

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA EL  
FUNCIONAMIENTO PARCIAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE DEL CLUB CAMPESTRE LOS ARRAYANES.



Edisson Nicolás Suarez Moscoso

Universidad Santo Tomás  
Facultad de Ingeniería Ambiental  
Bogotá D.C.

2022

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA EL  
FUNCIONAMIENTO PARCIAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE DEL CLUB CAMPESTRE LOS ARRAYANES.

Estudiante:

Edisson Nicolas Suarez Moscoso

Trabajo de grado enmarcado en el diplomado de eficiencia energética para optar  
por el título de Ingeniero Ambiental

Director:

Docente Yenny Beatriz Mendoza Plazas

Universidad Santo Tomas  
Facultad de Ingeniería Ambiental  
Bogotá D.C.

2022

## Contenido

1. Resumen.....	4
2. Palabras clave.....	4
3. Abstract .....	5
4. Key Words.....	5
5. Introducción.....	6
6. Diagnóstico.....	7
7. Propuesta de reconversión energética.....	10
8. Resultados.....	16
9. Conclusiones y recomendaciones.....	18
10. Bibliografía.....	19

## **1. Resumen**

Con el fin de implementar un sistema fotovoltaico para suplir el 50% del consumo de energía de la planta de tratamiento de agua potable del club campestre los arrayanes ubicado en la ciudad de Bogotá D.C. Para con ello contribuir a la transición en el consumo de energías tradicionales a energías renovables. Se realizó un levantamiento de información acerca de los diferentes consumos energéticos tanto de la sede social como de la planta de tratamiento, esto, con ayuda de los diferentes departamentos administrativos y operativos del club, sus recibos de energía y sus datos energéticos a través del tiempo. Con la información obtenida y con ayuda de la literatura se realizó el cálculo de los parámetros técnicos de la posible implementación tanto de celdas fotovoltaicas policristalinas como monocristalinas, con el objetivo de contrastar sus ventajas y desventajas tanto técnicas como económicas. Encontrando con dicho contraste una diferencia mínima en cuanto a la implementación de una u otra cuando de costos se habla, pero aclarando que, en temas técnicos, se recomienda la implementación de un sistema de celdas monocristalinas por su mayor eficiencia y menor cantidad de paneles necesarios para dicho proyecto.

## **2. Palabras clave**

Energía fotovoltaica, celdas fotovoltaicas, consumo de energía, clubes sociales, planta de tratamiento de agua potable.

### **3. Abstract**

In order to implement a photovoltaic system to supply 50% of the energy consumption of the drinking water treatment plant of the los arrayanes country club located in the city of Bogotá D.C. An information survey was carried out about the different energy consumption of both the headquarters and the treatment plant, this, with the help of the different administrative and operational departments of the club, their energy receipts and their energy data over time. . With the information obtained and with the help of the literature, the calculation of the technical parameters of the possible implementation of both polycrystalline and monocrystalline photovoltaic cells was carried out, with the aim of contrasting their technical and economic advantages and disadvantages. Finding with this contrast a minimal difference in terms of the implementation of one or the other when talking about costs, but clarifying that in technical issues, the implementation of a monocrystalline cell system is recommended due to its greater efficiency and fewer panels necessary for said project.

### **4. Key words**

Photovoltaic energy, photovoltaic cells, energy consumption, social clubs, drinking water treatment plants.

## 5. Introducción

Los clubes tanto sociales como deportivos a lo largo de las últimas décadas se han convertido en lugares de gran importancia para el desarrollo de actividades de dispersión, ocio o de índole recreativo, entre amigos, familiares y asociados de diferentes sectores industriales y productivos del país. En la ciudad de Bogotá existen actualmente 73 clubes sociales y/o deportivos privados, catalogados como entidades sin ánimo de lucro (Asoclubes, 2022).

