

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

DIVISION DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO  
Especialización, Maestría y doctorado en Diseño

**DISEÑO DE UN TREN ELEVADO SUSPENDIDO CON SISTEMA DE  
RECUPERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA QUE PROPICIE  
SU DESPLAZAMIENTO, PARA IMPLEMENTARLO EN LA ZONA  
ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO**

**Marco Junior Vargas Luna**

Trabajo terminal para optar por el  
**Diploma de Especialización en Diseño**  
Opción Nuevas Tecnologías CAD/CAM

Miembros del Jurado:

**M.D.I. Roberto Bernal Barrón**  
*Profesor de Taller de Diseño III*

M.D.I. Francesca Sasso Yada  
M.D.I. Julio Marañon Muñoz

México D.F.

8 de Septiembre de 2015

## DEDICATORIA

A lo largo de este año en que curse la especialización han estado personas que contribuyen a diario en esta ardua tarea que es realizar un posgrado, dedico este trabajo primeramente a mi familia como es mi esposa Teresa y mi hijo Emiliano, que son emocionalmente la principal motivación que me lleva día a día a obtener cada una de mis metas individuales y colectivas familiares.

Con la misma importancia y entusiasmo les agradezco a Gloria, Marco A., Diana y Oscar, por estar presentes en este proyecto personal y ayudarme en todos los aspectos para la realización de esta primera parte y final del mismo.

## AGRADECIMIENTOS

El primer agradecimiento muy especial, con mucho amor y cariño es para mí *Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco*; que me ha dado una vez más la oportunidad de pertenecer a ese tan selecto grupo de estudiantes e investigadores de posgrado.

De igual manera el agradecimiento es para todos mis profesores de este primer año de posgrado que me han enseñado de una forma más objetiva, comprensible y profesional lo bello que es el diseño industrial, pero muy en especial a dos profesores que me han enseñado que no solo con luchar basta para alcanzar una meta, siempre hay que ponerle un mucho mas; *Prof. Roberto Bernal Barrón* y *Profa. Francesca Sasso Yada*, gracias por su apoyo.

Y por último el agradecimiento muy especial para el Posgrado en Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana, para el Director de la División de Ciencias y Artes para el Diseño, *Dr. Aníbal Figueroa Castrejón*, gracias por todo el apoyo, al Coordinador de Posgrado, *Dr. Jorge Sánchez de Antuñano Barranco*, al Secretario Técnico de Posgrado, *Dr. Gustavo Iván Garmendia Ramírez* y a *Yara Álvarez*, gracias por todo.

## INDICE

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
ANTECEDENTES.....	7
INFORMACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS.....	13
SISTEMAS ANALOGOS.....	23
FACTIBILIDAD DEL TERRENO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TREN ELEVADO.....	24
PROPUESTA DE ESTACIONES PARADERO E INTERMEDIAS DEL TREN ELEVADO. ....	26
ANÁLISIS FÍSICO DEL TERRENO .....	32
DATOS ESTADISTICOS.....	37
RESULTADOS DE DATOS ESTADISTICOS .....	43
ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO .....	45
OBJETIVOS .....	56
OBJETIVOS PARTICULARES.....	57
CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA .....	58
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	60
COMPONENTES DEL TREN ELEVADO Y SISTEMA .....	60
APORTACIONES .....	61
REQUERIMIENTOS DE DISEÑO .....	63
IMPORTANCIA DE INNOVACIONES .....	64
INFORMACIÓN DE ACOPLES DE UN TREN .....	65
PROPUESTAS DE DISEÑO DE TREN EXTERIOR E INTERIOR .....	70
MODELADO 3D DE PIEZAS .....	81
Capítulo 4 PLANOS DE BARRA SOPORTE DE DESPLAZAMIENTO .....	84
ESTUDIO DE CARGAS Y PRESIONES HACIA LAS PIEZAS DEL SISTEMA DE ACCELERACIÓN POR MEDIO DE UN ANÁLISIS FINITO .....	86
ESTUDIO DE FUERZAS Y PRESIONES, SIMULACIÓN DE PLACA SOPORTE IMPULSO.....	87
CONCLUSIONES .....	99
BIBLIOGRAFÍA .....	101

## RESUMEN

La zona metropolitana del valle de México cuenta con una población estimada de 9 millones 239 mil 910 habitantes<sup>1</sup>, de los cuales el 40% de la población de municipios del estado de México usan hasta 4 sistemas de transporte diferentes para llegar a su lugar de trabajo o domicilio<sup>2</sup>, esto trae consigo una serie de problemáticas en su estilo y calidad de vida, ya que no existen sistemas de transporte efectivos que reduzcan los niveles de tiempo de traslado y demás factores como: seguridad, accesibilidad para todo tipo de personas, incluyendo personas con discapacidad y adultos mayores, y una reducción de gases contaminantes al ambiente, producidos por el excesivo consumo de combustible (diesel, electricidad, gas o gasolina) que utilizan la mayoría de estos transportes.

La finalidad de esta investigación es diseñar y desarrollar la propuesta de un Tren Elevado, que su principal característica sea, contar con un sistema que pueda recuperar y transformar energía cinética en energía potencial, para su utilización en los recorridos, y que con esto reduzca de importante manera el deterioro del medio ambiente por el consumo de algún combustible para su desplazamiento.

Este proyecto estará delimitado en un tiempo de 2 años para su desarrollo de investigación y planteamiento de diversas soluciones de diseño como: diseño de chasis exterior del tren, diseño interior del tren (asientos, pasillos, etc.) diseño de componentes del sistema de recuperación de energía, diseño de sistema de estructuración de las vías, rieles y sistema para suspender al tren.

---

<sup>1</sup> Cifras manejadas por el INEGI, CONAPO y la Secretaría de Desarrollo Social, año 2010, México, Distrito Federal

<sup>2</sup> Periódico el Financiero 25/11/2014. Rafael Montes

Una de las aportaciones de este proyecto, es el diseño de un prototipo físico funcional a escala, este mismo modelo contara con el sistema de recuperación, transformación y aprovechamiento de la energía y con esto probar que realmente las propuestas antes mencionadas cumplan con su funcionalidad y diseño, además se obtendrá un análisis de elemento finito de cada uno de los modelos del sistema donde se puedan valorar su factibilidad para la construcción del mismo.

## INTRODUCCIÓN

Dentro del Sistema de Transporte de la Ciudad de México, existen medios automotores en los cuales la población de esta ciudad viajaba de manera más usual antes del 2006, en algunos casos, eran los sistemas más económicos, rápidos y que mayor distancia cubrían en un menor tiempo y sin complicaciones de retrasos por el constante tráfico.

De acuerdo con la Secretaria de Transporte y Vialidad de la Ciudad de México, circulan diariamente **5.5 millones de vehículos**. La mitad de éstos son modelos viejos, el **90%** cuentan con motor a gasolina y el porcentaje restante (representado por camiones de transporte, carga y

pasaje) se mueve gracias a combustibles como el gas licuado, gas natural y electricidad.



Ilustración 1.- El tráfico ciudadano es ocasionado por la excesiva circulación de automóviles privados y la falta de un sistema de transporte eficiente. (Ilustración tomada de <http://wikipedia.com/contaminacion>)

El servicio de transportes eléctricos, atiende al 1% de la demanda de viajes diarios, a través de **344 trolebuses que transporta al día 257 mil pasajeros** en un total de **422 kilómetros de vías**, y del tren ligero con sus **15 unidades** que transporta al día **50 mil personas** a lo largo de **422 kilómetros de vías**.

Según los datos de “**EU energy and transport in figures**” en el año 2005, el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la ciudad de México, aumenta más de 120% por arriba de las cifras admitidas en el protocolo de Kyoto, siendo el transporte público uno de los sectores que peor se han comportado al respecto, habiendo crecido sus emisiones entre 1990 y 2003 en un **68%** hasta representar el **39%** del total de las emisiones contaminantes y residuos (líquidos, gaseosos y sólidos).

Esta serie de problemas sin duda alguna nos muestra claramente el problema en que las metrópolis están sometidas a diario, el origen de la contaminación de las urbes ocasionada por los automotores tiene una raíz más detallada aún.

El conflicto de la generación de gases nocivos al ambiente se encuentra especificado en la valoración que debemos hacer como usuarios del transporte en relación al peso y en función a los materiales usados para la creación de los mismos automotores.

Los sistemas de transporte mas usados por la población de la zona metropolitana y Distrito Federal, son: metrobús, tren suburbano, tren Ligero, sistema de transporte colectivo metro, camiones urbanos, microbuses, camiones de los nombrados “chimecos “, peseros y combis.

Por su parte, en el número total de vehículos hay un claro predominio de los autos particulares, a pesar de que sólo representan alrededor del 16% de los viajes persona día. El incremento en el número de vehículos particulares está asociado a diferentes factores, entre los que destacan el crecimiento económico, las mejoras sectoriales de ingresos, distancias cada vez mas largas, deficiencias en el transporte público, facilidades de crédito y la ambición de status<sup>3</sup>.



**Ilustración 2.- Tipo de automotores particulares, usados como sistema de transporte.**  
(Ilustración tomada de: <http://www.fiat.com>)

---

<sup>3</sup> <http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/1diagnostico.htm>

De acuerdo con los datos del Programa de Verificación Vehicular 2001, el número de vehículos en circulación es de 1.7 millones de automóviles particulares con placas del Distrito Federal, y 0.6 millones con placas del Estado de México, en conjunto, más del 95% del total de vehículos automotores que operan en la ZMVM captaron menos del 20% del total de la demanda del tramo de viajes<sup>4</sup>.

La mayoría de estos medios de transporte, su principal característica es, **que su peso total en relación a la cantidad de personas que viaja en ellos es mayor que el peso de las mismas**, lo cual ocasiona un esfuerzo mayor del automotor para desplazarse con esto mayor consumo de energía y un notable aumento de gases contaminantes provenientes de los vehículos con estas dificultades



Grafica 1.- Medios de Transporte más usados en la zona oriental del Valle de México.

