densidad de probabilidad Weibull para los datos de viento, tanto para los datos en [m/s] y para los datos estandarizados. Usar la siguiente aproximación para calcular el k:

El diagrama de Weibull describe la frecuencia de la intensidad del viento, es decir, la variabilidad en la velocidad del viento. Esto se modela mediante la ecuación (1.1):

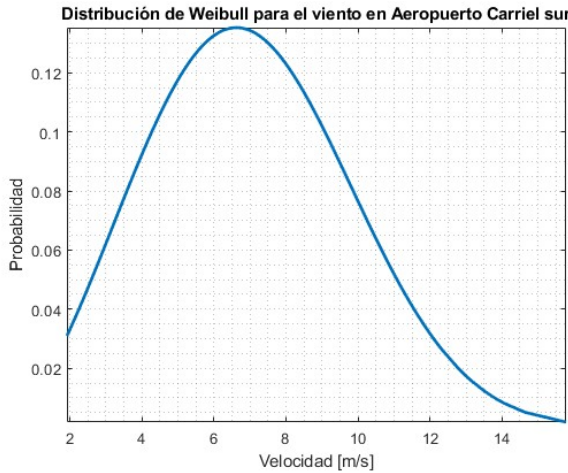
$$p(v) = \frac{k}{c} \left[\frac{v}{c} \right]^{k-1} \exp - \left[\frac{v}{c} \right]^k \quad (1.1)$$

donde k es el factor de forma determinado por (1.2a) y c es el parámetro de escala, que depende de la función gamma y se calcula como se muestra en la ecuación (1.2b):

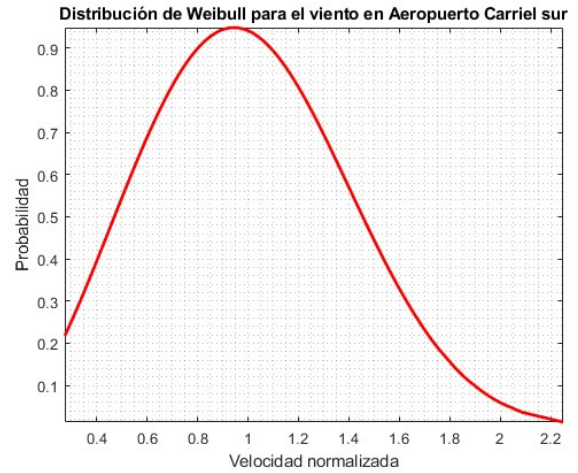
$$(a) \quad k = \left(\frac{\sigma}{\bar{x}} \right)^{-1.086} \quad (b) \quad c = \frac{v_m}{\Gamma} \left(1 + \frac{1}{k} \right) \quad (1.2)$$

En el caso de los datos de viento en el Aeropuerto Carriel Sur, se presentan dos distribuciones de Weibull: una con la velocidad del viento y otra con la velocidad normalizada, que se muestran en las figuras (1.4a) y (1.4b), respectivamente.

Para el primer caso, se utilizaron las ecuaciones (1.1), (1.2a) y (1.2b). Sin embargo, para el caso normalizado, se utiliza $p\left(\frac{v}{v_m}\right)$ en la ecuación (1.1), reemplazando v por $\frac{v}{v_m}$. Además, en el parámetro de escala dado por la ecuación (1.2b), se reemplaza el numerador v_m por 1, lo que resulta en las gráficas mencionadas anteriormente.



(a) Velocidad del viento.



(b) Velocidad normalizada.

Figura 1.4: Distribución de Weibull para el viento en Carriel Sur.

Si analizamos los gráficos, podemos observar que están ligeramente hacia la izquierda, lo que sugiere una mayor frecuencia de velocidades bajas, especialmente entre 5 y 9 [m/s]. También se nota que la velocidad más probable es de 6.6 [m/s], a pesar de que la media se sitúa en $v = 7.013$ [m/s]. Además, la distribución es amplia, lo que indica una gran variabilidad con respecto al valor medio.

