

TRANSPORTE POR TREN SOLAR EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

AUTORES: Mg. Gonzalo Chávez Oblitas

Bach. Dennis Huánuco Ccama

INSTITUCION: Instituto de energía petróleo y gas de la UNSA INPEGAS - UNSA

PALABRAS CLAVE: Transporte, Energía solar fotovoltaica, tren, trolebús, baterías

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación propone un tren eléctrico, que usa la energía solar fotovoltaica como recurso energético, la factibilidad del proyecto considera los tres grandes objetivos de la ingeniería enunciados en el último COPIMERA 2009, en Monterrey, México. Estos son: contribuir con la atenuación del efecto invernadero no usando combustibles fósiles como el petróleo; promover el uso de las energías renovables, en este caso la solar fotovoltaica y por último que sea un proyecto social, que el beneficio sea para toda una población.

El proyecto en una primera etapa plantea un tren con líneas férreas de 16 Km, con centros de carga fotovoltaica que forma parte de la estructura de las 16 estaciones o paraderos, en estas dos estaciones de carga se dispondrán de acumuladores o baterías que serán intercambiadas en menos de 60 segundos en una de las paradas del tren.

Este tren tendrá una velocidad promedio de 90 Km/h, con 16 paradas de 30 segundos que en 25 minutos cubrirá la distancia de la estación 1 ubicada en el centro de la ciudad a la estación 16 ubicada en el cono norte de Arequipa. La capacidad de este tren es de 100 pasajeros en sus tres vagones y uno motriz. La potencia de este tren es de 320 KW.

Se consideran dos alternativas más como es el bus eléctrico sin contar con las líneas férreas y por último el trolebús que no usaría la energía directamente de baterías sino de una línea a lo largo del recorrido, se da una evaluación económica de todas estas alternativas.

En el mundo existen experiencias similares desarrolladas con la energía solar fotovoltaica y sobre todo considerando que la radiación solar en la ciudad de Arequipa es una de las más altas a nivel mundial.

ANTECEDENTES

Un ejemplo muy claro puede ser la reforma energética que ocurre en Adelaida que es una ciudad situada al sur de Australia con 1.105.839 habitantes. La ciudad de Adelaida es la primera en el mundo en tener un ayuntamiento para autobús solar para ser recargado 100% con energía solar y ser utilizada cada día por la gente de Adelaida. TINDO - el nombre Kaurna aborígenes para el sol - es la culminación del proyecto de 8 años del Consejo de Adelaida para ofrecer un autobús eléctrico de la comunidad. Con cero emisiones de gas invernadero TINDO es un respiro de aire fresco para el medio ambiental, TINDO es genial para los pasajeros también ya que es gratis viajar en el, este vehículo puede acomodar hasta 40 pasajeros a la vez, usa 17 acumuladores de níquel cadmio con una potencia de 270 KW.

Cabe mencionar que en la ciudad de Arequipa, ha existido los tranvías eléctricos y todavía existen ciertos tramos de los rieles empotrados como recuerdo de este tipo de transporte que fue retirado en el año de 1965.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

