



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**Ingeniería básica de un bus potenciado por energía humana y otras formas
de energía renovable**

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORES: González Moreno, Jonathan Alexander
Ruiz Vinces, Aldo Vicente.

DIRECTOR: Jaramillo Pacheco, Jorge Luis, Ing.

Loja - Ecuador

2015



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2015

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ingeniero.

Jorge Luis Jaramillo Pacheco.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Ingeniería básica de un bus potenciado por energía humana y otras formas de energía renovable, realizado por Jonathan Alexander Gonzalez Moreno y Aldo Vicente Ruiz Vincés, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, 24 de noviembre de 2015.

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Nosotros, Gonzalez Moreno Jonathan Alexander y Ruiz Vinces Aldo Vicente declaramos ser autores del presente trabajo de titulación: Ingeniería básica de un bus potenciado por energía humana y otras formas de energía renovable, de la Titulación de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, siendo Jorge Luis Jaramillo Pacheco, Ing. director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: Gonzalez Moreno Jonathan Alexander

Cedula: 1104282981

f.....

Autor: Ruiz Vinces Aldo Vicente

Cedula: 2100355938

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, por regalarme el don de la vida y otorgarme con su gracia divina la oportunidad de formarme como profesional.

Con perdurable amor a mis Padres Cornelio y Antonia y a mi hermana Josselyn, en especial a ti madre por el esfuerzo que realizaste para darme la mejor educación, por apoyarme, por tus consejos, comprensión, cariño y confianza puesta en mí para lograr esta meta, y mis logros principalmente son en honor a ti.

A mi novia e hijo por estar siempre a mi lado en los momentos de fragilidad, a mi Abuelita que con sus sabios consejos supo llenarme de valentía y fuerza para poder continuar.

Jonathan Alexander González Moreno

A Dios, por cada día permitirme aprender de lo bueno y malo. Sabiendo siempre superar los obstáculos que él puso en mi camino para aprender a ser una mejor persona.

A mis amados padres, Anabelli y Mario, por su apoyo que supieron brindarme, madre querida agradecerte por creer en mí y tu ser mi ejemplo de superación.

A mis hermanas, María del Cisne y Jessica, y hermano de vida Roberto, quienes siempre estuvieron junto a mí ayudándome en cada momento, permitiéndome superar muchos de mis errores para poder llegar a lograr este título.

A mis hermosos sobrinos, Camilita y Guidito, quienes fueron mi inspiración para ser un buen ejemplo para ellos.

A mi familia en general, quienes supieron ayudarme con sus consejos y apoyo incondicional para lograr superarme cada día.

A mis amigos y compañeros que formaron parte de vida, enfrentando alegrías y tristezas que siempre las recordaremos como pasos para lograr este triunfo.

Aldo Vicente Ruiz Vincés

AGRADECIMIENTO

En este espacio queremos ser gratos con todas las personas involucradas en la formación de nuestra carrera profesional, llegando a cumplirla con éxito, entre ellos están familiares, autoridades de la titulación, docentes, compañeros y demás personas involucradas en nuestra formación.

De la misma forma agradecemos a los compañeros involucrados de los diferentes niveles de practicum de la titulación, por su colaboración con el presente trabajo.

Y principalmente agradecemos, al Ing. Jorge Luis Jaramillo, quien nos acogió como alumnos para realizar el presente trabajo bajo su tutela. Sus conocimientos, sus experiencias, sus enseñanzas, su paciencia y su apoyo, fueron de un gran soporte durante el proceso y desarrollo final del presente trabajo.

Agradecemos a la Universidad Técnica Particular de Loja por permitirnos formar parte de tan prestigiosa institución y culminar nuestra formación profesional.

A todos aquellos, muchas gracias.

Aldo y Jonathan

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

CARATULA	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRAC.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1.....	4
1. GENERALIDADES.....	4
1.1. Título del proyecto.	5
1.2. Estado del arte.....	5
1.3. Potenciales usos de un BPEH en la ciudad de Loja.....	5
1.4. Requerimientos básicos de operación del BPEH propuesto.	6
CAPÍTULO 2.....	7
2. SOBRE LA ESTRUCTURA MECÁNICA DEL PROTOTIPO.....	7
2.1. Requerimientos básicos de diseño.....	8
2.2. Sobre la forma del bus.	8
2.3. Sobre el diseño preliminar del chasis.....	11
2.4. Sobre el diseño preliminar de la carrocería.	12
CAPÍTULO 3.....	16
3. SOBRE LA PROVISIÓN DE ENERGÍA AL PROTOTIPO.....	16
3.1. Requerimientos básicos de diseño.....	17
3.2. Identificación de las fuentes de energía potencialmente aprovechables en el prototipo.....	17
3.3. Sobre el aprovechamiento de energía humana en el prototipo.	18
3.4. Sobre el aprovechamiento de la energía solar.	18
3.5. Sobre el aprovechamiento de la energía eólica.....	19
3.6. Sobre el aprovechamiento de energía eléctrica convencional.....	21

3.7. Sobre el aprovechamiento de energía cinética.....	22
3.8. Gestión energética en las cargas proyectadas.....	22
3.9. Sobre el storage de energía.....	25
3.10. Presupuesto de inversión.....	26
CAPÍTULO 4.....	27
4. SOBRE EL SISTEMA DE LOCALIZACIÓN Y MULTIMEDIA PARA EL PROTOTIPO.....	27
4.1. Sobre la edad de los usuarios.....	28
4.2. Sobre los servicios de audio y video a ofertar en el prototipo.....	28
4.3. Características de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bus.....	28
4.4. Características de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta.....	30
4.5. Características de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios terceros.....	31
4.6. Preselección de los módulos electrónicos y de comunicación necesarios para satisfacer los requerimientos de diseño.....	32
4.7. Esquema funcional para la provisión de servicios en el autobús.....	34
4.8. Esquema funcional para la provisión de servicios en la bicicleta.....	36
4.9. Esquema funcional para la provisión de servicios en el radiofaro.....	38
4.10. Esquema funcional para la provisión de servicios a terceros.....	39
4.11. Presupuesto total de implementación.....	40
4.12. Consumo de energía.....	41
CONCLUSIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
ANEXOS.....	45
ANEXO 1. PROTOTIPOS DE BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE.....	46
ANEXO 2. PAPER FINAL BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE.....	62

RESUMEN.

Con la disminución de las reservas mundiales de combustibles fósiles, uno de los sectores más sensibles será el transporte. Ante esta situación, iniciativas encaminadas a potenciar transporte con energía renovable cobran actualidad. En este documento se describe los resultados obtenidos en la etapa de ingeniería básica de un bus potenciado por energía humana y otras formas de energía renovable, adaptado al contexto de la ciudad de Loja.

Palabras clave: transporte, nuevas formas de transporte, energía, energía renovable, energía humana.

ABSTRAC.

With the decrease of global reserves of fossil fuels, one of the most affected areas will be the transport. In front of this situation, guided initiatives to upgrade renewable energy transport form part of the present. In this document are described the results gotten during the stage of basic engineering about a bus powered by human energy and other ways of renewable energy, all of this adapted to the context of Loja city.

Keywords: Transport, new ways of transport, energy, renewable energy, human energy.

INTRODUCCIÓN.

A pesar de que existen diversas opiniones sobre cuándo, todos los investigadores están de acuerdo en el eminente descenso de las reservas mundiales de petróleo aprovechable, con el consiguiente impacto en el sistema económico actual basado en combustibles fósiles.

Uno de los sectores de menor resiliencia ante el colapso previsto es el transporte, dada su total dependencia de los derivados del petróleo. Ante esta situación, diversos grupos de trabajo en el mundo entero, se encuentran desarrollando ingeniería de concepto alrededor de soluciones para enfrentar el problema.

En este contexto, especial atención merecen los denominados “concept bus”, entendiéndose bajo el apelativo de “concept” a una idea especulativa sobre la respuesta a los requerimientos planteados por un producto, un proyecto o una necesidad a futuro. Es decir, un concept bus se convierte en una apuesta a futuro para resolver los problemas del transporte urbano, aportando un toque distintivo de acuerdo al contexto local de cada grupo.

En este documento se describe los resultados obtenidos en la etapa de ingeniería de concepto de un bus potenciado por energía humana (BPEH) y otras formas de energía renovable, que responda a las exigencias de la ciudad de Loja.

CAPÍTULO 1.

1. GENERALIDADES.

1.1. Título del proyecto.

Ingeniería básica de un bus potenciado por energía humana (BPEH) y otras formas de energía renovable para la ciudad de Loja.

1.2. Estado del arte.

En la bibliografía se ha documentado diversas propuestas de transporte masivo e individual, de tipo orgánico o impulsado por fuentes renovables de energía, incluyendo la generada con energía humana.

Entre las iniciativas de transporte masivo, se señala el mini bus escolar propulsado por pedales, de Café Race, que propone un servicio de transporte no dependiente de los combustibles fósiles, que favorece el trabajo en equipo y la práctica de ejercicio entre los niños. La existencia de un motor eléctrico permite “relevar” a los niños de la potenciación del autobús [1], [2]. Ideas como ciclo limo incluyen a los autobuses de fiesta en la lista de medios de transporte no potenciados por combustibles fósiles. La energía requerida proviene del pedaleo y de un motor eléctrico [3], [4]. Finalmente, en [5] se describe un bus eléctrico humano-asistido que apunta a transportar el mayor número de personas en el menor espacio posible de forma sostenible. El bus de 2 pisos, opera con un motor eléctrico alimentado con baterías, que se carga parcialmente con el pedaleo de los pasajeros y con la energía proveniente de una cubierta solar.

Entre las opciones de transporte individual, se cita a la tricicleta eléctrica o rickshaw, ya disponible en el mercado, que favorece la movilidad en centros urbanos congestionados [6].

1.3. Potenciales usos de un BPEH en la ciudad de Loja.

El equipo de trabajo identificó y priorizó 2 usos potenciales para un BPEH en la ciudad de Loja: gimnasios al aire libre, y soporte a rutas turísticas.

En la primera opción, se ideó un bus en el que un grupo de usuarios pedalean sus bicicletas, a la vez que recorren la ciudad a través de rutas e itinerarios preestablecidos. En la segunda, se propuso diseñar un bus en el que un grupo de ciclistas potencian el movimiento del bus a través de un corredor turístico determinado. La estructura del bus proporciona protección a los ciclistas respecto a los elementos y a otras formas de transporte. En determinados sitios del corredor, los ciclistas pueden separarse del bus y realizar el recorrido en forma autónoma.

En ambas opciones la conducción del bus está asignada a un chofer responsable.

La decisión final sobre el mejor uso se adoptó en función de la asesoría recibida de un grupo multidisciplinario de consulta, que incluyó a expertos de áreas tales como turismo, deporte, economía y mecánica.

1.4. Requerimientos básicos de operación del BPEH propuesto.

El equipo de trabajo determinó al menos tres líneas generales a atender durante el diseño del bus propuesto: mecánica, provisión de energía, y localización y multimedia.

Los temas de *mecánica* incluyen la forma del bus, la ingeniería de la estructura base, los materiales a utilizar, el número de bicicletas a incluir y la forma de anclaje a la estructura base, entre otros. Sobre la decisión final influirán la disponibilidad de materiales en el mercado local, y la disponibilidad de recursos financieros.

A partir de trabajos previos, el equipo de trabajo identificó y priorizó las *fuentes renovables de energía aprovechables* en el entorno en el que operará el bus: 1) energía humana, 2) energía solar, 3) energía eólica. Al definir los procesos que deberían ser potenciados, se decidió incluir entre las fuentes para provisión de energía a la red eléctrica.

El componente de localización y multimedia se concibió como un conjunto de recursos que permite que los usuarios del concept bus accedan a información relevante dentro del corredor turístico, ya sea dentro o fuera del bus.

CAPÍTULO 2

2. SOBRE LA ESTRUCTURA MECÁNICA DEL PROTOTIPO.

2.1. Requerimientos básicos de diseño.

En el BPEH propuesto, los ciclistas propician el movimiento del bus, desde bicicletas autónomas ancladas a una estructura base común soportada sobre cuatro llantas.

El bus conducido por un operador ubicado en la parte anterior de la estructura base, cumple con todos los requisitos exigidos por las leyes de tránsito del país, incluyendo la existencia de sistemas de señalización.

Durante el desplazamiento, dispositivos estratégicamente ubicados cosechan energía de fuentes renovables, facilitando la provisión de energía a iluminación interior y exterior del bus y servicios de multimedia. Para suplir el desplazamiento del bus en terrenos de relieve complejo, en horarios especiales, o en circunstancias no previstas, el bus cuenta con un motor eléctrico alimentado desde un arreglo de baterías. La carga del arreglo se realiza desde el sistema eléctrico convencional, en una estación base.

En el interior del bus, los ciclistas tendrán acceso a información relevante del corredor turístico, por medio de recursos de audio y video.

Considerando las características generales del bus, el equipo de trabajo identificó como factores críticos en el diseño de la estructura mecánica a la resistencia de los materiales y a su peso.

2.2. Sobre la forma del bus.

Para definir la forma del bus, el equipo de trabajo acordó una metodología de desarrollo que incluye el diseño de prototipos, la presentación y análisis en el grupo de trabajo, y la posterior optimización. Los prototipos se elaboraron en modelos 3D, utilizando el aplicativo SolidWorks 2012 versión para 64bit [7].

En el **primer prototipo** se priorizó un número máximo de usuarios (ver Figura 1). El bus se alimenta de la energía de 6 ciclistas, ubicados 3 a cada lado. En la estructura base se ubican el puesto del conductor y 2 bicicletas estáticas para cosecha adicional de energía. Sobre la cubierta del bus se colocan paneles fotovoltaicos. En la parte posterior de la estructura base se coloca un asiento adicional para 3 pasajeros extra.

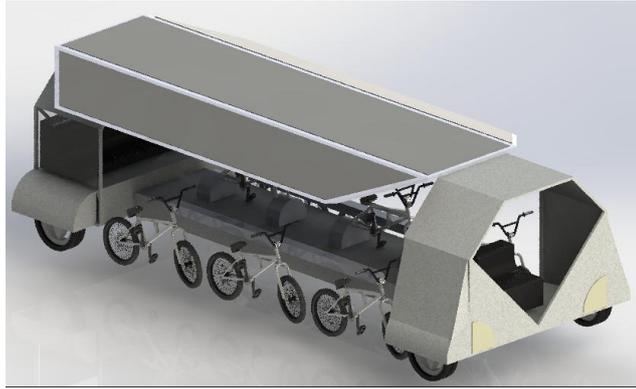


Figura 1. Vista general del primer prototipo, diseñado para priorizar un número máximo de usuarios del bus.
Fuente: Diseño de los autores.

Durante el análisis del primer prototipo, el equipo de trabajo puntualizó en las dificultades de circulación en la parte céntrica de la ciudad de Loja, que corresponde a un trazado cuadrangular de calles estrechas; y, a los problemas mecánicos para garantizar un giro eficiente (arrastre de las bicicletas). En este sentido, se decidió modificar el prototipo reduciendo a 4 el número de ciclistas. En el **segundo prototipo** (ver Figura 2) se mantiene el número de bicicletas estáticas, y se compensa la reducción de la superficie fotovoltaica en la cubierta, con la inclusión de 3 micro generadores eólicos ubicados en la parte frontal.

Durante el análisis del segundo prototipo, se identificó problemas de estética y sobrepeso en la estructura. Se sugirió entonces emular la apariencia de un bus convencional urbano, minimizando la estructura para eliminar peso innecesario. En el **tercer prototipo** (ver Figura 3) se adaptan paneles solares existentes en el mercado, que cumplen con el requisito de peso mínimo, y se compensa la reducción de superficie fotovoltaica incluyendo un mini generador eólico de eje horizontal, en la parte trasera del bus.

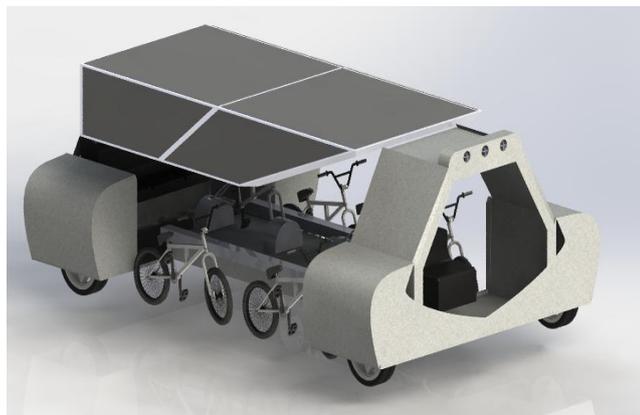


Figura 2. Vista general del segundo prototipo, diseñado para minimizar problemas de movilidad en la ciudad, y reducir los problemas mecánicos de giro.
Fuente: Diseño de los autores.



Figura 3. Vista general del tercer prototipo, que incluye el aspecto de un bus urbano convencional, y reduce el peso de la estructura.
Fuente: Diseño de los autores.

Durante el análisis del tercer prototipo, considerando la capacidad local para construir el bus, se decidió minimizar el número de líneas curvas en la forma. También se solicitó eliminar el aerogenerador de eje horizontal por temas estéticos. Como resultado se obtuvo el **cuarto prototipo** (ver Figura 4).

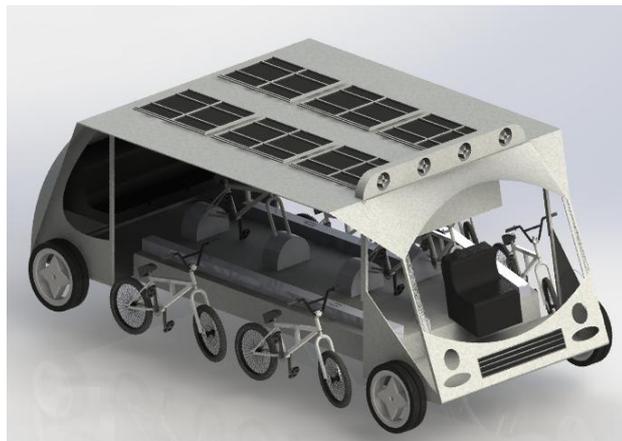


Figura 4. Vista general del cuarto prototipo.
Fuente: Diseño de los autores.

En esta etapa del proyecto, a la presentación y análisis del prototipo se invitó a profesionales de la Sección de Hotelería y Turismo del Departamento de Ciencias Empresariales de la UTPL. Los expertos sugirieron proteger a los ciclistas de la acción de las llantas de soporte, e incluir en la estructura base casilleros para que los usuarios depositen sus pertenencias. En el **quinto prototipo** se eliminaron las bicicletas estáticas y se adoptaron todas las sugerencias (ver Figura 5).



Figura 5. Vista general del quinto prototipo, que incluye protección de la acción de las llantas, y casilleros para los usuarios.
Fuente: Diseño de los autores.

Al analizar los resultados obtenidos en el quinto prototipo, el equipo de trabajo decidió adoptarlo como modelo referencial. La Figura 6 muestra a detalle los componentes sugeridos para el bus. En adelante, el diseño conceptual del bus abordará 2 elementos constructivos considerados básicos: chasis y carrocería.

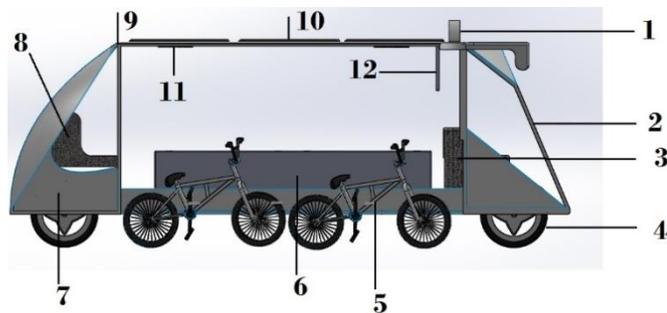


Figura 6. Componentes sugeridos para su inclusión en el diseño del bus.
1 - generadores eólicos de baja potencia, 2 - parabrisas, 3 - asiento del conductor, 4 - llantas de soporte, 5 - bicicletas, 6 - casilleros, 7 - carrocería, 8 - asiento trasero para tres personas, 9 - cubierta, 10 - paneles solares, 11 - sistema de audio, 12 - TV LED.
Fuente: Diseño de los autores.

2.3. Sobre el diseño preliminar del chasis

El chasis integra entre sí, y sujeta a los componentes mecánicos (grupo moto propulsor y suspensión) y a la carrocería [8].

Las Figura 7 y 8 muestran el diseño convencional propuesto para el chasis del bus: dos barras rígidas paralelas, unidas por pequeñas bigas perpendiculares, que soportan el peso de la carrocería y dan forma al vehículo. El chasis se construirá de aluminio y acero.

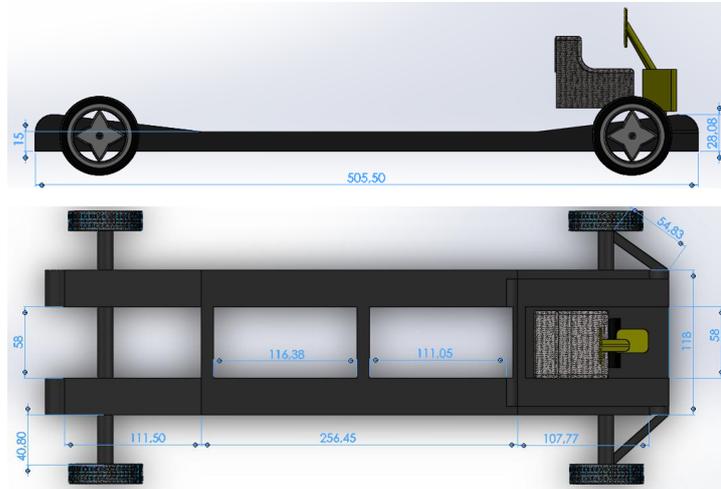


Figura 7. Vista lateral y superior del chasis del prototipo.
Fuente: Diseño de los autores.

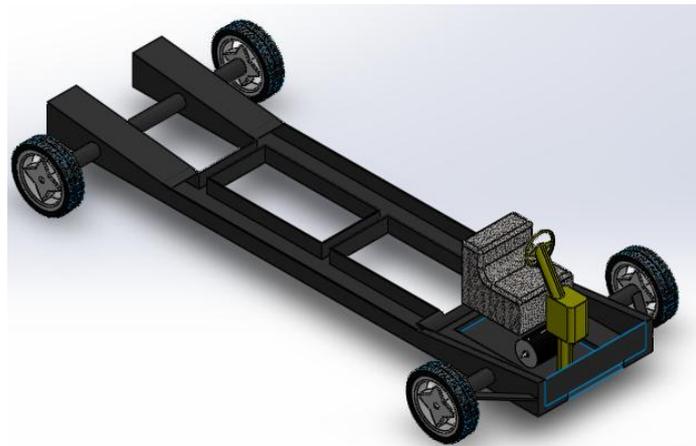


Figura 8. Vista panorámica del chasis del prototipo.
Fuente: Diseño de los autores.

2.4. Sobre el diseño preliminar de la carrocería.

La carrocería se componen de 3 partes: estructura, fuselaje, y piso.

El diseño propuesto para la estructura se muestra en la Figura 9. Se propone que la estructura se construya de aluminio.

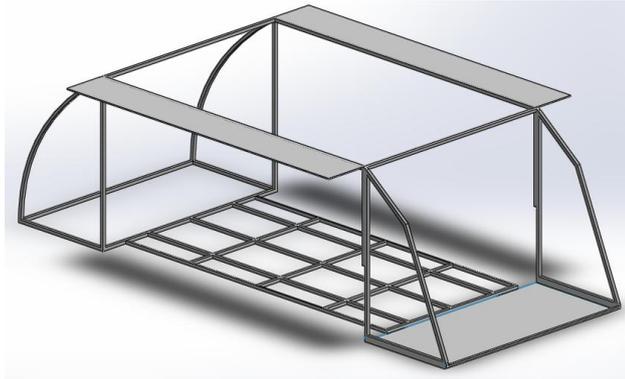


Figura 9. Vista panorámica de la estructura de la carrocería del prototipo.
Fuente: Diseño de los autores.

Tomando en cuenta las restricciones en peso, la durabilidad, y la disponibilidad en el mercado, el equipo de trabajo decidió seleccionar el plástico reforzado con fibra de vidrio (P.R.F.V) para la construcción del fuselaje [9]. Las Figura 10, 11 y 12 muestran las partes principales del fuselaje.

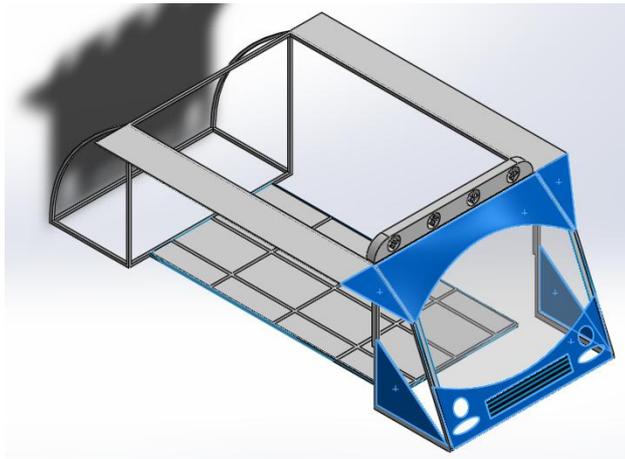


Figura 10. Vista panorámica del fuselaje de la carrocería del prototipo, resaltando la superficie frontal.
Fuente: Diseño de los autores.

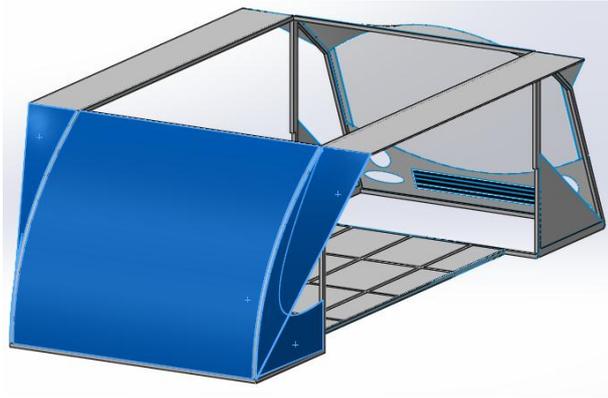


Figura 11. Vista panorámica del fuselaje de la carrocería del prototipo, resaltando la superficie posterior.