Como precedente a la posible puesta en marcha de esta propuesta se pueden mencionar dos estudios realizados en la ciudad de Bogotá. El primero realizado en el marco de la maestría en administración de el Colegio de Estudios Superiores en Administración CESA, en donde se explican temas de factibilidad para implementación de sistemas fotovoltaicos, llegando a concluir lo atractivo de dicha implementación en industrias con sistemas de consumo energético bajos y exaltando los incentivos tributarios a los que se puede acoger una entidad por realizar investigación en el tema o investigación de la misma (Bitar & Chamas, 2017). y el segundo desarrollado por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, en donde investigan sobre el rendimiento de plantas fotovoltaicas a 2500 msnm, dando como resultado un alto rendimiento a comparación de otros lugares en el mundo como por ejemplo Francia y Alemania, debido a las condiciones climáticas que se presentan en Colombia, las cuales favorecen el rendimiento de dichas plantas en el país (Quevedo,2020) .

De los ya mencionados ninguno presenta o no registra un programa para la utilización de energías renovables dentro de sus instalaciones. Por consiguiente, el objetivo del presente proyecto es generar una propuesta de utilización de energías alternativas en el club campestre los arrayanes de Bogotá, específicamente energía fotovoltaica para el funcionamiento parcial (50%) de la planta de tratamiento de agua potable (PTAB), con el fin de disminuir costos en pago de recibos de energía y fijar un precedente sobre la utilización de energías renovables al interior de la empresa.

## 6. Diagnostico

Actualmente el club campestre los arrayanes obtiene mensualmente dos cuentas separadas de consumo de energía ambas suministradas por la empresa ENEL Codensa. La primera y más costosa derivada de la energía consumida tanto en la sede social como en la sede administrativa y la segunda reflejada del consumo único de la PTAB.

Mediante la recolección de información de las facturas y consumos de a partir del mes de julio de 2021 hasta enero de 2022 suministrada principalmente por los departamentos de archivos y mantenimiento del club campestre Los Arrayanes se obtuvo la información plasmada a continuación.

### 6.1. Consumo energético sede social y administrativa.

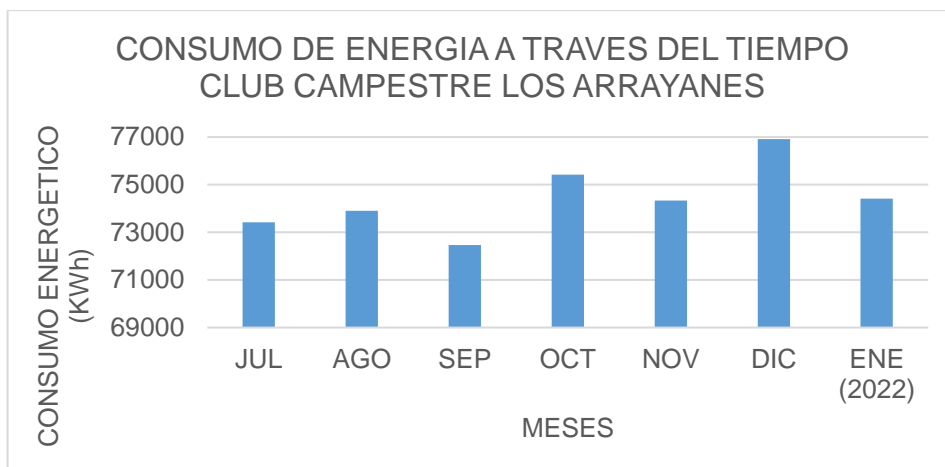
*Tabla 1: Consumo y gasto energético sede social y administrativa de Julio de 2021 a enero de 2022.*

<b>CONSUMO ENERGIA SEDE SOCIAL</b>		
<b>MES</b>	<b>KWH</b>	<b>PRECIO COP</b>
Julio	73425.72	\$ 37.450.950
Agosto	73905.84	\$ 38.073.560
Septiembre	72462.2	\$ 38.227.440
Octubre	75415.92	\$ 37.870.790
Noviembre	74333.64	\$ 37.454.850
Diciembre	76910.2	\$ 43.278.880
Enero (2022)	74408.92	\$ 38.726.078

Promedio de KWh por mes	74408.92
Total de gasto en energía últimos 6 meses	\$ 271.082.548

*(Elaboración propia)*

Gráfico 1: Consumo de energía vs Tiempo club campestre Los Arrayanes.