2. Item 2

2.1. Al igual que en el practico, ingrese al Explorador Climático del CR2 y obtenga esta vez 30 años de datos de caudales para algún río o arroyo de cualquier parte de Chile.

2.1.1. Grafique los caudales promedios diarios y los caudales clasificados para los 30 años, y ademas para un año en especifico, y compare.

La figura (2.1a) muestra el caudal promedio del río Trancura en la región de La Araucanía, Chile, durante un período de 30 años, ente 1989 y 2019. Se observa una tendencia al aumento del caudal a mediados de mayo, alcanzando su punto máximo en julio, superando los $230 [m^3/s]$. A partir de este punto, se registra un claro descenso en el caudal, con algunas fluctuaciones pero con una tendencia general a la disminución. Este patrón también se evidencia en la figura (2.1b), donde se confirma que el máximo caudal promedio es superior a $230 [m^3/s]$ y se identifica el caudal mínimo promedio en este río durante los últimos 30 años, el cual es de $40 [m^3/s]$. Además, se observa que aproximadamente hay 200 días en los que el caudal supera los $120 [m^3/s]$, seguidos de alrededor de 50 días, no necesariamente consecutivos, en los que el caudal disminuye con una pendiente muy pronunciada, lo que sugiere un cambio repentino en las condiciones del caudal.

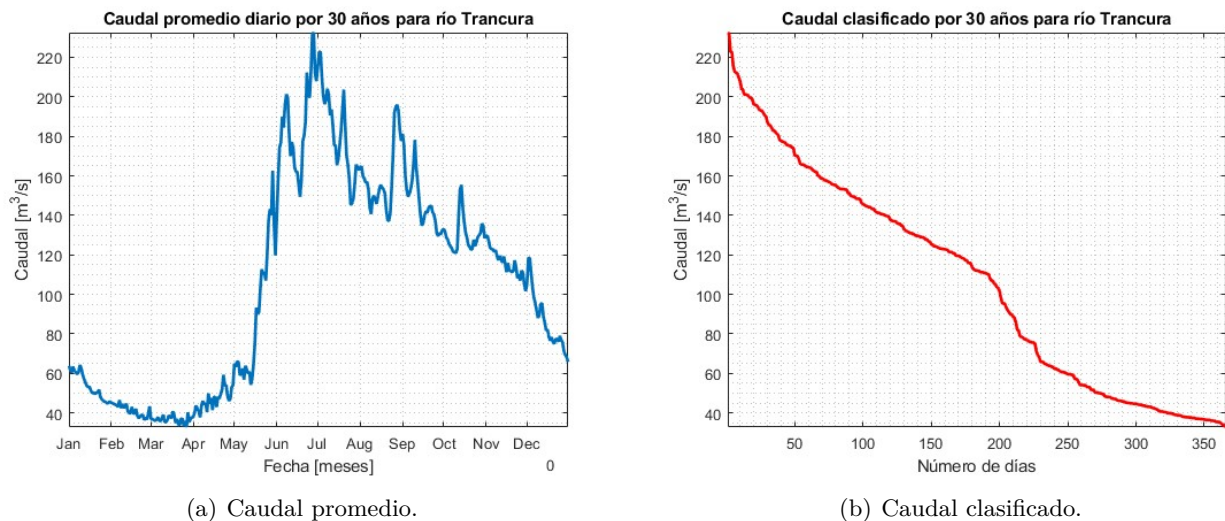


Figura 2.1: Caudal de 30 años para el río Trancura.

Al comparar los gráficos de la figura (2.1) con los de la figura (2.2), que corresponden al caudal del mismo río pero solo para el año 1992, observamos diferencias significativas. En la figura (2.2a), notamos que el aumento de caudal ocurrió a partir de mediados de abril y fue más irregular que en el caso anterior. Se observan puntos de máxima subida de caudal, pero también periodos de descenso, como entre mediados de julio y agosto. Es importante destacar que en ambos casos, tanto en el año 1992 como en el anterior, existe una coincidencia con el aumento de caudal durante los meses de invierno y primavera en el hemisferio sur, es decir, entre al rededor junio y diciembre.