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de automotores que se desplazan a diario por el Distrito Federal y la zona metropolitana. Aquí podemos observar que los autos particulares tienen el mayor porcentaje de toda la matrícula vehicular, si tomamos como referencia la información antes mencionada sobre que este tipo de automotores son los que más contaminación de aire ocasionan, podríamos suponer con los porcentajes emitidos en esta tabla, que los autos particulares emiten el 71.81% de toda la contaminación de aire actual.

---

<sup>4</sup> <http://www.fimevic.df.gob.mx>



Tipo de vehículo	Número de vehículo			
	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM	
			NUMERO	%
<b>Autos particulares</b>	1,545,595	795.136	2.341.731	71.81
<b>Taxis</b>	103.298	6.109	109.407	3.36
<b>Combis</b>	3.944	1.555	5.499	0.17
<b>Microbuses</b>	22.931	9.098	32.029	0.98
<b>Pick ups</b>	73.248	262.832	336.880	10.31
<b>Camiones de carga a gasolina</b>			154.647	4.74
<b>Vehículos diesel &lt; 3 toneladas</b>			4.733	0.15
<b>Tractocamiones diesel</b>			70.676	2.17
<b>Autobuses diesel</b>	9.236	3.269	12.505	0.38
<b>Vehículos diesel = 3 toneladas</b>	28.580	62.360	90.940	2.79
<b>Camionetas de carga a gas LP</b>	29.968	-----	29.968	0.92
<b>Motocicletas</b>	72.280	424	72.704	2.23
<b>Total</b>	2.118.096	1.142.823	3.260.919	100

Tabla 1.- Porcentaje de número de Vehículos con respecto a la matrícula vehicular existente en el año 2014, datos obtenidos de: <http://www.fimevic.df.gob.mx>

## ANTECEDENTES

### SISTEMAS DE TRANSPORTE FERROVIARIO

Existen actualmente diferentes sistemas de transporte para movilidad de personas a nivel masivo, pero el sistema de Trenes cumple con casi todas las expectativas de las problemáticas actuales como: **accesibilidad, traslado de personas masivamente, menores tiempo de recorridos y recorrido de grandes distancias.**

Para nuestro proyecto de investigación tomaremos como referencia el sistema de transporte de trenes masivo, ya que la zona en que se propone, cuenta con una gran cantidad de usuarios y abarca 3 municipios con mayor cantidad de personas que se trasladan a trabajar a la capital federal de la República Mexicana<sup>5</sup>.

Con base en las características funcionales y de uso, el transporte ferroviario de pasajeros se divide de la siguiente manera<sup>6</sup>:

- ✓ Transporte de transito rápido e independiente
- ✓ Transporte Ferroviario Ligero
- ✓ Transporte Ferroviario Pesado
- ✓ Monorraíles
- ✓ Funiculares

---

<sup>5</sup> Estos datos se pueden consultar en los siguientes capítulos de esta tesina: factibilidad y Datos estadísticos.

<sup>6</sup> Wikipedia [En línea] Terminología de transporte ferroviario [Fecha de consulta: 16/12/2014] Datos recabados del sitio web:[http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia\\_de\\_transporte\\_ferroviano\\_de\\_pasajeros](http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia_de_transporte_ferroviano_de_pasajeros)

## Transporte de tránsito rápido e independiente

El término **transporte de tránsito rápido** (*rapid transit system*) agrupa a los medios de transporte de pasajeros que circulan sobre uno o más rieles. Generalmente estos medios de transporte suelen circular en forma subterránea, aunque también pueden hacerlo sobre vías elevadas o a nivel del suelo pero sin ningún tipo de paso a nivel con otros medios de transporte.

Las redes de tránsito rápido están electrificadas y suelen conectar el centro de las ciudades con los barrios más próximos, aunque la eficiencia de este medio de transporte ha hecho que muchas líneas se prolonguen hasta áreas suburbanas. Los términos más comunes utilizados para denominar a este medio de transporte rápido son: *metro, subterráneo, subway, U-Bahn, elevated, tren-tram, tranvía, tren ligero, pre-metro y S-Bahn*<sup>7</sup>.

El *metro* es el término más común para referirse a este sistema de transporte y se usa en casi todos los países de habla hispana. El término puede referirse sólo a la parte subterránea del sistema o al sistema completo. También puede referirse, aunque en raras ocasiones, a un tipo de tren ligero.

Es también el término más común en casi todos los idiomas. Se emplea en casi todas las redes que hay en Europa, Asia y Oceanía, en idioma portugués, francés y en italiano. En inglés se utiliza para referirse a las redes ubicadas en países de habla no inglesa, así como para algunas redes del Reino Unido (Tyne & Wear Metro) o en redes de Perú (Metro de Huancayo).

En Francia y Portugal también suele usarse la palabra Metropolitano (Metropolitano de Lisboa) y en Italia Metropolitana (Metropolitana de Milán).

Los términos *Subterráneo* y coloquialmente Subte se usan en Argentina, Paraguay y Uruguay, aunque solo el primer país cuenta con una red de tránsito rápido (Subte de Buenos Aires). A diferencia de metro, el término sólo se emplea para describir una red que es enteramente subterránea.

El *Subway*, es un término de habla inglesa, y aunque puede traducirse literalmente como vía subterránea, su significado se aproxima más al término metro, ya que se usa para referirse a redes de tránsito rápido que circulan o no bajo tierra. Es el término más comúnmente utilizado en los Estados Unidos (New York City Subway), en algunas partes de Canadá y en Escocia.

El término *U-Bahn* es utilizado para referirse a los sistemas de tránsito rápido en Alemania, Austria y los cantones de habla alemana de Suiza es U-Bahn (una reducción de Untergrundbahn, que en alemán significa ferrocarril subterráneo). Este se usa para referirse a las redes de tránsito rápido en su totalidad, aunque circulen parcialmente bajo tierra. Se diferencia del término *S-Bahn*, usado para referirse al sistema urbano y suburbano de trenes que circulan enteramente por la superficie<sup>8</sup>.

*Elevated*, es el modo como se denomina a ciertas líneas o tramos de diferentes redes de tránsito rápido en Estados Unidos (L de Chicago) y Perú (Elevado de Lima) y el Reino Unido que circulan sobre el nivel de la calle.

## **Transporte Ferroviario Ligero**

Los *tranvías* (tramway en inglés; Straßenbahn en Alemania, Austria; Tram en Suiza; Tramway o Tram, Métrobus en Ruan, Francia) son medios de transporte de pasajeros por las calles que circulan sobre vías no reservadas. Los primeros tranvías circularon mediante tracción a sangre y a vapor; el primer tranvía eléctrico se puso en servicio en Berlín en 1879.

---

<sup>7</sup> Wikipedia [En línea] Terminología de transporte ferroviario [Fecha de consulta: 16/12/2014] Datos recabados del sitio web:[http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia\\_de\\_transporte\\_ferroviano\\_de\\_pasajeros](http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia_de_transporte_ferroviano_de_pasajeros).

<sup>8</sup> Wikipedia [En línea] Terminología de transporte ferroviario [Fecha de consulta: 16/12/2014] Datos recabados del sitio web:[http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia\\_de\\_transporte\\_ferroviano\\_de\\_pasajeros](http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia_de_transporte_ferroviano_de_pasajeros)

Una de las redes de tranvías más famosas y antiguas del mundo es la de la ciudad de San Francisco, en California. Los tranvías son muy comunes en las ciudades europeas, tales como el tranvía de Barcelona.

El **tren-tram**, tren-tranvía (en inglés: Tram-train) es un vehículo derivado del tranvía capaz de ejecutar varias rutas. La doble capacidad de voltaje del tren-tram le permite el acceso a las infraestructuras de ferrocarriles y tranvías, puede funcionar dentro de las normas ferroviarias y pasar a un funcionamiento en modo tranvía al entrar en la ciudad. Alemania es pionera y se encuentra en la vanguardia de este concepto, habiendo desarrollado este sistema de transporte en los años 1980 y 1990 en Karlsruhe<sup>9</sup>.

El **tren ligero** es un sistema de transporte ferroviario de pasajeros de capacidad media a escala regional y metropolitana con unidades tipo tranvía o una clase intermedia entre un tranvía y un tren, que permite la conexión entre núcleos urbanos y zonas rurales y que crea además nuevos potenciales de desarrollo urbano. Opera sobre un sistema que está parcial o totalmente segregado del tránsito vehicular, con carriles reservados y vías apartadas.

Desarrollados en los años 70 junto con el resurgimiento de los tranvías, funcionan alimentados por electricidad suministrada a través de una catenaria o por motorizaciones diesel. **El Tren Ligero de la Ciudad de México es un buen ejemplo de este tipo de sistema.**

El **premetro** es un medio de transporte de pasajeros muy similar al tren ligero, que circula al aire libre e incluye segmentos de su recorrido construidos con los estándares de un sistema de metro. Se utiliza para extender las líneas de metro subterráneo en áreas donde las necesidades no justifican la construcción de infraestructuras más complejas.

Un ejemplo es el **Pre metro de Buenos Aires**, que constituye una prolongación de la línea E de subtes pero por la superficie.

---

<sup>9</sup> Wikipedia [En línea] Terminología de transporte ferroviario [Fecha de consulta: 16/12/2014] Datos recabados del sitio web:[http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia\\_de\\_transporte\\_ferroviano\\_de\\_pasajeros](http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia_de_transporte_ferroviano_de_pasajeros)

## **Transporte de tránsito rápido e independiente**

Con este término se denomina a aquellos transportes ferroviarios de pasajeros que se diferencian de los metros, los trenes ligeros y que habitualmente se identifican como los ferrocarriles de pasajeros propiamente dichos.