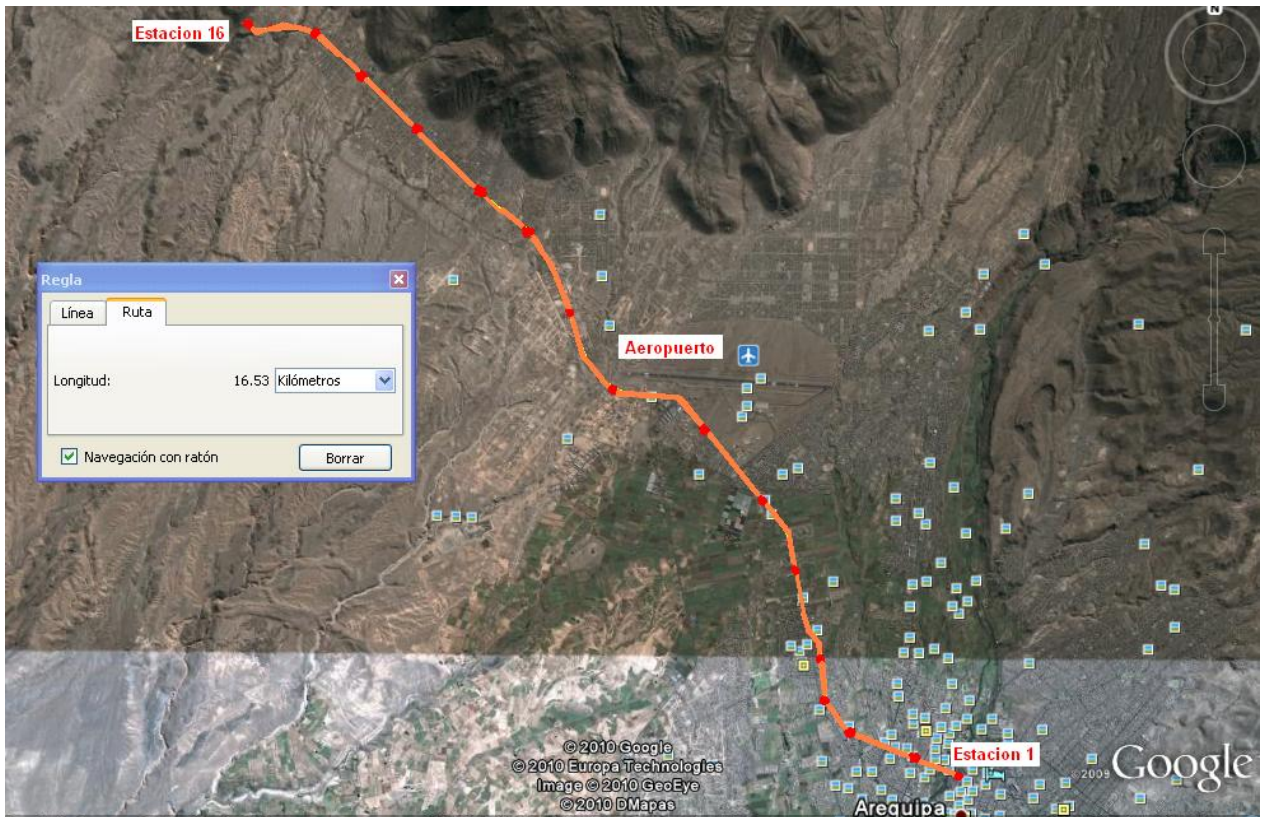
- Hacer uso de una energía renovable como la solar fotovoltaica para solucionar parte del problema de transporte en una ciudad con más de un millón de habitantes y que tiene una gran radiación solar.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Facilitar el acceso a las zonas alejadas de la ciudad como lo es el cono norte ayudando a todas las personas con discapacidades, tercera edad o jóvenes, y a otros en una ruta de aproximadamente 16 km.
- Reducir los impactos ambientales (niveles de ruidos, emisiones a la atmósfera, etc.).
- Promover un turismo sostenible con el uso de una energía limpia, ecológica y potencial.
- Solucionar en parte el problema de transporte en la ciudad con un proyecto piloto que luego se puede extender a otras zonas de la ciudad.

UBICACIÓN DEL PROYECTO

Se ubica en la ciudad de Arequipa, desde el centro de la ciudad (calle Peral) hasta el cono norte, pasando por la Av. Ejercito, Cerro Colorado, Aeropuerto, Zamacola, Ciudad de Dios, etc.



JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

En el siguiente trabajo de investigación ha buscado información actual y directamente del transportista de combi para compararla con el transporte solar propuesto, viendo así las ventajas económicas y justificar así el ¿Porqué? del transporte solar.

Una combi de la empresa COTASPA S.A. Que cubre los sectores desde Ciudad mi trabajo (Socabaya) hasta Alto libertad (Cerro Colorado) el cual tiene una ruta de 30 km aproximadamente en ida y vuelta. En un día de trabajo este logra dar 8 vueltas es decir 240 km. En un día de trabajo promedio este puede hacer una cuenta de 400 soles a 0.7 soles el pasaje, de los cuales 100 soles son gastos de chofer y cobrador. Y de los cuales el consumo de la combi por día de trabajo es de 10 galones aproximadamente es decir unos al precio actual de diesel esto nos da un total de 103.5 soles solo en combustible (10.35 soles precio actual).

Suponiendo que la combi descansa una vez por semana, es decir que esta trabaja 312 días al año esto nos da los siguientes datos:

Consumo total de combustible: 3120 galones al año.

Costo total pagado solo diesel: 32292 soles al precio actual del diesel.

Si tomamos en cuenta el mantenimiento del vehículo, principalmente en el motor será aproximadamente de 3 000 soles al año, en los que se incluyen repuestos y mano de obra.