En cuanto a la figura (2.2b), podemos concluir que el caudal máximo registrado ese año fue de alrededor de $450 [m^3/s]$, con un mínimo ligeramente por debajo de los $50 [m^3/s]$. Esto sugiere que, aunque el mínimo de caudal se mantuvo cercano al promedio observado anteriormente, el caudal máximo durante el año 1992 fue más del doble del máximo observado en un promedio de 30 años para ese mismo río. Además, en esta misma figura se aprecia que durante aproximadamente 50 días el caudal supera los $200 [m^3/s]$. Esto implica que, a pesar de que el caudal máximo es considerablemente mayor que la media máxima de $230 [m^3/s]$ mostrada en (2.1b), este período de caudal elevado es significativamente más breve en comparación. Posteriormente a esta disminución pronunciada, se evidencia una reducción gradual del caudal.

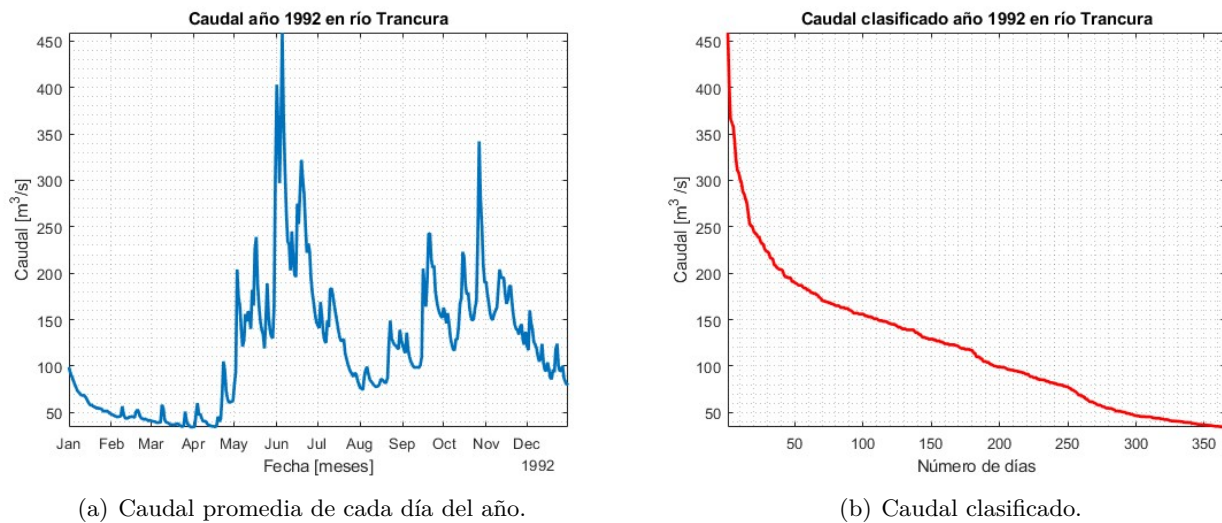


Figura 2.2: Caudal para el año 1992.

2.1.2. Determine el caudal del promedio que podría usarse para obtener energía hidromotriz, indicando el tipo de sección sobre la que trabaja (estimar área, perímetro mojado, radio hidráulico y espejo de agua). Además estime un caudal ecológico ¿que opina sobre este caudal?.