(Elaboración propia).

La Tabla 1 y La ilustración 1 muestran que el mayor consumo de energía se presentó en el mes de diciembre de 2021, esto debido a que por esa temporada se celebran festividades y eventos de final de año sumado a que la afluencia de socios en el club aumenta por vacaciones. El fin de presentar la información de consumo de la sede administrativa y social a pesar de que no se realizó ninguna propuesta de eficiencia energética en este sector es el poder contrastar en consumos y pagos totales del club junto con el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable.

## 6.2. Consumo energético en la planta de tratamiento de agua potable.

Tabla 2: Consumo y gasto energético PTAB de Julio de 2021 a enero de 2022.

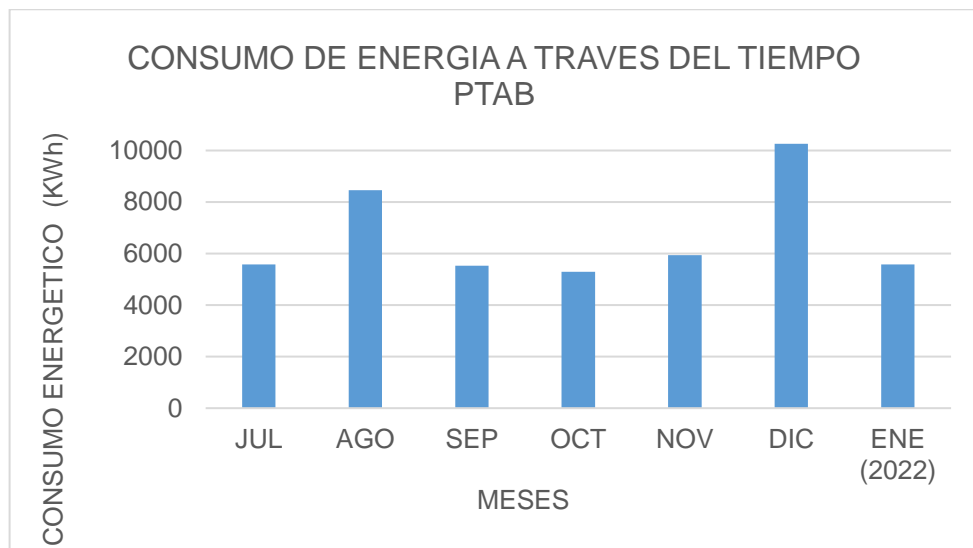
CONSUMO ENERGÍA PTAB		
MES	KWH	PRECIO COP
Julio	5584	\$ 3.494.080,00
Agosto	8455	\$ 4.214.760,00
Septiembre	5533	\$ 3.475.020,00
Octubre	5290	\$ 3.357.950,00

Noviembre	5940	\$ 4.034.130,00
Diciembre	10264	\$ 5.583.620,00
Enero (2022)	5573	\$ 3.526.030,00

Promedio de KWh por mes	6662.71
Gasto en energía últimos 6 meses	\$ 27.685.590,00

(Elaboración propia).

Gráfico 2: Consumo de energía vs Tiempo PTAB.



(Elaboración propia).