Fuente: Diseño de los autores.

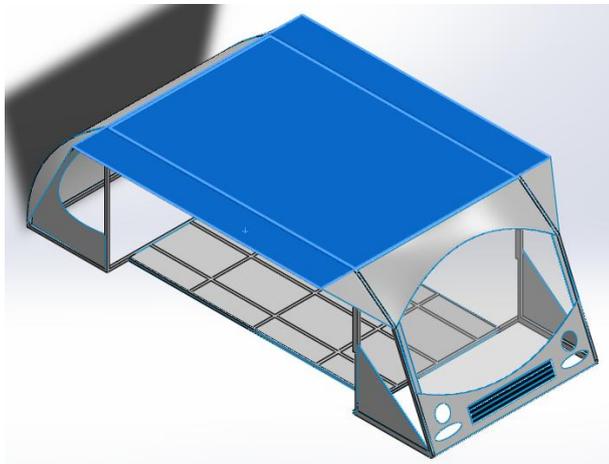


Figura 12. Vista panorámica del fuselaje de la carrocería del prototipo, resaltando la superficie superior.

Fuente: Diseño de los autores.

El piso se construirá de láminas de aluminio electro soldadas, forradas con telas sintéticas de acuerdo al esquema mostrado en la Figura 13

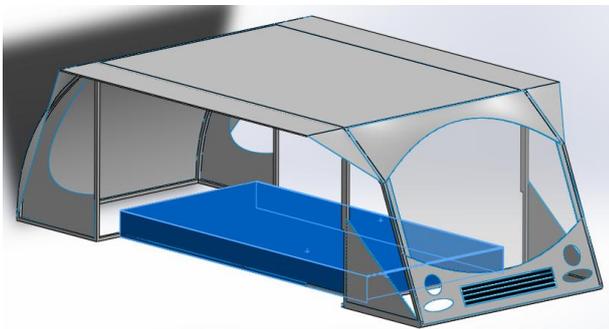


Figura 13. Vista lateral de la carrocería del prototipo, que incluye el techo, superficie frontal, superficie posterior y piso.

Fuente: Diseño de los autores.

A manera de resumen, la Tabla 1 resume la geometría del prototipo, mientras que la Figura 14 muestra la integración de todos los componentes. En función del valor de las dimensiones generales, el prototipo corresponde a un microbús [10].

Tabla 1. Geometría general del prototipo.

Dimensión	Valor, cm
Longitud	506
Ancho	318
Altura	225

Fuente: Diseño de los autores.

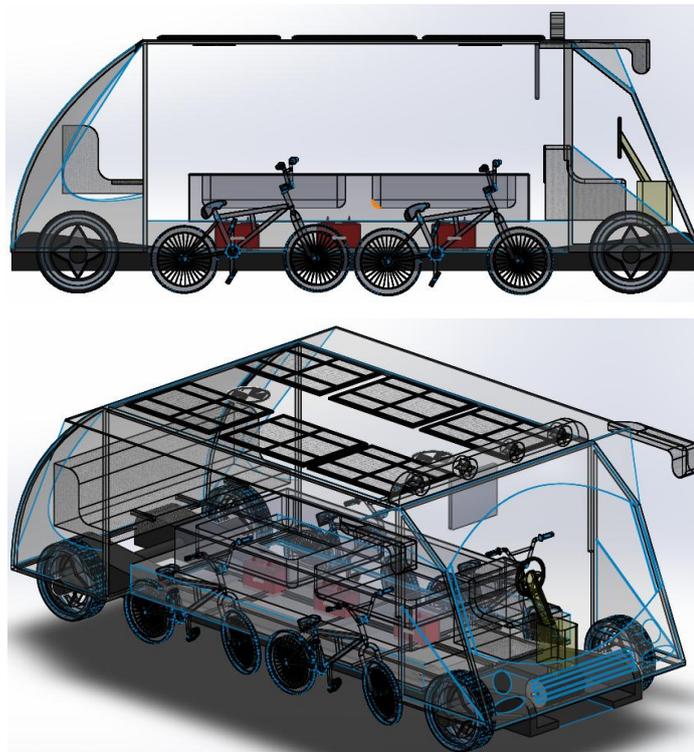


Figura 14. Vista panorámica de la integración de los componentes del bus.

Fuente: Diseño de los autores.

En esta etapa del proyecto, no se consideró sistemas mecánicos o de otro tipo para la sincronización de velocidades en las bicicletas, cubriendo posibles problemas generados por el esfuerzo no uniforme transmitido al autobús en cada uno de los puestos de pedaleo. Este problema deberá ser abordado en etapas posteriores.

CAPÍTULO 3

3. SOBRE LA PROVISIÓN DE ENERGÍA AL PROTOTIPO.

3.1. Requerimientos básicos de diseño.

Durante el desplazamiento del bus, dispositivos estratégicamente ubicados en la parte superior y posterior de la carrocería del autobús, cosechan energía de fuentes renovables facilitando la provisión de energía. Para suplir el desplazamiento en terrenos de relieve complejo, en horarios especiales, o en circunstancias no previstas, el bus cuenta con un motor eléctrico alimentado desde un arreglo de baterías. La carga del arreglo se realiza desde el sistema eléctrico convencional, en una estación base.

3.2. Identificación de las fuentes de energía potencialmente aprovechables en el prototipo.

A través de una lluvia de ideas, el equipo identificó potenciales fuentes renovables de energía, considerando la operación del bus y la disponibilidad en el mercado local: energía humana, solar, eólica, eléctrica convencional, y cinética. La Figura 15 muestra el diagrama relacional de las fuentes aprovechables y del uso de la energía en el prototipo.

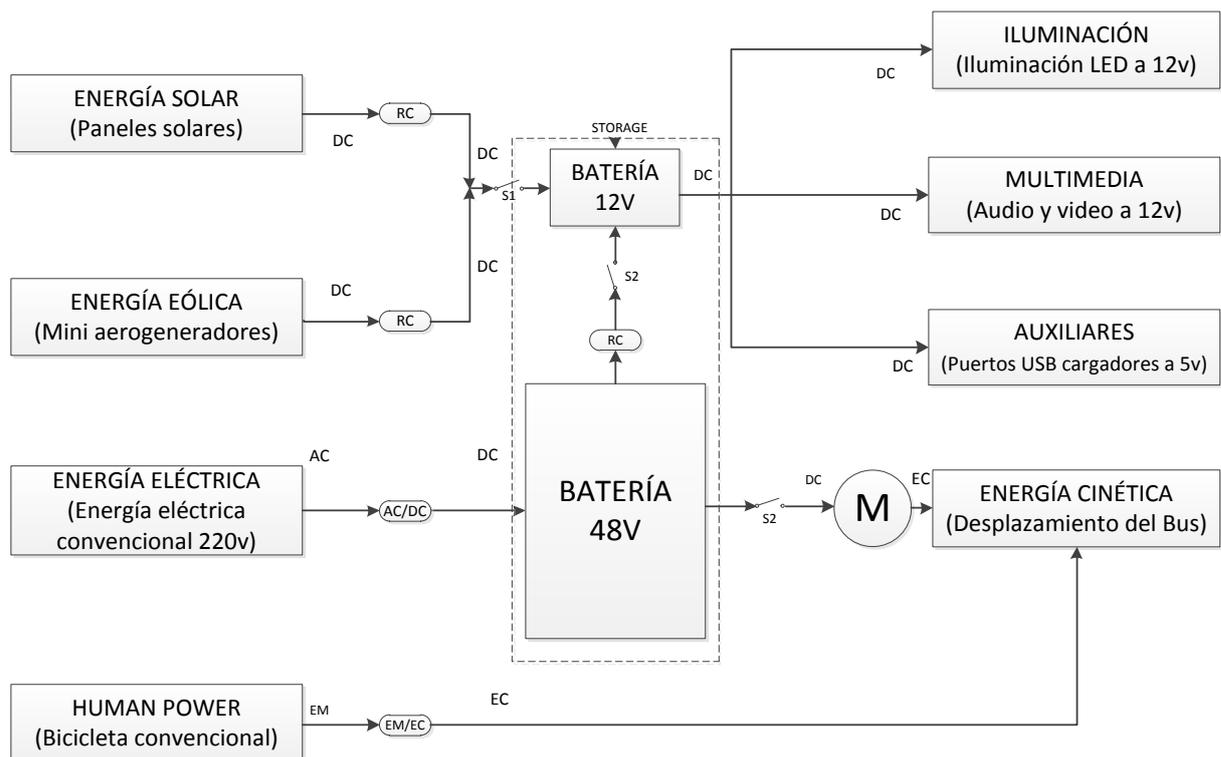


Figura 15. Diagrama relacional del aprovechamiento y uso de las diversas fuentes de energía disponibles para potenciar al concept bus.

RC – rectificador de carga, DC – corriente directa, AC – corriente alterna, S – switch, M - motor, EC – energía cinética, EM – energía mecánica.

Fuente: Diseño de los autores.

3.3. Sobre el aprovechamiento de energía humana en el prototipo.

La Figura 16 muestra el diseño de la bicicleta propuesta para anclarse en el prototipo. De acuerdo a [11], la potencia promedio generada en una bicicleta se encuentra entre 270 y 400 W. Dado que el prototipo será utilizado por adultos, se espera esfuerzos promedios de 300 N, con pares de 60 Nm. Para una velocidad angular media de 1 rps (6,28 rad/s), se podría esperar potencias de hasta 370 W (0,5HP) en cada bicicleta, y de 1480 W en el arreglo.



Figura 16. Vista general de la bicicleta estándar propuesta para el prototipo.
Fuente: Diseño de los autores.

3.4. Sobre el aprovechamiento de la energía solar.

La energía solar radiada sobre el prototipo se capturará a través de módulos fotovoltaicos. Dadas las características del prototipo, se decidió priorizar el uso de módulos flexibles.

Al analizar la oferta existente en el mercado local, se identificó los módulos GSP80Q y GSP145 fabricados por GIOCO SOLUTIONS [12] y distribuidos por PROVIENTO S.A. [13]. Considerando la potencia máxima, las dimensiones y el peso (ver Tabla 2), y priorizando este último parámetro, se decidió recomendar el uso de los módulos GSP80Q. La Figura 17 muestra el arreglo de 6 módulos que se plantea instalar en la cubierta superior del bus, con una potencia instalada de 490 W.



Figura 17. Arreglo de los módulos GSP80Q en la cubierta superior del bus.
Fuente: Diseño de los autores.

3.5. Sobre el aprovechamiento de la energía eólica.

Las corrientes de aire generadas por el movimiento del bus serán aprovechadas a través de generadores eólicos [14]. En el marco de este proyecto, se analizó el uso de turbinas de eje vertical y de aerogeneradores de baja potencia, distribuidos a lo largo de la superficie superior del prototipo, tal como lo muestra la Figura 18.

Entre las turbinas de eje vertical existentes en el mercado, se decidió analizar el desempeño potencial del modelo NE-H100S, fabricado por LIONTECH y distribuido por PROVIENTO S.A [15], [16] (ver Tabla 3). La velocidad esperada de viento en la turbinas corresponde a la velocidad promedio del desplazamiento del bus, que de acuerdo al estado del arte varía entre 25 y 30 Km/h equivalentes a 6,94 y 8,33 m/s, lo que cubre los requerimientos de velocidad de arranque y la velocidad promedio en el equipo.

Tabla 2. Análisis comparativo de las características de los módulos solares GSP 80Q y GSP 145

Especificaciones	GSP 80 Q	GSP 145
Tipo de célula solar	Policristalino	Policristalino
V max, V	12,40	22,32
I max, A	8,16	8,16
P max, W	81,87	147,36
Eficiencia, %	13,89	14,38
Dimensiones, mm	890 x 680 x 1,5	1530 x 680 x 1,5
Peso, Kg	1,45	2,60
coeficientes de temperatura		
Voltaje, %/ °C	-0,330	-0,330
Potencia, %/ °C	-046	-046
Corriente, %/ °C	+0,036	+0,036
Temperatura promedio, °C	42	42
valores limite		
Tensión del sistema, V	600	600
Máxima corriente inversa, A	15	15
Intervalo de temperatura, °C	-40 + 90	-40 + 90
Costo, USD	450	750

Fuente: Diseño de los autores.



Figura 18. Ubicación de la turbina de eje vertical y de los aerogeneradores de baja potencia en el prototipo.
Fuente: Diseño de los autores.

Tabla 3. Características técnicas de la turbina de eje vertical NE-H100S

Modelo	NE-H100S
Velocidad máxima segura de viento, m/s	45
Velocidad de arranque, m/s	3
Velocidad promedio del viento, m/s	8-10
Tensión de salida, V AC	12
Peso, kg	25
Generador	Síncrono de imán permanente
Potencia nominal, W	100
Máxima potencia, W	130
Diámetro de la rueda, m	0.8

Fuente: Diseño de los autores.

Los aerogeneradores de baja potencia se consideraron con la intención de reducir las pérdidas de energía. De entre los modelos existentes en el mercado, se recomendó la utilización de los fabricados por la empresa china KINMORE [16], y distribuidos por OMEGA ELECTRÓNICA (ver Tabla 4).

Tabla 4. Características técnicas del aerogenerador de baja potencia KINMORE

Tensión de salida, VDC	12
Peso, g	185
Potencia nominal, W	0.2 - 2
Máxima potencia, W	2
Diámetro de la rueda, mm	60

Fuente: Diseño de los autores.

Finalmente, considerando la estética del diseño, se decidió optar únicamente por el uso de aerogeneradores de baja potencia, aceptando la sugerencia de modificar la estructura frontal al incluir un túnel de viento que permita acelerar el aire antes de las turbinas.

3.6. Sobre el aprovechamiento de energía eléctrica convencional.

La energía total capturada de fuentes renovables en el bus, estará conformada por la energía aportada en los paneles solares y la energía capturada en las turbinas de baja potencia.

La energía solar capturada se calculó en 2701,71 Wh a partir de la expresión (1), considerando la ciudad de Loja dispone de 5.5 horas de luz por día [25].

$$E_{solar} = P_{paneles} * horas\ solar\ pico \quad (1)$$

La energía capturada en las turbinas de baja potencia se calculó en 24 Wh a través de la expresión (2), considerando que la potencia promedio de entrega de cada turbina es de 1 W (ver Figura 19) [26]. El número de horas de disponibilidad del recurso viento se tomó igual a 6 horas.

$$E_{turbinas} = P_{turbinas} * horas\ de\ movimiento \quad (2)$$

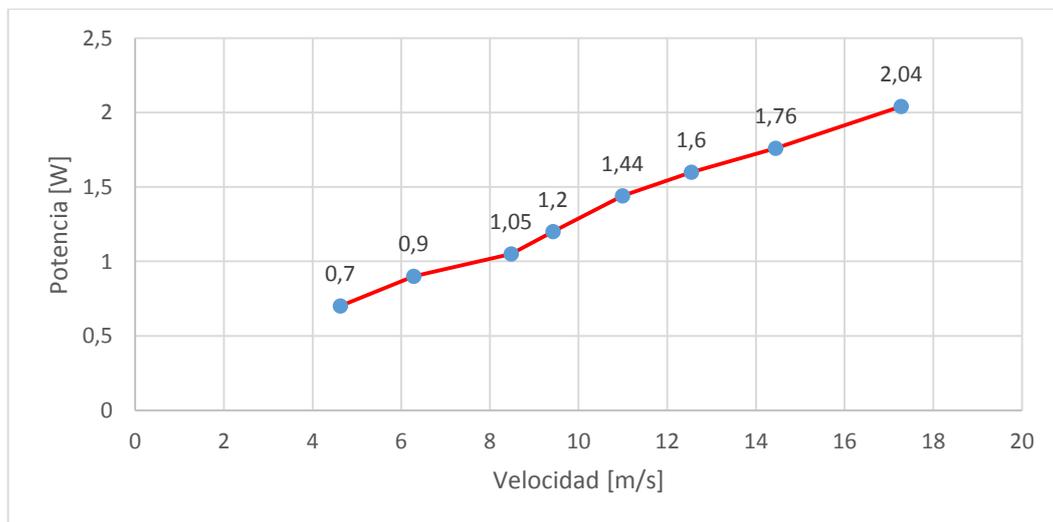


Figura 19. Curva de potencia del motor dc utilizado en el generador de baja potencia. Fuente: Diseño de los autores.

Por cuanto la energía capturada de fuentes renovables será insuficiente para potenciar el prototipo (ver Tabla 5), se decidió sugerir que el sistema de tracción sea potenciado desde un storage de energía alimentado desde la red eléctrica pública convencional de 220V, para reducir los tiempos de carga.

Tabla 5. Energía potencialmente capturable de fuentes renovables.

Fuente	Aporte, Wh
Energía solar	2701,71
Energía eólica	24,00
Total	2725,71

Fuente: Diseño de los autores.

3.7. Sobre el aprovechamiento de energía cinética.

Como parte de los trabajos futuros, se identificó al potencial aprovechamiento de la energía cinética que se transforma en calor durante el freno del prototipo.

La Figura 20 muestra la disposición final de los puntos de captura de energía en el prototipo.



Figura 20. Ubicación de los puntos de captura de energía en el prototipo.

Fuente: Diseño de los autores.

3.8. Gestión energética en las cargas proyectadas.

Con la intención de optimizar la alimentación de cargas en el prototipo se decidió dividir las cargas en dos grupos: bajo y alto consumo.

En el grupo de cargas de bajo consumo se incluyó el sistema de iluminación, el sistema multimedia de audio y video, y, el sistema de servicios auxiliares. Estos servicios se alimentarán a 12V, desde el storage secundario (ver Figura 15).

En el grupo de cargas de alto consumo se incluyó el sistema de tracción del bus, y el aporte al storage secundario ante la falla de otras fuentes de energía. Este grupo se alimentará del storage principal a 48V.

El **sistema de iluminación** estará conformado por los módulos de iluminación interior del prototipo, las luces de señalización exterior, y los faros (ver Tabla 6).

La iluminación interior corresponderá a la norma NTE INEN 2 205:2010 sobre vehículos automotores, bus urbano requerimientos, que describe las exigencias en la iluminación interior de buses en su apartado 5.1.2.6, literal b [17]. Para la iluminación interna del bus se utilizará 4 lámparas LED, de color blanco, distribuidas de tal forma que el nivel de iluminación mínimo será de 80 luxes, como lo indica la norma.

Las luces de señalización exterior corresponderán a la norma NTE INEN 1 155:2009 sobre dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad [18]. En la parte posterior del vehículo se utilizará 4 lámparas de color rojo para señalización de posición y de freno. La intensidad de luces de freno será mayor a la intensidad de las luces de posición. Adicionalmente se emplearán 4 luces direccionales (2 anteriores y 2 posteriores), y, 2 luces de retro o marcha atrás colocadas en la parte posterior del bus.

Los faros delanteros corresponderán a la norma NTE INEN 1 155:2009 sobre dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad [18]. Se utilizará 2 faros con lámparas duales o 4 faros con lámparas independientes. La intensidad luminosa de las lámparas no será mayor a 125 luxes.

Tabla 6. Características técnicas de las lámparas a utilizar en el bus.

Tipo de luminaria	Delanteros	Guías posteriores	Direccionales	Marcha atrás	Iluminación interior
Tensión nominal, V	12	12	12	12	12
Color	Blanca	Roja	Ámbar	Blanca	Ámbar
Cantidad	2	4	4	2	4
Potencia, W	20	15	10	10	20
Horas de uso, h	6	6	16	16	6
Coefficiente de uso	1	1	0,1	0,1	1
Energía consumida, Wh	120	90	16	16	120

Fuente: Diseño de los autores.

El **sistema multimedia** está conformado por un módulo de audio y otro de video. El módulo de audio contiene dos bocinas que funcionan a 12V, con una potencia instalada de 25W. El módulo de video posee una pantalla LED, de 32 pulgadas, de 60W a 12V. La Tabla 7 resume la demanda total de energía en este sistema.

Tabla 7. Demanda de energía en el sistema multimedia a utilizar en el bus.

Parámetro	Audio	Video
Tensión nominal, V	12,00	12,00
Cantidad	1,00	1,00
Potencia, W	25,00	60,00
Horas de uso, h	16,00	16,00
Coefficiente de uso	0,40	0,40
Energía consumida, Wh	160,00	384,00

Fuente: Diseño de los autores.

El **sistema auxiliar** está conformado por puntos de carga de dispositivos móviles, que operan a 5 V y soportan una potencia de 5W. La Tabla 8 resume la demanda total de energía en este sistema.

Tabla 8. Demanda de energía en el sistema auxiliar a utilizar en el bus.

Parámetro	Valor
Tensión nominal, V	5,00
Cantidad	5,00
Potencia, W	25,00
Horas de uso, h	16,00
Coefficiente de uso	0,30
Energía consumida, Wh	120,00

Fuente: Diseño de los autores.

El bus será potenciado por un motor Kit 2C – Mars ME0709, de 6 HP, que opera a 48V. El motor es distribuido en el mercado local por PROVIENTO S.A, y, tiene un peso de 30 libras. La Tabla 9 resume la demanda total de energía en este sistema.

Tabla 9. Demanda de energía en el sistema de tracción a utilizar en el bus.

Parámetro	Valor
Tensión nominal, V	48,00
Cantidad	1,00
Potencia, kW	4,47
Horas de uso, h	16,00
Coefficiente de uso	0,50
Energía consumida, kWh	35,70

Fuente: Diseño de los autores.

La Tabla 10 detalla el consumo de energía total de todos los sistemas.

Tabla 10. Demanda total de energía en el bus

Sistema	Demanda, Wh
Iluminación	362,00
Multimedia	544,00
Auxiliar	120,00
Tracción	35720,00
Total	36746,00

Fuente: Diseño de los autores.

3.9. Sobre el storage de energía.

El storage principal estará conformado por una batería de 48V, de 150Ah de capacidad, de polímero de litio, diseñada para vehículos eléctricos de alta capacidad. La batería es fabricada por Dongguan Chineng Electronic Technology, Ltd. y distribuida en el mercado local por PROVIENTO S.A.

El storage secundario estará conformado por una batería de 12V, a 20Ah de capacidad, de polímero de litio. La Figura 21 muestra un esquema general del sistema eléctrico del autobús..

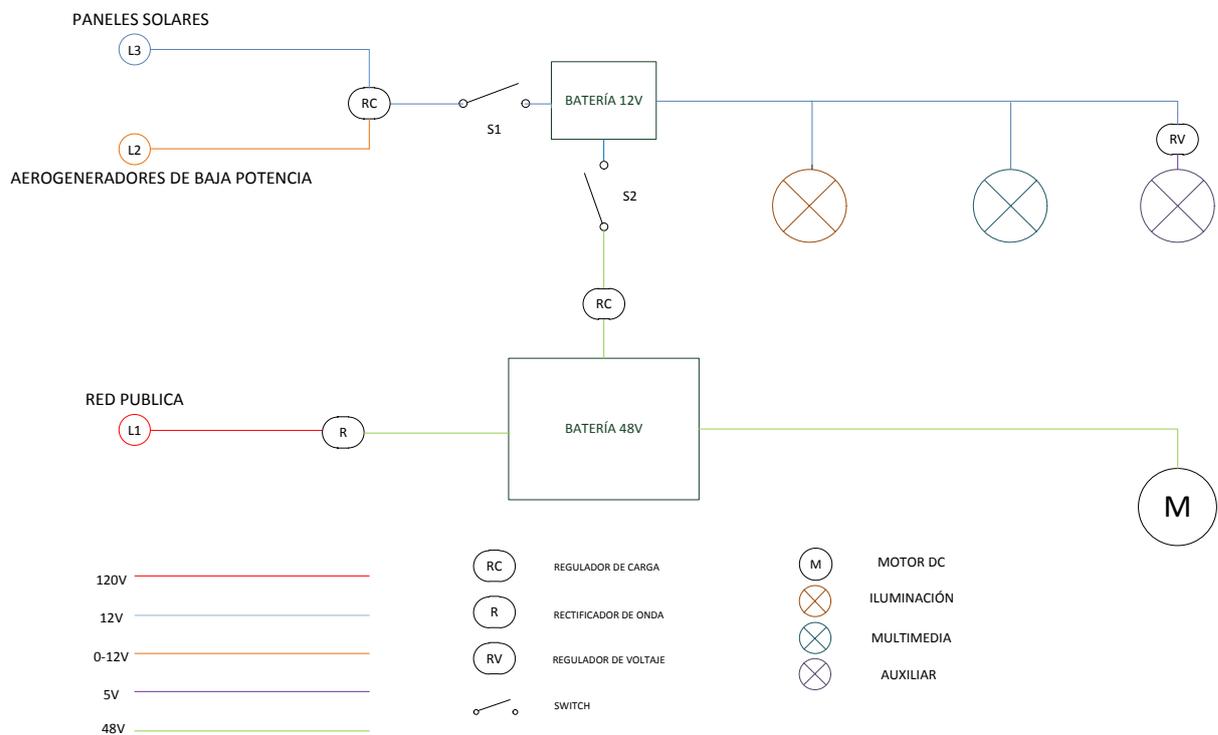


Figura 21. Diagrama del sistema eléctrico del bus.
Fuente: Diseño de los autores.

3.10. Presupuesto de inversión.

La Tabla 11 muestra el presupuesto de inversión requerido para la provisión de energía en el prototipo.

Tabla 11. Presupuesto de inversión para la provisión de los sistemas de iluminación, tracción, multimedia y auxiliares del bus.

Sistema	VU, USD	Unid.	Total, USD	Disponibilidad
Iluminación	2,000.00	1	2,000.00	Alta
Tracción	6,000.00	1	6,000.00	Alta
Audio	100.00	1	100.00	Alta
Video	600.00	1	600.00	Alta
Auxiliar	50.00	1	50.00	Alta
Storage	500.00	1	500.00	Media
Total			9,250.00	

Fuente: Diseño de los autores.

CAPÍTULO 4

4. SOBRE EL SISTEMA DE LOCALIZACIÓN Y MULTIMEDIA PARA EL PROTOTIPO.

4.1. Sobre la edad de los usuarios.

Considerando los hábitos de recreación y deporte de los habitantes promedio de la ciudad, el equipo de trabajo, con apoyo de expertos de la Sección de Hotelería y Turismo del Departamento de Ciencias Empresariales de la UTPL, decidió orientar la propuesta al segmento de población comprendido entre 25 y 35 años.