Bonos de carbono:

Según estudios que podemos ver en la página **eco.microsiervos.com** los motores de gasolina emiten 2,3 kg de CO₂ por cada litro de gasolina quemado y los motores diesel 2,6 kg de CO₂ por cada litro de Diesel 2, tomando el caso de la combi y haciendo los cálculos correspondientes vemos en un año de funcionamiento una combi puede 30 663 Kg de CO₂ al año, considerando un escenario conservador, asumiremos esta cifra de 20 toneladas de CO₂ al año es decir (300 gCO₂/km)

Es decir 20 toneladas de CO₂ solo por una combi, imaginen todo el CO₂ que emitirán si reunimos todos los 3 000 vehículos de transporte público a petróleo Diesel de la ciudad.

Los bonos de carbono son un mecanismo internacional de **descontaminación** para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente. El sistema ofrece incentivos económicos para que empresas privadas que contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y se consiga regular la emisión generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a emitir CO₂ como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado. Sobre la transacción de los bonos de carbono; un bono de carbono representa el derecho a emitir una tonelada de **dióxido de carbono**, esto permite mitigar la generación de gases invernadero, beneficiando a las empresas que no emiten o disminuyen la emisión y haciendo pagar a las que emiten más de lo permitido.

El bono de carbono según el protocolo de Kioto tiene un valor de 5 a 7 dólares por tonelada de CO₂.

Si compramos bonos de carbono a 6 dólares por no emitir este CO₂ recibiríamos 120 dólares anuales por Ton. (320 soles)

Los 120 dólares por las 20 Ton consideradas resulta 2 400 dólares anuales por combi

Teniendo todos estos datos procedemos la comparación y fundamentación económica, a continuación analizaremos las alternativas de transporte solar en Arequipa.

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

PRIMERA ALTERNATIVA: TREN SOLAR

Una de las opciones para contrarrestar la contaminación es la obtener un tren solar eléctrico, el mejor en su especie, y estos son fabricados en Nueva Zelanda y EE.UU, enseguida veremos una serie de datos de este tren denominado TINDO:

Destacados:

Rendimiento:

- 200 kilómetros entre las recargas en las condiciones típicas urbanas
- "Carga rápida" ofrece de 1 km de gama extra por 1 minuto de carga
- La aceleración y equivalente a una subida de la colina de buses diesel
- De la batería y sistemas de impulsión ofrecer un rendimiento pleno en casi todos las **condiciones**

Fiabilidad:

- Robusta, componentes probados
- Los componentes del sistema de unidad a la última puntuación 130.000 horas o más
- Calidad y diseño de chasis de montaje
- Abuso de las baterías de tolerancia
- Sistema integrado de carga a bordo
- De la batería de precisión "el estado de carga" metro (indicador de combustible) para el conductor

Seguridad:

- Módulos de batería aislados eléctricamente
- Dispositivos de bloqueo en todos los gabinetes de alto voltaje
- Cerrados herméticamente pilas - no los gases producidos
- No terminales eléctricos expuestos
- De mantenimiento mínima de la batería

Mantenimiento:

- Diagnóstico a bordo a través del sistema de gestión de vehículos (SLB)
- Sistema de propulsión prácticamente libre de mantenimiento
- No hay corrosión marco porque no se crean los gases de la batería

Life-Cycle Costs:

- Baterías de larga duración
- Componentes de bajo mantenimiento
- Carretillas elevadoras, camiones de la batería, bancos de carga no se requiere
- Minimiza la formación de la mecánica
- Los costos de combustible del 50% inferior al de un autobús diesel de
- El uso de equipo electrónico a bordo para carga de funciones

Especificaciones técnicas

Dimensiones:

- Longitud - 10.42m
- Ancho - 2,48 m
- Altura - 3.06M
- Peso - 11.480 kg (Curb)

Capacidad:

- Sentado - 25
- silla de ruedas - 2
- parados 13, total 40

Rendimiento:

- Potencia nominal del motor - 36 kW
- Pico de potencia de motor - 160 kW
- Potencia de carga - 36 kW
- Speed – 76 km/h
- Gradability - 12,5%

Sistema de batería:

- Tipo 11 módulos de Zebra Z36-371-ML3C-64
- Clasificación 261,8 kWh de energía
- De energía accesibles 235,6 kWh
- Montadas en el techo solar FV de Uni-Solar PVL-68 W (pico)

Cargador rápido Booster (ubicado en Franklin St, fuera de Adelaide Central de Autobuses

- Power - 70 kW
- Entrada - 400V 3-fase AC 100
- Salida - 386V DC 200A 70 kW
- 1 minuto de carga = 1 kilómetro

Costo, empresa:

- \$500000 .
- Compañía: Design Line Corporate

CALCULOS Y BENEFICIOS:

Hicimos nuestros cálculos para la ruta Ciudad mi Trabajo – Alto Libertad que por kilómetros de ruta es equivalente a decir Centro de la ciudad Cono Norte, Bueno demostraremos los beneficios de comprar un bus solar:

- Costo total pagado solo diesel: 32292 soles = 11290 dólares A 2.86 soles el dólar.
- Mantenimiento: 1500 soles: 530 dólares.
- Bonos de carbono: 120 dólares anuales.