## **Tren de cercanías**

Bajo estas denominaciones suelen agruparse a los ferrocarriles de corto o medio alcance y que transportan diariamente gran cantidad de pasajeros. Suelen clasificarse en trenes urbanos cuando su recorrido sólo sirve a una ciudad o sólo al centro de la misma, y trenes suburbanos, trenes metropolitanos o trenes regionales a los que prestan servicios entre el centro de una ciudad y sus suburbios, área metropolitana y/u otras ciudades y pueblos cercanos. Pueden ser servicios electrificados o con locomotoras diesel. Algunas ciudades, como Buenos Aires, poseen una extensa red de trenes suburbanos.

## **Trenes interurbanos, trenes de larga distancia**

Se conocen como trenes interurbanos o trenes de larga distancia a los trenes de pasajeros que prestan servicio de largo alcance, mayores que los de un tren de cercanías, entre distintas ciudades de un país o en algunos casos de distintos países.

A diferencia de otros tipos de transporte ferroviario, estos están equipados con servicios que permiten recorrer grandes distancias, como camarotes, carro comedor o incluso preparado para transportar automóviles particulares.

Estos, según las velocidades que alcancen, pueden denominarse trenes de altas prestaciones o trenes de alta velocidad (como la red española de alta velocidad)<sup>10</sup>

## **Monorrieles**

El monorriel o monorraíl, como su nombre lo indica, es un medio de transporte ferroviario que opera con un solo riel, ya sea suspendido o apoyado sobre éste. Estos circulan como redes de metro (Monorriel de Arequipa) o trenes de cercanías en casi todos los casos (como el monorriel de Tokio) o con fines turísticos o recreativos (como el monorriel de Walt Disney World). Un tipo particular de monorriel es el tren de levitación magnética, y el Shanghai Maglev es el único en el mundo que operaba comercialmente en 2009.

Los *funiculares* son similares a los ferrocarriles de cremallera, aunque no siempre cuentan con un tercer riel. Sirven para salvar grandes pendientes en recorridos cortos, por lo que también se los suele conocer como ascensores, como en el caso de Valparaíso<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Wikipedia [En línea] Terminología de transporte ferroviario [Fecha de consulta: 16/12/2014] Datos recabados del sitio web:[http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia\\_de\\_transporte\\_ferroviano\\_de\\_pasajeros](http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia_de_transporte_ferroviano_de_pasajeros)

<sup>11</sup> Wikipedia [En línea] Terminología de transporte ferroviario [Fecha de consulta: 16/12/2014] Datos recabados del sitio web:[http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia\\_de\\_transporte\\_ferroviano\\_de\\_pasajeros](http://es.wikipedia.org/wiki/Terminologia_de_transporte_ferroviano_de_pasajeros)

## INFORMACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS

### Sistemas híbridos

La característica principal de un sistema híbrido es el uso de dos o más fuentes de alimentación.

Además de la energía solar, en los sistemas híbridos fotovoltaicos se utiliza generalmente un generador diesel, un aerogenerador o la red pública como fuente de alimentación. Los inversores con cargadores de batería integrados, que se emplean en los sistemas híbridos, alimentan los consumidores de corriente alterna conectados, o a partir del banco de baterías, que usa energía solar, o a partir de la segunda fuente de alimentación. Mediante este aparato también se puede recargar la batería a partir de la fuente de alimentación adicional.



Ilustración 3.- Imagen de Celda Fotovoltaica.  
(Ilustración tomada de de [www.icss.es](http://www.icss.es))

Los sistemas híbridos fotovoltaicos presentan la ventaja de que no se necesita sobredimensionar notablemente el generador solar para los períodos de baja irradiación. Esto supone un ahorro de gastos considerable. En el sistema siempre se usa prioritariamente la energía producida por el módulo. Al combinarlo con una segunda fuente controlable se obtiene un suministro de energía fiable y disponible las 24 horas del día durante los 365 días del año. (Steca, 2015)



## Sistemas híbridos CC monofásicos

El elemento central e inteligente dentro del sistema es el regulador de carga Tarom o Power Tarom de Steca: regula el flujo de energía y protege a la batería frente a estados críticos. Steca Tarom / Power Tarom se conecta directamente con la batería, del mismo modo que el bus CC. En el cable negativo de la batería se encuentra un shunt, el Steca PA HS200, que detecta la corriente de la batería y la transmite al Tarom/Power Tarom.

Los demás componentes, como por ejemplo el inversor o el control remoto Steca PA15, se conectan directamente al bus CC. Cuando el SOC (State of Charge, estado de carga de la batería) se encuentra debajo de un umbral ajustable, se conecta la salida del PA15 a un relé para poder encender automáticamente un generador diesel. El contacto de trabajo del relé enciende y apaga sin tensión el generador de diesel.

Para llevar a cabo una administración de energía automática, la salida CA del generador diesel se conecta a la entrada CA del inversor con cargador de batería integrado. La carga se conecta siempre a la salida del inversor. Si el generador diesel está funcionando y el inversor recibe esta tensión, éste se pone automáticamente en el modo de transferencia (transfer mode).

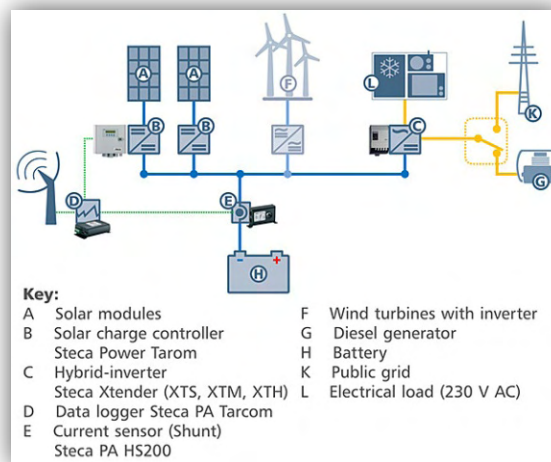


Ilustración 4.- Sistema Híbrido Monofásico CC (<http://www.icss.es>)

El generador diesel suministra corriente a los consumidores mientras se carga la batería a través del inversor. Si la tensión de salida CA del generador diesel desciende por debajo de un valor ajustable en el inversor, se activa de nuevo el modo de funcionamiento mediante batería.

## Sistemas híbridos CC trifásicos

La regulación se asemeja a la del sistema monofásico. Si se emplea más de un *Steca Tarom/Power Tarom*, es necesario definir un aparato como *Master Tarom*.

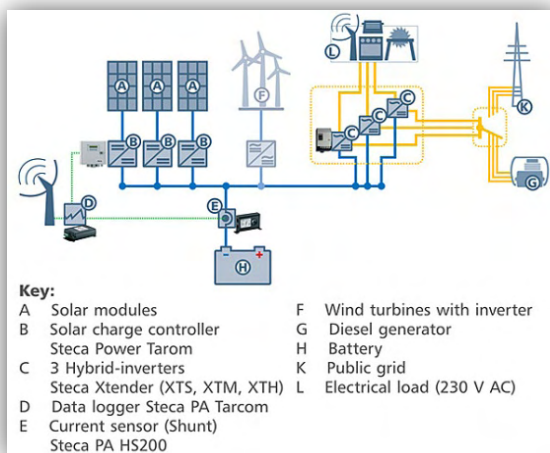


Ilustración 5.- Sistema Híbrido Trifásico CC,  
(ilustración tomada de: <http://www.icss.es>)

Los demás reguladores de carga asumen automáticamente la función de Slave Tarom. El *Master Tarom/Power Tarom* se conecta directamente a la batería, mientras que todos los Slaves lo hacen al bus CC.

Sólo el *Master Tarom/Power Tarom* muestra el correcto estado de carga en la pantalla y regula el flujo de energía dentro del sistema.

La función de los Slave *Tarom/Power Tarom* es regular la carga de los módulos fotovoltaicos conectados.

Con el objetivo de formar un suministro de energía trifásico se conectan tres inversores al bus CC. Para una carga controlada de la batería a través del *Steca PAI 5* y relé, se pueden conectar a los tres inversores diversos generadores trifásicos.

Éstos pueden ser generadores hidráulicos o eólicos, generadores diesel e incluso la red pública. Todos *Steca Xtender (XTS, XTM, XTH)* son idóneos como inversor con cargador de batería integrado en modo trifásico. En total se pueden emplear hasta un máximo de 72 kW<sup>12</sup>.

### **Sistemas CA híbridos monofásicos y trifásicos**

Si la necesidad de carga es muy grande, los sistemas híbridos conectados CA pueden ser una alternativa conveniente frente a los sistemas híbridos CC, que son muy efectivos y realizables de manera económica.

Si durante el día se precisa la mayor parte del consumo en el lado CA (L), esta topología muestra ventajas.

Diferentes generadores (A y F) se conectan en el bus CA. Además se aplica un inversor sinusoidal bidireccional (C), a través del cual se cargan las baterías y se puede alimentar la carga si los generadores CA (A y F) no disponen de suficiente potencia. Existe además la posibilidad de conectar generadores solares directamente a las baterías (H) en el lado CC a través de un regulador de carga solar (D).