4.2. Sobre los servicios de audio y video a ofertar en el prototipo.

El equipo de trabajo decidió diferenciar entre los servicios de audio y video requeridos por los usuarios dentro del bus, los servicios requeridos por los usuarios fuera del bus, y los servicios requeridos por terceros.

Para el denominado **paquete servicios bus**, se programó la entrega de información turística relevante, en formato de audio y video, a través de una pantalla ubicada en la parte interior delantera del bus, y de nodos de audio ubicados cerca a cada uno de los usuarios. En cada nodo el usuario podrá optar por recibir el audio en castellano o en inglés.

En el **paquete servicios bicicleta**, la información se entregará en formato audio desde un nodo ubicado en la parte frontal de la bicicleta. En el nodo se podrá elegir entre castellano e inglés para la entrega de la información.

En cada uno de los lugares relevantes del corredor turístico, se ubicarán radiofaros que dispararán en los nodos, la información disponible. Los radiofaros se comunicarán de forma inalámbrica con los nodos de video y audio ubicados en el bus y en las bicicletas. Este grupo de servicios se denominará **paquete servicios radiofaro**.

En el **paquete servicios terceros**, el equipo de trabajo sugirió ofertar el servicio de información turística a personas ajenas al bus, que se muevan por sus propios recursos por el corredor. En cada radiofaro existirá un código gráfico que podrá ser escaneado desde un dispositivo móvil, y procesado en una aplicación previamente descargada, desde un sitio web determinado.

4.3. Características de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bus.

La Figura 22 muestra el esquema funcional del paquete **servicios bus**. Los contenidos audiovisuales requeridos se entregarán en formato AVI HD, con una resolución de 1080p, y,

con dos versiones de audio (castellano e inglés). Considerando la existencia de 4 paradas a lo largo del corredor turístico, se espera que los recursos audiovisuales de 5 minutos por parada, demanden 7.03 GB de capacidad de almacenamiento. Esta información se registrará y conservará en el **módulo de almacenamiento de audio y video**.

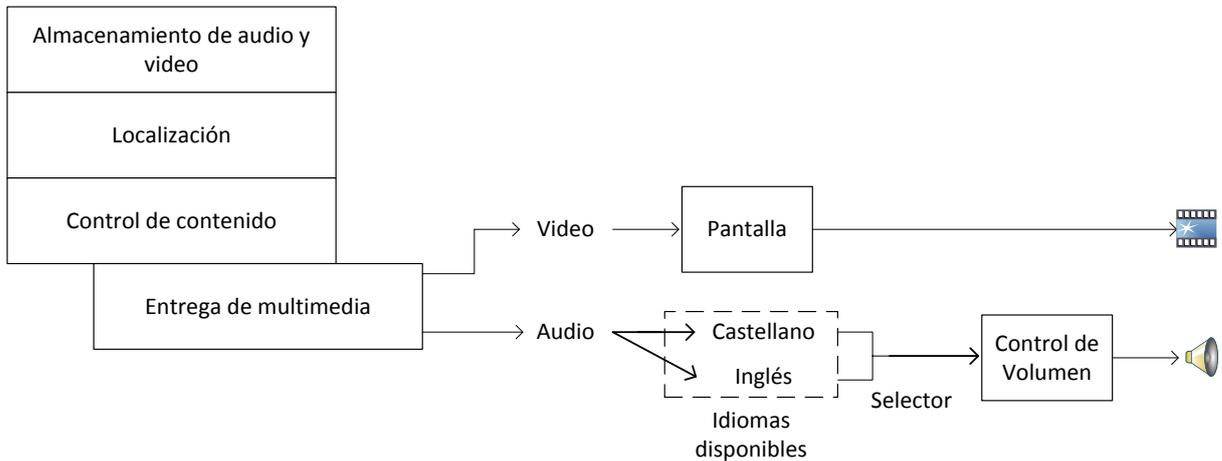


Figura 22. Esquema funcional del paquete servicios bus.
Fuente: Diseño de los autores.

Al moverse el autobús por el corredor turístico, al llegar a cada parada, una señal de radio proveniente del radiofaro activará al **módulo de localización** (ver Figura 23), que con apoyo del **módulo de control de contenido** desplegará las señales de video y audio. El usuario podrá elegir el audio en idioma castellano o inglés, a través del selector.

La Tabla 12 resume las características básicas de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bus.

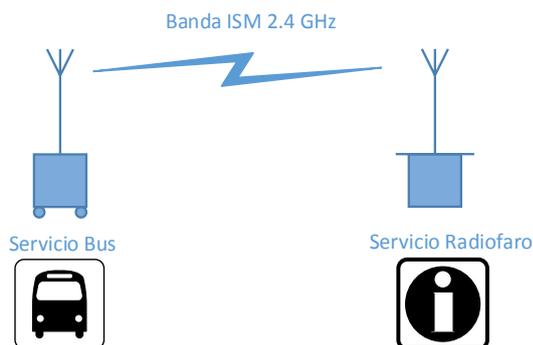


Figura 23. Escenario control de localización para el paquete servicios bus.
Fuente: Diseño de los autores.

Tabla 12. Características básicas de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bus.

Módulo electrónico	Características básicas
Almacenamiento de audio y video	Capacidad de almacenamiento de mínimo 7.3GB
Localización	Operación en la banda ISM, en el rango de 10m
Control de contenido	Control y reproducción de material multimedia, en formato AVI HD, con resolución 1080p
Selector	Conmutador doble
Control de volumen	Controlar el nivel de audio de un nivel cero al nivel máximo de audio entregado.

Fuente: Diseño de los autores.

4.4. Características de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta.

La Figura 24 muestra el esquema funcional del paquete **servicios bicicleta**. El audio se entregará en formato MP3, en 2 versiones (castellano e inglés). Se espera que los recursos audiovisuales demanden 120 MB de capacidad de almacenamiento. Esta información se registrará y conservará en el **módulo de almacenamiento de audio**.

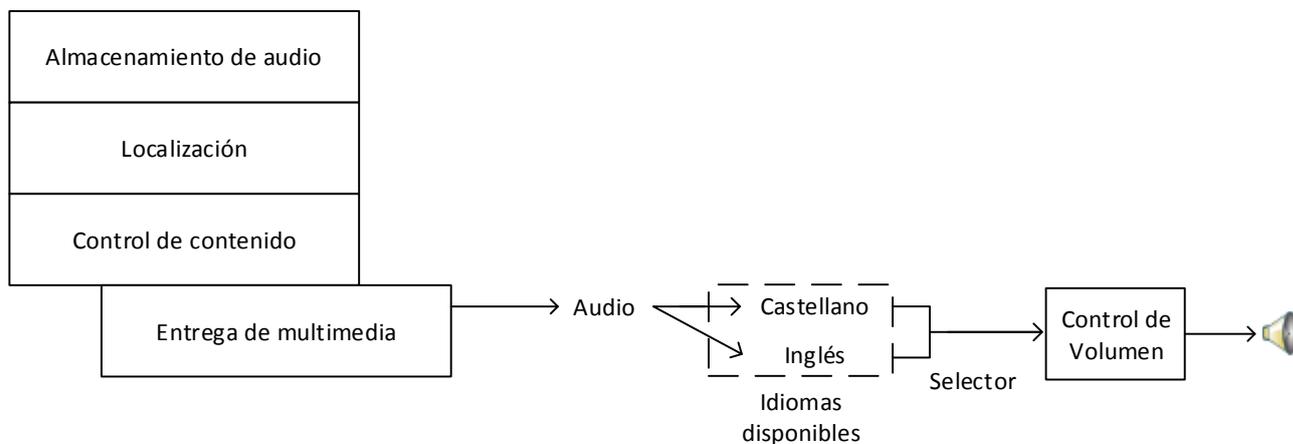


Figura 24. Esquema funcional del paquete servicios bicicleta.
Fuente: Diseño de los autores.

Al moverse el autobús por el corredor turístico, al llegar a cada parada, una señal de radio proveniente del radiofaro activará al **módulo de localización** (ver Figura 25), que con apoyo del **módulo de control de contenido** desplegará las señales de audio. El usuario podrá elegir el audio en idioma castellano o inglés, a través del selector.

La Tabla 13 resume las características básicas de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta.

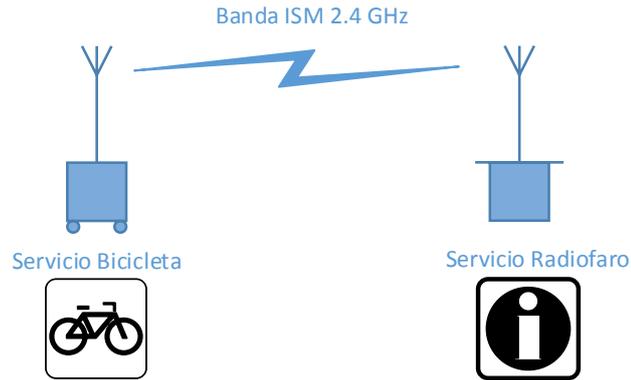


Figura 25. Escenario control de localización para el paquete servicios bicicleta.
Fuente: Diseño de los autores.

Tabla 13. Características básicas de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta.

Módulo electrónico	Características básicas
Almacenamiento de audio	Mínimo 120MB
Localización	Banda ISM, rango 10m
Control de contenido	Control y reproducción audio en formato MP3
Selector	Conmutador
Control de volumen	Controlar el nivel de audio de un nivel cero al nivel máximo de audio entregado.

Fuente: Diseño de los autores.

4.5. Características de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios terceros.

Cuando un usuario, ajeno al autobús, llegue a una parada podrá leer un código QR con apoyo del **módulo de dispositivo inteligente** (ver Figura 26). El código será interpretado por el **módulo de aplicación móvil**, previamente descargado de play store, en forma gratuita (ver Figura 27).

La Tabla 14 resume las características básicas de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta.

Tabla 14. Características básicas de operación de los módulos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta.

Módulo electrónico	Características básicas
Localización	Lectura código visual con etiqueta que identifique el lugar
Dispositivo móvil	Teléfono inteligente o tableta con sistema operativo android
Aplicación móvil	Aplicación turística de máximo 100Mb desarrollada en android, cuenta desarrollador en Google 25USD

Fuente: Diseño de los autores.



Figura 26. Esquema de descarga de la aplicación turística paquete servicios Terceros.
Fuente: Diseño de los autores.

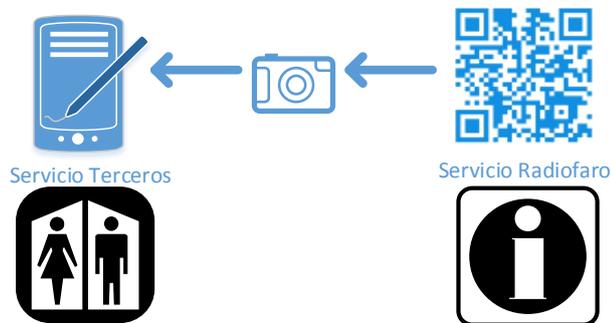


Figura 27. Escenario control de localización para el paquete servicios terceros.
Fuente: Diseño de los autores.

4.6. Preselección de los módulos electrónicos y de comunicación necesarios para satisfacer los requerimientos de diseño.

En el paquete servicios bus

Para dimensionar la capacidad real de la unidad de almacenamiento, se consideró la capacidad mínima requerida para albergar audio y video, la capacidad requerida por el sistema operativo de multimedia, y una capacidad extra para cubrir potenciales ampliaciones del circuito turístico (ver Tabla 15). Considerando las características de los módulos disponibles en el mercado, se decidió proponer la utilización de unidades de 32 GB de capacidad.

Tabla 15. Dimensionamiento de la capacidad de la unidad de almacenamiento requerida para el paquete servicios bus.

Requerimiento	Capacidad
Mínimo requerido	7.3 GB
SO multimedia	2.0 GB
Expansión	7.3 GB
Total	16.6 GB

Fuente: Diseño de los autores.

Para seleccionar la banda libre a utilizar en el bloque de localización, se analizó las prestaciones de las bandas libres disponibles en Ecuador (ver Tabla 16) [19]. Como resultado se decidió recomendar la utilización de la banda de 2.4GHz.

Tabla 16. Selección de la banda libre a utilizar en el bloque de localización del prototipo.

Requerimiento	Banda		
	315–433 MHz	900 MHz	2,4 GHz
Banda ISM	Si	Si	Si
Cobertura 10m	Mayor	Mayor	Si
Transmisión con módulo programable	Si	Si	Si
Transductor	No	No	Si

Fuente: Diseño de los autores.

Para preseleccionar el módulo electrónico a utilizar en el bloque de control de contenido, se comparó las prestaciones de los mini-PC disponibles en el mercado local (ver Tabla 17). Como resultado se decidió proponer la utilización de la mini-PC Raspberry Pi 2[20], [21].

Tabla 17. Preselección del módulo electrónico a emplear en el bloque de control de contenido del paquete servicios bus.

Requerimiento	Raspberry Pi 2	Beagle-Bone
Programable	Si	Si
Multimedia	Si	Si
Formato AVI HD	Si	No
Salida HDMI 1080p	Si	No

Fuente: Diseño de los autores.

En el paquete servicios bicicleta

Para dimensionar la capacidad real de la unidad de almacenamiento, se consideró la capacidad mínima requerida para albergar audio, y una capacidad extra para cubrir potenciales ampliaciones del circuito turístico (ver Tabla 18). Considerando las características de los módulos disponibles en el mercado, se decidió proponer la utilización de unidades de 2 GB de capacidad.

Tabla 18. Dimensionamiento de la capacidad de la unidad de almacenamiento requerida para el paquete servicios bicicleta.

Requerimiento	Capacidad
Mínimo Requerido	120 MB
Expansión	120 MB
Total	240 MB

Fuente: Diseño de los autores.

El bloque de localización operará en la banda de 2.4GHz, seleccionada en el apartado anterior.

Para preseleccionar los módulo electrónicos a utilizar en el bloque de control de contenido, se comparó las prestaciones de los módulos de control de archivos de audio disponibles en el mercado (ver Tabla 19). Como resultado se decidió recomendar la utilización del módulo WT5001 [22], [23].

En el paquete servicios terceros

Para la operación del bloque de localización se utilizará el código QR. Una vez leído el código, la información relevante serpa entregada al usuario a través de su dispositivo móvil inteligente. La aplicación de reconocimiento será previamente descargada en forma gratuita.

Tabla 19. Preselección del módulo electrónico a emplear en el bloque de control de contenido del paquete servicios bicicleta.

Requerimiento	WT50001	WTV020
Control	Si	Si
Reproducción	Si	Si
Capacidad SD 2GB	Si	No
Formato MP3	Si	No
Voltaje de Trabajo	3.3V – 5V	2.7V – 3.5V
Control de volumen integrado	Si	No

Fuente: Diseño de los autores.

4.7. Esquema funcional para la provisión de servicios en el autobús.

La Figura 28 muestra el esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia en el autobús. El radiofaro opera en 2,4 GHz RF. La señal se receipta en un módulo RF conectado a una tarjeta Arduino Uno (AU) [24]. Para obtener las salidas de audio y video, se conecta la tarjeta AU a dos mini-PC Raspberry Pi 2 (RP2). Se requiere de dos RP2 para viabilizar la entrega del audio en dos idiomas diferentes. Cada RP2 opera con una Micro-SD de 32GB. Las RP2 entregan audio y video a través de salidas HDMI y de audio estéreo. La Figura 29 muestra un diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación.

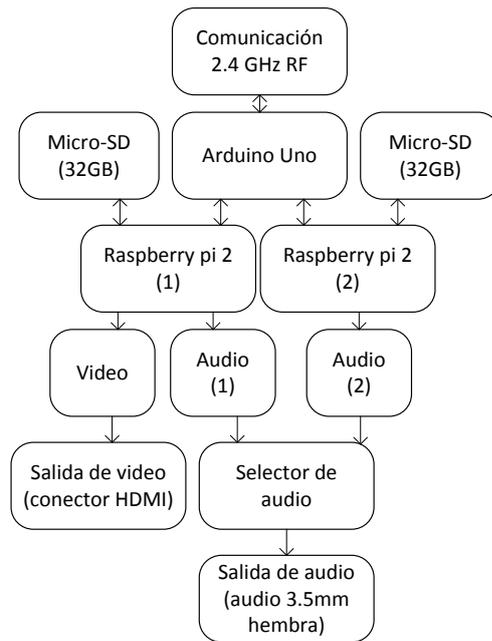


Figura 28. Esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia en el autobús.
Fuente: Diseño de los autores.

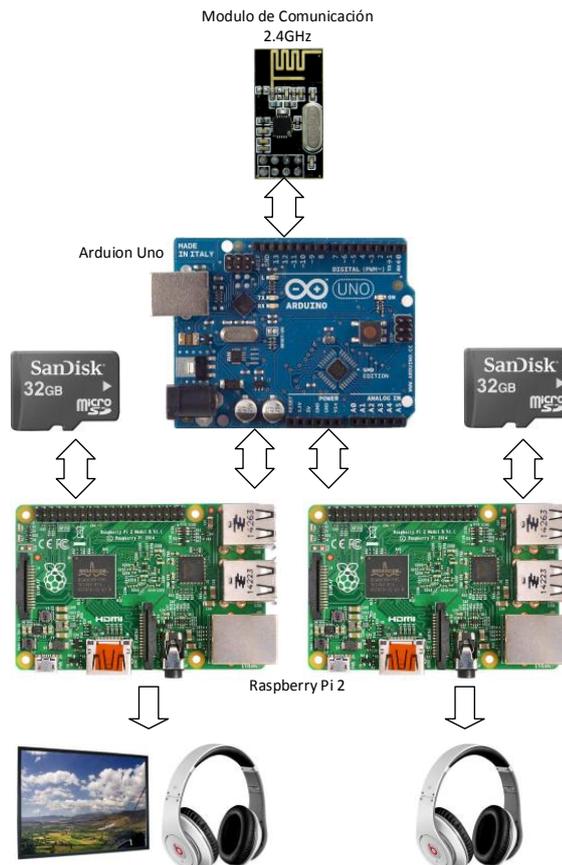


Figura 29. Diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación requeridos para la provisión de servicios de localización y multimedia en el autobús.
Fuente: Diseño de los autores.

Considerando los datos de placa de cada uno de los módulos electrónicos y de comunicación requeridos, el consumo de energía del paquete de servicios bus se calculó en 1940 mAh, con una alimentación de 5V.

La Tabla 20 muestra el presupuesto requerido para implementar el paquete.

Tabla 20. Presupuesto de inversión para la provisión de servicios de localización y multimedia en el autobús.

Componente	VU, USD	Unid.	Total, USD	Disponibilidad
Arduino Uno	40.00	1	40.00	Alta
Micro SD 32GB	25.00	2	50.00	Alta
Raspberry pi 2	95.00	2	190.00	Alta
Cable salida HDMI	6.50	1	6.50	Alta
Jack femenino 3mm	1.25	6	7.50	Alta
Conmutador doble	1.00	6	6.00	Alta
Total			230.00	

Fuente: Diseño de los autores.

4.8. Esquema funcional para la provisión de servicios en la bicicleta.

La Figura 30 muestra el esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia en la bicicleta. El módulo de control de archivos de audio WT50001 se conecta a una tarjeta AU. Esta conexión permitirá que el módulo WT5001 reproduzca archivos de audio almacenados en una Micro-SD en formato MP3, a través de la tarjeta AU. El audio se entregará a través de un adaptador para audífonos de 3.5 mm. La Figura 31 muestra un diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación.

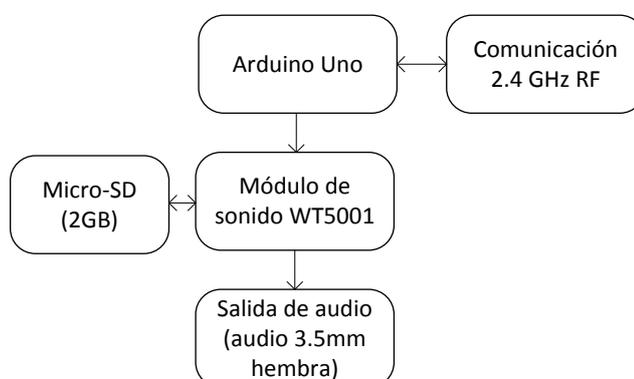


Figura 30. Esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia en la bicicleta.

Fuente: Diseño de los autores.

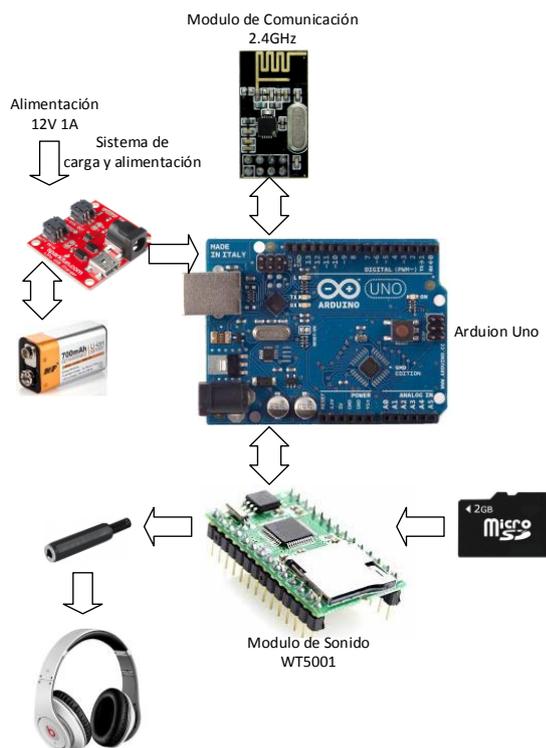


Figura 31. Diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación requeridos para la provisión de servicios de localización y multimedia en las bicicletas. Fuente: Diseño de los autores.

El consumo de energía del paquete de servicios bicicleta, por cada usuario, se calculó en 190 mAh, con una alimentación de 5V.

La Tabla 21 muestra el presupuesto requerido para implementar el paquete.

Tabla 21. Presupuesto de inversión para la provisión de servicios de localización y multimedia en las bicicletas.

Componente	VU, USD	Unid.	Total, USD	Disponibilidad
Arduino Uno	40.00	6	240.00	Alta
Jack femenino 3mm	1.25	6	7.50	Alta
WT5001	65.00	6	390.00	Alta
Micro SD 2GB	10.00	6	60.00	Alta
Módulo 2.4GHz	10.00	6	60.00	Alta
Batería 9V 700mAh	25.00	6	150.00	Alta
Cargador batería	15.00	6	60.00	Alta
Carcasa	30.00	6	180.00	Alta
Total			1,147.50	

Fuente: Diseño de los autores.

4.9. Esquema funcional para la provisión de servicios en el radiofaro.

La Figura 32 muestra el esquema funcional de la provisión de servicios de localización en el radiofaro. El radiofaro ubicado en cada una de las paradas se identifica por señales de radio y por códigos QR.

Las señales de radio se emiten en la banda de 2,4 GHz RF, y se generan en un módulo RF conectado a una tarjeta AU. Los códigos QR se ubican en un lugar visible, prestos a ser escaneados por los usuarios. La Figura 33 muestra un diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación, mientras que la Figura 34 presenta un ejemplo de código QR a utilizar.

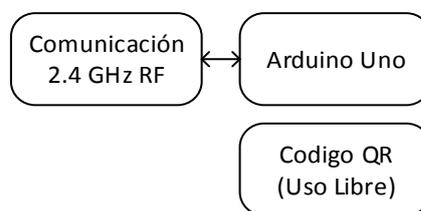


Figura 32. Esquema funcional de la provisión de servicios de localización en el radiofaro.
Fuente: Diseño de los autores.

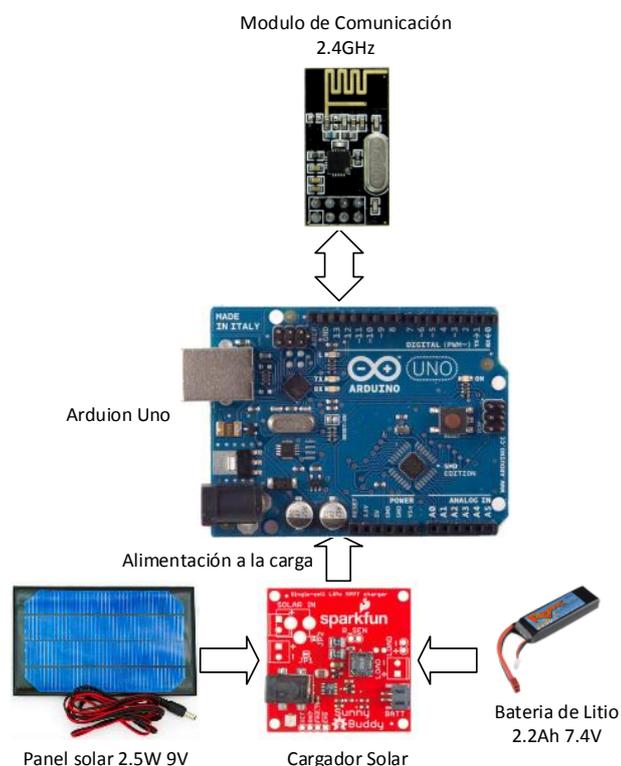


Figura 33. Diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación requeridos para la provisión de servicios de localización en el radiofaro.
Fuente: Diseño de los autores.

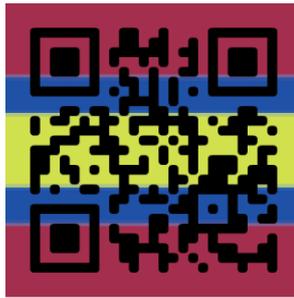


Figura 34. Ejemplo de código QR a utilizar para identificación de cada radiofaro.

Fuente: Diseño de los autores.

El consumo de energía del paquete de servicios radiofaro se calculó en 140 mAh, con una alimentación de 5V.

La Tabla 22 muestra el presupuesto requerido para implementar el paquete.

Tabla 22. Presupuesto de inversión para la provisión de servicios de localización en los radiofaros.