TOTAL INGRESOS CON LA COMBI M.C.I. PETROLERO:

- Ingreso de pasajeros – pagos de cobrador y chofer = 300 soles * 310 días = 93000 soles.
- Egresos en combustible: 32292 soles.
- Egresos en mantenimiento: 2500 soles.
- Total ingresos = 93000-32292-2500 = 58208 soles = 20352 dólares.
- Costo de combi nueva: 30 000 dólares.
- $25000 = 20352 * N^{\circ} años$. Años para recuperar la inversión.
- $N^{\circ} = 2 años$

TOTAL INGRESOS CON EL TREN SOLAR PROPUESTO:

- Ingreso de pasajeros – pagos de cobrador y chofer = 300 soles*310días = 93000 soles.
- Ingresos por bonos de carbono= 2 400 dólares (6 400 soles)
- Egresos por mantenimiento: 500 soles.
- Total ingresos = 93000 + 6 400 - 500 = 92843.2 soles = 34 100 dólares.
- Costo de tren nuevo: 500000 dólares.
- $500000 = 32463 * n^{\circ} años$. Años para recuperar la inversión.
- $N^{\circ} = 14 años$

CONCLUSION

- Técnicamente es un proyecto factible
- Es proyecto que necesariamente tiene que ser financiado por el estado.
- El tiempo de vida de los trenes y su infraestructura es de 50 años, contra una combi que es de 15 años.
- Pese a la subvención por los bonos de carbono. Es un proyecto inviable económicamente para un inversionista privado.

SEGUNDA ALTERNATIVA: BUS SOLAR AREQUIPA

La pregunta es ¿Estamos en la capacidad de construir un bus solar? La opción de Tindo fue buena pero a esta idea debemos apoyarla, mejorarla, Tindo tiene capacidad para 40 personas, pero por qué no nosotros construimos un bus con la capacidad de 100 pasajeros, de poder realizar este objetivo las ventajas económicas del bus solar mejorarán enormemente.

Hasta hace unos años en nuestro país se construían los denominados buses Camión que son económicamente más baratos que los buses, he ahí el primer idea de convertirnos en productores, recordemos que este negocio de fabricar buses camión fue atacada duramente por la prensa, por la ola de accidentes que ocurría en ese entonces, todos echaban la culpa al bus camión

pero en la actualidad con los buses camión fuera del mercado disminuyeron los accidentes de tránsito?, al contrario aumentaron, entonces por que prohibir la construcción de buses camión?

Teniendo esto como referencia y del ingenio del peruano los ingenieros deben reunirse y crear normas legales de construcción de buses, si cumplimos las normas técnicas el Perú se podrá convertir en productor de buses, pero todos estos conocimientos debemos encaminarlos a algo mas exacto, los buses Solares.

Teniendo la ficha técnica de Tindo nos ayudaremos bastante para poder construir nuestro bus solar de 100 pasajeros.



Aproximadamente el rendimiento que necesitamos será de:

Rendimiento:

- Potencia nominal del motor - 60 Kw
- Pico de potencia de motor - 290 Kw
- Potencia de carga - 60 Kw
- Speed – 76 km/h

La energía, lo mas importantes son las baterías, entonces tenemos que hacer los cálculos adecuado. Sistema de batería:

- Zebra ML/3 528

Type	unit	
Capacity	Ah	128
Rated energy	kWh	43.5
Open circuit voltage	V	340
Max regen voltage	V	409
Min operating voltage	V	227
Max Discharge current	A	448
Cell type /No. of Cells		ML/3 528
Weight with BMI	kg	492
Specific energy	Wh/kg	88.4
Specific Power	W/kg	160.6
Energy 2h discharge	kWh	38
Peak power	kW	79
Thermal loss	W	<200
Cooling		Air
Heating Time	h	24 at 230Vac
Ambient temperature	° C	- 40 to + 70
Dimensions (WxLxH)	mm	940x960x315

Tipo 5 módulos de Zebra ML/3 528

Potencia 217 Kw-h

Potencia pico 395 Kw-h

492 kg cada uno es decir un total de 2460kg

Es decir a régimen normal la batería se descarga cada 3.6 horas.