Observamos que para determinar el caudal promedio que podría ser utilizado para la generación de energía, es necesario restar el caudal ecológico. Este último representa el flujo mínimo que debe mantenerse en el río si se instala una central hidromotriz en el punto donde se están recolectando los datos. El caudal ecológico, que corresponde al 10 % del caudal promedio y se encuentra en la tabla (2.1), se resta del caudal clasificado promedio durante 30 años, proporcionado en la figura (2.1b). Después de esta operación, obtenemos los caudales Q_{80} y Q_{100} , que representan el flujo mínimo que circula en el río durante al menos 80 y 100 días, respectivamente. Estos caudales se pueden observar en la figura (2.3). En este caso, consideraremos el caudal de equipamiento como la media entre estos dos puntos, también mostrada en la tabla (2.1).

$Q_{ecológico} [m^3/s]$	$Q_{equipamiento} [m^3/s]$
10.64	39.13

Tabla 2.1: Caudales empleados en la determinación del caudal apto para la generación de energía.

Al considerar el caudal ecológico, en mi opinión resulta preocupante que las centrales hidromotrices solo permitan el flujo de un 10 % del caudal promedio. Tomando como ejemplo el río Trancura, donde el caudal ecológico representa apenas $10.64 [m^3/s]$. Este valor, en comparación con el máximo caudal promediado en 30 años de $230 [m^3/s]$, resulta insignificante. La instalación de una central hidromotriz en este punto tendría un impacto significativo en la comunidad local, ya que reduciría drásticamente el caudal, especialmente durante períodos de crecimiento abrupto, como se observó en 1992, cuando alcanzó los $450 [m^3/s]$. En este escenario, el caudal ecológico representaría solo el 2 %, lo que podría ser beneficioso para la generación de energía, pero no para la comunidad adyacente al río. En consecuencia, año tras año, si el caudal superara el promedio calculado de $230 [m^3/s]$, la comunidad seguiría recibiendo un flujo de agua de tan solo $10.64 [m^3/s]$, lo que afectaría su entorno y su calidad de vida de manera significativa.

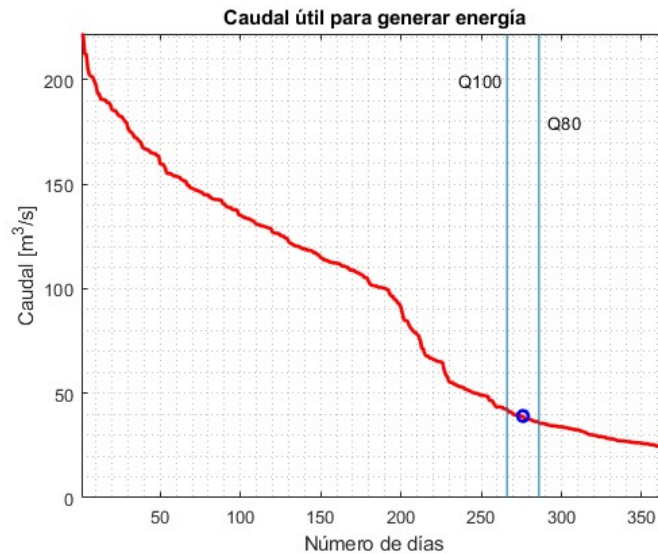


Figura 2.3: Caudal beneficioso para generar energía.

En cuanto al tipo de sección con el que trabajaremos, optaremos por una de tipo parabólica. Esta elección se debe a la facilidad para determinar las variables de ancho y profundidad del río mediante Google Earth, lo que nos proporciona los valores necesarios para calcular estas variables. Las dimensiones a determinar se ilustran en la figura (2.4), y pueden obtenerse a partir de los valores T e y mostrados en las primeras dos columnas de la tabla (2.2) y definido para este río. Utilizando las ecuaciones presentadas en la figura (2.4), podemos calcular los valores correspondientes a las columnas 3 a 6 de la tabla (2.2).

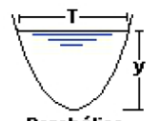
Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Parabólica	$\frac{2}{3} T y$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2 T^2 y}{3 T + 8y^2}$	$\frac{3 A}{2 y}$

Figura 2.4: Parametros de profundidad hidráulica.