Componente	VU, USD	Unid.	Total, USD	Disponibilidad
Arduino Uno	40.00	4	160.00	Alta
Módulo 2.4 GHZ	10.00	4	40.00	Alta
Batería 6Ah	73.00	4	292.00	Alta
Cargador solar	55.00	4	220.00	Alta
Panel solar 3W	70.00	4	280.00	Alta
Estructura	150.00	4	600.00	Alta
Total			1,592.00	

Fuente: Diseño de los autores.

4.10. Esquema funcional para la provisión de servicios a terceros.

La Figura 35 muestra el esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia para terceros. La Figura 36 muestra un ejemplo de la operatividad de la aplicación de decodificación y visualización de información de cada parad.

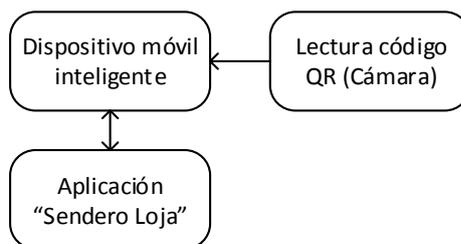


Figura 35. Esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia a terceros.

Fuente: Diseño de los autores.



Figura 36. Ejemplo de operatividad de la aplicación para decodificación y visualización de la información turística relevante en cada una de las paradas, en el paquete de servicios a terceros.

Fuente: Diseño de los autores.

La Tabla 23 muestra el presupuesto requerido para implementar el paquete.

Tabla 23. Presupuesto de inversión para la provisión de servicios de localización y multimedia para terceros.

Componente	VU, USD	Unid.	Total, USD	Disponibilidad
Dispositivo inteligente	600.00	1	600.00	Alta
Desarrollo APP	450.00	1	450.00	Alta
Código QR	0.00	4	0.00	Alta
Nube Play Store	25.00	1	25.00	Alta
Total			1,075.00	

Fuente: Diseño de los autores.

4.11. Presupuesto total de implementación.

La Tabla 24 muestra el presupuesto total de inversión.

Tabla 24. Presupuesto de inversión para la provisión de los servicios ofertados.

Servicios	Total, USD
Paquete servicios bus	230.00
Paquete servicios bicicleta	1,147.50
Paquete servicios radiofaro	1,592.00
Paquete servicios terceros	1,075.00
Total	4,044.50

Fuente: Diseño de los autores.

4.12. Consumo de energía.

La Tabla 25 muestra el consumo total de energía esperado en los módulos electrónicos y de comunicación.

Tabla 25. Consumo de corriente y voltaje suministrados a cada paquete de servicios.

Servicios	mA	V
Paquete servicios bus	1940.00	5.00
Paquete servicios bicicleta	190.00	12.00
Paquete servicios radiofaro	140.00	5.00
Paquete servicios terceros	0.00	0.00

Fuente: Diseño de los autores.

CONCLUSIONES.

- ✓ En función de las ideas generales establecidas en la revisión del estado del arte, y, acogiendo la sugerencia de un grupo multidisciplinario de consulta, se ha descrito la idea de un bus impulsado por energía humana, en el que un grupo de ciclistas potencian el movimiento del bus a través de un corredor turístico determinado en la ciudad de Loja.
- ✓ Se ha completado la etapa de ingeniería de concepto de la estructura mecánica de un bus potenciado por energía humana, que responda a las exigencias del contexto de la ciudad de Loja.
- ✓ Considerando aspectos mecánicos, operativos y estéticos se ha decidido la forma del bus.
- ✓ Sobre la base de consideraciones operativas, se ha definido la arquitectura y materiales de construcción de la estructura base y de la carrocería del bus.
- ✓ Se estableció la factibilidad técnica y económica para el diseño e implementación de servicios de localización y multimedia en un autobús potenciado por energía humana y otras fuentes renovables de energía.
- ✓ Se ha identificado los principales momentos en la gestión de energía en el bus, identificando cargas de alto y bajo consumo.

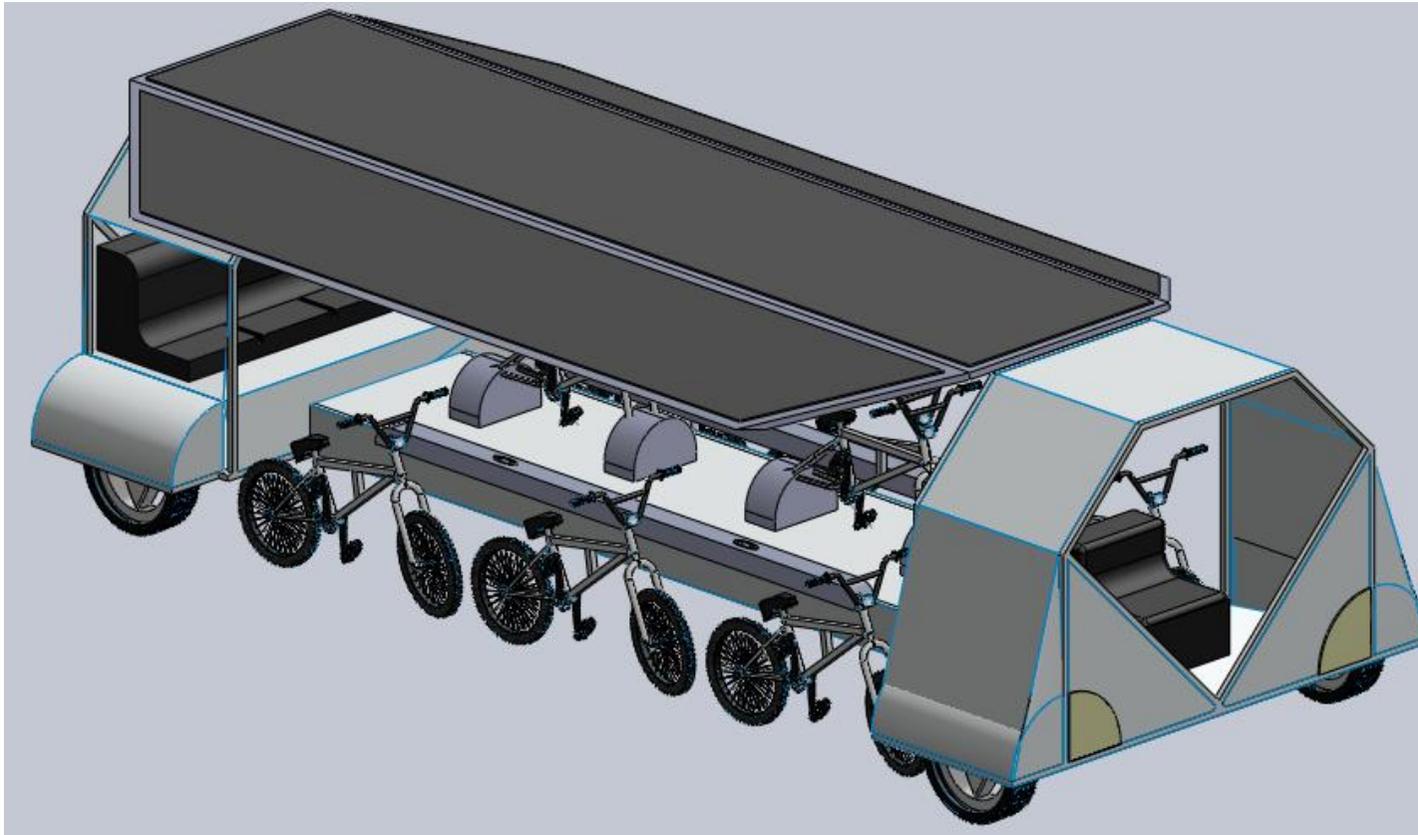
BIBLIOGRAFÍA

- [1] TWS blog Tecnowebstudio [en línea]. Disponible en <http://tecnowebstudio.com/el-autobus-%E2%80%93-bicicleta/> [Consulta Agosto 2015]
- [2] Caferacer [en línea]. Disponible en http://www.decaferacer.nl/BSO_fiets.html [Consulta Agosto 2015]
- [3] Bike Accident Advice [en línea]. Disponible en <http://www.bikeaccidentadvice.com/bus-that-is-powered-by-passengers/c> [Consulta Agosto 2015]
- [4] Limo Cycle Tours [en línea]. Disponible en <http://limocycle.com/the-awesome-cycle/> [Consulta Agosto 2015]
- [5] Ingeniería Verde, idea innovadora [en línea]. Disponible en <http://www.ingenieriaverde.org/una-idea-innovadora-el-bus-electrico-humano-asistido/> [Consulta Agosto 2015]
- [6] ZZMERCK [en línea]. Disponible en http://zzmerck.en.alibaba.com/product/60295430225-800702465/pedal_electric_trike_motorcycle_USA.html [Consulta Agosto 2015]
- [7] SolidWorks [En línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>. [Consulta Septiembre 2015]
- [8] CHASIS, Wikipedia [En línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Chasis> [Consulta Septiembre 2015]
- [9] PLASTICOS REFORZADOS ECUATORIANOS [En línea] Disponible en <http://ibag55.wix.com/fibradevidrio#!wwwfibradevidrioec/ctqj> [Consulta Agosto 2015]
- [10] AUTOBÚS [En línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Autob%C3%BA>s [Consulta Septiembre 2015]
- [11] Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas, Autores: Carlos Fabián Núñez, Julián Oswaldo Flórez, Universidad Industrial de Santander 2011. [Consulta Agosto 2015]
- [12] PANELES SOLARES, GIOCO SOLUTIONS [En línea] <http://www.giocosolutions.com/> [Consulta Septiembre 2015]
- [13] Paneles solares flexibles ecuador [En línea] <http://www.provientto.com.ec/panelesolares.html> [Consulta Septiembre 2015]
- [14] Aprovechamiento de energía [En línea]: Disponible en: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm [Consulta Agosto 2015]

- [15] Aliexpres. Vertical Wind Turbines (2014). [En línea] Disponible en: <http://goo.gl/SS4SIU> [Consulta Agosto 2015]
- [16] Motores de corriente continua. [En línea] www.kinmoremotor.com [Consulta Septiembre 2015]
- [17] Vehículos automotores. Bus urbano requerimientos, norma técnica ecuatoriana, NTE INEN 2 205:2010. [En línea] <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2205.2010.pdf> [Consulta Octubre 2015]
- [18] Vehículos automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad, NTE INEN 1 155:2009. [En línea] <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1155.2009.pdf> [Consulta Octubre 2015]
- [19] “Plan Nacional de Frecuencias Ecuador 2012.” [Online]. Available: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [20] “Raspberry Pi 2 Model B.” [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [21] “BeagleBone.” [Online]. Available: <http://beagleboard.org/bone>. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [22] “The Manual of WT5001 Modules.” [Online] Available: <http://www.microelectronicos.com/datasheets/WT5001.pdf>. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [23] “WTV020-SD Module” [Online]. Available: http://letsmakerobots.com/files/WTV020_manual_V1.3.pdf. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [24] “Arduino Uno” [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [25] “Atlas Solar del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica” [Online]. Available: http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [26] “CONTROL PID PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DC” [Online]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4440/1/621381535G463.pdf>. [Accessed: 30-Jun-2015].

ANEXOS

ANEXO 1. PROTOTIPOS DE BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

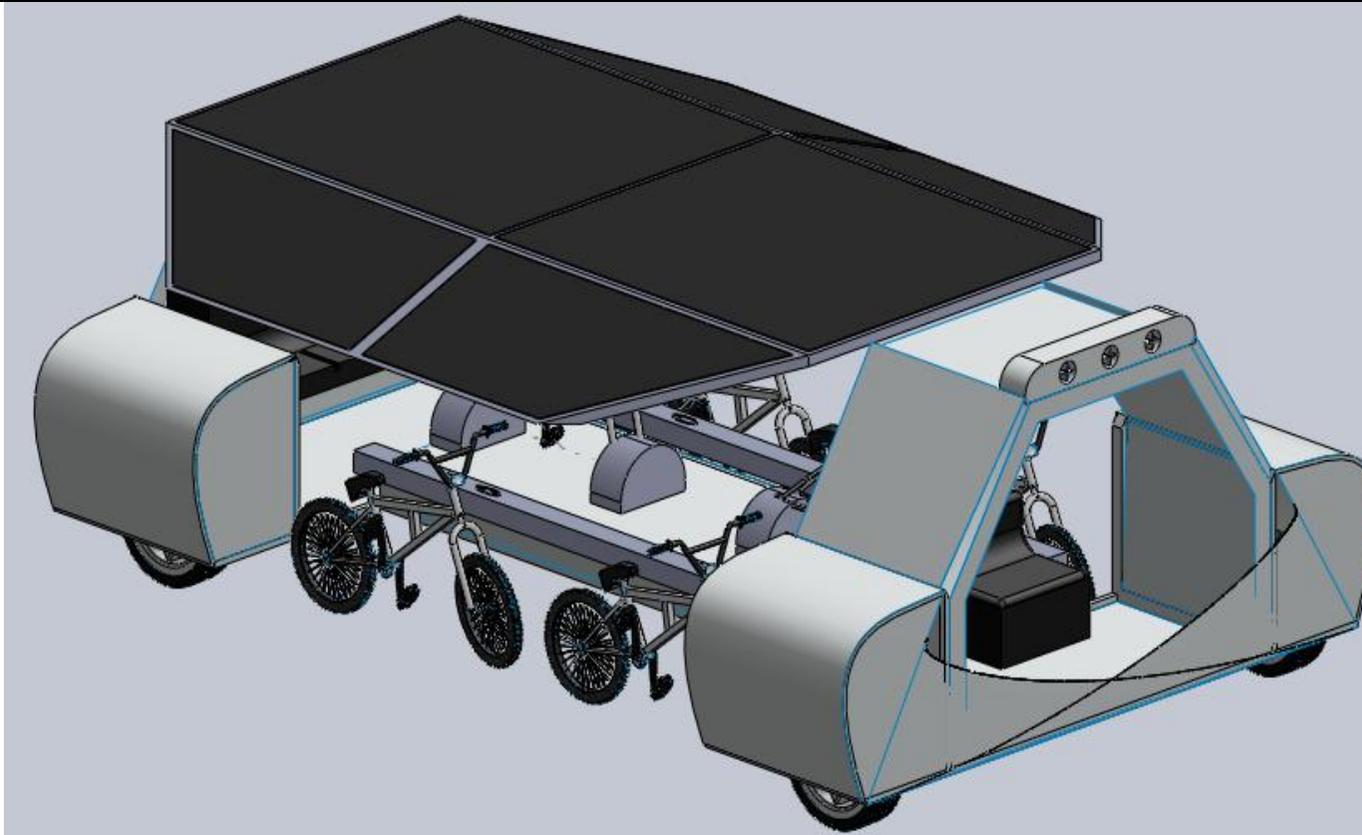
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista general del primer prototipo, diseñado para priorizar un número máximo de usuarios del bus.

1



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

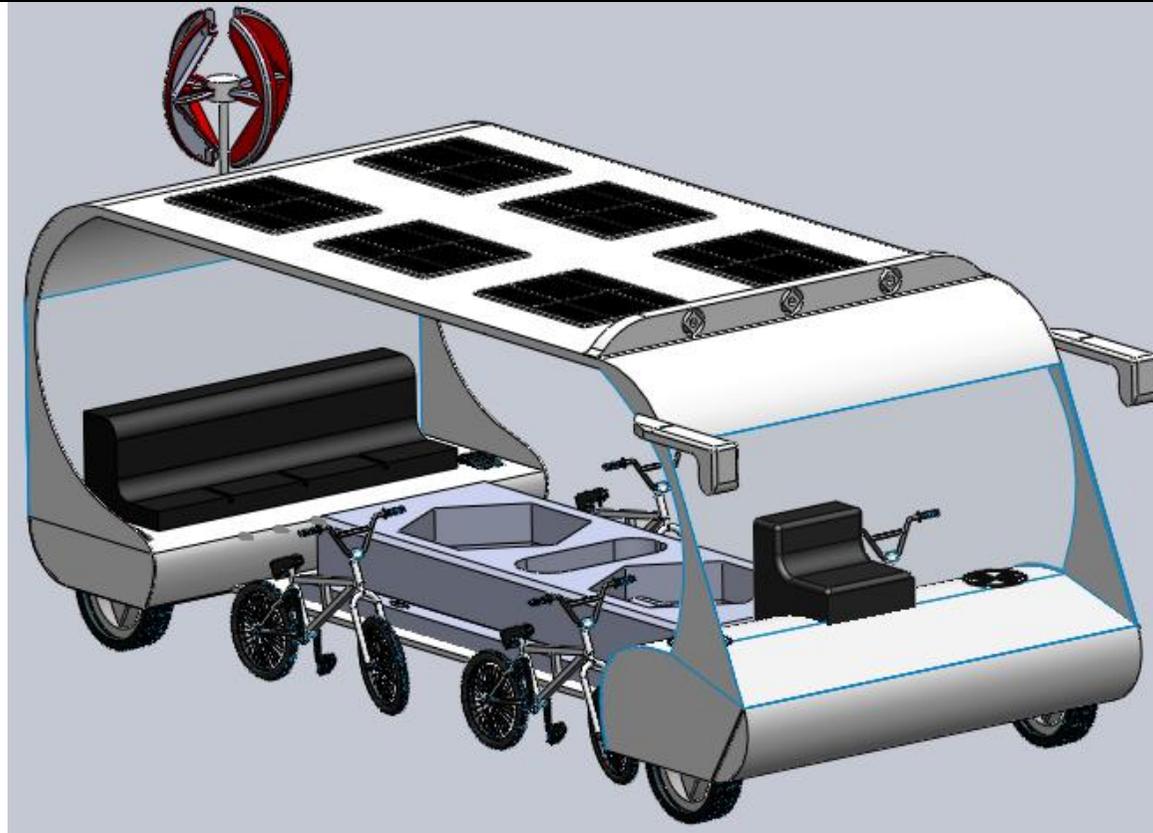
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista general del segundo prototipo, diseñado para minimizar problemas de movilidad en la ciudad, y reducir los problemas mecánicos de giro.

2



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

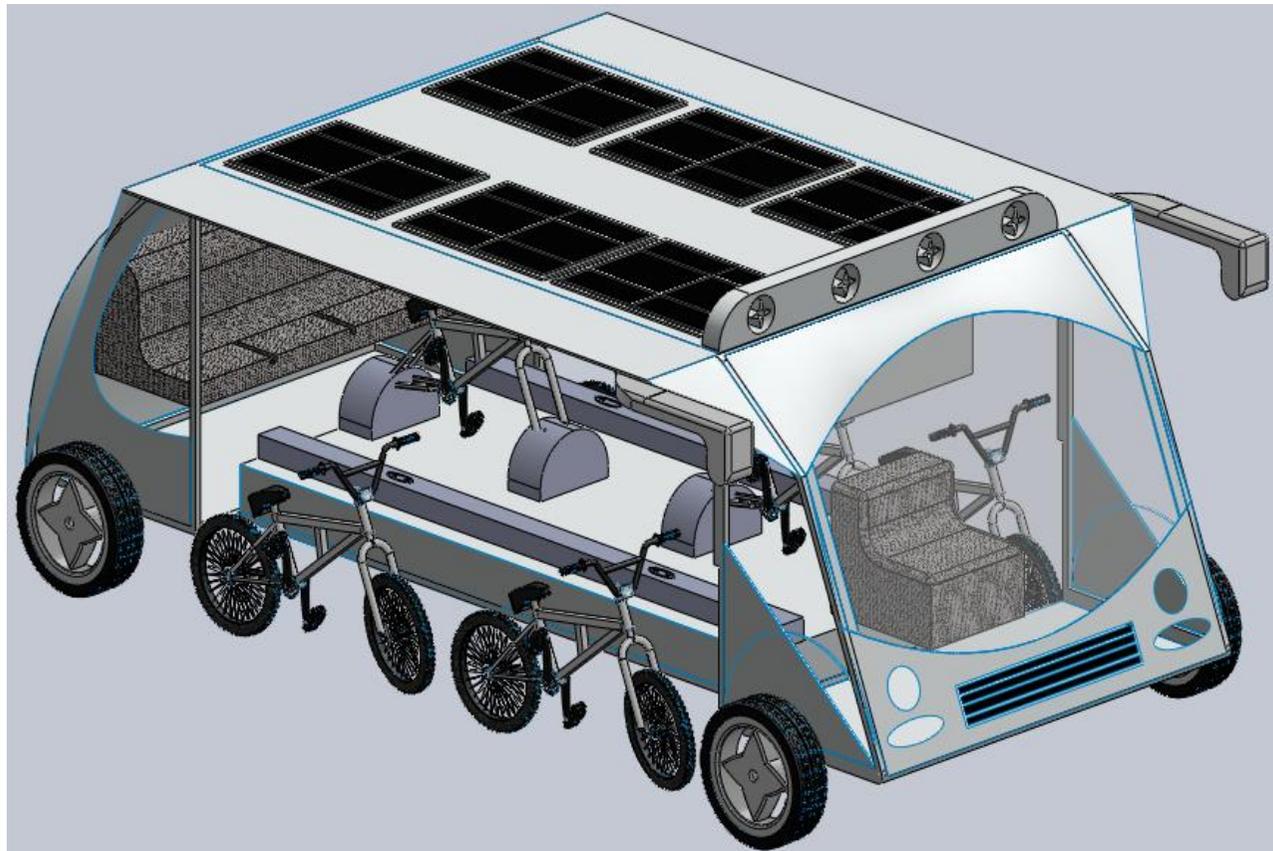
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista general del tercer prototipo, que incluye el aspecto de un bus urbano convencional, y reduce el peso de la estructura.

3



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista general del cuarto prototipo.

4



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

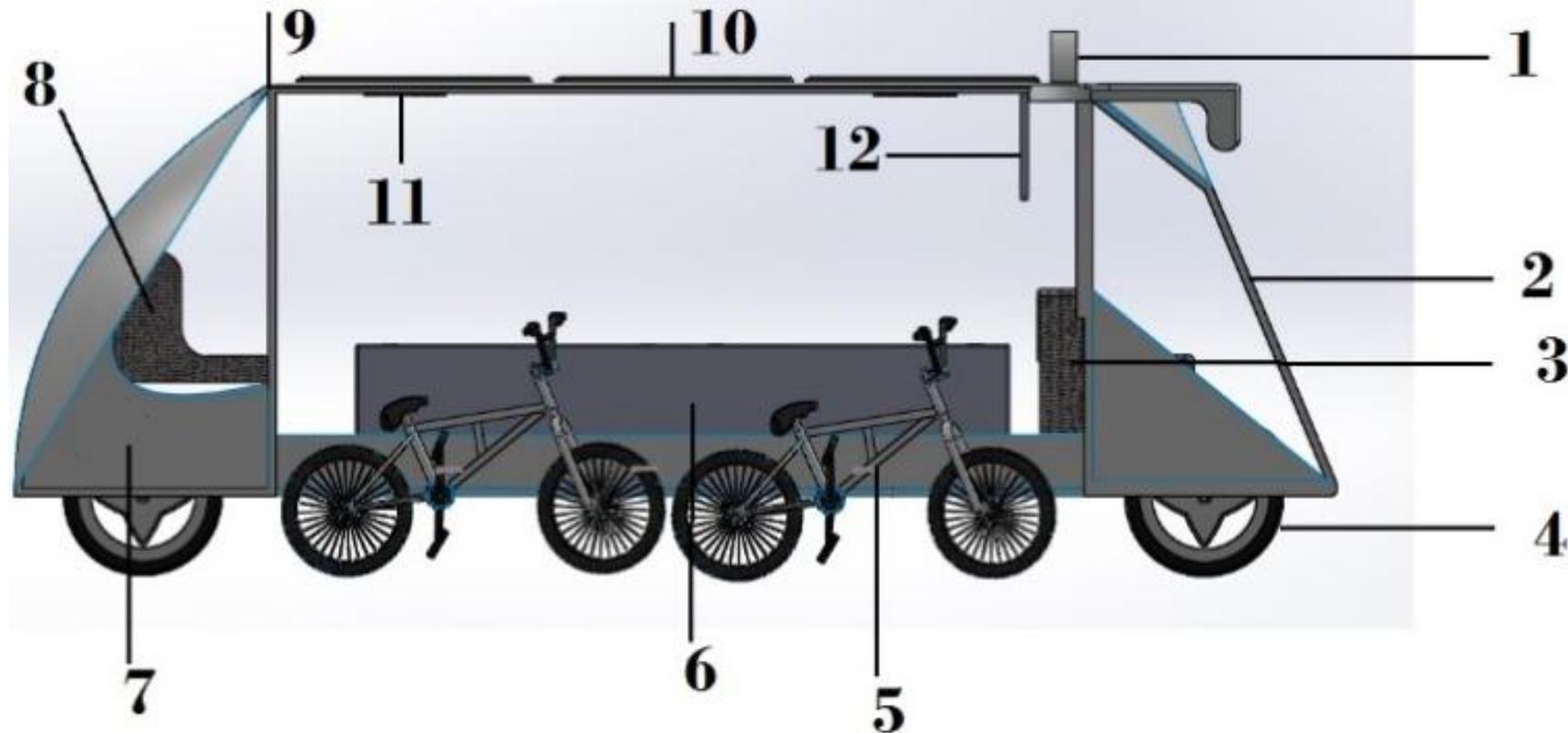
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista general del quinto prototipo, que incluye protección de la acción de las llantas, y casilleros para los usuarios.