- Zebra ML/8 264

Type	unit	
Capacity	Ah	60
Rated energy	kWh	13.6
Open circuit voltage	V	227
Max regen voltage	V	273
Min operating voltage	V	151
Max Discharge current	A	240
Cell type /No. of Cells		ML/8 264
Weight with BMI	kg	159
Specific energy	Wh/kg	85.5
Specific Power	W/kg	182.4
Energy 2h discharge	kWh	12.0
Peak power	kW	29
Thermal loss	W	<100
Cooling		Air
Heating Time	h	24 at 230Vac
Ambient temperature	° C	- 40 to + 70
Dimensions (WxLxH)	mm	490x970x210

Tipo 15 módulos de Zebra ML/8 264

Potencia 204 Kw-h

Potencia pico 435 Kw-h

159 kg cada uno es decir un total de 2385kg.

Es decir a régimen normal la batería se descarga cada 3.4 horas.

- Zebra Z5-278-ML-64 y Z5-557-ML-32

Type	unit	Z5-278-ML-64	Z5-557-ML-32
Capacity	Ah	64	32
Rated energy	kWh	17.8	17.8
Open circuit voltage	V	278.6	557
Max regen. voltage	V	335	670
Min operating voltage	V	186	372
Max Discharge current	A	224	112
Cell type /No. of Cells		ML3/216	
Weight with BMI	kg	195	
Specific energy	Wh/kg	91.2	
Specific Power	W/kg	164	
Energy 2h discharge	kWh	16	
Peak power	kW	32	
Thermal loss	W	<120	
Cooling		Air	
Heating Time	h	24 at 230Vac	
Ambient temperature	° C	- 40 to + 70	
Dimensions (WxLxH)	mm	533 x 833 x 300	

Tipo 12 módulos de Zebra Z5-278-ML-64 y Z5-557-ML-32

Potencia 213 Kw-h

Potencia pico 384 Kw-h

185 kg cada uno es decir un total de 2220kg.

Es decir a régimen normal la batería se descarga cada 3.5 horas.

Como vemos tenemos varias opciones de la cual podemos optar por las baterías Z5-278-ML-64 y Z5-557-ML-32,

La opción más factible según estudios realizados a autos eléctricos son las baterías de Baterías de sodio-cloruro comúnmente llamadas baterías ZEBRA denominadas así por la empresa que los produce. Estas baterías que trabajan a altas temperaturas son apropiadas, por ejemplo, en autobuses que circulen por líneas regulares.

CALCULOS Y BENEFICIOS:

Tomamos los datos expuestos en la sección anterior para realizar las comparaciones, y para el gasto de este autobús nuevo tomaremos el costo de Tindo cuando en realidad el costo será menor ya que este se construirá aquí. El vehículo tendrá el doble de capacidad de pasajeros con el cual idealmente se ganaría el doble, pero lo dejaremos en un 50% más

- Costo total pagado solo diesel: 32292 soles = 11290 dólares A 2.86 soles el dólar.
- Mantenimiento: 1500 soles: 530 dólares.
- Bonos de carbono: 120 dólares anuales.

TOTAL INGRESOS CON LA COMBI M.C.I. PETROLERO:

- Ingreso de pasajeros – pagos de cobrador y chofer = 300 soles * 310 días = 93000 soles.
- Egresos en combustible: 32292 soles.
- Egresos en mantenimiento: 2500 soles.
- Total ingresos = 93000-32292-2500 = 58208 soles = 20352 dólares.
- Costo de combi nueva: 20000 dólares.
- $25000 = 20352 * N^{\circ} \text{ años}$. Años para recuperar la inversión.
- $N^{\circ} = 1.2284$ años.

TOTAL INGRESOS CON EL BUS SOLAR PROPUESTO:

- Ingreso de pasajeros – pagos de cobrador y chofer = 450 soles*310días = 139500 soles.
- Ingresos por bonos de carbono= 343.2 soles.
- Egresos por mantenimiento: 1000 soles.
- Total ingresos = 139500 +343.2 -1000 = 138843.2 soles = 48546.6 dólares.
- Costo de bus nuevo: 500000 dólares.
- $500000 = 48546.6 * n^{\circ} \text{ años}$. Años para recuperar la inversión.
- $N^{\circ} = 10.3$ años.

CONCLUSION

- Aquí se tiene una mejor opción algo más razonable, claro que el costo de un bus hecho aquí será menor sino veamos el ejemplo de los buses camión, un bus camión puede costar casi el 50% de un bus convencional hasta menos. Esta si es una mejor opción. Pero se debe contar con equipo de investigadores para lograr este suceso.