---

<sup>12</sup> ICSS [En línea] Sistemas Híbridos [Fecha de consulta: 12/103/2015] Datos recabados del sitio web: <http://www.icss.es>

Tablas Comparativas de los Sistemas Férreos de transporte (en cuanto a su capacidad, peso, dimensiones, funcionamiento, velocidad y tipo de combustible que necesitan), que existen en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

TIPO DE TRANSPORTE	ESQUEMA	DIMENSIONES POR VAGÓN ó CARRO (M)	CAPACIDAD PASAJEROS SENTADOS Y DE PIE EN CADA CARRO O VAGÓN (Peso promedio pasajero 75 kg) <sup>13</sup>	PESO MUERTO DE CADA CARRO DE TREN (KG)	PESO COMBINADO KG (PESO MUERTO + PESO DE PASAJEROS)
<b>METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO</b>		LONGITUD 17.1 ANCHO 2.495	38 sentados 132 de pie	28,930 cada carro (Tren de 9 carros)	260370+114750= <b>375120</b>
<b>METRO LINEA "A" CIUDAD DE MÉXICO</b>		LONGITUD 16.895 ANCHO 2.495	38 sentados 118 de pie	26,564 cada carro (Tren de 6 carros)	239076+70200= <b>309276</b>
<b>METRO "LINEA 9" CIUDAD DE MÉXICO (TREN ELEVADO)</b>		LONGITUD 17.1 ANCHO 2.495	38 sentados 132 de pie	28,930 cada carro (Tren de 9 carros)	260370+114750= <b>375120</b>
<b>TREN LIGERO CIUDAD DE MEXICO (2 CARROS)</b>		LONGITUD 14.10 ANCHO 2.650	25 sentados 150 de pie	20,000 cada carro (Tren de 2 carros)	22500 + 40000= <b>62500</b>
<b>TREN LIGERO DE GDL, JALISCO</b>		LONGITUD 29.35	60 sentados, 240 parados	40,000 Cada carro, tren con 7 carros	157500+280000= <b>437500</b>

<sup>13</sup> Peso Promedio Hombre y Mujer  
[http://www.ehowenespanol.com/determinar-peso-bruto-vehiculo-como\\_57519/](http://www.ehowenespanol.com/determinar-peso-bruto-vehiculo-como_57519/)

<p><b>TREN SUSPENDIDO WUPPERTAL, ALEMANIA</b></p>		<p>LONGITUD 24.06</p>	<p>43 sentados, 156 parados</p>	<p>22,175 Cada carro, tren con 2 carros</p>	<p><math>29850+44350=</math> <b>74200</b></p>
<p><b>TREN ELEVADO DE CHIGAGO, USA</b></p>		<p>LONGITUD 14.63 cada carro ANCHO 2.84</p>	<p>34 sentados, 89 parados</p>	<p>26,000 kg cada carro, tren de 4 carros</p>	<p><math>36900+104000=</math> <b>140900</b></p>
<p><b>JUEGO MECÁNICO BATMAN COUSTER, SIX FLAG MÉXICO</b></p>		<p>LONGITUD 15.30 DEL SISTEMA QUE TRANSPORTA</p>	<p>32 sentados</p>	<p>Peso promedio del tren: 330 kg.</p>	<p><math>2250+330=</math> <b>2580</b></p>
<p><b>TREN SUBURBANO DE 4 CARROS</b></p>		<p>LONGITUD 25.900 ANCHO 3.009</p>	<p>54 sentados, 271 parados</p>	<p>47700 cada carro, (Tren de 4 carros)</p>	<p><math>190800+97500=</math> <b>288300</b></p>

Tabla 2.- Comparación de Pesos en sistemas Férreos de la Ciudad de México

TIPO DE TRANSPORTE	ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO	DIMENSIONES	FUNCIONAMIENTO	TIPO DE COMBUSTIBLE O ENERGÍA QUE UTILIZA PARA DESPLAZAMIENTO	VELOCIDAD MÁXIMA
METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO		ANCHO 2.495	<p>El <b>boje</b> o <b>bogie</b> (<b>truck</b> en México) es un conjunto de dos o tres pares de ruedas, según modelo, montadas sobre sendos ejes próximos, paralelos y solidarios entre sí, que se utilizan en ambos extremos de los vehículos de gran longitud destinados a circular sobre rieles</p>	Energía eléctrica, motores eléctricos, 2 rieles lateral fungen de contención y conductividad de la energía eléctrica	80 km/h
METRO LINEA A CIUDAD DE MÉXICO		ANCHO 2.495	<p>En ferrocarriles se denomina <b>catenaria</b> a la línea aérea de alimentación que transmite energía eléctrica a las locomotoras u otro material motor. <b>Elementos cateneria:</b> Estructuras de soporte, Conductores, Regulación de la tensión mecánica, Protecciones y Sistemas asociados</p>	Las tensiones de alimentación más comunes van desde 600 V a 3 kV en corriente continua, o entre 15 y 25 kV en corriente alterna.	100 km/h
METRO LINEA 9 CIUDAD DE MÉXICO(TREN ELEVADO)		ANCHO 2.495	<p>El <b>boje</b> o <b>bogie</b> (<b>truck</b> en México) es un conjunto de dos o tres pares de ruedas, según modelo, montadas sobre sendos ejes próximos, paralelos y solidarios entre sí, que se utilizan en ambos extremos de los vehículos de gran longitud destinados a circular sobre rieles</p>	Energía eléctrica, motores eléctricos, 2 rieles lateral fungen de contención y conductividad de la energía eléctrica	80 km/h

<p><b>TREN LIGERO CIUDAD DE MEXICO (2 CARROS)</b></p>	 	<p>LONGITUD 14.10 ANCHO 2.650</p>	<p>El <i>boje</i> o <i>bogie</i> (<i>truck</i> en México) es un conjunto de dos o tres pares de ruedas, según modelo, montadas sobre sendos ejes próximos, paralelos y solidarios entre sí, que se utilizan en ambos extremos de los vehículos de gran longitud destinados a circular sobre rieles. En ferrocarriles se denomina <i>catenaria</i> a la línea aérea de alimentación que transmite energía eléctrica a las locomotoras u otro material motor.</p>	<p>Tensión nominal de alimentación 600VCD, captación por <i>catenaria</i>. Generación de tensión alterna trifásica, 4 hilos: 220 VAC 60 HZ a través de un convertidor estático. Potencia nominal del motor de tracción de 265 Kw.</p>	<p>80 km/h</p>
<p><b>TREN LIGERO DE GUADALAJARA</b></p>		<p>LONGITUD 29.35</p>	<p>En ferrocarriles se denomina <i>catenaria</i> a la línea aérea de alimentación que transmite energía eléctrica a las locomotoras u otro material motor. <i>Elementos cateneria:</i> Estructuras de soporte, Conductores, Regulación de la tensión mecánica, Protecciones y Sistemas asociados</p>	<p>Tensión nominal de alimentación 600VCD, captación por <i>catenaria</i>. Generación de tensión alterna trifásica, 4 hilos: 220 VAC 60 HZ a través de un convertidor estático.</p>	<p>80 km/h</p>

<p><b>TREN SUSPENDIDO WUPPERTAL, ALEMANIA</b></p>		<p>LONGITUD 24.06</p>	<p>Los coches cuelgan sobre ruedas que son impulsadas por motores eléctricos que operan a 600 voltios CC, alimentados por un riel adicional. Mientras que los cuatro motores de corriente continua longitudinales de los modelos actuales tienen cada uno una capacidad de 50 kilovatios, habrá en el futuro será cuatro motores trifásicos asíncronos longitudinales con una capacidad de 60 kilovatios. Estos serían capaces de acelerar los trenes a 65 km/h .</p>	<p>Voltaje sobre el riel conductor 600 V corriente directa. El voltaje de la fuente de alimentación a bordo 24 V corriente directa. Motor de accionamiento eléctrico: 4 motores de media tensión de corriente continúa por tren articulado, auto-ventilación. Capacidad de motor: cada 50 kW a 26 km/h.</p>	<p>60 km/h</p>
<p><b>TREN ELEVADO DE CHIGAGO, USA</b></p>		<p>LONGITUD 14.63 cada carro ANCHO 2.84</p>	<p>El frenado regenerativo que devuelve la energía de frenado para el tercer carril para la reutilización de energía para ayudar a otros trenes ya bordo de los sistemas eléctricos. Un sistema de propulsión de corriente alterna (AC) que convierte la energía de corriente continua (DC) en el tercer carril de CA para los motores de tracción.</p>	<p>Bombardier AC Propulsion, Electrificación tercer carril 600 V DC</p>	<p>89 km/h</p>
<p><b>JUEGO MECÁNICO BATMAN COUSTER, SIX FLAG MÉXICO</b></p>		<p>LONGITUD 15.30 DEL SISTEMA QUE TRANSPORTA</p>	<p>Después de salir de la zona de carga (estación), el tren es empujado hacia arriba con una cadena o un cable a lo largo de dicha colina elevadora, que es la parte más alta de la pista .Una vez a la máxima altura, la energía potencial (energía que se tiene por estar a gran altura) se convierte en energía cinética (la que se tiene por la velocidad) cuando el tren viaja cuesta abajo por la primera bajada (que puede tener una gran pendiente).</p>	<p>Energía cinética, potencial y motores eléctricos con propulsores.</p>	<p>48.20 km/h</p>

Tabla 3.- Comparación de funcionamiento en sistemas Férreos de la Ciudad de México




TIPO DE TRANSPORTE	ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO	TIPO, MARCA Y MODELOS	FUNCIONAMIENTO	VELOCIDAD MÁXIMA
Tren Eléctrico de alta velocidad		Serie 130 de Renfe / Talgo Bombardier	La serie 130 dispone de enchufes eléctricos de 220V bajo los asientos, aptos para alimentar portátiles y similares. En cuanto a las unidades motrices, ofrecen una potencia total de 4.800 kW cuando circulan en líneas electrificadas a 25 kV y a una velocidad máxima de 250 km/h, aunque están preparadas para homologarse a 280 km/h, y a 300 km/h con algunas reformas.	220 km/h
Automóvil Híbrido, eléctrico y gasolina		Porsche Panamera SE-Hybrid	Motor con compresor 245 kW (333 CV), par máximo 440 Nm. Motor eléctrico, 70 kW (95 CV), par máximo 310 Nm. Potencia Máxima Híbrido paralelo completo: 306 Kw (416 CV)	270 km/h

Tabla 4.- Sistemas híbridos en transportes de pasajeros o carga.