5



1 - generadores eólicos de baja potencia, 2 - parabrisas, 3 - asiento del conductor, 4 - llantas de soporte, 5 - bicicletas, 6 - casilleros, 7 - carrocería, 8 - asiento trasero para tres personas, 9 - cubierta, 10 - paneles solares, 11 - sistema de audio, 12 - TV LED.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

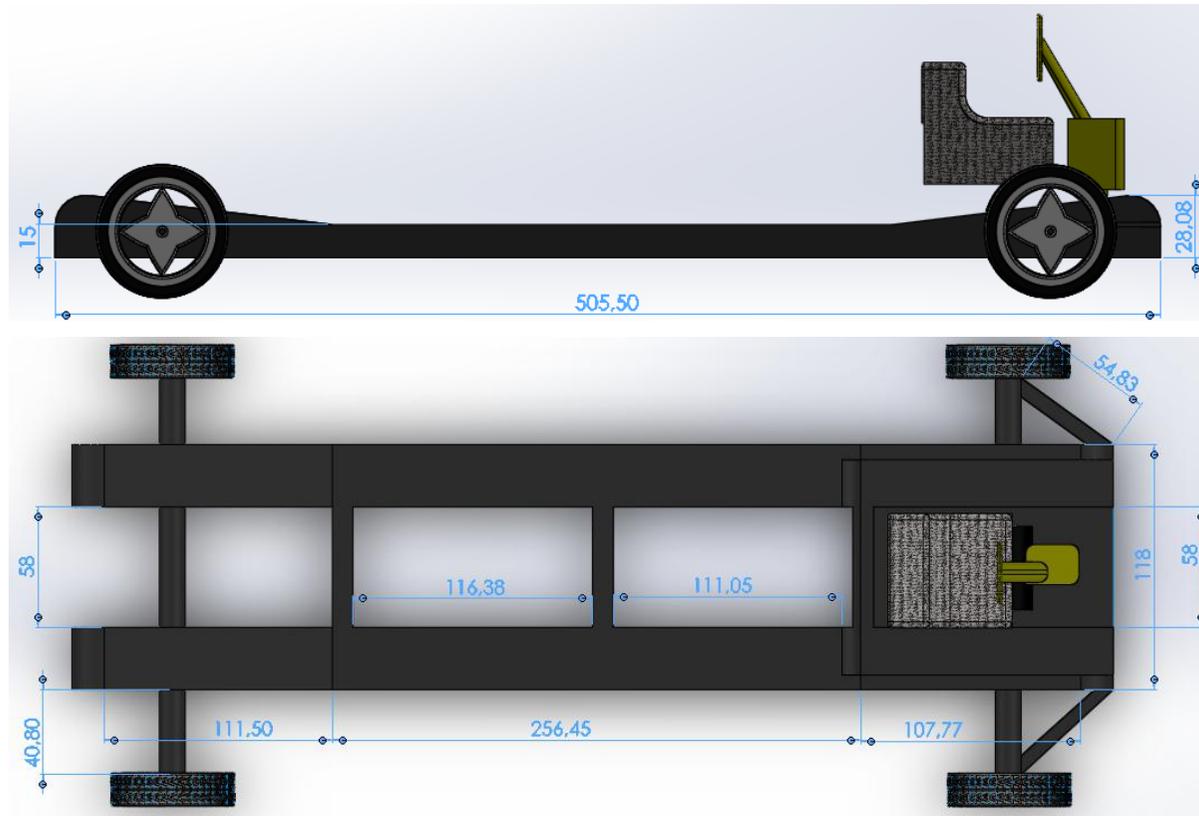
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Componentes sugeridos para su inclusión en el diseño del bus.

6



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

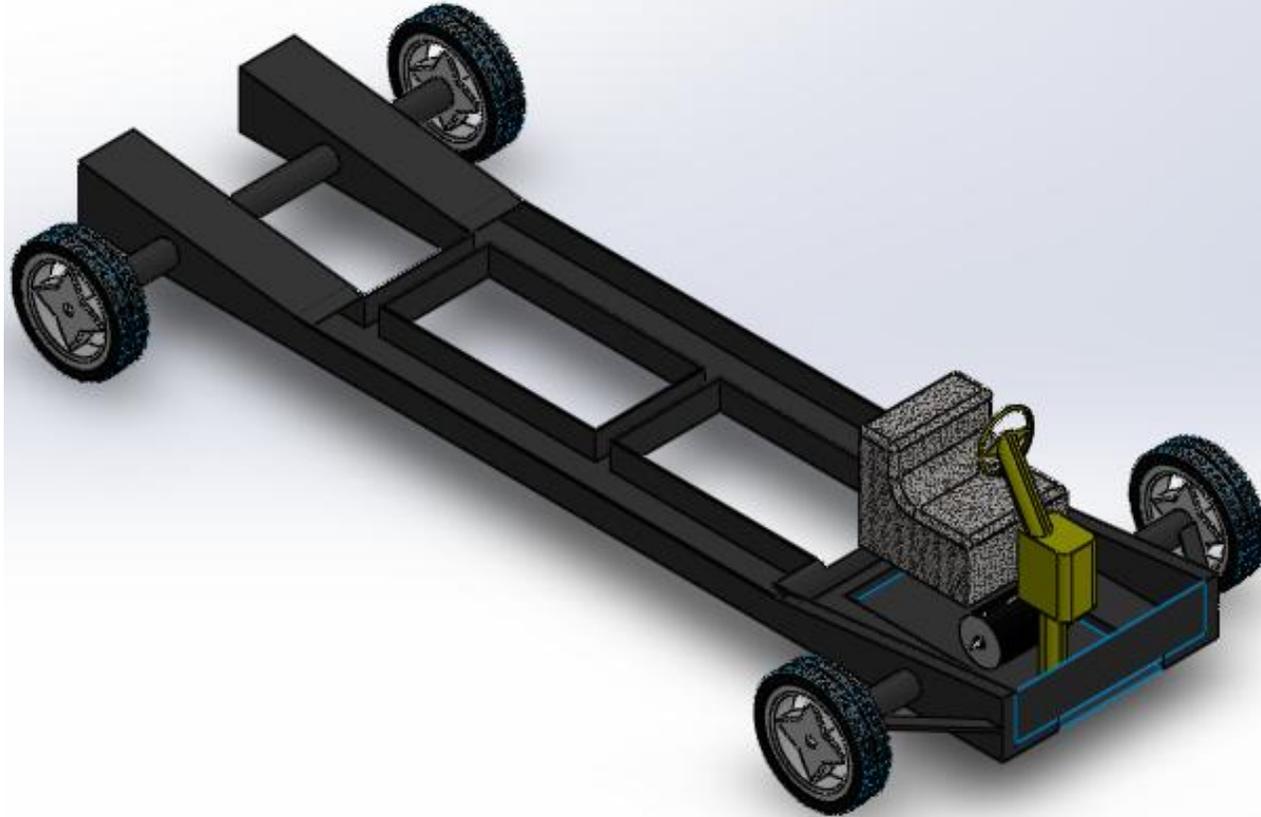
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista lateral y superior del chasis del prototipo.

7



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

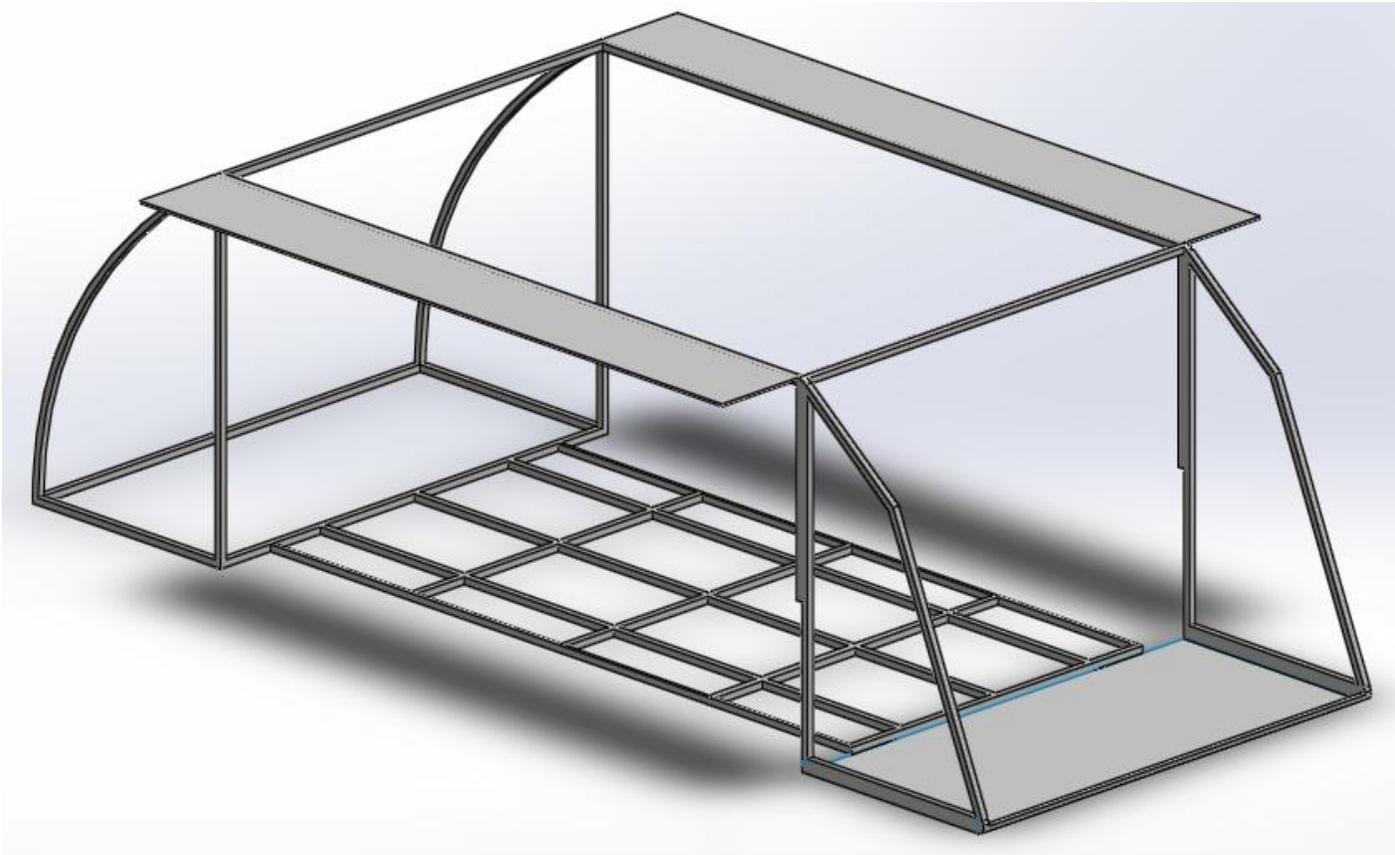
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista panorámica del chasis del prototipo.

8



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

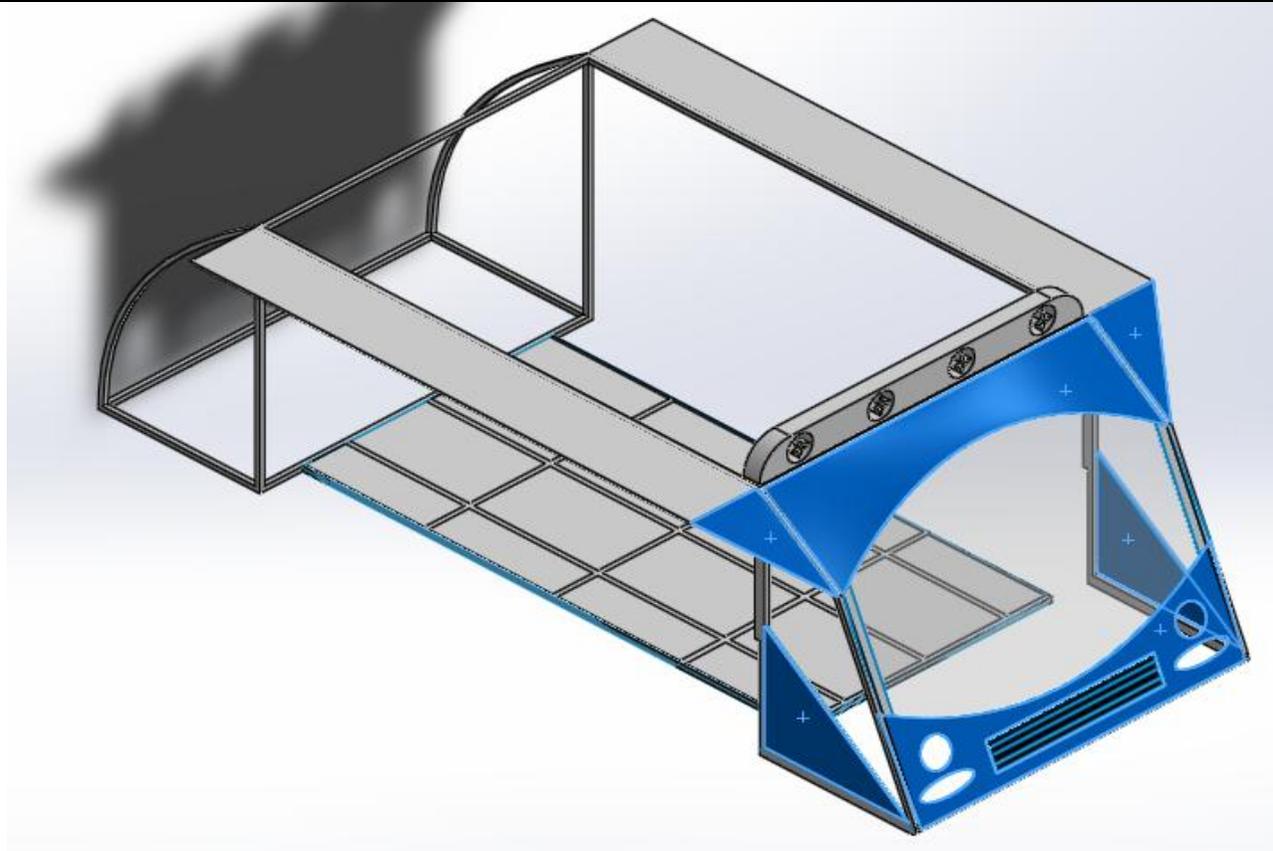
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista panorámica de la estructura de la carrocería del prototipo.

9



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

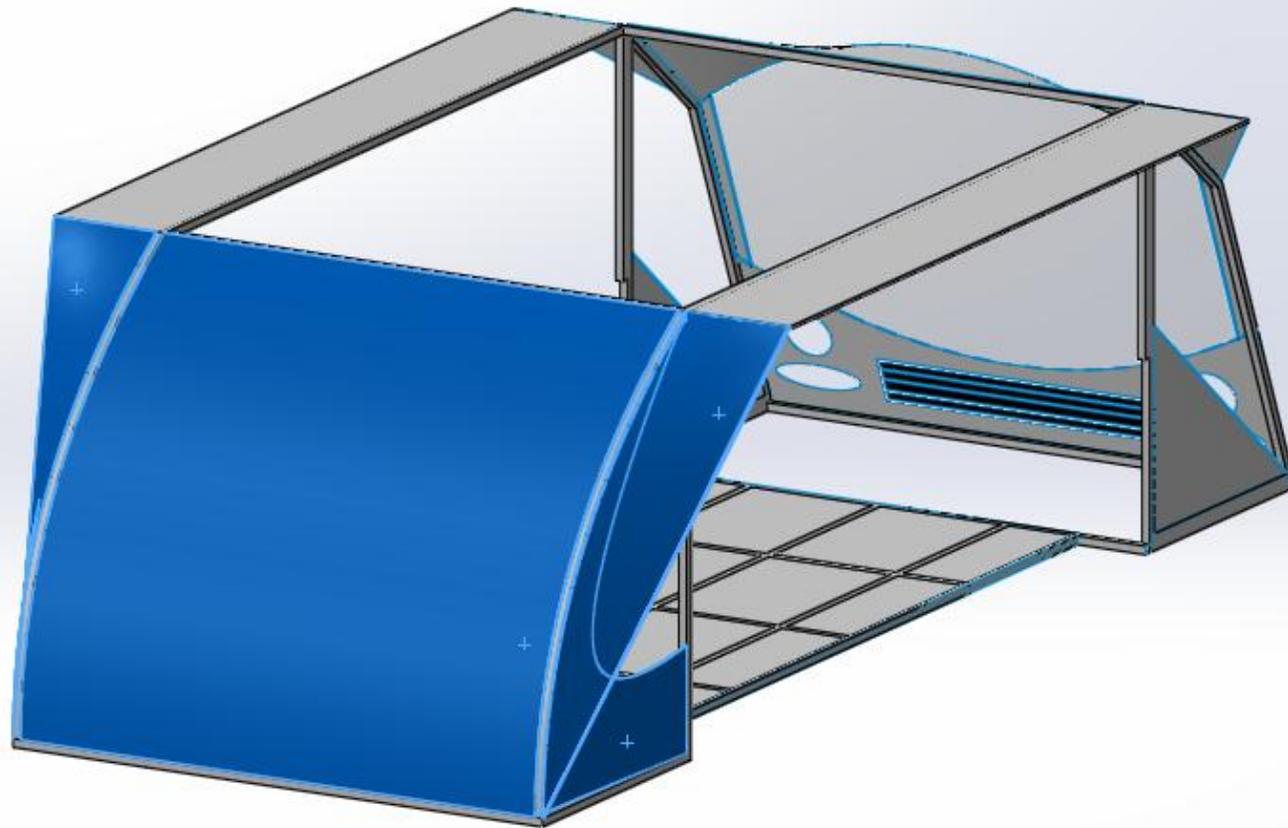
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista panorámica del fuselaje de la carrocería del prototipo, resaltando la superficie frontal.

10



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

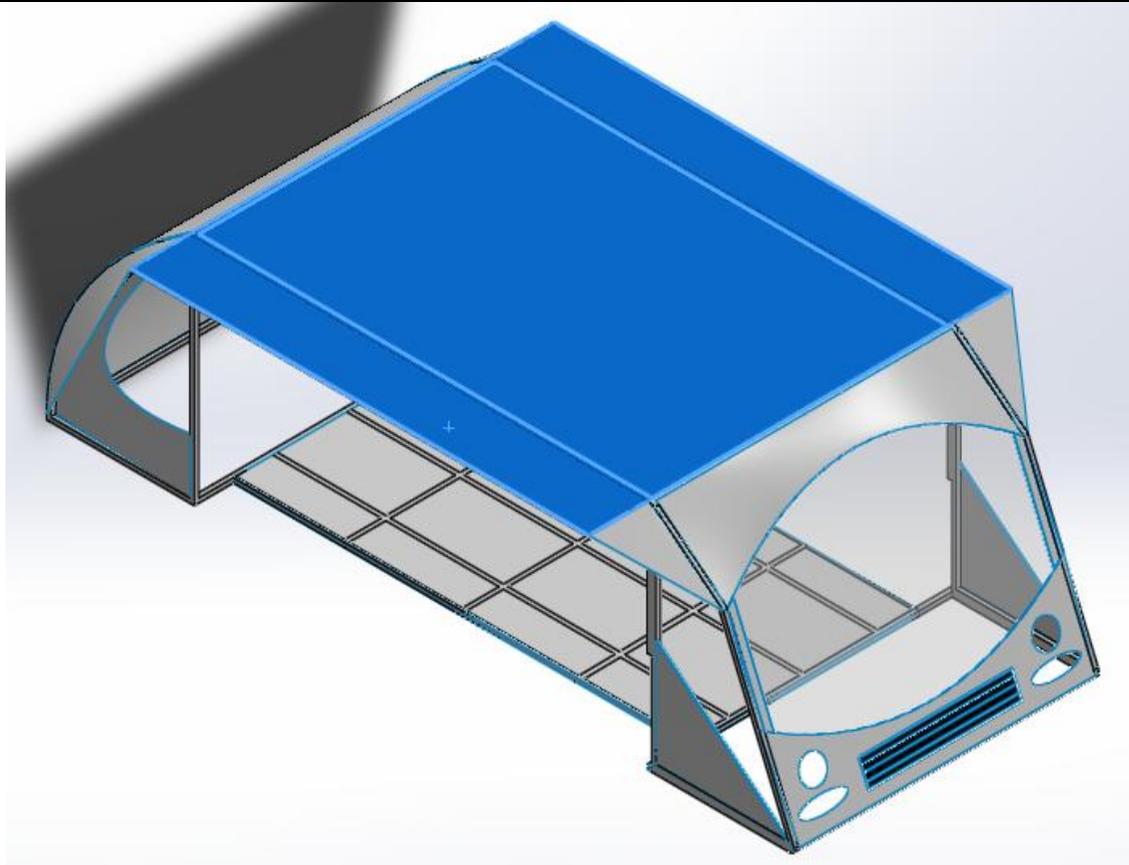
PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista panorámica del fuselaje de la carrocería del prototipo, resaltando la superficie posterior.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

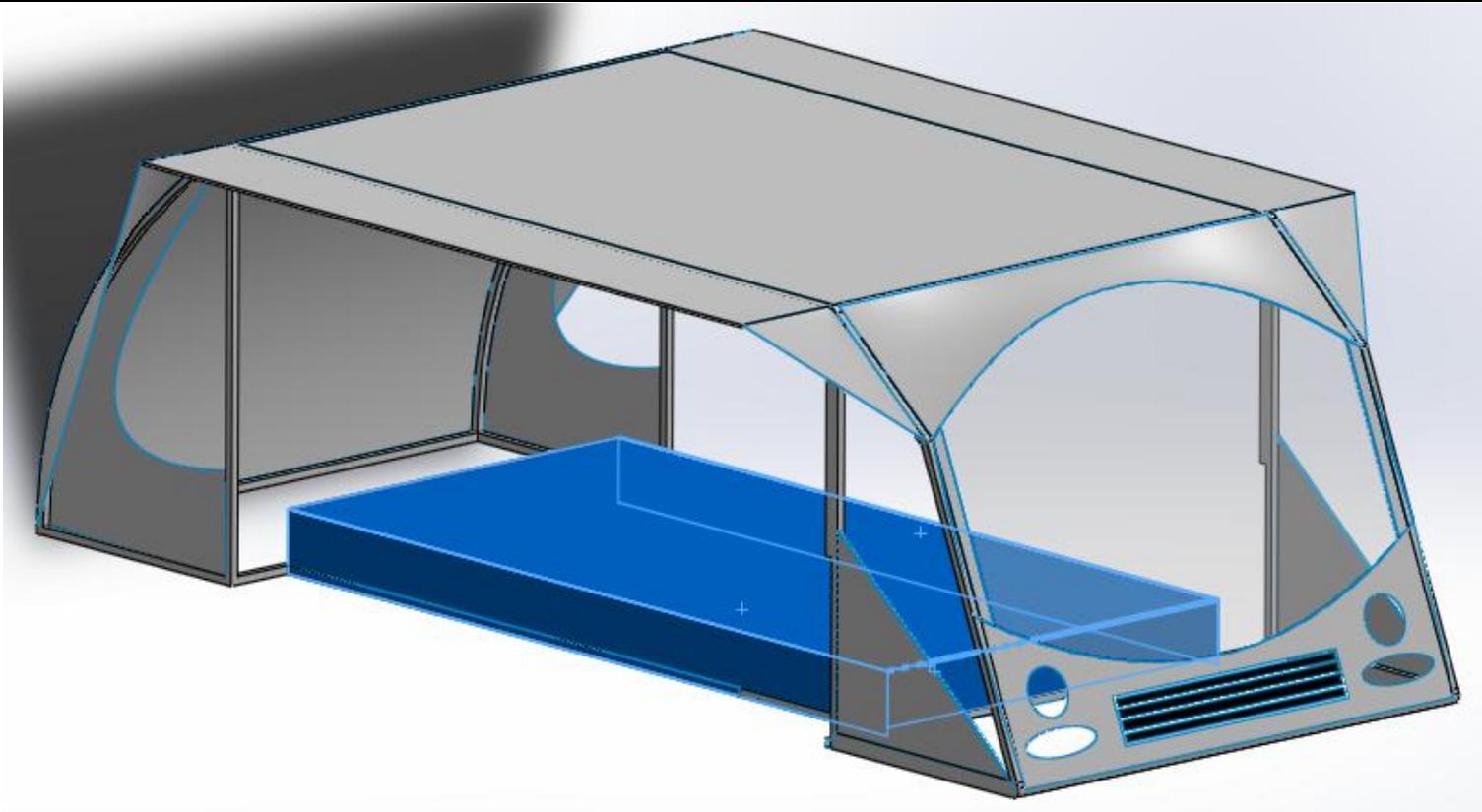
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista panorámica del fuselaje de la carrocería del prototipo, resaltando la superficie superior.

12



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

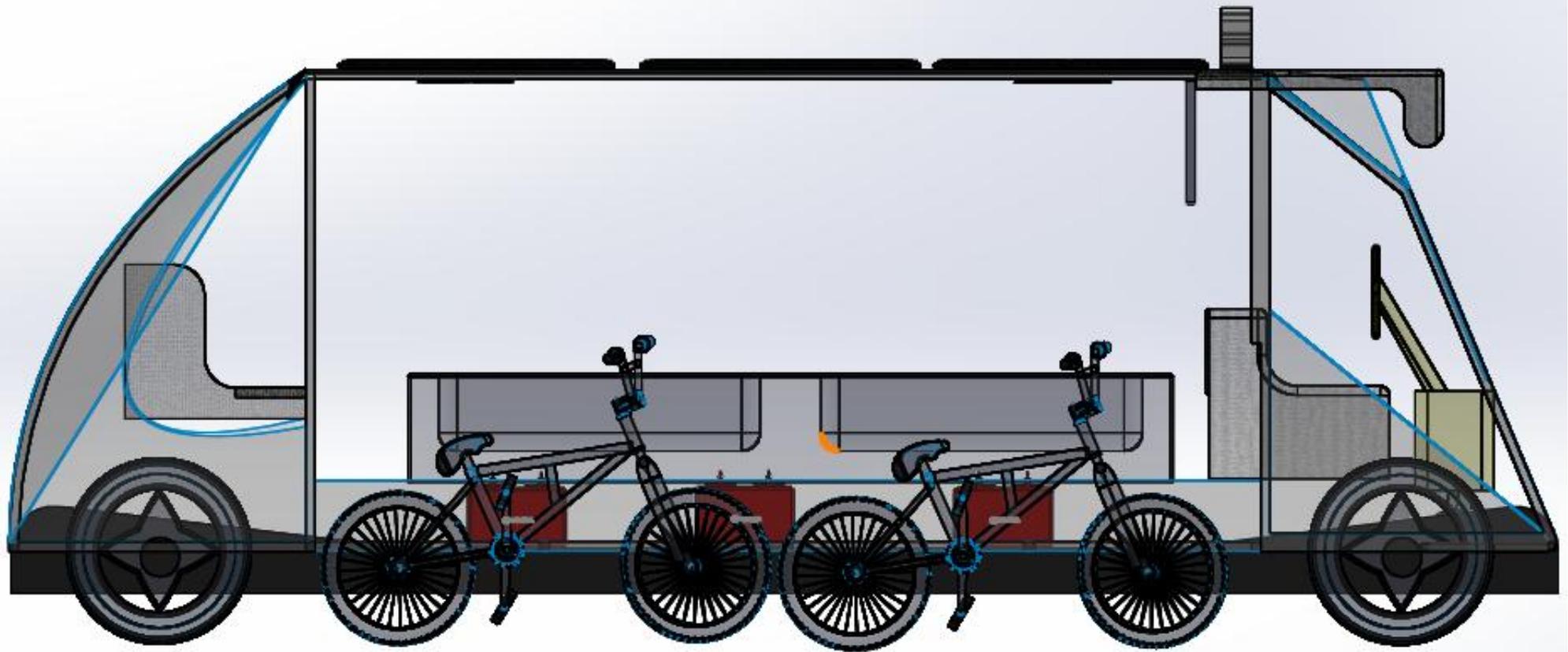
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista lateral de la carrocería del prototipo, que incluye el techo, superficie frontal, superficie posterior y piso.