TERCERA ALTERNATIVA: TROLEBUS SOLAR AREQUIPA

Quien no recuerda a los tranvías, esos pequeños trenes que circulaban por nuestra ciudad y nuestro país hace ya más de 30 años. Si le preguntamos a una persona anciana sobre el transporte en nuestra ciudad seguro este nos contestara que el tranvía era la mejor opción al caos vehicular. Los tranvías fueron sacados por muchas cosas, una de ellas era los accidentes ya que al igual que un tren este demoraba para frenar y había casos en los que los tranvías se descarrilaban causando grandes accidentes, para ese entonces la llegada de los buses fue la opción política y económica mas factible, pero si volvemos al pasado y logramos solucionar los errores del tranvía seguro que tendremos una nueva opción para el transporte, a la cual en muchos países se le llama el trolebús.

Desventajas

El trolebús comparte ventajas con el tranvía y el autobús pero también algunas desventajas.

Si el trolebús se separa accidentalmente de la catenaria, se para. Por el mismo motivo, los recorridos posibles se limitan a los tramos con catenarias instaladas. Sin embargo, se puede incorporar una batería o un motor térmico convencional para permitir una mayor versatilidad.

Los neumáticos producen más resistencia que las ruedas metálicas sobre los rieles y, por tanto, un mayor gasto de electricidad respecto a un tranvía.

Ventajas

Los trolebuses son de particular importancia para ciudades escarpadas o montañosas, donde la electricidad es más efectiva que el diesel a la hora de subir colinas; además, tienen mayor adherencia que los tranvías.

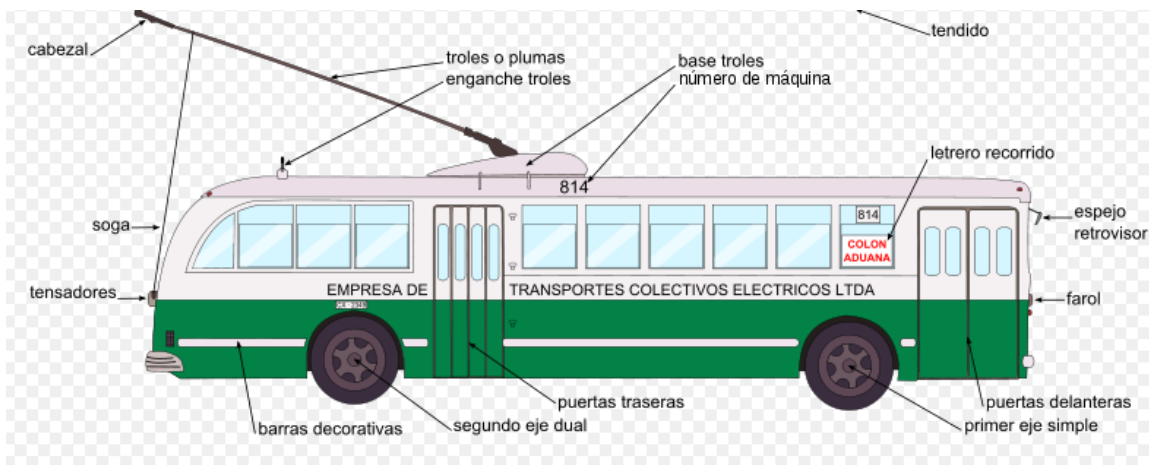
La principal ventaja es que la energía puede ser proveniente de los paneles solares o energía eléctrica en casos de emergencia.



Los trolebuses, al igual que todos los vehículos eléctricos, suelen verse como un medio de transporte más compatible con el medio ambiente que los autobuses de combustión, que consumen hidrocarburos y emiten gases. La utilización de energía producida en centrales eléctricas tiene ventajas sobre los motores de explosión: es más eficiente, puede utilizar mayor variedad de combustibles y es más conveniente para el control de la contaminación y se puede reutilizar el calor generado suministrando agua caliente para todo tipo de usos (industrias, hospitales, instalaciones deportivas), o generación de frío con equipos de absorción. En todo caso, también se puede utilizar la electricidad renovable.

Otra ventaja que rara vez está presente en otros vehículos (excepto algunos turismos híbridos) es que pueden generar energía eléctrica a partir de la energía cinética cuando frenan o van cuesta abajo en un proceso llamado frenado regenerativo.