T [m]	y [m]	Área [m ²]	Perímetro mojado [m]	Radio hidráulico [m]	Espejo de agua [m]
58.8	3	117.6	59.2	83.5	58.8

Tabla 2.2: Parámetros determinados de profundidad hidráulica a partir de un modelo parabólico.

2.1.3. Usando Google Earth o cualquier otra forma para calcular la pendiente, calcule la potencia hidromotriz que se podría obtener del río y recomiende una turbina para esa potencia. Asuma valores razonables para todas los parámetros que usted necesite y que no conozca (sus valores deben ser realistas).

La potencia hidromotriz se calcula utilizando la ecuación (2.1), donde Q_0 representa el caudal utilizable para la generación de energía. Aunque este caudal está definido por la curva roja en la figura (2.3), en este caso específico se utilizará el caudal de equipamiento determinado previamente y mostrado en la tabla (2.1). Por otro lado, H representa la diferencia de altura entre el nivel del agua antes y después de pasar por la turbina propuesta para su instalación.

$$\Pi = 8.2 \cdot Q_0 \cdot H \quad (2.1)$$

La diferencia de altura, H, puede determinarse utilizando herramientas como Google Earth. En la figura (2.4) se muestra la pendiente o desnivel, que en este caso es de 5 metros. Utilizando un valor de Q_0 igual a 10.64, la potencia hidromotriz está resuelto por:

$$\Pi = 1604 [kW]$$

La determinación del tipo de turbina adecuada para aprovechar la potencia generada por la pen-

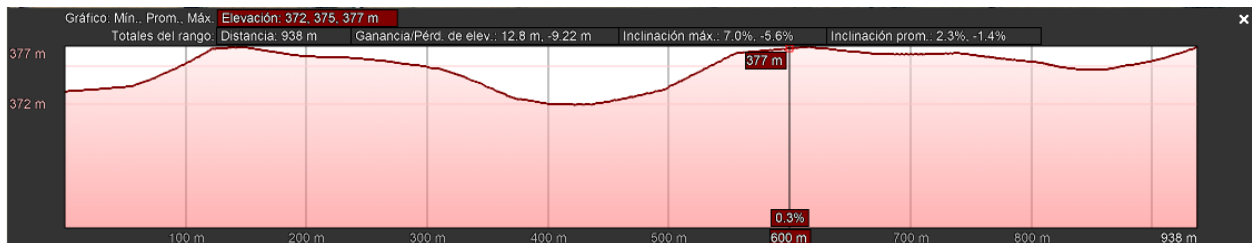


Figura 2.5: Perfil de elevación de una sección de 938 metros del río.

diente y el flujo de agua en la zona del río Trancura se puede realizar mediante el esquema presentado en la figura (2.6). En dicho esquema, podemos localizar nuestro valor de H en el eje izquierdo, que

resulta ser 5 metros, correspondiendo a la zona de la turbina Kaplan. Luego, al considerar el flujo que pasa por la turbina, este valor no resulta útil para determinar el tipo de turbina en este esquema, puesto que esta sobre $30 [m^3/s]$, lo que no es representado por el esquema. Por último, al examinar la potencia determinada, debemos convertirla a megawatt, obteniendo aproximadamente $2 [MW]$, la que decae sobre la sombra amarilla considerando $H = 5 [m]$. En conclusión, debido a la ubicación de la potencia y desnivel en el esquema, se determina que la turbina más adecuada para este caso es del tipo Kaplan.