13



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

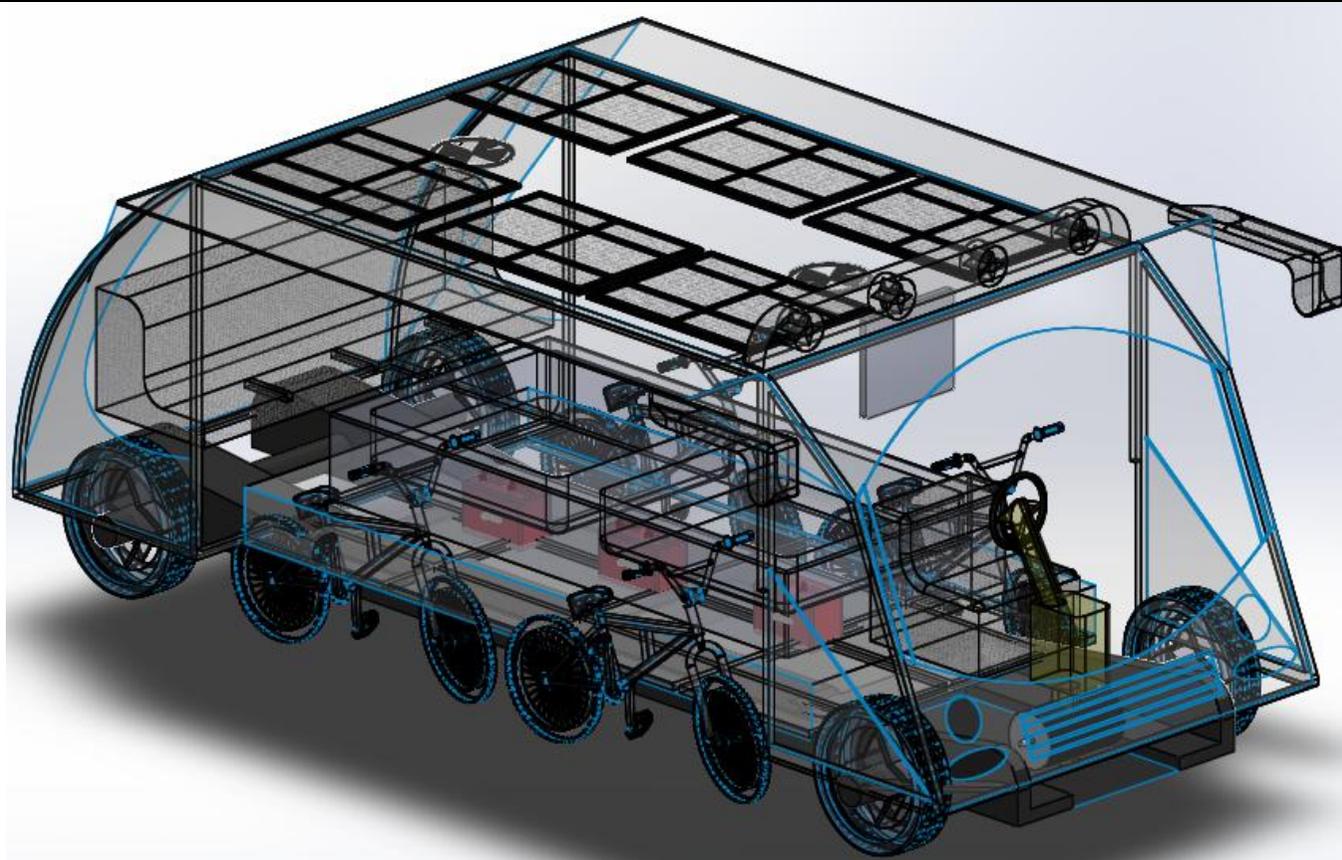
FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista panorámica de la integración de los componentes del bus.

14



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA DE UN BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

FECHA: 06-11-2015

DISEÑO: JONATHAN GONZALEZ, ALDO RUIZ

ESCALA: 1:1

CONTIENE: Vista panorámica de la integración de los componentes del bus.

15

ANEXO 2. PAPER FINAL BUS POTENCIADO POR ENERGÍA HUMANA Y OTRAS FORMAS DE ENERGÍA RENOVABLE

Ingeniería básica de un bus potenciado por energía humana y otras formas de energía renovable.

Ruiz A ^{#1}, González J. ^{#1}, Jaramillo J. ^{#2}

#1 Profesionales en formación, Universidad Técnica Particular de Loja
#2 Docente de la SET del DCCE, Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador 2015

avruiz@utpl.edu.ec, jagonzalez2@utpl.edu.ec, jorgeluis@utpl.edu.ec

Resumen— Con la disminución de las reservas mundiales de combustibles fósiles, uno de los sectores más afectados será el transporte. Ante esta situación, iniciativas encaminadas a potenciar transporte con energía renovable cobran actualidad. En este documento se describe los resultados obtenidos en la etapa de ingeniería básica de un bus potenciado por energía humana y otras formas de energía renovable, adaptado al contexto de la ciudad de Loja.

Índice de términos—transporte, nuevas formas de transporte, energía, energía renovable, energía humana.

I. INTRODUCCIÓN

A pesar de que existen diversas opiniones sobre cuándo, todos los investigadores están de acuerdo en el eminente descenso de las reservas mundiales de petróleo aprovechable, con el consiguiente impacto en el sistema económico actual basado en combustibles fósiles.

Uno de los sectores de menor resiliencia ante el colapso previsto es el transporte, dada su total dependencia de los derivados del petróleo. Ante esta situación, diversos grupos de trabajo en el mundo entero, se encuentran desarrollando ingeniería de concepto alrededor de soluciones para enfrentar el problema.

En este contexto, especial atención merecen los denominados “concept bus”, entendiendo bajo el apelativo de “concept” a una idea especulativa sobre la respuesta a los requerimientos planteados por un producto, un proyecto o una necesidad a futuro. Es decir, un concept bus se convierte en una apuesta a futuro para resolver los problemas del transporte urbano, aportando un toque distintivo de acuerdo al contexto local de cada grupo.

En este documento se describe los resultados obtenidos en la etapa de ingeniería de concepto de un bus potenciado por energía humana (BPEH) y otras formas de energía renovable, que responda a las exigencias de la ciudad de Loja.

II. GENERALIDADES

A. Estado del arte

En la bibliografía se ha documentado diversas propuestas de transporte masivo e individual, de tipo orgánico o impulsado por fuentes renovables de energía, incluyendo la generada con energía humana.

Entre las iniciativas de transporte masivo, se señala el *mini bus escolar propulsado por pedales*, de Café Race, que propone un servicio de transporte no dependiente de los combustibles fósiles, que favorece el trabajo en equipo y la práctica de ejercicio entre los niños. La existencia de un motor eléctrico permite “relevar” a los niños de la potenciación del autobús [1], [2]. Ideas como *ciclo limo* incluyen a los autobuses de fiesta en la lista de medios de transporte no potenciados por combustibles fósiles. La energía requerida proviene del pedaleo y de un motor eléctrico [3], [4]. Finalmente, en [5] se describe un *bus eléctrico humano-asistido* que apunta a transportar el mayor número de personas en el menor espacio posible de forma sostenible. El bus de 2 pisos, opera con un motor eléctrico alimentado con baterías, que se carga parcialmente con el pedaleo de los pasajeros y con la energía proveniente de una cubierta solar.

Entre las opciones de transporte individual, se cita a la *tricicleta eléctrica o rickshaw*, ya disponible en el mercado, que favorece la movilidad en centros urbanos congestionados [6].

B. Potenciales usos de un BPEH en la ciudad de Loja

A partir de una lluvia de ideas, el equipo de trabajo identificó y priorizó 2 usos potenciales para un BPEH en la ciudad de Loja: gimnasios al aire libre, y soporte a rutas turísticas.

En la primera opción, se ideó un bus en el que un grupo de usuarios pedalean sus bicicletas, a la vez que recorren la ciudad a través de rutas e itinerarios preestablecidos. En la segunda, se propuso diseñar un bus en el que un grupo de ciclistas potencian el movimiento del bus a través de un

corredor turístico determinado. La estructura del bus proporciona protección a los ciclistas respecto a los elementos y a otras formas de transporte. En determinados sitios del corredor, los ciclistas pueden separarse del bus y realizar el recorrido en forma autónoma.

La decisión final sobre el mejor uso se adoptó en función de la asesoría recibida de un grupo multidisciplinario de consulta, que incluyó a expertos de áreas tales como turismo, deporte, economía y mecánica.

C. *Requerimientos básicos de operación del BPEH propuesto*

El equipo de trabajo determinó al menos tres líneas generales a atender durante el diseño del bus propuesto: mecánica, provisión de energía, y localización y multimedia.

Los temas de *mecánica* incluyen la forma del bus, la ingeniería de la estructura base, los materiales a utilizar, el número de bicicletas a incluir y la forma de anclaje a la estructura base, entre otros. Sobre la decisión final influirán la disponibilidad de materiales en el mercado local, y la disponibilidad de recursos financieros.

A través de una lluvia de ideas, el equipo de trabajo identificó y priorizó las *fuentes renovables de energía aprovechables* en el entorno en el que operará el bus: 1) energía humana, 2) energía solar, 3) energía eólica. Al definir los procesos que deberían ser potenciados, se decidió incluir entre las fuentes para provisión de energía a la red eléctrica.

El componente de localización y multimedia se concibió como un conjunto de recursos que permite que los usuarios del concept bus accedan a información relevante dentro del corredor turístico, ya sea dentro o fuera del bus.

III. SOBRE LA ESTRUCTURA MECÁNICA DEL PROTOTIPO

A. *Requerimientos básicos de diseño*

En el BPEH propuesto, los ciclistas propician el movimiento del bus, desde bicicletas autónomas ancladas a una estructura base común soportada sobre cuatro llantas.

El bus conducido por un operador ubicado en la parte anterior de la estructura base, cumple con todos los requisitos exigidos por las leyes de tránsito del país, incluyendo la existencia de sistemas de señalización.

Durante el desplazamiento, dispositivos estratégicamente ubicados cosechan energía de fuentes renovables, facilitando la provisión de energía a los diversos procesos tecnológicos en el bus. Para suplir el desplazamiento del bus en terrenos de relieve complejo, en horarios especiales, o en circunstancias no previstas, el bus cuenta con un motor eléctrico alimentado desde un arreglo de baterías. La carga del arreglo se realiza desde el sistema eléctrico convencional, en una estación base.

En el interior del bus, los ciclistas tendrán acceso a información relevante del corredor turístico, por medio de recursos de audio y video.

Considerando las características generales del bus, el equipo de trabajo identificó como factores críticos en el diseño de la estructura mecánica a la resistencia de los materiales y a su peso.

B. *Sobre la forma del bus*

Para definir la forma del bus, el equipo de trabajo acordó una metodología de desarrollo que incluye el diseño de prototipos, la presentación y análisis en el grupo de trabajo, y la posterior optimización. Los prototipos se elaboraron en modelos 3D, utilizando el aplicativo SolidWorks 2012 versión para 64bit [7].

En el *primer prototipo* se priorizó un número máximo de usuarios (ver Fig.1). El bus se alimenta de la energía de 6 ciclistas, ubicados 3 a cada lado. En la estructura base se ubican el puesto del conductor y 2 bicicletas estáticas para cosecha adicional de energía. Sobre la cubierta del bus se colocan paneles fotovoltaicos. En la parte posterior de la estructura base se coloca un asiento adicional para 3 pasajeros extra.

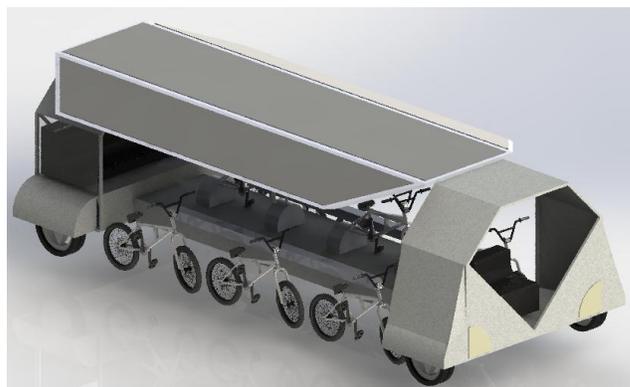


Fig.1. Vista general del primer prototipo, diseñado para priorizar un número máximo de usuarios del bus. [Diseño de autores]

Durante el análisis del primer prototipo, el equipo de trabajo puntualizó en las dificultades de circulación en la parte céntrica de la ciudad de Loja, que corresponde a un trazado cuadrangular de calles estrechas; y, a los problemas mecánicos para garantizar un giro eficiente (arrastre de las bicicletas). En este sentido, se decidió modificar el prototipo reduciendo a 4 el número de ciclistas. En el *segundo prototipo* (ver Fig.2) se mantiene el número de bicicletas estáticas, y se compensa la reducción de la superficie fotovoltaica en la cubierta, con la inclusión de 3 micro generadores eólicos ubicados en la parte frontal.

Durante el análisis del segundo prototipo, se identificó problemas de estética y sobrepeso en la estructura. Se sugirió

entonces emular la apariencia de un bus convencional urbano, minimizando la estructura para eliminar peso innecesario. En el *tercer prototipo* (ver Fig.3) se adaptan paneles solares existentes en el mercado, que cumplen con el requisito de peso mínimo, y se compensa la reducción de superficie fotovoltaica incluyendo un mini generador eólico de eje horizontal, en la parte trasera del bus.

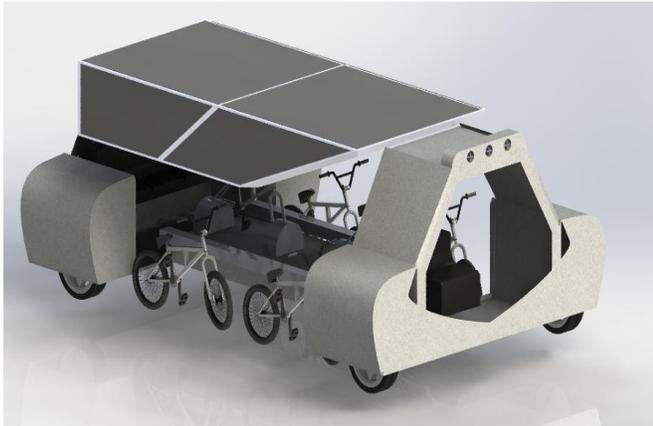


Fig.2. Vista general del segundo prototipo, diseñado para minimizar problemas de movilidad en la ciudad, y reducir los problemas mecánicos de giro. [Diseño de autores].

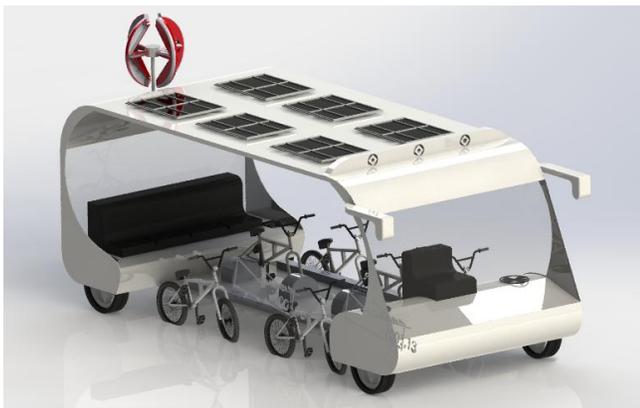


Fig.3. Vista general del tercer prototipo, que incluye el aspecto de un bus urbano convencional, y reduce el peso de la estructura. [Diseño de autores].

Durante el análisis del tercer prototipo, considerando la capacidad local para construir el bus, se decidió minimizar el número de líneas curvas en la forma. También se solicitó eliminar el aerogenerador de eje horizontal por temas estéticos. Como resultado se obtuvo el *cuarto prototipo* (ver Fig.4).

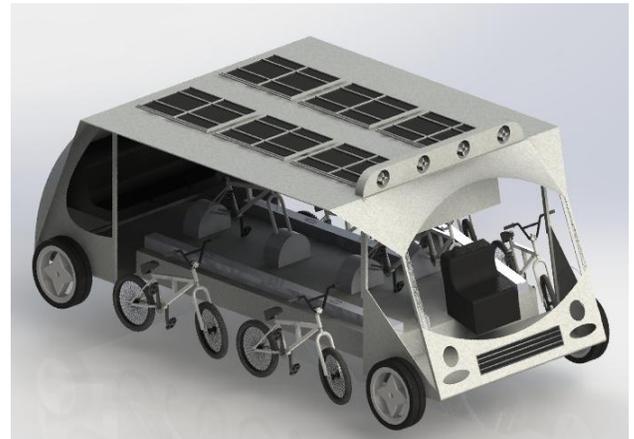


Fig.4. Vista general del cuarto prototipo. [Diseño de autores].

En esta etapa del proyecto, a la presentación y análisis del prototipo se invitó a profesionales de la Sección de Hotelería y Turismo del Departamento de Ciencias Empresariales de la UTPL. Los expertos sugirieron proteger a los ciclistas de la acción de las llantas de soporte, e incluir en la estructura base casilleros para que los usuarios depositen sus pertenencias. En el *quinto prototipo* se eliminaron las bicicletas estáticas y se adoptaron todas las sugerencias (ver Fig.5).



Fig.5. Vista general del quinto prototipo, que incluye protección de la acción de las llantas, y casilleros para los usuarios. [Diseño de autores].

Al analizar los resultados obtenidos en el quinto prototipo, el equipo de trabajo decidió adoptarlo como modelo referencial. La Fig. 6 muestra a detalle los componentes sugeridos para el bus. En adelante, el diseño conceptual del bus abordará 2 elementos constructivos considerados básicos: chasis y carrocería.

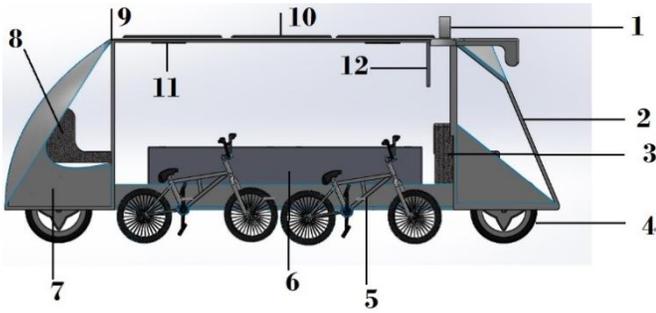


Fig.6. Componentes sugeridos para su inclusión en el diseño del bus. [Diseño de autores].
 1 - generadores eólicos de baja potencia, 2 - parabrisas, 3 - asiento del conductor, 4 - llantas de soporte, 5 - bicicletas, 6 - casilleros, 7 - carrocería, 8 - asiento trasero para tres personas, 9 - cubierta, 10 - paneles solares, 11 - sistema de audio, 12 - TV LED.

C. Sobre el diseño preliminar del chasis

El chasis integra entre sí, y sujeta a los componentes mecánicos (grupo moto propulsor y suspensión) y a la carrocería [8].

Las Fig.7 y 8 muestran el diseño convencional propuesto para el chasis del bus: dos barras rígidas paralelas, unidas por pequeñas bigas perpendiculares, que soportan el peso de la carrocería y dan forma al vehículo. El chasis se construirá de aluminio y acero.

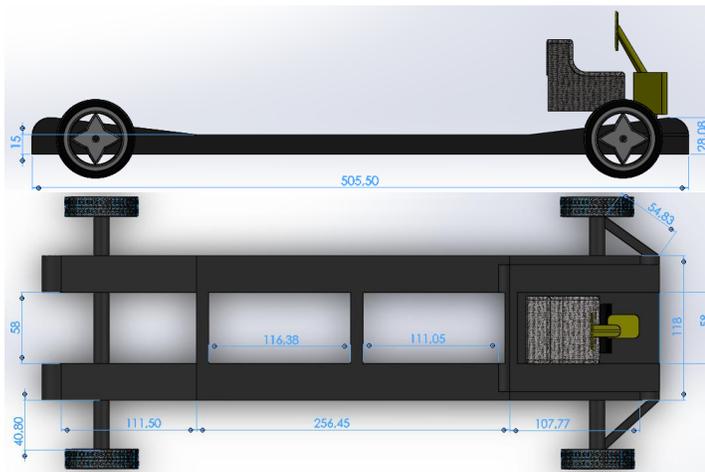


Fig.7. Vista lateral y superior del chasis del prototipo. [Diseño de autores].

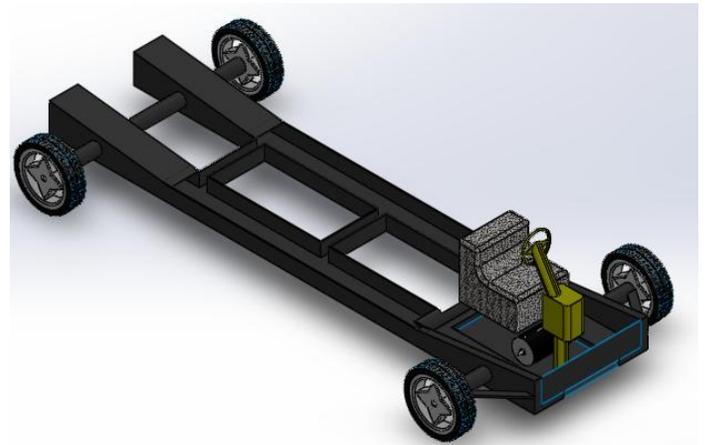


Fig.8. Vista panorámica del chasis del prototipo. [Diseño de autores].

D. Sobre el diseño preliminar de la carrocería

La carrocería se componen de 3 partes: estructura, fuselaje, y piso.

El diseño propuesto para la estructura se muestra en la Fig.9. Se propone que la estructura se construya de aluminio.

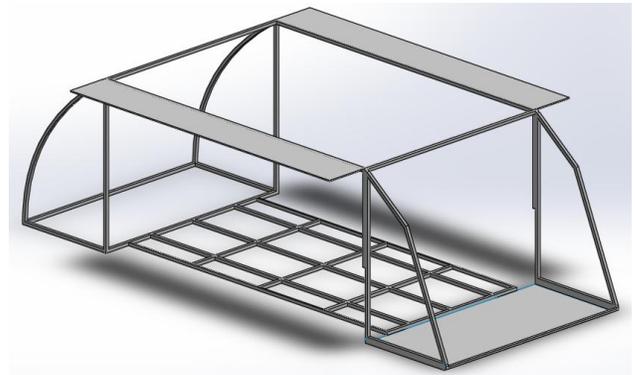


Fig.9. Vista panorámica de la estructura de la carrocería del prototipo. [Diseño de autores].

Tomando en cuenta las restricciones en peso, la durabilidad, y la disponibilidad en el mercado, el equipo de trabajo decidió seleccionar el plástico reforzado con fibra de vidrio (P.R.F.V) para la construcción del fuselaje [9]. Las Fig. 10, 11 y 12 muestran las partes principales del fuselaje.

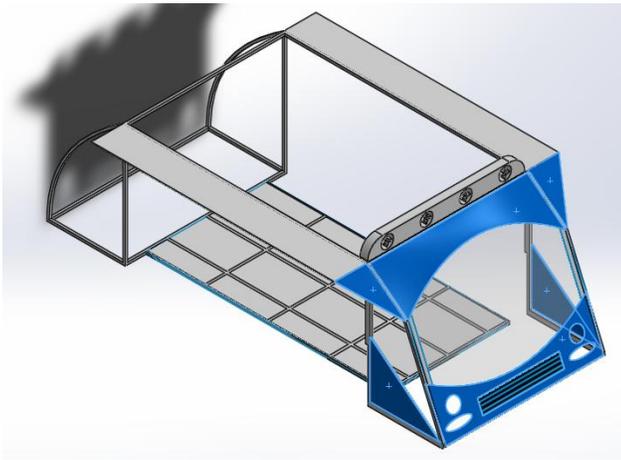


Fig.10. Vista panorámica del fuselaje de la carrocería del prototipo, resaltando la superficie frontal. [Diseño de autores].

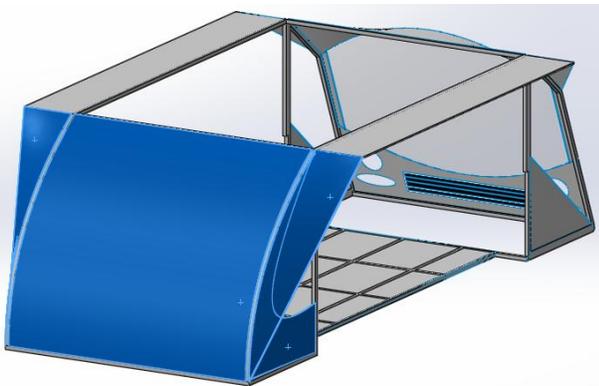


Fig.11. Vista panorámica del fuselaje de la carrocería del prototipo, resaltando la superficie posterior. [Diseño de autores].

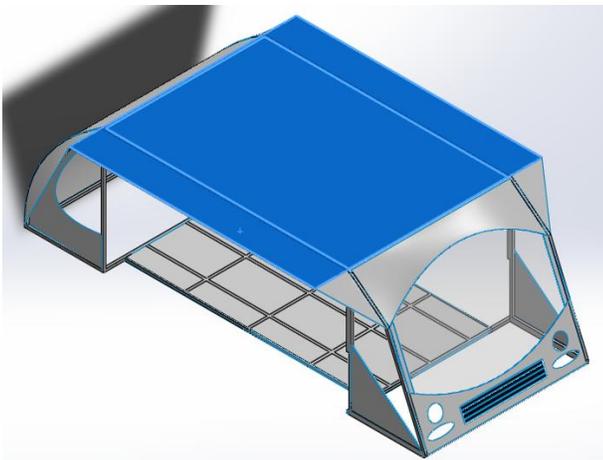


Fig.12. Vista panorámica del fuselaje de la carrocería del prototipo, resaltando la superficie superior. [Diseño de autores].