Se ha sugerido que los trolebuses se volverán obsoletos en una economía de hidrógeno, que no acaba nunca de llegar. Sin embargo, la transmisión directa de electricidad, como la usada en el trolebús, es mucho más eficiente que la producción, el transporte, el almacenamiento y el aprovechamiento energético del hidrógeno en celdas de combustible en un factor de 2,2 a 1, y mucho menos peligroso



Especificaciones técnicas:

- **Motor Trifásico de Inducción Jaula de Ardilla**
 - Potencia normal de 127 Kw continuos (150 kw régimen de una hora), 4 polos, clase de aislamiento de 200° con impregnación de devanados al vacío, 430 VCA, 60Hz.
 - Motor Compacto diseñado especialmente para aplicaciones de tracción eléctrica, libre de mantenimiento con excepción de los periodos de engrasado de los rodamientos.
 - Por su robustez y sencillez, es un motor de gran confiabilidad en su operación, además de alta eficiencia.
- **Fusible**

Protege el circuito del motor de tracción contra sobrecargas.
- **Ensamble de resistor**

CDR.- resistencia limitadora de corriente para LB2.
- **Colector de Corriente**

Toma el voltaje de alimentación de línea catenaria.
- **Inversor de Tensión y Frecuencia variable (VVVF)**
 - Equipo de estado sólido que utiliza la técnica de modulación de los pulsos para variar la tensión y la frecuencia de línea del motor de tracción, con lo cual se controla la velocidad del mismo de manera suave y eficiente.
 - Se basa en tecnología de transistores bipolares de compuerta aislada con protección y control integrados en el mismo semiconductor, denominados IPM's, por sus siglas en inglés (Intelligent Power Module).
 - Inversor con capacidad de diagnóstico y registro de eventos por computadora para facilidad de mantenimiento y corrección de fallas.
 - Control mediante fibra óptica para mayor inmunidad al ruido electromagnético del medio ambiente. Este equipo no tiene partes de desgaste, por lo que es de reducido mantenimiento y elevada confiabilidad.
- **Reactor de Filtro**

Con un régimen de corriente de 200 ACD (a 2240 m de altitud).
- **Doble sistema de Aislamiento**

Todos los componentes electricos de alta y baja tensión tienen un doble nivel de aislamiento según la norma IEC 77 del Comité Electrotécnico Internacional. El trolebús de la serie 9000 es el único vehículo de su tipo en México con un cople aislante entre el motor y la flecha cardan, con lo cual se logra el doble sistema de aislamiento. Por otra parte, la unidad incorpora como adelanto tecnológico un detector de carrocería energizada que indica al operador el momento en que la carrocería del trolebús ha desarrollado un potencial con respecto a tierra. Esto representa una protección adicional para el usuario.
- **Convertidor Estático**

Equipo de estado sólido que se basa en tecnología de módulos inteligentes de potencia (IPM's). Consiste en un convertidor de 600 VCD a 24 VCD para el sistema de alimentación de baja tensión, recarga de baterías y control de los sistemas electrónicos. Adicionalmente, tiene un convertidor de 600 VCD a 230 VCA, 60Hz para alimentar a los motores de compresor y ventilador del VVVF. Como novedad tecnológica, este convertidor tiene un módulo de conversión de tensión de 600 VCD a 24 VCD que le permite iniciar sus funciones, las del VVVF y arrancar al trolebús aún cuando la batería está descargada hasta 3.5 VCD.
- **Transductor**

Dispositivo convertidor para cambiar a una salida eléctrica de acuerdo al ángulo de presión de los pedales de frenado y aceleración.
- **Baterías**

La tensión de respaldo se suministra mediante un banco de 17 baterías de níquel/cadmio. estas baterías tienen menor peso y mayor capacidad de carga que las baterías de plomo-ácido utilizadas en las otras series de trolebuses. El trolebús emplea un sistema de tensión de control 24 VCD en lugar de los 12 VCD utilizados en las unidades anteriores. Este cambio permite que el control eléctrico tenga mayor inmunidad a disturbios en la línea de alimentación y al ruido electromagnético.



CALCULOS Y BENEFICIOS:

Tomamos los datos expuestos en la sección anterior para realizar las comparaciones, y para el gasto del trolebús. El mantenimiento es mínimo y el costo de un trolebús nuevo varía desde los 100000 hasta 150000 dólares, tomaremos un precio regular 120000 dólares.

- Costo total pagado solo diesel: 32292 soles = 11290 dólares A 2.86 soles el dólar.
- Mantenimiento: 1500 soles: 530 dólares.
- Bonos de carbono: 120 dólares anuales.