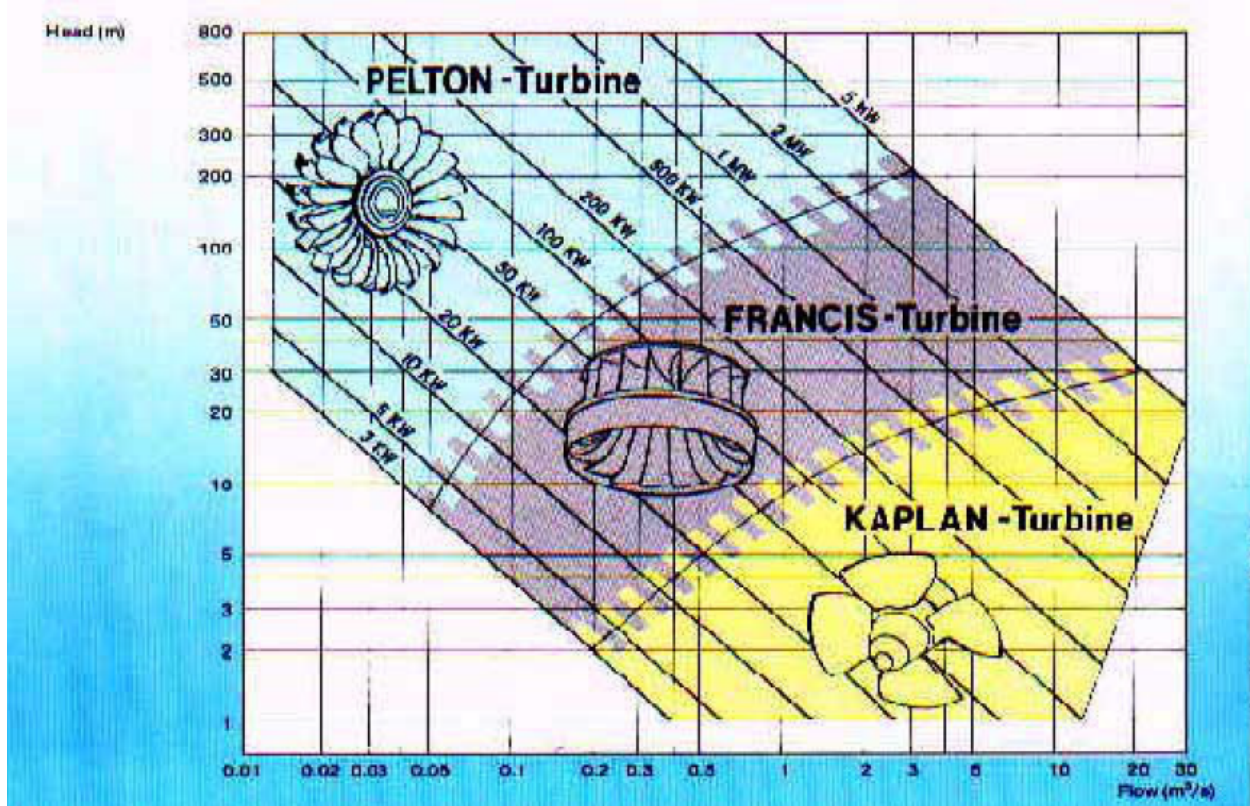


Figura 2.6: Esquema de turbinas de acuerdo a la potencia, flujo y desnivel.

3. Anexo

3.1. Script utilizado para desarrollar la tarea.

```

1 clear all
2 clc
3 close all
4
5 %Cargamos datos y modificamos los string para fecha y double para
   velocidad y
6 %direccion
7 datos= readtable("Carriel_sur.csv");
8 datos = datos(6:372,1:3);
9 fecha = table2array(datos(:,1));
10 fecha = datevec(fecha,'dd-mm-yyyy');
11 direccion = table2array(datos(:,3));
12 velocidad = table2array(datos(:,2));
13 %pasamos la velocidad a m/s
14 velocidad = velocidad/3.6;
15
16 %% a)
17 %Determinamos fechas de verano
18 V1 = find(fecha(:,3) == 21 & fecha(:,2) == 12);
19 V2 = find(fecha(:,3) == 21 & fecha(:,2) == 3);
20
21 %Determinamos fechas de invierno
22 I1 = find(fecha(:,3) == 21 & fecha(:,2) == 6);
23 I2 = find(fecha(:,3) == 21 & fecha(:,2) == 9);
24
25 %Generamos los graficos de rosa de los vientos
26 WindRose(direccion(V1:V2),velocidad(V1:V2),'verano')
27 WindRose(direccion(I1:I2),velocidad(I1:I2),'invierno')
28 %% b)
29 %Determinamos la componente x e y de la velocidad
30 vx = -velocidad.*sin(direccion*pi/180);
31 vy = -velocidad.*cos(direccion*pi/180);
32
33 %determinamos la posicion en cada componente al multiplicar la
34 %velocidad promedio diaria con un dia (medido en segundos)
35 dx = vx*24*60*60;
36 dy = vy*24*60*60;
37
38 %Determinamos el desplazamiento al sumar cada posicion
39 x=cumsum([0, dx']');
40 y=cumsum([0, dy']');
41
42 figure()
43 plot(x/1000,y/1000,'linewidth',2)
44 xlabel('Desplazamiento Advectivo [km]')
45 ylabel('Desplazamiento Meridional [km]')
46 title('Vector progresivo')
47 grid on