El piso se construirá de láminas de aluminio electro soldadas, forradas con telas sintéticas de acuerdo al esquema mostrado en la Fig.13

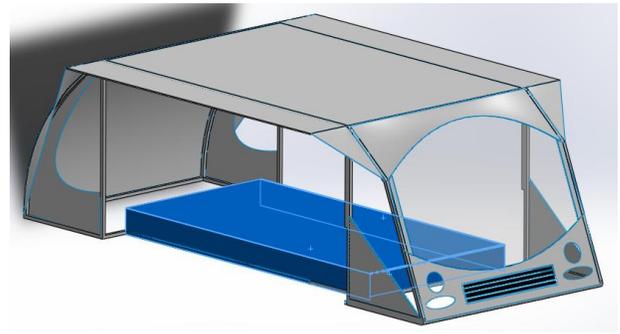


Fig.13. Vista lateral de la carrocería del prototipo, que incluye el techo, superficie frontal, superficie posterior y piso. [Diseño de autores].

A manera de resumen, la Tabla 1 resume la geometría del prototipo, mientras que la Fig. 14 muestra la integración de todos los componentes. En función del valor de las dimensiones generales, el prototipo corresponde a un microbús [10].

Tabla 1
Geometría general del prototipo. [Diseño de autores].

Dimensión	Valor, cm
Longitud	506
Ancho	318
Altura	225

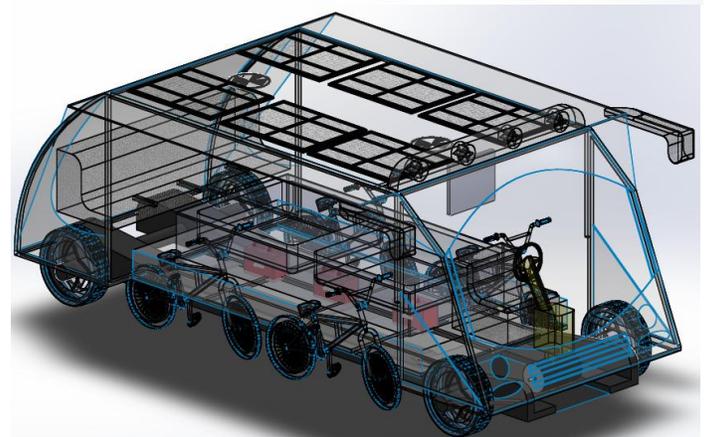
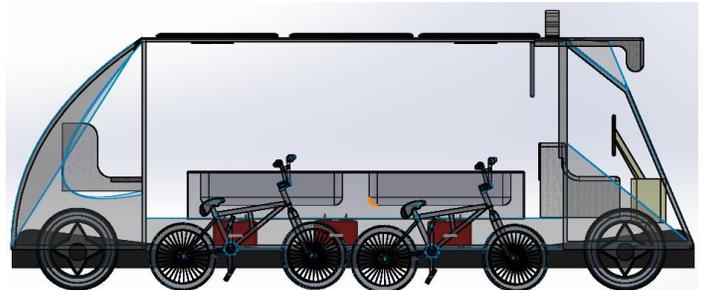


Fig.14. Vista panorámica de la integración de los componentes del bus. [Diseño de autores].

IV. SOBRE LA PROVISIÓN DE ENERGÍA AL PROTOTIPO

A. Requerimientos básicos de diseño

Durante el desplazamiento del bus, dispositivos estratégicamente ubicados cosechan energía de fuentes renovables, facilitando la provisión de energía a los diversos procesos tecnológicos. Para suplir el desplazamiento en terrenos de relieve complejo, en horarios especiales, o en circunstancias no previstas, el bus cuenta con un motor eléctrico alimentado desde un arreglo de baterías. La carga del arreglo se realiza desde el sistema eléctrico convencional,

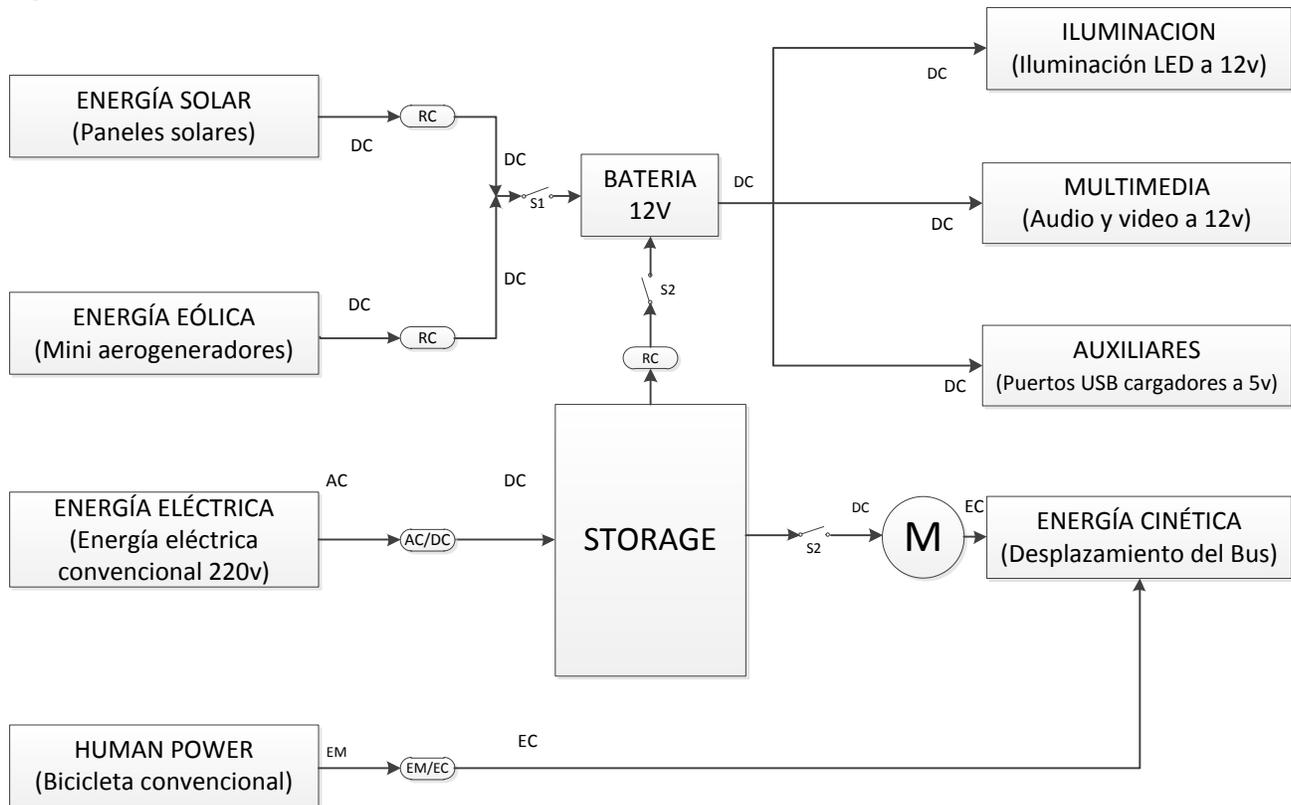


Fig. 15. Diagrama relacional del aprovechamiento y uso de las diversas fuentes de energía disponibles para potenciar al concept bus. [Diseño de los autores].

C. Sobre el aprovechamiento de energía humana en el prototipo

La Fig.16 muestra el diseño de la bicicleta propuesta para anclarse en el prototipo. De acuerdo a [11], la potencia promedio generada en una bicicleta se encuentra entre 270 y 400 W. Dado que el prototipo será utilizado por adultos, se espera esfuerzos promedios de 300 N, con pares de 60 Nm. Para una velocidad angular media de 1 rps (6,28 rad/s), se podría esperar potencias de hasta 370 W (0,5HP) en cada bicicleta, y de 1480 W en el arreglo.

en una estación base.

B. Identificación de las fuentes de energía potencialmente aprovechables en el prototipo

A través de una lluvia de ideas, el equipo identificó potenciales fuentes renovables de energía, considerando la operación del bus y la disponibilidad en el mercado local: energía humana, solar, eólica, eléctrica convencional, y cinética. La Fig.15 muestra el diagrama relacional de las fuentes aprovechables y del uso de la energía en el prototipo.



Fig. 16. Vista general de la bicicleta estándar propuesta para el prototipo. [Diseño de los autores].

D. Sobre el aprovechamiento de la energía solar

La energía solar radiada sobre el prototipo se capturará a través de módulos fotovoltaicos. Dadas las características del prototipo, se decidió priorizar el uso de módulos flexibles.

Al analizar la oferta existente en el mercado local, se identificó los módulos GSP80Q y GSP145 fabricados por GIOCO SOLUTIONS [12] y distribuidos por PROVIENTO S.A. [13]. Considerando las características técnicas (ver Tabla 2), y priorizando peso y costo, se decidió recomendar el uso de los módulos GSP80Q. La Fig.17 muestra el arreglo de 6 módulos que se plantea instalar en la cubierta superior del bus, capturando 490 W.

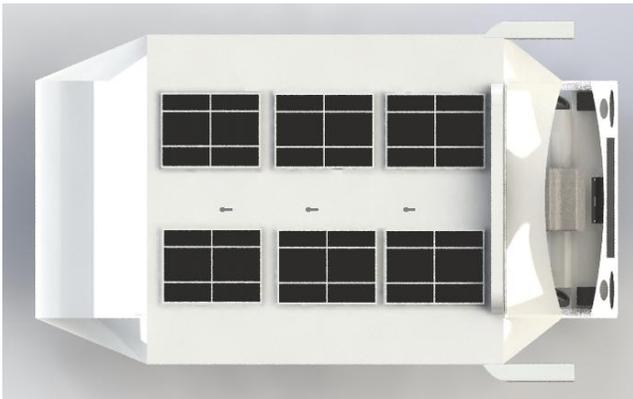


Fig. 17. Arreglo de los módulos GSP80Q en la cubierta superior del bus. [Diseño de los autores].

E. Sobre el aprovechamiento de la energía eólica

Las corrientes de aire generadas por el movimiento del bus serán aprovechadas a través de generadores eólicos [14]. En el marco de este proyecto, se analizó el uso de turbinas de eje vertical y de aerogeneradores de baja potencia, distribuidos a lo largo de la superficie superior del prototipo, tal como lo muestra la Fig.18.

Entre las turbinas de eje vertical existentes en el mercado, se decidió analizar el desempeño potencial del modelo NE-H100S, fabricado por LIONTECH y distribuido por PROVIENTO S.A [15] (ver Tabla 2).

Tabla 2
Análisis comparativo de las características de los módulos solares GSP 80Q y GSP 145

Especificaciones	GSP 80 Q	GSP 145
Tipo de célula solar	Policristalino	Policristalino
V max, V	12,40	22,32
I max, A	8,16	8,16
P max, W	81,87	147,36
Eficiencia, %	13,89	14,38
Dimensiones, mm	890 x 680 x 1,5	1530 x 680 x 1,5
Peso, Kg	1,45	2,60
coeficientes de temperatura		
Voltaje, %/ °C	-0,330	-0,330
Potencia, %/ °C	-0,46	-0,46
Corriente, %/ °C	+0,036	+0,036
Temperatura promedio, °C	42	42
valores limite		
Tensión del sistema, V	600	600
Máxima corriente inversa, A	15	15
Intervalo de temperatura, °C	-40 + 90	-40 + 90
Costo, USD	450	750



Fig. 18. Ubicación de la turbina de eje vertical y de los aerogeneradores de baja potencia en el prototipo [Diseño de autores].

Tabla 3

Características técnicas de la turbina de eje vertical NE-H100S [15]

Modelo	NE-H100S
Velocidad máxima segura de viento, m/s	45
Velocidad de arranque, m/s	3
Velocidad promedio del viento, m/s	8-10
Tensión de salida, V AC	12
Peso, kg	25
Generador	Síncrono de imán permanente
Potencia nominal, W	100
Máxima potencia, W	130
Diámetro de la rueda, m	0.8

Los aerogeneradores de baja potencia se consideraron con la intención de reducir las pérdidas de energía. De entre los modelos existentes en el mercado, se recomendó la utilización de los fabricados por la empresa china KINMORE [16], y distribuidos por OMEGA ELECTRÓNICA (ver Tabla 4).

Tabla 4

Características técnicas del aerogenerador de baja potencia KINMORE [16]

Tensión de salida, VDC	12 -38
Peso, g	185
Potencia nominal, W	0.2 - 8
Máxima potencia, W	8
Diámetro de la rueda, mm	100

Finalmente, considerando la estética del diseño, se decidió optar únicamente por el uso de aerogeneradores de baja potencia, aceptando la sugerencia de modificar la estructura frontal al incluir un túnel de viento que permita acelerar el aire antes de las turbinas.

F. Sobre el aprovechamiento de energía eléctrica convencional

Por cuanto la energía captura de fuentes renovables será insuficiente para potenciar el prototipo, se decidió sugerir que el sistema de tracción sea potenciado desde un storage de energía alimentado desde la red eléctrica pública convencional de 220V.

G. Sobre el aprovechamiento de energía cinética

Como parte de los trabajos futuros, se identificó al potencial aprovechamiento de la energía cinética que se transforma en calor durante el freno del prototipo.

La Fig.19 muestra la disposición final de los puntos de captura de energía en el prototipo.



Fig.19. Ubicación de los puntos de captura de energía en el prototipo [Diseño de los autores].

H. Gestión energética en las cargas proyectadas

Con la intención de optimizar la alimentación de cargas en el prototipo se decidió dividir las cargas en dos grupos: bajo y alto consumo.

En el grupo de cargas de bajo consumo se incluyó el sistema de iluminación, el sistema multimedia de audio y video, y, el sistema de servicios auxiliares. Estos servicios se alimentarán a 12V, desde el storage secundario (ver Fig.15).

En el grupo de cargas de alto consumo se incluyó el sistema de tracción del bus, y el aporte al storage secundario ante la falla de otras fuentes de energía. Este grupo se alimentará del storage principal.

El *sistema de iluminación* estará conformado por los módulos de iluminación interior del prototipo, las luces de señalización exterior, y los faros.

La iluminación interior corresponderá a la norma NTE INEN 2 205:2010 sobre vehículos automotores, bus urbano requerimientos, que describe las exigencias en la iluminación interior de buses en su apartado 5.1.2.6, literal b [17]. Para la iluminación interna del bus se utilizará 4 lámparas LED, de color blanco, distribuidas de tal forma que el nivel de iluminación mínimo será de 80 luxes, como lo indica la norma.

Las luces de señalización exterior corresponderán a la norma NTE INEN 1 155:2009 sobre dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad [18]. En la parte posterior del vehículo se utilizará 4 lámparas de color rojo para señalización de posición y de freno. La intensidad de luces de freno será mayor a la intensidad de las luces de posición. Adicionalmente se emplearán 4 luces direccionales (2 anteriores y 2 posteriores), y, 2 luces de retro o marcha atrás colocadas en la parte posterior del bus.

Los faros delanteros corresponderán a la norma NTE INEN 1 155:2009 sobre dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad [18]. Se utilizará 2 faros con lámparas duales o 4 faros con lámparas independientes. La intensidad luminosa de las lámparas no será mayor a 125 luxes.

Tabla 5

Características técnicas de las lámparas a utilizar en el bus. Diseño de los autores.

Tipo de luminaria	Delanteros	Guías posteroiores	Direccionales	Marcha atras	Iluminacion interior
Tension nominal, V	12	12	12	12	12
Color	Blanca	Roja	Ambar	Blanca	Ambar
Cantidad	2	4	4	2	4
Potencia, W	20	15	10	10	20

El *sistema multimedia* está conformado por un módulo de audio y otro de video. El módulo de audio contiene dos bocinas que funcionan a 12V, y consumen 25W. El módulo de video posee una pantalla LED, de 32 pulgadas, con consumo de 60W a 12V.

El *sistema auxiliar* está conformado por puntos de carga de dispositivos móviles, que operan a 5 V y soportan una potencia de 5W.

El bus será potenciado por un motor Kit 2C – Mars ME0709, de 6 HP, que opera a 48V. El motor es distribuido en el mercado local por PROVIENTO S.A, y, tiene un peso de 30 libras.

I. *Sobre el storage de energía*

El storage principal estará conformado por una batería de 48V, de 150Ah de capacidad, de polímero de litio, diseñada para vehículos eléctricos de alta capacidad. La batería es fabricada por Dongguan Chineng Electronic Technology, Ltd. y distribuida en el mercado local por PROVIENTO S.A.

El storage secundario estará conformado por una batería de 12V, a 20Ah de capacidad, de polímero de litio.

J. *Presupuesto de inversión*

La Tabla 6 muestra el presupuesto de inversión requerido para la provisión de energía en el prototipo.

Tabla 6

Presupuesto de inversión para la provisión de los sistemas de iluminación, tracción, multimedia y auxiliares del bus. Diseño de autores

Sistema	VU, USD	Unid.	Total, USD	Disponibilidad
Iluminación	2,000.00	1	2,000.00	Alta
Tracción	6,000.00	1	6,000.00	Alta
Audio	100.00	1	100.00	Alta
Video	600.00	1	600.00	Alta
Auxiliar	50.00	1	50.00	Alta
Storage	500.00	1	500.00	Media
Total			9,250.00	

V. SOBRE EL SISTEMA DE LOCALIZACIÓN Y MULTIMEDIA PARA EL PROTOTIPO

A. *Sobre la edad de los usuarios*

Considerando los hábitos de recreación y deporte de los habitantes promedio de la ciudad, el equipo de trabajo, con apoyo de expertos de la Sección de Hotelería y Turismo del Departamento de Ciencias Empresariales de la UTPL, decidió orientar la propuesta al segmento de población comprendido entre 25 y 35 años.

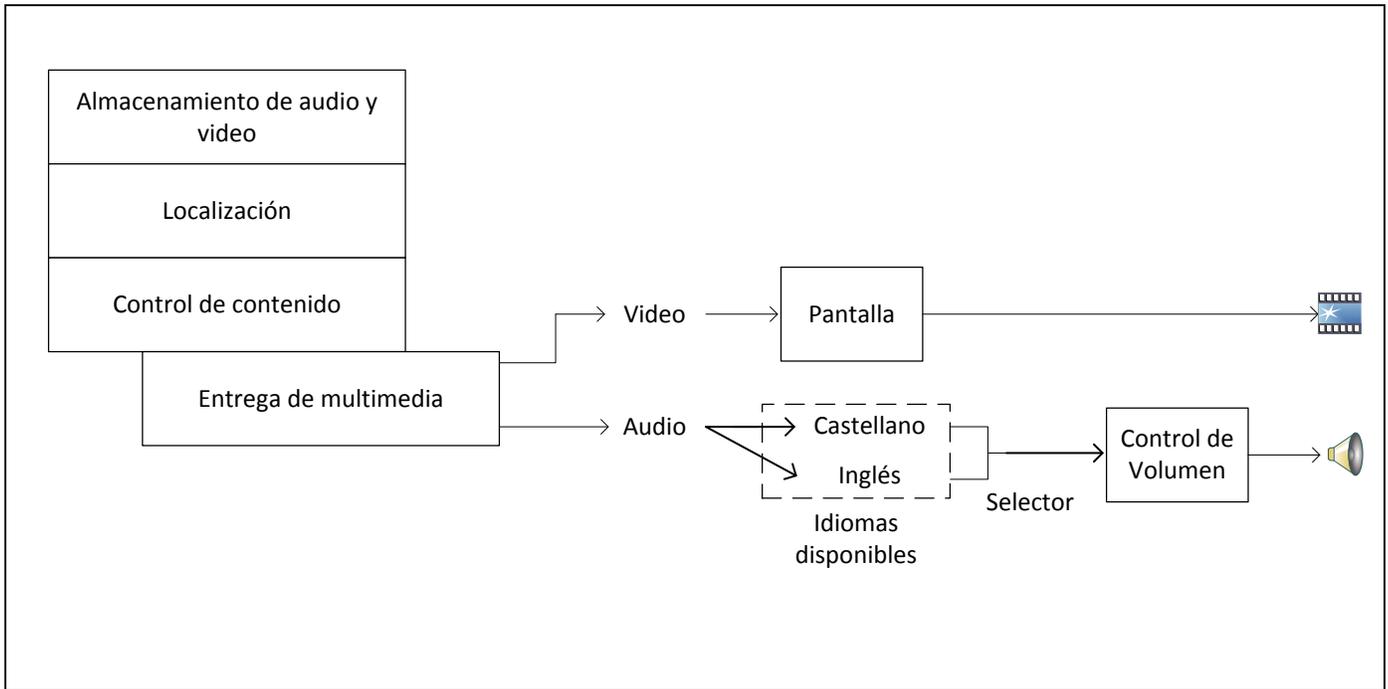
B. *Sobre los servicios de audio y video a ofertar en el prototipo*

El equipo de trabajo decidió diferenciar entre los servicios de audio y video requeridos por los usuarios dentro del bus, los servicios requeridos por los usuarios fuera del bus, y los servicios requeridos por terceros.

Para el denominado *paquete servicios bus*, se programó la entrega de información turística relevante, en formato de audio y video, a través de una pantalla ubicada en la parte interior delantera del bus, y de nodos de audio ubicados cerca a cada uno de los usuarios. En cada nodo el usuario podrá optar por recibir el audio en castellano o en inglés.

En el *paquete servicios bicicleta*, la información se entregará en formato audio desde un nodo ubicado en la parte frontal de la bicicleta. En el nodo se podrá elegir entre castellano e inglés para la entrega de la información.

En cada uno de los lugares relevantes del corredor turístico, se ubicarán radiofaros que dispararán en los nodos, la información disponible. Los radiofaros se comunicarán de forma inalámbrica con los nodos de video y audio ubicados en el bus y en las bicicletas. Este grupo de servicios de denominará *paquete servicios radiofaro*.



En el *paquete servicios terceros*, el equipo de trabajo sugirió ofertar el servicio de información turística a personas ajenas al bus, que se muevan por sus propios recursos por el corredor. En cada radiofaro existirá un código gráfico que podrá ser escaneado desde un dispositivo móvil, y procesado en una aplicación previamente descargada, desde un sitio web determinado.

C. Características de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bus

La Fig. 20 muestra el esquema funcional del paquete *servicios bus*. Los contenidos audiovisuales requeridos se entregarán en formato AVI HD, con una resolución de 1080p, y, con dos versiones de audio (castellano e inglés). Considerando la existencia de 4 paradas a lo largo del corredor turístico, se espera que los recursos audiovisuales de 5 minutos por parada, demanden 7.03 GB de capacidad de almacenamiento. Esta información se registrará y conservará en el *módulo de almacenamiento de audio y video*.

Al moverse el autobús por el corredor turístico, al llegar a cada parada, una señal de radio proveniente del radiofaro activará al *módulo de localización* (ver Fig.21), que con apoyo del *módulo de control de contenido* desplegará las señales de video y audio. El usuario podrá elegir el audio en idioma castellano o inglés, a través del *selector*.

La Tabla 7 resume las características básicas de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bus.

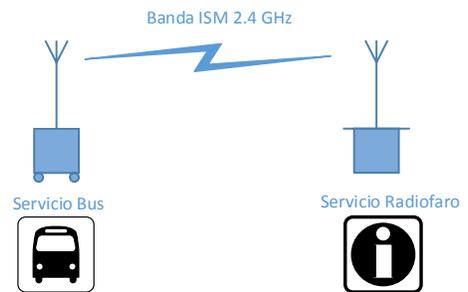


Fig. 21. Escenario control de localización para el paquete servicios bus. [Diseño de los autores]

Tabla 7
Características básicas de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bus. [Diseño de los autores]

Módulo electrónico	Características básicas
Almacenamiento de audio y video	Capacidad de almacenamiento de mínimo 7.3GB
Localización	Operación en la banda ISM, en el rango de 10m
Control de contenido	Control y reproducción de material multimedia, en formato AVI HD, con resolución 1080p
Selector	Conmutador doble
Control de volumen	Controlar el nivel de audio de un nivel cero al nivel máximo de audio entregado.

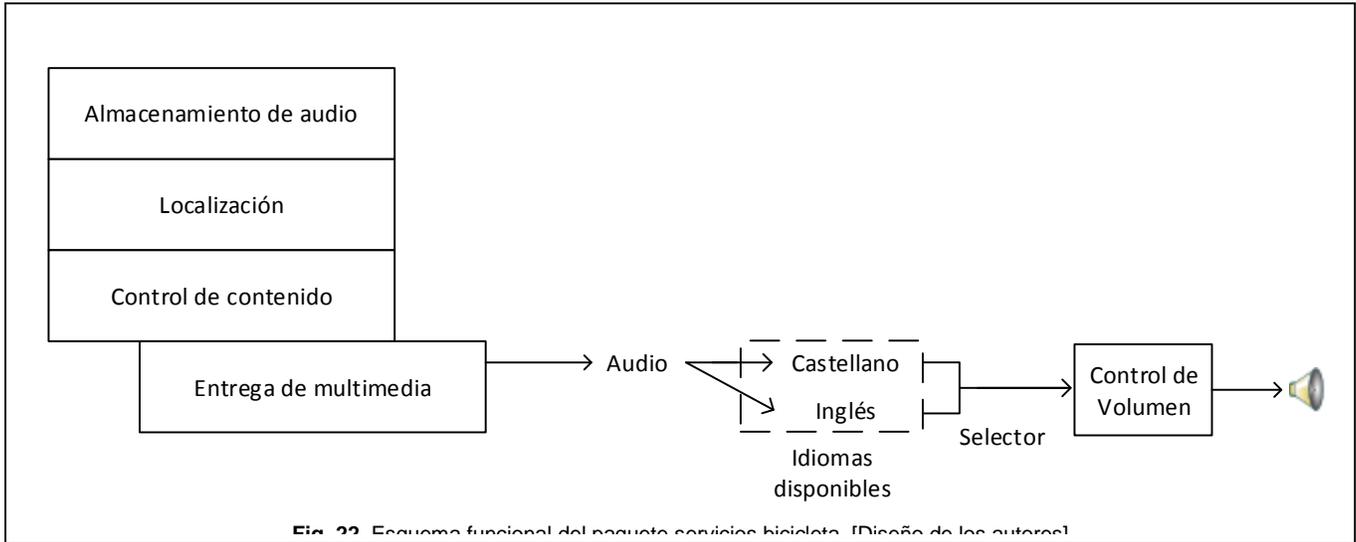


Fig. 22. Esquema funcional del paquete servicios bicicleta. [Diseño de los autores]

D. Características de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta

La Fig.22 muestra el esquema funcional del paquete *servicios bicicleta*. El audio se entregará en formato MP3, en 2 versiones (castellano e inglés). Se espera que los recursos audiovisuales demanden 120 MB de capacidad de almacenamiento. Esta información se registrará y conservará en el *módulo de almacenamiento de audio*.