## SISTEMAS ANALOGOS

Dentro de los antecedentes encontrados, se dará énfasis en el sistema de trenes monorraíl suspendido, uno de estos trenes se construyó en Wuppertal, Alemania, entre 1897 y 1903.

El ferrocarril suspendido se desplaza por una ruta de 13,3 km de longitud, a unos 12 metros por encima de la superficie del río Wupper entre Oberbarmen y Sonnborner Straße (10 km) y aproximadamente 8 m por encima de las calles de la ciudad, entre Sonnborner Straße y Vohwinkel (3,3 km)<sup>14</sup>.



Ilustración 6.- Tren suspendido, su elevación de las calles es de 18.2 m, ilustración obtenida de: <http://www.schwebebahn.de/en/history-technology/history>

Se trata de un tren monorraíl suspendido de un armazón de acero. Los coches cuelgan sobre ruedas que son impulsadas por motores eléctricos que operan a 600 voltios CC, alimentados por un riel adicional. El armazón de la estructura y las vías están hechas de 486 pilares y secciones de puentes. Los terminales en cada extremo de la línea también sirven como estacionamientos de trenes e inversores<sup>15</sup>.



Ilustración 7.- Sistema de suspensión por medio de un monorraíl y motores eléctricos, tren de Wuppertal, Alemania. (Ilustración tomada de: [www.schwebebahn.de](http://www.schwebebahn.de))

<sup>14</sup> <http://www.schwebebahn.de/en/history-technology/history>

<sup>15</sup> <http://www.schwebebahn.de/en/history-technology/vehicles>

## FACTIBILIDAD DEL TERRENO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TREN ELEVADO

### Análisis de ruta de desplazamiento de tren elevado

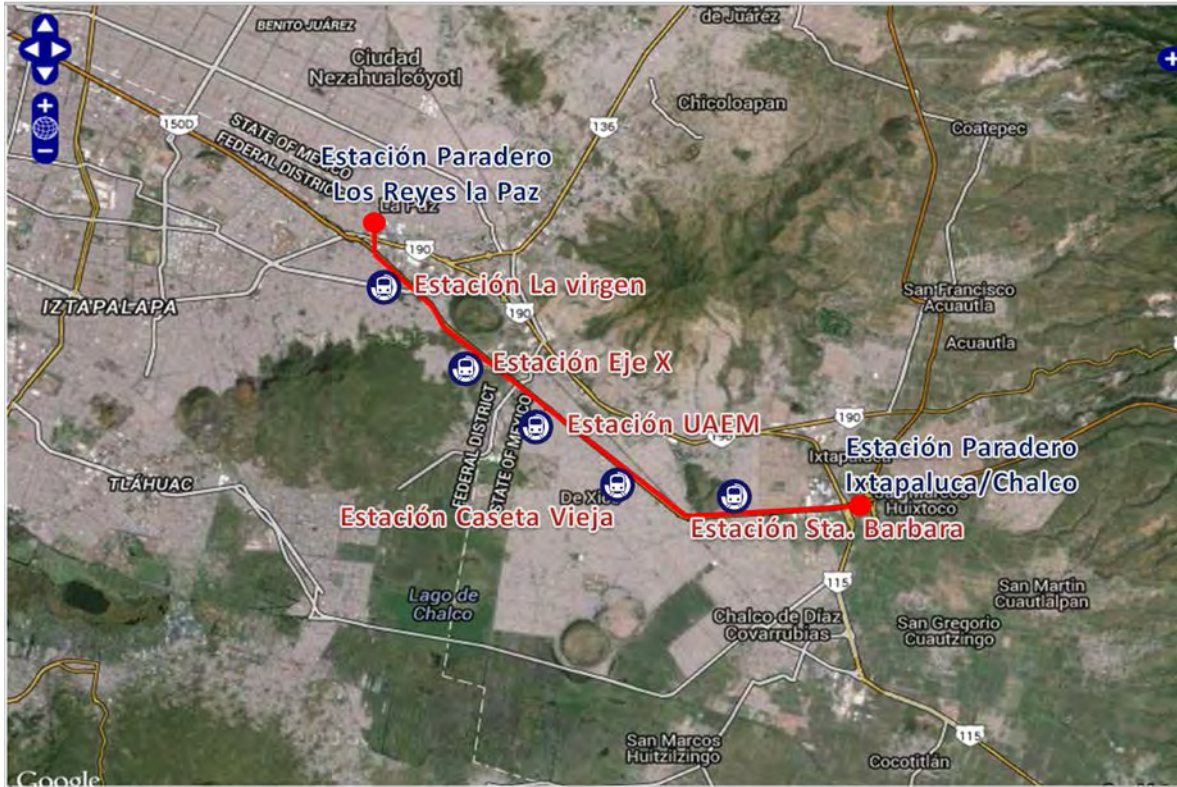
Planteamiento del Recorrido inicial, en su primera fase: Tren elevado, zona Oriente del Valle de México.



Recorrido Inicial, 1ª. Fase, Recorrido de 13.2 km  
Metro Los Reyes La Paz – Ixtapaluca/Chalco



Planteamiento del Recorrido inicial, en su primera fase: Estaciones del Tren elevado, zona Oriente del Valle de México.



Recorrido Inicial, 1ª. Fase, Recorrido de 13.2 km  
2 Estaciones Paradero y 5 estaciones intermedias

## PROPUESTA DE ESTACIONES PARADERO E INTERMEDIAS DEL TREN ELEVADO.

**Estación Paraderos:** Los reyes la Paz, Ixtapaluca-Chalco

**Estaciones Intermedias:** Estación La Virgen, Estación Eje X, Estación UAEM, Estación Caseta Vieja, Estación Sta. Barbará.

Se propusieron estas estaciones dentro del recorrido inicial, ya que son las entradas más importantes para los municipios que lo integran. Tal y como se muestra en la *ilustración 8*, la estación **Los Reyes la Paz**, es el paradero donde existe conexión con la línea A del metro de la ciudad de México, y así continuar con el recorrido del usuario hacia su lugar de trabajo, hogar o esparcimiento. Además que esta terminal cuenta con el espacio necesario para la instalación de un paradero ferroviario como el propuesto.

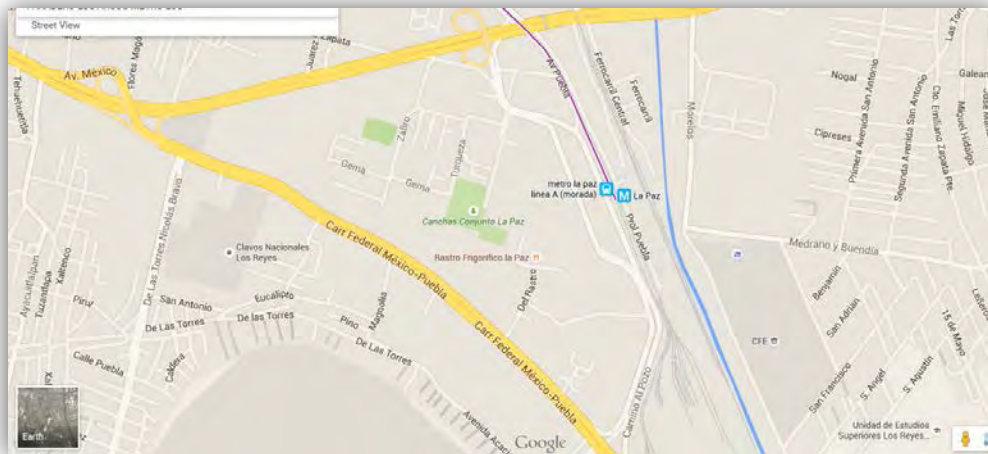


Figura 1.- Mapa de la ubicación del metro la paz. (Fotografía buscada en: <https://www.google.com.mx/maps>)

**Ilustración 8.-** Foto del paradero de la línea A del metro de la Ciudad de México, Metro la Paz, Imagen obtenida de [www.fotolog.com](http://www.fotolog.com). S/Derechos Reservados.



Las estaciones *La virgen*, y *Eje X*, se encuentran en los límites del Distrito Federal y el Estado de México. La estación *La virgen* está ubicada en la carretera México-Puebla en el kilómetro 20 aproximadamente, y es una de los accesos principales para el transporte colectivo hacia el municipio de La Paz y colonias de la delegación Tlahuac. (Ver Ilustración 9)



Ilustración 9.- Carretera México-Puebla. Lugar conocido como La Virgen. (Fotografía buscada en: <https://www.google.com.mx/maps>)

La estación *Eje X*, se encontrara ubicada de igual forma entre los límites de la delegación Tlahuac y el municipio de Valle de Chalco Solidaridad, se encuentra en lugar conocido como el Hospital Psiquiátrico Dr. Samuel Ramírez Moreno, en el kilómetro 22 de la carretera México-Puebla. Se propuso este sitio ya que es una de las entradas para el Distrito Federal por el Eje 10 y una de las entradas principales hacia el municipio de Valle de Chalco Solidaridad. Su acceso al lugar (Ver Ilustración 10) es transitado por camiones de carga y pasajeros lo cual traería un beneficio al ya no tener tantos automotores de carga pesada de pasajeros por ese lugar y así disminuir el tráfico cotidiano.





**Ilustración 10.- Carretera México-Puebla. Lugar conocido como Eje 10 y Hospital Psiquiátrico. (Fotografía buscada en: <https://www.google.com.mx/maps>)**

La **estación UAEM** es el acceso principal hacia el centro del municipio Valle de Chalco Solidaridad, además es la vía hacia dos de las universidades importantes de este municipio; la Universidad Autónoma del Estado de México, campus Valle de Chalco y la Universidad Tecnológica de Valle de Chalco.