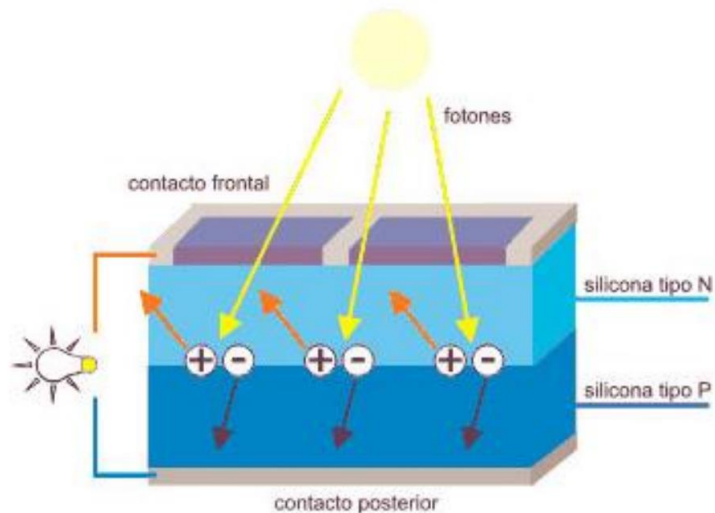
Del mismo modo que mostro la tabla 1 junto con el gráfico 1, la tabla 2 y el gráfico 2 muestran que el mayor consumo de energía por parte de la planta de tratamiento fue en el mes de diciembre de 2021 esto debido a la demanda de agua por el alto aforo de las instalaciones sociales del club.

## 7. Propuesta de reconversión energética

### 7.1. Propuesta de instalación de paneles solares para la utilización de energía fotovoltaica.

El aprovechamiento de energía solar se fundamenta en sistemas fotovoltaicos (PV), los cuales convierten la radiación solar en energía eléctrica por medio del intercambio de cargas eléctricas internas que emite electrones de un metal cuando la luz incide sobre él, lo cual es conocido como efecto fotovoltaico y descubierto por Edmon Becquerel en 1839 (Salamanca, 2017). Este sistema utiliza un semiconductor conocido como celda fotovoltaica para el almacenamiento de esta energía producto del efecto fotovoltaico y se compone de módulos fotovoltaicos que es la unión de diversas celdas en serie o paralelo, banco de baterías para soportar niveles de descarga y evitar sobrecargas en el sistema, regulador de carga, y un inversor para convertir dicha corriente continua en alterna para poder utilizarse en las redes (García, 2016).

*Ilustración 1: Efecto fotoeléctrico*



*(Flores, 2016)*

Con el fin de poder suministrar de una manera sostenible la energía necesaria para el funcionamiento del 50% de la PTAB del club campestre los arrayanes, a continuación, se explicará de manera breve las especificaciones de los dos tipos de celdas fotovoltaicas más utilizadas a nivel nacional y son las que se comparan para la realización del proyecto, estas son las monocristalinas y las policristalinas.

**Celdas Monocristalinas:** todas las caras del cristal que componen la celda tienen la misma dirección y sus granos están organizados de manera paralela, son de un color negro son de alto costo y su eficiencia de conversión energética oscila entre el 15% y 23% (hormigasolar.com, 2010).

**Celdas Policristalinas:** las caras del cristal que componen la celda están organizadas en distintas direcciones no de manera paralela como se presenta en las monocristalinas, son de un color azul oscuro y su eficiencia de conversión energética oscila entre el 12% y 17%, su costo es un poco menor que el de las celdas monocristalinas (hormigasolar.com, 2010).

## **7.2. Incentivos por implementación de energías alternativas**

Mediante la resolución 778 de 2012 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible especifica los requisitos para la obtención en reducción de impuestos por proyectos de disminución en el consumo de energía y promoción de eficiencia energética. Además, la Ley 1715 de 2014 decretada por el congreso de la republica describe como acceder a deducción de hasta un 50% de impuesto sobre la renta a contribuyentes que realicen investigación, desarrollo e inversión en la producción de energías renovables o gestión eficiente de la energía.