TOTAL INGRESOS CON LA COMBI M.C.I. PETROLERO:

- Ingreso de pasajeros – pagos de cobrador y chofer = 300 soles * 310 días = 93000 soles.
- Egresos en combustible: 32292 soles.
- Egresos en mantenimiento: 2500 soles.
- Total ingresos = 93000-32292-2500 = 58208 soles = 20352 dólares.
- Costo de combi nueva: 30 000 dólares.
- $25000 = 20352 * N^{\circ} \text{ años}$. Años para recuperar la inversión.
- $N^{\circ} = 2$ años.

TOTAL INGRESOS CON EL TROLEBUS PROPUESTO:

- Ingreso de pasajeros – pagos de cobrador y chofer = 300 soles*310días = 93000 soles.
- Ingresos por bonos de carbono= 343.2 soles.
- Egresos por mantenimiento: 500 soles.
- Total ingresos = 93000 +343.2 -500 = 92843.2 soles = 32462.66 dólares.
- Costo de bus nuevo: 120000 dólares.
- $120000 = 32462.66 * n^{\circ} \text{ años}$. Años para recuperar la inversión.
- $N^{\circ} = 3.7$ años.

CONCLUSION

- Seguimos caminando a las opciones y nos damos cuenta que esta puede ser la opción que buscábamos, claro no tomamos los costos de las redes de cableado, pero este será un gasto aparte que se tendrá que obtener por parte de las autoridades.

PANELES SOLARES: FUENTE DE ENERGIA

Tal vez muchos digan que es una maldición el tener un clima tan soleado, ya que aquí el solo no calienta sino quema y esta sensación es debido a la radiación solar que existe en nuestra ciudad, siendo una de las ciudades con más radiación solar, pero esta radiación solar la podemos aprovechar como fuente de energía en paneles solares y generar así la electricidad. Nuestra ciudad no se diferencia mucho de Adelaida en Australia, e mas aquí la radiación es mucho mayor, y esa energía la podemos usar para hacer realidad nuestras opciones de transporte limpio.

Adelaida invirtió 500000 dólares más otra gran cantidad financiada por el gobierno de ese país en su ayuntamiento generando así 70000Kw-h. Nosotros no estamos ajenos de esta realidad.

Panel solar:

- 1m² \longrightarrow 0.5Kw
- 1m² \longrightarrow 100 dólares

Recordemos que nosotros tendremos la eficiencia más alta en lo que se refiere a paneles solares, ya que contamos con una radiación máxima muy intensa en nuestra ciudad 850 a 950W/m². En comparación a otras ciudades como Cusco cuya máxima radiación es de 800 W/m².

Si queremos generar 7000Kw-h, lo suficiente para dar funcionamiento a:

- 15 unidades TINDO por 16 horas entre recarga.
- 9 unidades Bus solar de 100 pasajeros por 7 horas entre recargas.
- 55 unidades trolebús por hora en forma continúa.

Para dar energía a nuestro buses la inversión en paneles solares será:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ dólares} \quad \longrightarrow \quad 0.5\text{Kw} \\ X \text{ dólares} \quad \longrightarrow \quad 7000 \text{ Kw} \\ X = 1\,400\,000 \text{ dólares} \end{array}$$





ANEXOS

PRIMERA ALTERNATIVA: TINDO, PRIMER TREN SOLAR ELECTRICO.

Entrevista al Vice lord Mayor de Adelaida Sr. Stephen Yarwood.

¿Podría explicarnos como el ayuntamiento de Adelaida inicio este proyecto?

Este ha sido una visión a largo plazo de la ciudad de Adelaida. Se inicio hace 7 años y trabajamos para encontrar un tren eléctrico que pudiera brindar un transporte suburbano en la ciudad, investigamos por todo lado y compramos este a Nueva Zelanda y fue encargado hace cerca de un año en noviembre del 2007.

¿Ha sido muy exitoso desde el punto de vista del ayuntamiento?

Ha sido muy popular , hicimos algunas consultas de planeamiento, estrategias para hablar que quería la comunidad en Adelaida y lo primero que la comunidad dijo, que querían una flota de buses solares, por lo tanto de todos los cientos de cosas que la comunidad podía pedir el bus solar y el bus eléctrico fueron los más altas prioridades.

Escuche que ustedes habían hecho una inversión inicial en los paneles solares y también en el TINDO

Fue un proyecto costoso, el tren en si costo más de 500 000dolares y los paneles solares fueron muy costosos, pero el gobierno federal vino en nuestra ayuda, nos dieron mucho dinero para los paneles solares a través del proyecto ciudades solares. Pero también el hecho de que es una presentación emblemática y una bandera de la inversión futura del ayuntamiento de la ciudad de Adelaida, el cambio climático y los vehículos eléctricos es también componente muy importante.