La circulación de los otros sistemas de transporte como camiones o combis, lo realiza por la carretera México-Puebla y toman la desviación hacia Valle de Chalco por la Av. Cuauhtémoc, tal como lo muestra la *ilustración 11*. Este acceso se encuentra ubicado en la autopista México-Puebla kilómetro 24.



Ilustración 11.- Carretera México-Puebla. Lugar conocido como entrada principal a Valle de Chalco y UAEM. (Fotografía buscada en: <https://www.google.com.mx/maps>)

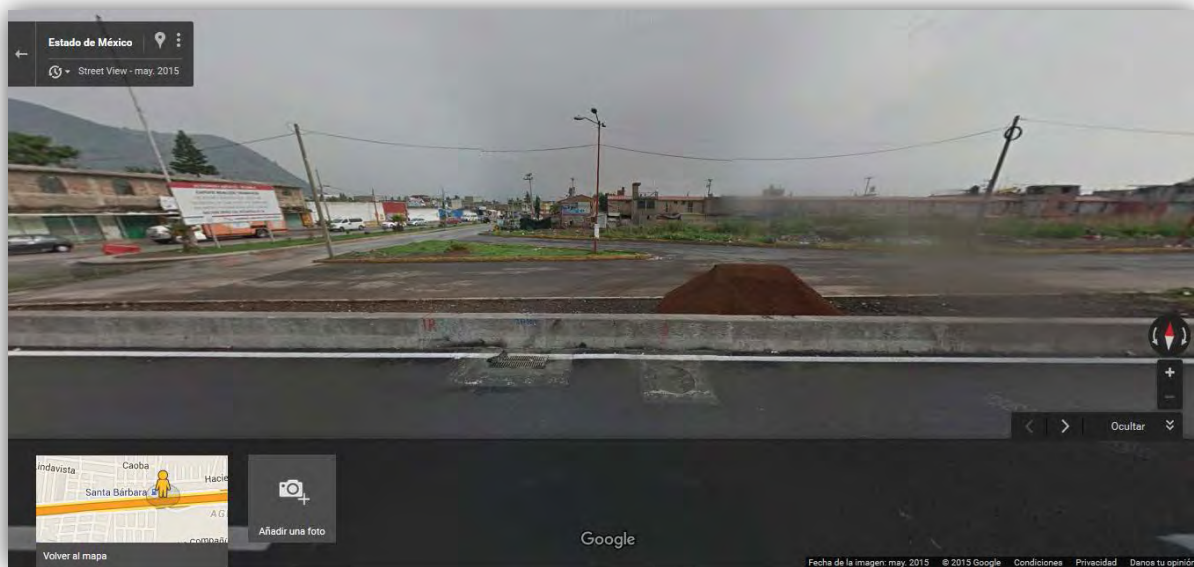
Siguiendo por la carretera México-Puebla a la altura del kilómetro 27.5 se encuentra la siguiente estación llamada *Caseta Vieja*, donde se encuentra otra entrada principal al municipio de Valle de Chalco y dos pequeñas estaciones de camiones, en un punto de referencia importante para la mayoría de usuarios que viven por esta zona. (Véase ilustración 12)



Ilustración 12.- Carretera México-Puebla. Lugar conocido como Caseta Vieja. (Fotografía buscada en: <https://www.google.com.mx/maps>)



La *estación Santa Barbará*, se ubica en el kilómetro 30 y es una de las entradas para el municipio de Ixtapaluca, además de encontrarse al frente grandes fraccionamientos, uno de ellos llamado Santa Barbará, la zona está ubicada tal y como lo muestra la *ilustración 13* a un costado de la autopista México-Puebla, el situarse una estación en este lugar trae grandes beneficios, ya que los usuarios no tendrán que caminar largos tramos para tomar algún otro sistema de transporte como camión o minivan.



**Ilustración 13.- Carretera México-Puebla. Lugar conocido como Santa Barbará, dirección sur a norte, donde al fondo se puede observar los fraccionamientos y entrada a los mismos. (Fotografía buscada en: <https://www.google.com.mx/maps>)**

Y por último la estación terminal Ixtapaluca – Chalco, es la entrada principal para los dos municipios, Ixtapaluca y Chalco, por el lado de Ixtapaluca se encuentran fraccionamientos importantes próximos a esta estación y del lado de Chalco se encuentra el entronque con la carretera Chalco-Cuautla, y la entrada y salida hacia el circuito exterior mexiquense. Se puede decir que es una zona con bastante circulación y un sin número de usuarios provenientes de estos dos municipios. (Véase ilustración 14)

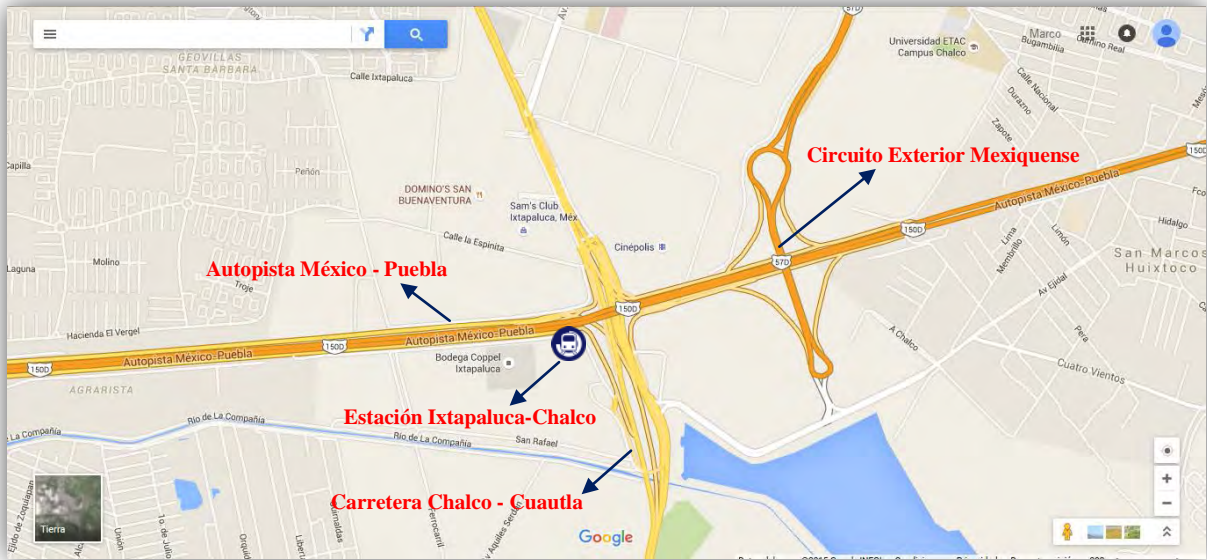


Ilustración 14.- En el mapa se visualiza el cruce de carreteras importantes cerca de la estación paradero Ixtapaluca-Chalco. (Mapa buscado en: <https://www.google.com.mx/maps>)



Ilustración 15.- Carretera México-Puebla. Lugar conocido como entrada Ixtapaluca y caseta de carretera Chalco-Cuautla. (Fotografía buscada en: <https://www.google.com.mx/maps>)

## ANÁLISIS FÍSICO DEL TERRENO

En el establecimiento de infraestructura urbana de grandes dimensiones como lo es la construcción de un tren elevado, es importante el análisis y la evaluación de las características físicas del terreno en el que se pretende construir dicho proyecto.

Las características físicas del terreno se entienden como aquellas relacionadas a la forma y composición de la superficie terrestre, tales como: la pendiente, altitud, geología, hidrología, y otros aspectos topográficos e incluso urbanos (vías de comunicación).

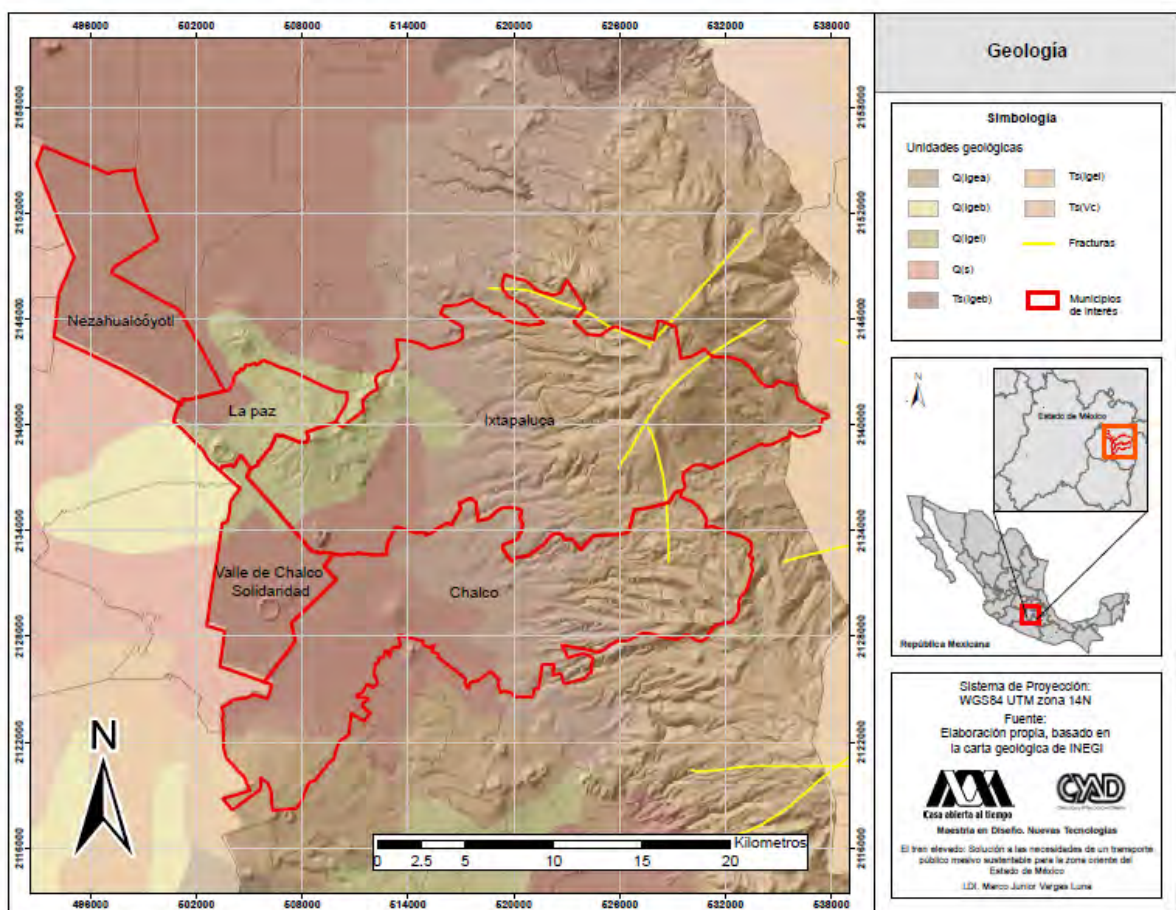


Figura 2.- Mapa de Geología de la zona oriente del Valle de México. (Mapa realizado por: Biol. Diana Sánchez Luna, Enero 2015.)