## **7.3. Parámetros de diseño**

A continuación, se muestra la tabla 3 el consumo de energía de la PTAB del club campestre los arrayanes en diferentes intervalos de tiempo. El valor tomado para la realización de los cálculos es el 50% del consumo total de las 14 horas de funcionamiento diario de la planta.

Tabla 3: Horas de mayor radiación solar pico para la ciudad de Bogotá en los últimos 5 años.

<b>Consumo energético PTAB</b>	
Consumo mensual [Wh]	6662710
Consumo diario (14 horas) [Wh]	222090.33
Consumo 50% (para cálculos) [Wh]	111045.16

(Elaboración propia).

En la Tabla 4 mostrada a continuación se muestran los valores de radiación solar pico tomadas de la página oficial de la NASA para la ciudad de Bogotá a través de los años, con el fin de determinar un valor promedio con el cual realizar los cálculos (NASA, 2021).

Tabla 4: Horas de mayor radiación solar pico para la ciudad de Bogotá en los últimos 5 años.

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	pro
2015	4.9	4.7	4.5	4.5	4.4	4.2	4.6	4.4	5.1	4.8	4.4	5.0	4.6
2016	5.4	4.6	4.6	4.2	4.4	4.5	4.4	4.7	4.8	4.8	4.3	4.4	4.6
2017	4.4	5.3	4.1	4.6	4.6	4.4	4.6	4.9	4.9	4.4	4.6	4.7	4.6
2018	4.8	4.6	4.7	4.2	4.3	4.5	4.5	5.0	5	4.8	4.5	5.2	4.7
2019	4.8	4.6	4.0	4.4	4.4	4.5	4.8	4.9	4.8	4.6	4.5	4.6	4.6
2020	5.3	5.3	4.6	4.5	4.3	4.5	4.5	4.6	5.1	4.8	4.5	4.9	4.7
<b>PROM</b>													<b>4.6</b>

(NASA, 2021).

### 7.3.1. Número de paneles requeridos (Sun Colombia, 2021).

$$N_{\text{paneles}} = \frac{Whd[Wh * día]}{(PPMM[Wh] * HSP[día] * PR)}$$

Donde:

$N_{\text{paneles}}$  = número de paneles

$Whd$  = consumo energético diario en vatios día

$HSP$  = radiación pico en días

$PPMM$  = potencia pico del panel utilizado en vatios

PR = Factor global de funcionamiento que varía entre 0.8 para celdas policristalinas y 0.90 para celdas monocristalinas

### 7.3.1.1. Cálculo de paneles policristalinos

$$N_{\text{paneles}} = \frac{111045.16[\text{Wh} * \text{día}]}{(350[\text{Wh}] * 4.6[\text{día}] * 0.8)} = 75.3 \cong 76 \text{ paneles}$$

La potencia pico de panel utilizada para los cálculos tanto de las celdas policristalinas como monocristalinas fue de 350 [Wh] debido a que son los más comunes en el mercado para este tipo de proyectos.

### 7.3.1.2. Cálculo de paneles monocristalinos

$$N_{\text{paneles}} = \frac{111045.16[\text{Wh} * \text{día}]}{(350[\text{Wh}] * 4.6[\text{día}] * 0.9)} = 84.7 \cong 85 \text{ paneles}$$

### 7.3.2. Capacidad de baterías (Sun Colombia, 2021).

$$C_{\text{bat}} = \frac{N_{\text{paneles}} * PPMM * HSP * PR}{V_{\text{bat}}} * F_s$$

Donde:

Cbat = capacidad de la batería requerida en amperios

Npaneles = número de paneles

PPMM = potencia pico del panel utilizado en vatios

HSP = radiación pico en días

PR = factor global de funcionamiento que varía entre 0.8 para policristalinos y 0.9 para monocristalinos

Vbat = Voltaje de la batería a utilizar en vatios

Fs = Factor de seguridad

### 7.3.2.1. Cálculo de capacidad de baterías

$$C_{bat} = \frac{76 * 350 * 4.6 * 0.8}{24} * 1.3 = 6014.9 [Ah]$$

El factor de seguridad  $F_s$  tenido en cuenta en este caso para el cálculo de la capacidad de la batería fue 1.3.