Al moverse el autobús por el corredor turístico, al llegar a cada parada, una señal de radio proveniente del radiofaro activará al *módulo de localización* (ver Fig.23), que con apoyo del *módulo de control de contenido* desplegará las señales de audio. El usuario podrá elegir el audio en idioma castellano o inglés, a través del *selector*.

La Tabla 8 resume las características básicas de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta.

Tabla 8
Características básicas de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta. [Diseño de los autores]

Módulo electrónico	Características básicas
Almacenamiento de audio	Mínimo 120MB
Localización	Banda ISM, rango 10m
Control de contenido	Control y reproducción audio en formato MP3
Selector	Conmutador
Control de volumen	Controlar el nivel de audio de un nivel cero al nivel máximo de audio entregado.

E. Características de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios terceros

Cuando un usuario, ajeno al autobús, llegue a una parada podrá leer un código QR con apoyo del *módulo de dispositivo inteligente* (ver Fig.24). El código será interpretado por el *módulo de aplicación móvil*, previamente descargado de play store, en forma gratuita (ver Fig. 25).

La Tabla 9 resume las características básicas de operación de los módulos electrónicos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta.

Tabla 9
Características básicas de operación de los módulos requeridos para soportar el paquete servicios bicicleta. [Diseño de los autores]

Módulo electrónico	Características básicas
Localización	Lectura código visual con etiqueta que identifique el lugar
Dispositivo móvil	Teléfono inteligente o tableta con sistema operativo android
Aplicación móvil	Aplicación turística de máximo 100Mb desarrollada en android, cuenta desarrollador en Google 25USD

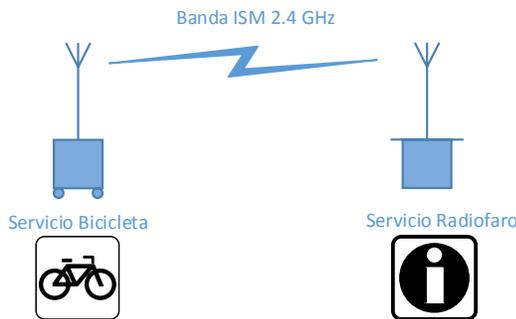


Fig. 23. Escenario control de localización para el paquete servicios bicicleta. [Diseño de los autores]



Fig. 24. Esquema de descarga de la aplicación turística paquete servicios Terceros. [Diseño de los autores]

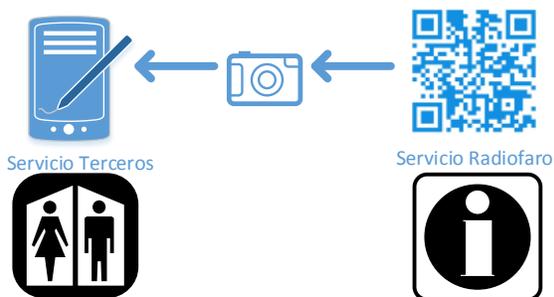


Fig. 25. Escenario control de localización para el paquete servicios terceros. [Diseño de los autores]

F. *Preselección de los módulos electrónicos y de comunicación necesarios para satisfacer los requerimientos de diseño*

En el paquete servicios bus

Para dimensionar la capacidad real de la unidad de almacenamiento, se consideró la capacidad mínima requerida para albergar audio y video, la capacidad requerida por el sistema operativo de multimedia, y una capacidad extra para cubrir potenciales ampliaciones del circuito turístico (ver Tabla 10). Considerando las características de los módulos disponibles en el mercado, se decidió proponer la utilización de unidades de 32 GB de capacidad.

Tabla 10

Dimensionamiento de la capacidad de la unidad de almacenamiento requerida para el paquete servicios bus. [Diseño de los autores]

Requerimiento	Capacidad
Mínimo requerido	7.3 GB
SO multimedia	2.0 GB
Expansión	7.3 GB
Total	16.6 GB

Para seleccionar la banda libre a utilizar en el bloque de localización, se analizó las prestaciones de las bandas libres disponibles en Ecuador (ver Tabla 11) [19]. Como resultado se decidió recomendar la utilización de la banda de 2.4GHz.

Tabla 11

Selección de la banda libre a utilizar en el bloque de localización del prototipo. [Diseño de los autores]

Requerimiento	Banda		
	315–433 MHz	900 MHz	2,4 GHz
Banda ISM	Si	Si	Si
Cobertura 10m	Mayor	Mayor	Si
Transmisión con módulo programable	Si	Si	Si
Transductor	No	No	Si

Para preseleccionar el módulo electrónico a utilizar en el bloque de control de contenido, se comparó las prestaciones de los mini-PC disponibles en el mercado local (ver Tabla 12). Como resultado se decidió proponer la utilización de la mini-PC Raspberry Pi 2[20], [21].

Tabla 12

Preselección del módulo electrónico a emplear en el bloque de control de contenido del paquete servicios bus. [Diseño de los autores]

Requerimiento	Raspberry Pi 2	Beagle-Bone
Programable	Si	Si
Multimedia	Si	Si
Formato AVI HD	Si	No
Salida HDMI 1080p	Si	No

En el paquete servicios bicicleta

Para dimensionar la capacidad real de la unidad de almacenamiento, se consideró la capacidad mínima requerida para albergar audio, y una capacidad extra para cubrir potenciales ampliaciones del circuito turístico (ver Tabla 13). Considerando las características de los módulos disponibles en el mercado, se decidió proponer la utilización de unidades de 2 GB de capacidad.

Tabla 13

Dimensionamiento de la capacidad de la unidad de almacenamiento requerida para el paquete servicios bicicleta. [Diseño de los autores]

Requerimiento	Capacidad
Mínimo Requerido	120 MB
Expansión	120 MB
Total	240 MB

El bloque de localización operará en la banda de 2.4GHz, seleccionada en el apartado anterior.

Para preseleccionar los módulos electrónicos a utilizar en el bloque de control de contenido, se comparó las prestaciones de los módulos de control de archivos de audio disponibles en el mercado (ver Tabla 14). Como resultado se decidió recomendar la utilización del módulo WT5001 [22], [23].

En el paquete servicios terceros

Para la operación del bloque de localización se utilizará el código QR. Una vez leído el código, la información relevante será entregada al usuario a través de su dispositivo móvil inteligente. La aplicación de reconocimiento será previamente descargada en forma gratuita.

Tabla 14

Preselección del módulo electrónico a emplear en el bloque de control de contenido del paquete servicios bicicleta. [Diseño de los autores]

Requerimiento	WT50001	WTV020
Control	Si	Si
Reproducción	Si	Si
Capacidad SD 2GB	Si	No
Formato MP3	Si	No
Voltaje de Trabajo	3.3V – 5V	2.7V – 3.5V
Control de volumen integrado	Si	No

G. Esquema funcional para la provisión de servicios en el autobús

La Fig.26 muestra el esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia en el autobús. El radiofaro opera en 2,4 GHz RF. La señal se receipta en un módulo RF conectado a una tarjeta Arduino Uno (AU) [24]. Para obtener las salidas de audio y video, se conecta la tarjeta AU a dos mini-PC Raspberry Pi 2 (RP2). Se requiere de dos RP2 para viabilizar la entrega del audio en dos idiomas diferentes. Cada RP2 opera con una Micro-SD de 32GB. Las RP2 entregan audio y video a través de salidas HDMI y de audio estéreo. La Fig. 27 muestra un diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación.

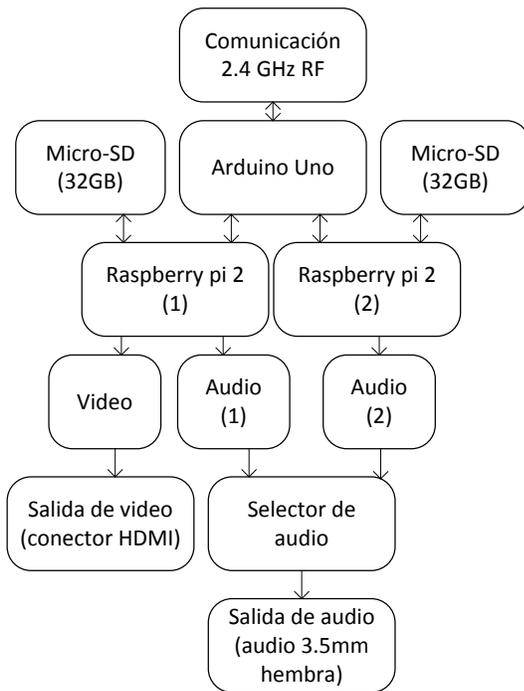


Fig. 26. Esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia en el autobús. [Diseño de los autores]

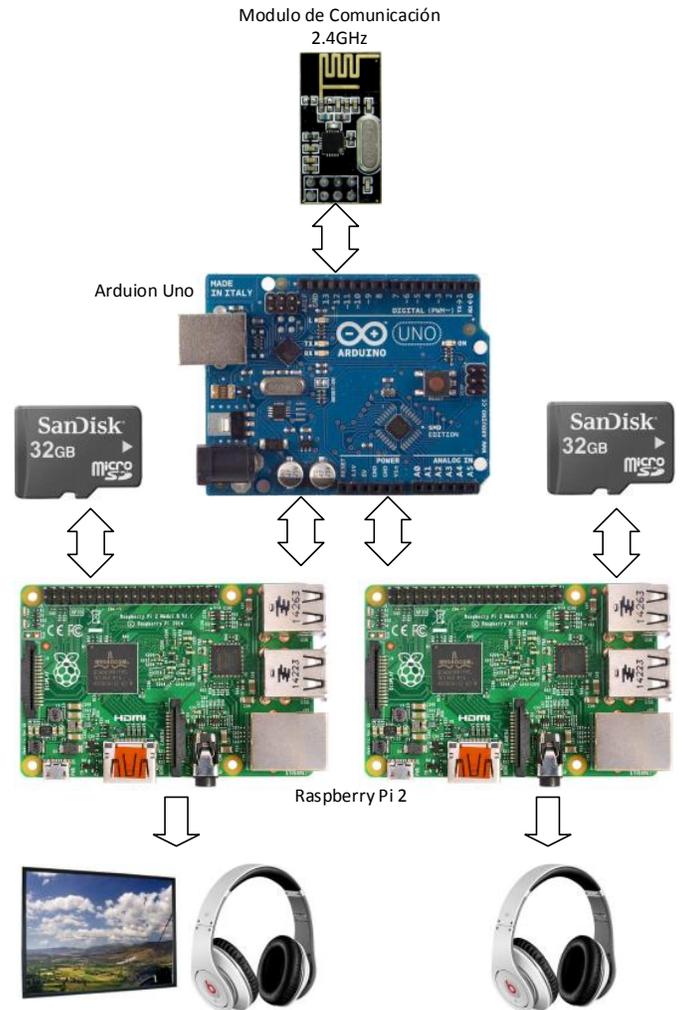


Fig. 27. Diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación requeridos para la provisión de servicios de localización y multimedia en el autobús. [Diseño de los autores]

Considerando los datos de placa de cada uno de los módulos electrónicos y de comunicación requeridos, el consumo de energía del paquete de servicios bus se calculó en 1940 mAh, con una alimentación de 5V.

La Tabla 15 muestra el presupuesto requerido para implementar el paquete.

Tabla 15

Presupuesto de inversión para la provisión de servicios de localización y multimedia en el autobús. [Diseño de los autores]

Componente	VU, USD	Unid.	Total, USD	Disponibilidad
Arduino Uno	40.00	1	40.00	Alta
Micro SD 32GB	25.00	2	50.00	Alta
Rasberry pi 2	95.00	2	190.00	Alta
Cable salida HDMI	6.50	1	6.50	Alta
Jack femenino 3mm	1.25	6	7.50	Alta
Conmutador doble	1.00	6	6.00	Alta
Total			230.00	

H. *Esquema funcional para la provisión de servicios en la bicicleta*

La Fig. 28 muestra el esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia en la bicicleta. El módulo de control de archivos de audio WT50001 se conecta a una tarjeta AU. Esta conexión permitirá que el módulo WT5001 reproduzca archivos de audio almacenados en una Micro-SD en formato MP3, a través de la tarjeta AU. El audio se entregará a través de un adaptador para audífonos de 3.5 mm. La Fig. 29 muestra un diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación.

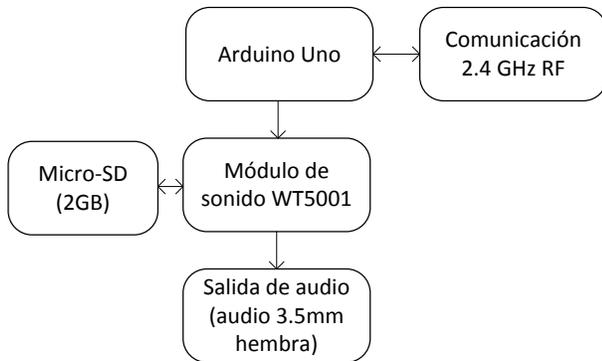


Fig. 28. Esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia en la bicicleta. [Diseño de los autores].

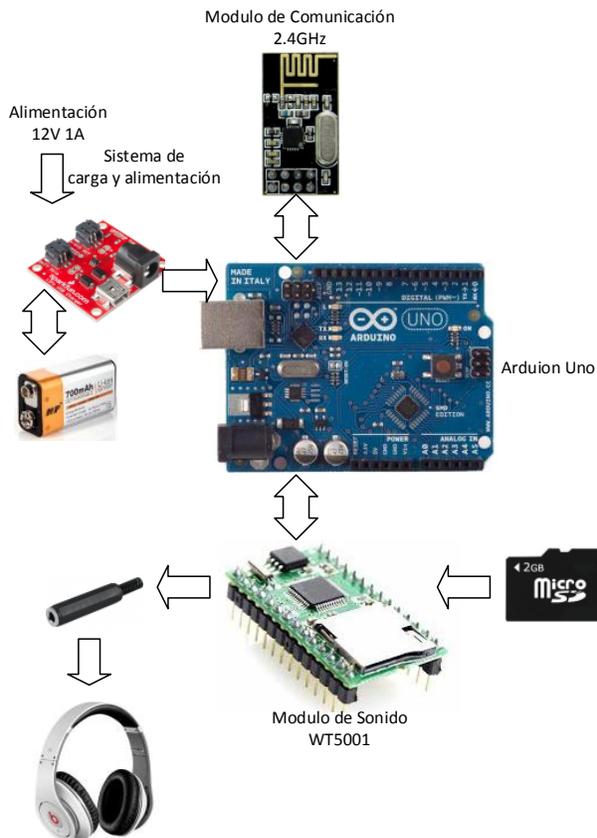


Fig. 29. Diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación requeridos para la provisión de servicios de localización y multimedia en las bicicletas. [Diseño de los autores]

El consumo de energía del paquete de servicios bicicleta, por cada usuario, se calculó en 190 mAh, con una alimentación de 5V.

La Tabla 16 muestra el presupuesto requerido para implementar el paquete.

Tabla 16

Presupuesto de inversión para la provisión de servicios de localización y multimedia en las bicicletas. [Diseño de los autores]

Componente	VU, USD	Unid.	Total, USD	Disponibilidad
Arduino Uno	40.00	6	240.00	Alta
Jack femenino 3mm	1.25	6	7.50	Alta
WT5001	65.00	6	390.00	Alta
Micro SD 2GB	10.00	6	60.00	Alta
Módulo 2.4GHz	10.00	6	60.00	Alta
Batería 9V 700mAh	25.00	6	150.00	Alta
Cargador batería	15.00	6	60.00	Alta
Carcasa	30.00	6	180.00	Alta
Total			1,147.50	

I. *Esquema funcional para la provisión de servicios en el radiofaro*

La Fig.30 muestra el esquema funcional de la provisión de servicios de localización en el radiofaro. El radiofaro ubicado en cada una de las paradas se identifica por señales de radio y por códigos QR.

Las señales de radio se emiten en la banda de 2,4 GHz RF, y se generan en un módulo RF conectado a una tarjeta AU. Los códigos QR se ubican en un lugar visible, prestos a ser escaneados por los usuarios. La Fig. 31 muestra un diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación, mientras que la Fig. 32 presenta un ejemplo de código QR a utilizar.

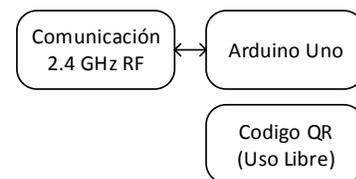


Fig. 30. Esquema funcional de la provisión de servicios de localización en el radiofaro. [Diseño de los autores].

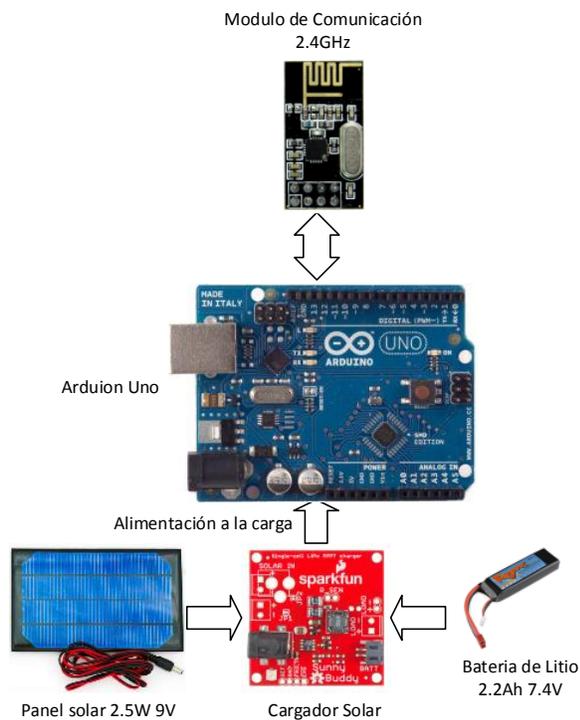


Fig. 31. Diagrama de conexión de los módulos electrónicos y de comunicación requeridos para la provisión de servicios de localización en el radiofaro. [Diseño de los autores]



Fig. 32. Ejemplo de código QR a utilizar para identificación de cada radiofaro. [Diseño de los autores]

El consumo de energía del paquete de servicios radiofaro se calculó en 140 mAh, con una alimentación de 5V.

La Tabla 17 muestra el presupuesto requerido para implementar el paquete.

Tabla 17

Presupuesto de inversión para la provisión de servicios de localización en los radiofaros. [Diseño de los autores]

Componente	VU, USD	Unid.	Total, USD	Disponibilidad
Arduino Uno	40.00	4	160.00	Alta
Módulo 2.4 GHZ	10.00	4	40.00	Alta
Batería 6Ah	73.00	4	292.00	Alta
Cargador solar	55.00	4	220.00	Alta
Panel solar 3W	70.00	4	280.00	Alta
Estructura	150.00	4	600.00	Alta
Total			1,592.00	

J. Esquema funcional para la provisión de servicios a terceros

La Fig. 33 muestra el esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia para terceros. La Fig. 34 muestra un ejemplo de la operatividad de la aplicación de decodificación y visualización de información de cada parad.

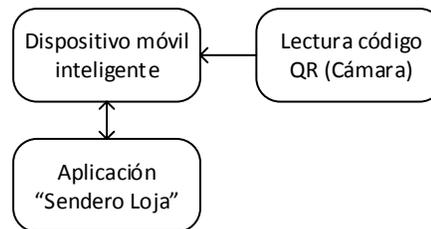


Fig. 33. Esquema funcional de la provisión de servicios de localización y multimedia a terceros. [Diseño de los autores].



Fig. 34. Ejemplo de operatividad de la aplicación para decodificación y visualización de la información turística relevante en cada una de las paradas, en el paquete de servicios a terceros. [Diseño de los autores]

La Tabla 18 muestra el presupuesto requerido para implementar el paquete.

Tabla 18

Presupuesto de inversión para la provisión de servicios de localización y multimedia para terceros. [Diseño de los autores]

Componente	VU, USD	Unid.	Total, USD	Disponibilidad
Dispositivo inteligente	600.00	1	600.00	Alta
Desarrollo APP	450.00	1	450.00	Alta
Código QR	0.00	4	0.00	Alta
Nube Play Store	25.00	1	25.00	Alta
Total			1,075.00	

K. Presupuesto total de implementación

La Tabla 19 muestra el presupuesto total de inversión.

Tabla 19

Presupuesto de inversión para la provisión de los servicios ofertados. [Diseño de los autores]

Servicios	Total, USD
Paquete servicios bus	230.00
Paquete servicios bicicleta	1,147.50
Paquete servicios radiofaro	1,592.00
Paquete servicios terceros	1,075.00
Total	4,044.50

L. Consumo de energía

La Tabla 20 muestra el consumo total de energía esperado en los módulos electrónicos y de comunicación.

Tabla 20

Consumo de corriente y voltaje suministrados a cada paquete de servicios. [Diseño de los autores]

Servicios	mA	V
Paquete servicios bus	1940.00	5.00
Paquete servicios bicicleta	190.00	12.00
Paquete servicios radiofaro	140.00	5.00
Paquete servicios terceros	0.00	0.00

VI. CONCLUSIONES

- En función de las ideas generales establecidas en la revisión del estado del arte, y, acogiendo la sugerencia de un grupo multidisciplinario de consulta, se ha descrito la idea de una bus impulsado por energía humana, en el que un grupo de ciclistas potencian el movimiento del bus a través de un corredor turístico determinado en la ciudad de Loja.
- Se ha completado la etapa de ingeniería de concepto de la estructura mecánica de un bus potenciado por energía humana, que responda a las exigencias del contexto de la ciudad de Loja.
- Considerando aspectos mecánicos, operativos y estéticos se ha decidido la forma del bus.
- Sobre la base de consideraciones operativas, se ha definido la arquitectura y materiales de construcción de la estructura base y de la carrocería del bus.
- Se estableció la factibilidad técnica y económica para el diseño e implementación de servicios de localización y multimedia en un autobús potenciado por energía humana y otras fuentes renovables de energía.
- Se ha identificado los principales momentos en la gestión de energía en el bus, identificando cargas de alto y bajo consumo.

VII. REFERENCIAS

- [1] TWS blog Tecnowebstudio [en línea]. Disponible en <http://tecnowebstudio.com/el-autobus-%E2%80%93-bicicleta/> [Consulta Agosto 2015]
- [2] Caferacer [en línea]. Disponible en http://www.decaferacer.nl/BSO_fiets.html [Consulta Agosto 2015]
- [3] Bike Accident Advice [en línea]. Disponible en <http://www.bikeaccidentadvice.com/bus-that-is-powered-by-passengers/c> [Consulta Agosto 2015]
- [4] Limo Cycle Tours [en línea]. Disponible en <http://limocycle.com/the-awesome-cycle/> [Consulta Agosto 2015]

- [5] Ingeniería Verde, idea innovadora [en línea]. Disponible en <http://www.ingenieriaverde.org/una-idea-innovadora-el-bus-electrico-humano-asistido/> [Consulta Agosto 2015]
- [6] ZZMERCK [en línea]. Disponible en http://zzmerck.en.alibaba.com/product/602954302-25-800702465/pedal_electric_trike_motorcycle_USA.html [Consulta Agosto 2015]
- [7] SolidWorks [En línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>. [Consulta Septiembre 2015]
- [8] CHASIS, Wikipedia [En línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Chasis> [Consulta Septiembre 2015]
- [9] PLASTICOS REFORZADOS ECUATORIANOS [En línea] Disponible en <http://ibag55.wix.com/fibradevidrio#!wwwfibradevidrioec/ctqj> [Consulta Agosto 2015]
- [10] AUTOBÚS [En línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Autob%C3%BA>s [Consulta Septiembre 2015]
- [11] Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas, Autores: Carlos Fabián Núñez, Julián Oswaldo Flórez, Universidad Industrial de Santander 2011. [Consulta Agosto 2015]
- [12] PANELES SOLARES, GIOCO SOLUTIONS [En línea] <http://www.giocosolutions.com/> [Consulta Septiembre 2015]
- [13] Paneles solares flexibles ecuador [En línea] <http://www.proviento.com.ec/panelesolares.html> [Consulta Septiembre 2015]
- [14] Aprovechamiento de energía [En línea]: Disponible en: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm [Consulta Agosto 2015]
- [15] Aliexpres. Vertical Wind Turbines (2014). [En línea] Disponible en: <http://goo.gl/SS4SIU> [Consulta Agosto 2015]
- [16] Motores de corriente continua. [En línea] www.kinmoremotor.com [Consulta Septiembre 2015]
- [17] Vehículos automotores. bus urbano requerimientos, norma técnica ecuatoriana, NTE INEN 2 205:2010. [En línea] <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2205.2010.pdf> [Consulta Octubre 2015]
- [18] Vehículos automotores. dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad, NTE INEN 1 155:2009. [En línea] <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1155.2009.pdf> [Consulta Octubre 2015]
- [19] “Plan Nacional de Frecuencias Ecuador 2012.” [Online]. Available: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf. [Accessed: 29-Jun-2015].

- [20] “Raspberry Pi 2 Model B.” [Online]. Available:<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [21] “BeagleBone.” [Online]. Available: <http://beagleboard.org/bone>. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [22] “The Manual of WT5001 Modules.” [Online] Available:<http://www.microelectronicos.com/datasheets/WT5001.pdf>. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [23] “WTV020-SD Module” [Online]. Available: http://letsmakerobots.com/files/WTV020_manual_V1.3.pdf. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [24] “Arduino Uno” [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. [Accessed: 29-Jun-2015].