Este mapa geológico nos arroja la siguiente información, el terreno en el que se plantea la construcción del tren elevado se conforma principalmente por diversos subtipos de *rocas ígneas extrusivas* (rocas volcánicas), lo cual quiere decir que el terreno es factible para la construcción de cualquier edificación, o proyectos de sistemas de comunicación como vías férreas, trenes de alta velocidad o trenes elevados.

Una fractura es una ruptura de la corteza terrestre en la que no ha habido desplazamiento entre los bloques (INEGI, 2005). La fig. 1, muestra que la zona Este presenta una serie de fracturas en diversas direcciones sub posicionadas en el área de relieve más pronunciado, en esta zona no es recomendable la construcción de proyectos de esta magnitud, sin embargo la zona Oeste que es donde se encuentra la traza de la ruta principal del tren levado no presenta ningún tipo de fracturas o fallas geológicas y por tanto cumple con los criterios físicos geológicos para el establecimiento del proyecto.



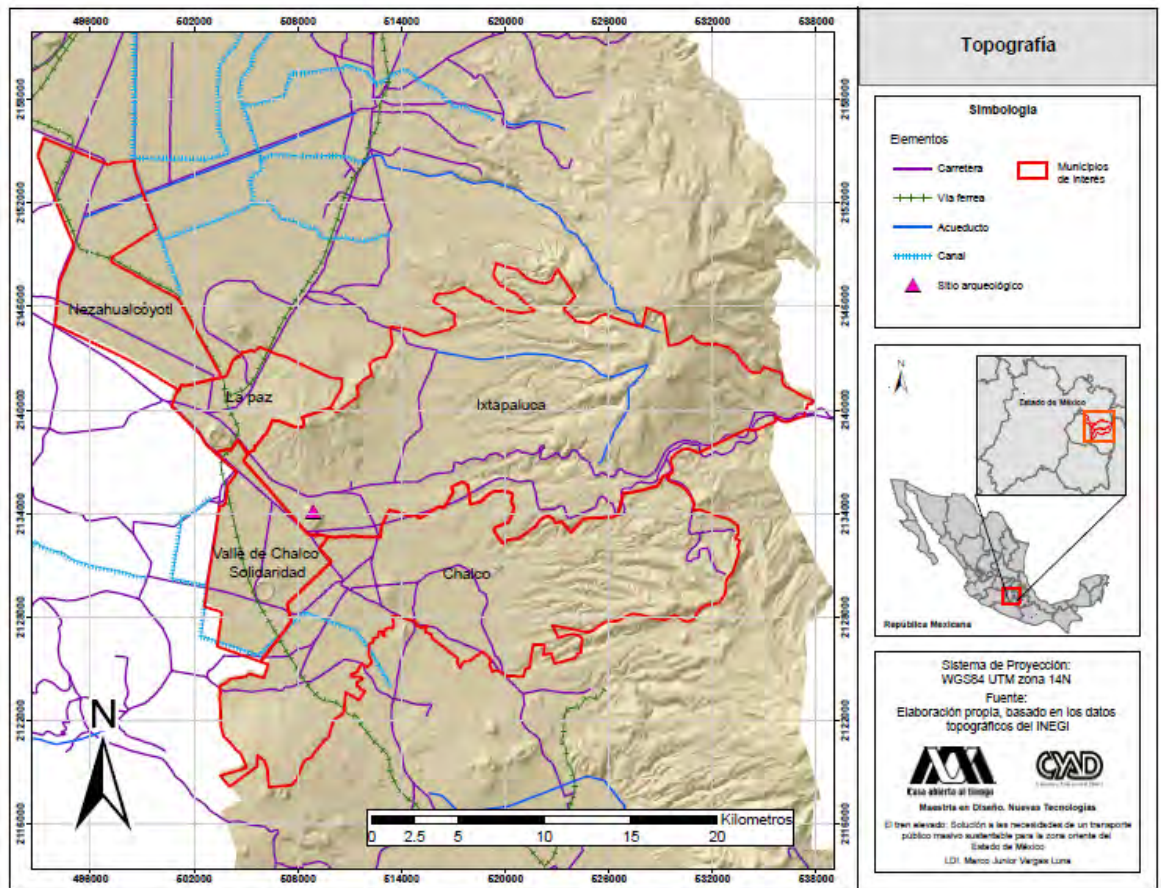


Figura 3.-Mapa de Topografía de la zona oriente del Valle de México. (Mapa realizado por: Biol. Diana Sánchez Luna, Enero 2015)

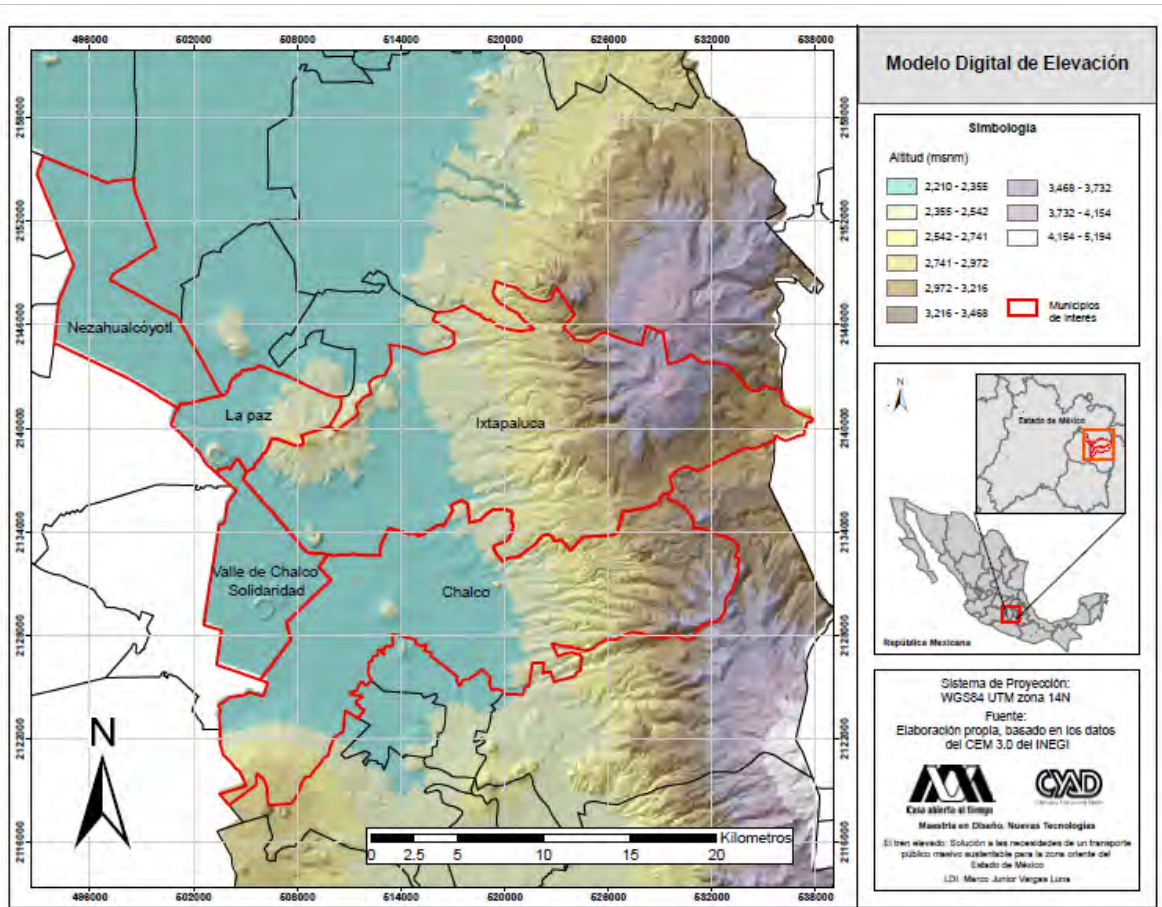


Figura 4.-Mapa de Modelo digital de Elevación de la zona oriente del Valle de México. (Mapa realizado por: Biol. Diana Sánchez Luna, Enero 2015.)