### 7.3.3. Número de baterías (EON, 2022).

$$N_{bat} = \frac{C_{bat}[Ah]}{A_{bat}[Ah]}$$

Donde:

$N_{bat}$  = número de baterías requeridas

$C_{bat}$  = capacidad de la batería requerida en amperios

$A_{bat}$  = Amperaje de la batería a utilizar en amperios

### 7.3.3.1. Cálculo de número de baterías

$$N_{bat} = \frac{6014.9[Ah]}{1000[Ah]} = 6.014 \cong 6 \text{ baterías}$$

Este factor de seguridad tenido en cuenta en el cálculo de la capacidad de la batería nos permite aproximar el resultado de la capacidad de la batería a 6 sin que todo el sistema fotovoltaico corra riesgo.

### 7.3.4. Intensidad de corriente eléctrica del controlador (EON, 2022).

$$Controlador = N_{paneles} * I_{paneles}[Ah]$$

Donde:

Controlador = controlador a utilizar

$N_{paneles}$  = número de paneles

$I_{paneles}$  = intensidad de corriente eléctrica en amperios del panel a utilizar

#### 7.3.4.1. Cálculo de controlador para celdas policristalinas

$$\mathbf{Controlador = 85 * 10[Ah] = 850[Ah]}$$

La intensidad del panel a utilizar para el cálculo del controlador fue 10 [Ah], esto debido a que es la intensidad más común en el mercado para paneles de 350 [Wh].

#### 7.3.4.2. Cálculo de controlador para celdas monocristalinas

$$\mathbf{Controlador = 76 * 10[Ah] = 760[Ah]}$$

Tomando en cuenta que se encuentran en el mercado controladores de 100 [Ah] se necesitaría 9 de estos para la instalación de celdas policristalinas y 8 para celdas monocristalinas.

#### 7.3.5. Potencia eléctrica del inversor (EON, 2022)

$$\mathbf{Inversor = \sum Nequpos * Pequpos}$$

Donde:

Inversor = inversor a utilizar

Nequpos = número de equipos

Pequpos = potencia de cada equipo en vatios

##### 7.3.5.1. Cálculo de inversor

Para el caso del inversor no fue posible obtener la información minuciosa acerca de los diferentes equipos y componentes de consumo energético que componen la PTAB del club campestre los arrayanes. Por esta razón, la potencia estipulada para el cálculo del inversor fue de 8000 [Wh] valor de energía consumida por hora en la PTAB.

## 8. Resultados obtenidos

Tabla 5: Cálculos obtenidos sobre parámetros técnicos.

Parámetro	Celdas Fotovoltaicas	
	Monocristalinas	Policristalinas
Energía requerida [W]	111045.16	111045.16
Número de paneles	76	85
Número de baterías [24v – 1000Ah]	6	6
Número de controladores [100Ah]	8	9
Número de inversores [8000Wh]	1	1

(Elaboración propia)

Posterior a la realización de los cálculos basados en la energía requerida para el funcionamiento del 50% de la PTAP, la información obtenida se observa en la tabla número 5, en la cual encontramos que para la instalación de celdas fotovoltaicas policristalinas se requiere un mayor número de paneles solares, esto debido a que la eficiencia de los mismos con respecto a las celdas monocristalinas es menor. El número de baterías requeridas tanto para la instalación de celdas monocristalinas como policristalinas es el mismo, lo mismo sucede con el inversor.

### 8.1. Cotizaciones para instalación del sistema fotovoltaico

Tabla 5: Cotización COL ENERGY S.A.S.