```

```

48 axis tight
49
50
51 %% c)
52 %Desviacion estandar y promedio
53 desv = std(velocidad);
54 media = mean(velocidad);
55
56 %Ordenamos las velocidades, tambien la normalizada
57 velocidad(:,1) = sort(velocidad);
58 velocidad(:,2) = sort(velocidad/media);
59
60 %Determinamos parametros
61 k = (desv/media).^(-1.068);
62 c_norm = 1/(abs(gamma(1+(1/k))));
63 c = media/(abs(gamma(1+(1/k)))); %Media/gamma para el que no es
    normalizado
64
65 %Utilizamos la ecuacion para determinar probabilidad
66 p(:,1) = (k/c).*((velocidad(:,1)/c).^(k-1)).*exp(-((velocidad(:,1)/c).^(k)
    ));
67 p(:,2) = (k/c_norm).*((velocidad(:,2)/c_norm).^(k-1)).*exp(-((velocidad
    (:,2)/c_norm).^(k)));
68
69 figure()
70 plot(velocidad(:,1),p(:,1),'LineWidth',2)
71 axis tight
72 grid minor
73 title('Distribución de Weibull para el viento en Aeropuerto Carriel sur')
74 xlabel('Velocidad [m/s]')
75 ylabel('Probabilidad')
76
77 figure()
78 plot(velocidad(:,2),p(:,2),'LineWidth',2,'Color','r')
79 axis tight
80 grid minor
81 title('Distribución de Weibull para el viento en Aeropuerto Carriel sur')
82 xlabel('Velocidad normalizada')
83 ylabel('Probabilidad')
84
85
86
87 %%
88 clear all
89 clc
90
91 %Cargamos datos
92 archivo='Trancura.mat';
93 load(archivo)
94 time = datevec(time);
95
96 %Buscamos la ultima fecha para restarle 30 a os y conseguir la matriz de

```

```

97 %datos que utilizaremos
98 ultdate= time(end,:);
99 a = find(time(:,1)==ultdate(1)-30 & time(:,2) == ultdate(2) & time(:,3)
    ==ultdate(3));
100 time=time(a:end,:);
101 value=value(a:end,:);
102
103 %Utilizamos la funcion creada para sacar la media de cada dia del a o
104 med_anio = media_mes(archivo,ultdate(1)-30,ultdate(1));
105
106 %Utilizamos un datetime para crear una matriz de 366 dias para poder
107 %graficar
108 A = datetime(0,1,1);
109 B = datetime(0,12,31);
110
111 figure()
112 plot(A:B,med_anio,'LineWidth',2)
113 xlabel('Fecha [meses]')
114 ylabel('Caudal [m^3/s]')
115 title('Caudal promedio diario por 30 a os para río Trancura')
116 axis tight
117 grid minor
118
119
120 Qclasif = sort(med_anio,'descend');
121 figure()
122 plot(1:366,Qclasif,'LineWidth',2,'Color','r')
123 xlabel('Número de días')
124 ylabel('Caudal [m^3/s]')
125 title('Caudal clasificado por 30 a os para río Trancura')
126 axis tight
127 grid minor
128 %%
129
130 %Utilizamos un ciclo for para hallar un a o que tenga todos sus valores
    en
131 %un a o completo y que sea bisiesto
132 for i = ultdate(1)-30:ultdate(1)
133     select = find(time(:,1) == i);
134     if length(select)==366
135         anio = i
136         break
137     else
138         continue
139     end
140 end
141
142 %Graficamos con el a o encontrado, denotado por la variable "anio"
143 figure()
144 plot(datetime(time(select,:)),value(select),'LineWidth',2)
145 xlabel('Fecha [meses]')
146 ylabel('Caudal [m^3/s]')