Parámetro	Celdas Fotovoltaicas	
	Monocristalinas	Policristalinas
Energía requerida [Wh]	111045.16	111045.16
Número de paneles	76	85
Precio de panel por unidad [COP]	\$ 522.510,00	\$ 455.200,00
Número de baterías [24v – 1000Ah]	6	6
Precio de batería por unidad (24v 10 OPZS 1000Ah) [COP]	\$ 17.820.646,00	\$ 17.820.646,00
Número de controladores (Inti cedro MPPT 100 <sup>a</sup> de 24V) [100Ah]	8	9
Precio de controlador por unidad [COP]	\$ 1.234.000,00	\$ 1.234.000,00

Número de inversores [1000Wh]	8	8
Precio de inversor (Victron Phoenix 48V 1200VA 120V VE.Direct 5-15R) por unidad [COP]	\$ 1.869.600,00	\$ 1.869.600,00
<b>TOTAL [COP]</b>	<b>\$ 171.462.636,00</b>	<b>\$ 171.677.876,00</b>

(Elaboración propia)

Tabla 6: Cotización AUTO SOLAR.

Parámetro	Celdas Fotovoltaicas	
	Monocrystalinas	Policristalinas
Energía requerida [Wh]	111045.16	111045.16
Número de paneles	76	85
Precio de panel por unidad [COP]	\$ 507.500,00	\$ 464.000,00
Número de baterías [24v – 1000Ah]	6	6
Precio de batería por unidad (2V OPzV Ultracell UZV1350-2) [COP]	\$ 16.320.000,00	\$ 16.320.000,00
Número de controladores (100a 12/24/36 Y 48v Mppt Solar Ps) [100Ah]	8	9
Precio de controlador por unidad [COP]	\$ 1.614.000,00	\$ 1.614.000,00
Número de inversores [1000Wh]	8	8
Precio de inversor (1500W 12V MPPT 80A 110V Must Solar) por unidad [COP]	\$ 1.930.200,00	\$ 1.930.200,00
<b>TOTAL [COP]</b>	<b>\$ 164.843.600,00</b>	<b>\$ 167.327.600,00</b>

(Elaboración propia)

Las tablas 5 y 6 muestran las cotizaciones realizadas a dos empresas nacionales que venden todo tipo de equipos para sistemas fotovoltaicos. Se observa tanto en la cotización de COL ENERGY S.A.S como en la de AUTO SOLAR que el precio de paneles monocristalinos y policristalinos no difiere mucho a pesar de sus diferencias en eficiencia, por otra parte, la mayor inversión a realizar es en las baterías, debido a que son el equipo más costoso del sistema. Ambas cotizaciones arrojan una cantidad de inversión parecida, y de igual manera ambas denotan que la implementación de celdas policristalinas es ligeramente más costoso, aunque su eficiencia sea menor.

## 9. Conclusiones y recomendaciones

A la hora de contrastar costos para la implementación de celdas monocristalinas o policristalinas estos no difieren de sobremanera, se recomienda realizar la instalación de celdas monocristalinas debido a su mayor eficiencia en comparación con las policristalinas y debido a esta mayor eficiencia se necesitan menos paneles solares, siendo este uno de los problemas de la implementación de estos sistemas, la alta disposición de área para su instalación.

Suponiendo que se decidiera instalar la cotización más costosa, en ese caso la de COL ENERGY S.A.S. de \$ 171.677.876,00 COP, y teniendo en cuenta que semestralmente se paga en consumo de energía de la PTAB \$ 27.685.590,00 COP, la inversión se recuperaría en 6.5 años. Posterior a la recuperación de la inversión se estaría pagando semestralmente por la energía consumida en la PTAB \$ 13.842.795,00 COP aproximadamente por la reducción del 50% en el consumo al prestador de servicio.

El costo semestral total por consumo de energía en el club campestre los arrayanes suman \$ 298.768.138,00 COP, posterior a la implementación del sistema fotovoltaico se reduciría el costo semestral por consumo de energía en un 4,7%, dicho dinero se podría invertir en nuevos proyectos de sostenibilidad o en áreas del club que lo requieran.