```

```

147 title('Caudal a o 1992 en río Trancura')
148 axis tight
149 grid minor
150
151 figure()
152 plot([1:366],sort(value(select),'descend'),'LineWidth',2,'Color','r')
153 xlabel('Número de días')
154 ylabel('Caudal [m^3 /s]')
155 title('Caudal clasificado a o 1992 en río Trancura')
156 axis tight
157 grid minor
158
159 %%
160 %Caudal ecologico con el 10% de la media
161 Qecolog = mean(med_anio)*0.1;
162
163 %Caudal util para energia
164 Q = med_anio - Qecolog;
165
166 Q = sort(Q,'descend');
167
168 %Caudal de equipamiento como la media entre los valores de caudal que se
169 %supera por 80 y 100 dias respectivamente
170 Qequipamiento=(Q(366-80)+Q(366-100))/2;
171
172 figure()
173 plot(Q,'LineWidth',2,'Color','r')
174 hold on
175 line([266,266],[0,max(Q)])
176 line([286,286],[0,max(Q)])
177 text((366-75),180,'Q80')
178 text((366-130),200,'Q100')
179 plot((266+286)/2,Qequipamiento,'bo','LineWidth',2)
180 axis tight
181 grid minor
182 xlabel('Número de días')
183 ylabel('Caudal [m^3/s]')
184 title('Caudal útil para generar energía')
185
186 %%
187 %Determinamos los parametros de forma del cauce Parabolico
188 T = 58.8;
189 y = 3;
190
191 %Determinamos Area
192 Area = (T*y) * (2/3);
193 %Determinamos el perimetro mojado
194 P_mojado = T + (8 * (y^2))/(3 * T);
195 %Determinamos el radio Hidraulico
196 Radio_h = (2 * (T^2) * y)/((3 * T) + (8 * (y^2)));
197 %Determinamos espejo de agua
198 E_agua = (Area/y) * (3/2);

```

```

199
200 %%
201 %Determinamos el potencial hidromotriz
202 H=5 ;
203 P=8.2*Qequipamiento*H; % en Kw

```

Código 1: Función utilizada para la ley de Omori.

3.2. Función utilizada para promediar los datos de cada día por cierta cantidad de años.

```

1 function [D]=media_mes(archivo,anio1,anio2)
2 %Valentina Iturra Rosales
3
4 load (archivo);
5
6 time = datevec(time);
7 C = [];
8
9     count=0;
10    for k = 1:12
11        for j = 1:31
12            count=0;
13            for i= anio1:anio2
14                A = find(time(:,3) == j & time(:,2)== k & time(:,1)==i);
15                B = isempty(A);
16                count= count+1;
17                if B == 1
18                    C(count,j) = NaN;
19                else
20                    C(count,j) = value(A);
21                end
22            end
23        end
24        for f = 1:31
25            media(f,k) = nanmean(C(:,f));
26        end
27    end
28    n=0;
29    for j=1:12
30        for i=1:31
31            n=n+1;
32            D(n,1)=media(i,j);
33        end
34    end
35
36    D(find(isnan(D) == 1)) = [];

```

Código 2: Función utilizada para la ley de Omori.