Es necesario que más proyectos como este, enfocados a la aplicación de energías alternativas para un desarrollo sostenible de los clubes se realicen a lo largo y ancho de la ciudad de Bogotá, debido a que hay mínima información de cómo dichos establecimientos de esparcimiento invierten en aplicación de estas energías.

## 10. Bibliografía

Asociación Colombiana De Clubes Sociales Y Deportivos Asocolclubes (2021). Directorio de Empresas - Directorio de empresas en Colombia. Obtenido de <https://www.informacolombia.com/directorio-empresas/informacion-empresa/asociacion-colombiana-clubes-sociales-deportivos-asocolclubes>.

Bitar, S. M., & Chamas, F. (2017). Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de Colombia. cloudfront.net. Recuperado 2022, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56630617/Estudio\\_Factibilidad\\_Implementacion\\_Sist\\_Fotovoltaicos\\_Colombia-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1652878503&Signature=dOZjlUvmH~nOIXESSQL8cW~8GFYYHK~y2z0tLs2Xmx7bwJF-H41-BwGLN94KQyToPXz17kJSRHetoQObFSDzHSgPaG9Su1gpqTUTI~L2SiZBymfuDczLPIQ7EULVcATJHnTCz18eLX-Si-ld4nHcyYPcUk77RA03Gjl9yZZILSbpxYIm5pJx5t~XmCX5aVVeN5wTx~b8WZNNcz7Qorj-K8Xa0oVry~mj2h6krzv1QzIEg1tNhZQR1rS1IDt5FEyf4aTg8S3oIPCCuEOdEVEjaelf3W1kXAkUtCQZ2yA6HHalutGG5Ko9CUJY8p-a-ogwXGg2kQAxt98~8REY7xjWUg\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56630617/Estudio_Factibilidad_Implementacion_Sist_Fotovoltaicos_Colombia-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1652878503&Signature=dOZjlUvmH~nOIXESSQL8cW~8GFYYHK~y2z0tLs2Xmx7bwJF-H41-BwGLN94KQyToPXz17kJSRHetoQObFSDzHSgPaG9Su1gpqTUTI~L2SiZBymfuDczLPIQ7EULVcATJHnTCz18eLX-Si-ld4nHcyYPcUk77RA03Gjl9yZZILSbpxYIm5pJx5t~XmCX5aVVeN5wTx~b8WZNNcz7Qorj-K8Xa0oVry~mj2h6krzv1QzIEg1tNhZQR1rS1IDt5FEyf4aTg8S3oIPCCuEOdEVEjaelf3W1kXAkUtCQZ2yA6HHalutGG5Ko9CUJY8p-a-ogwXGg2kQAxt98~8REY7xjWUg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA).

Eficienciaenergetica.co (2022). Formación., obtenido de <http://eficienciaenergetica.co/Formaci%C3%B3n/>

NASA power (2022). Nasa.Gov., Obtenido de de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

García, M. E. (2016). Energía solar fotovoltaica aislada. Applied Solar Energy, curso de energías renovables. Universidad Politécnica de Valencia.

Flores, N. (2016). Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio. Centro de investigación en materiales avanzados. <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/215>

hormigasolar.com. (2010). hormigasolar.com. Obtenido de <http://www.hormigasolar.com/diferencia-entre-celdas-solares-monocristalinas-y-policristalinas>.

Quevedo Barrera, J. (2020). Rendimiento de una instalación fotovoltaica conectada a la red a más de 2500 msnm. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Salamanca-Ávila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. Revista Científica, 30 (3), 263-277.

Sun Colombia. (2021). Cómo calcular el kwh (kilovatio hora) de mis electrodomésticos ? Recuperado el 2021, de <https://www.suncolombia.com/comocalcular-la-potencia-de-mis-electrodomesticos-en-kilovatio-hora-kwh/>.