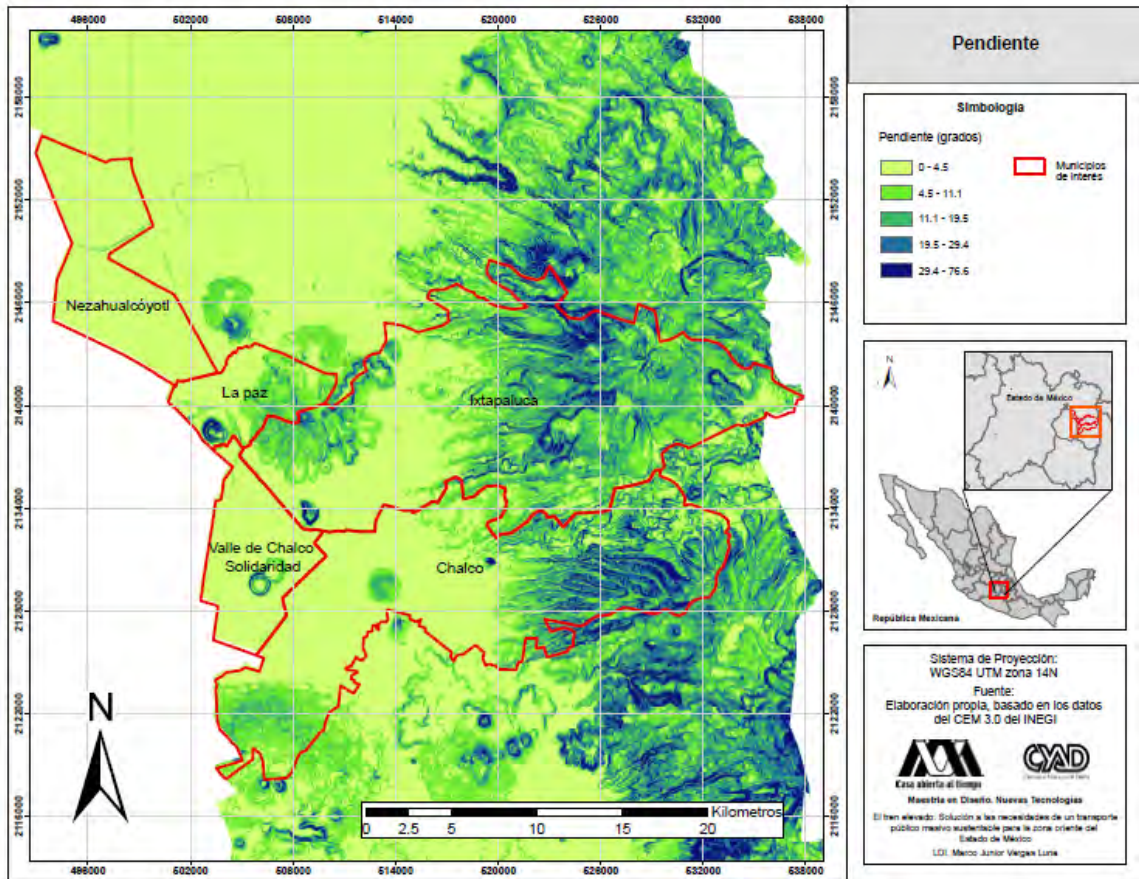


Figura 5.- Mapa de Modelo de Pendientes de la zona oriente del Valle de México. (Mapa realizado por: Biol. Diana Sánchez Luna, Enero 2015.)

## DATOS ESTADISTICOS

### TOTAL DE HABITANTES POR MUNICIPIO

#### **POB-TOT** (Población Total)

Total de personas que residen habitualmente en el país, entidad federativa, municipio y localidad. Incluye la estimación del número de personas en viviendas particulares sin información de ocupantes. Incluye a la población que no especificó su edad.

#### DISCAPACIDAD

#### **PCLIM-MOT** (personas con limitación para caminar, moverse, subir o bajar).

Personas con dificultad para caminar o moverse, subir o bajar.

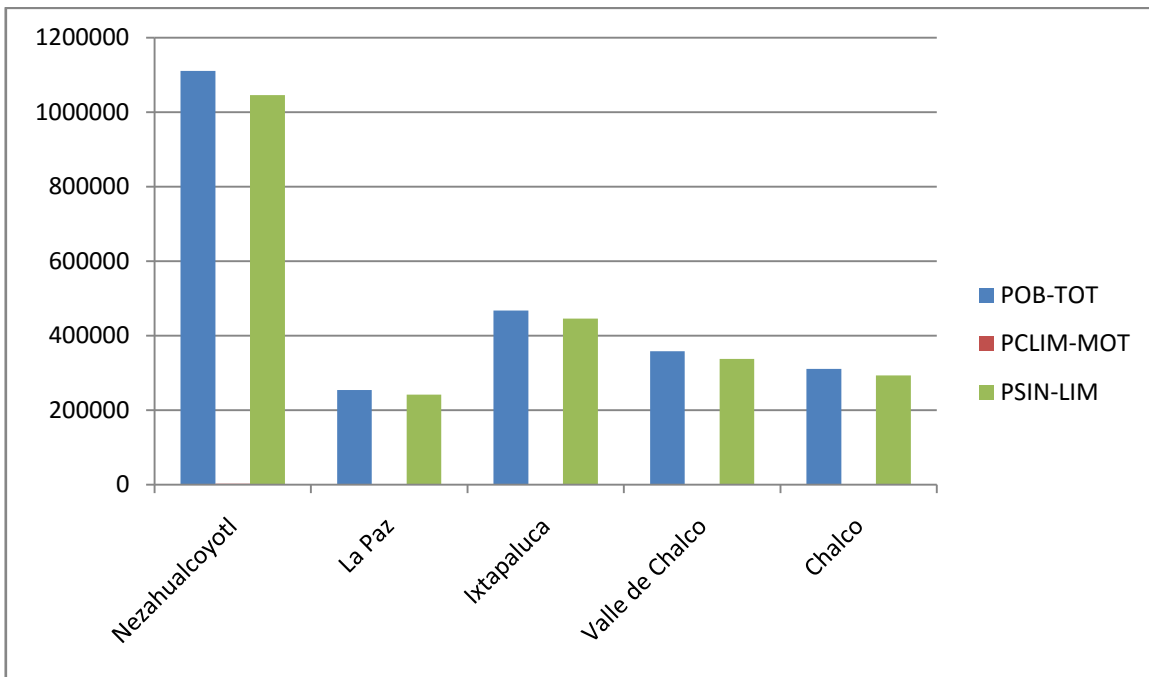
#### **PSIN-LIM** (Personas sin limitación en la actividad).

Personas que no tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana.

MUNICIPIOS	POB-TOT	PCLIM-MOT	PSIN-LIM
NEZAHUALCOYOTL	1110565	2030	1045441
LA PAZ	253845	387	241661
IXTAPALUCA	467361	653	445302
VALLE DE CHALCO	357645	639	336851
CHALCO	310130	411	292596

Tabla 5.- Datos de Población total y población con discapacidad, obtenidos de INEGI 2015





Grafica 2.- Grafica comparativa de habitantes totales y habitantes con discapacidad y sin ninguna limitación.

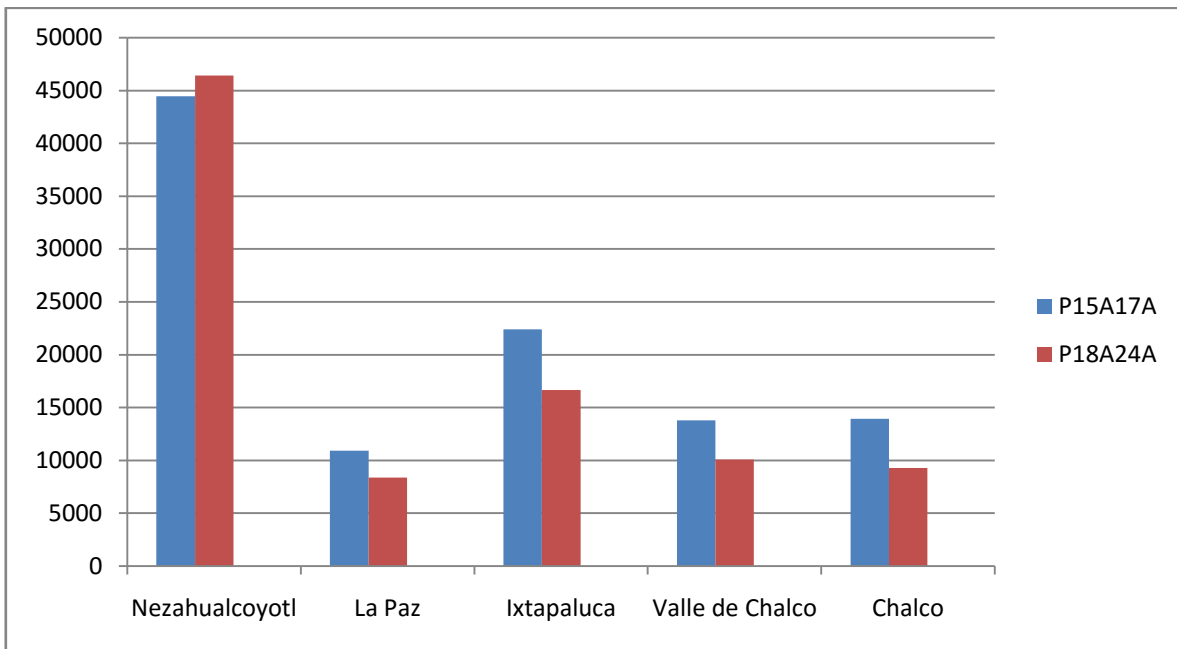
## CARACTERISTICAS EDUCATIVAS

**P15A17A** (Población de 15 a 17 años que asiste a la escuela).

**P18A24A** (Población de 18 a 24 años que asiste a la escuela).

MUNICIPIOS	P15A17A	P18A24A
NEZAHUALCOYOTL	44461	46396
LA PAZ	10929	8387
IXTAPALUCA	22403	16678
VALLE DE CHALCO	13787	10101
CHALCO	13937	9287

Tabla 6.- Datos de Población de 15 a 17 años y de 18 a 24 años, obtenidos de INEGI 2015



Grafica 3.- Grafica comparativa de Características Educativas

## CARACTERISTICAS ECONÓMICAS

### **PEA** (Población Económicamente Activa).

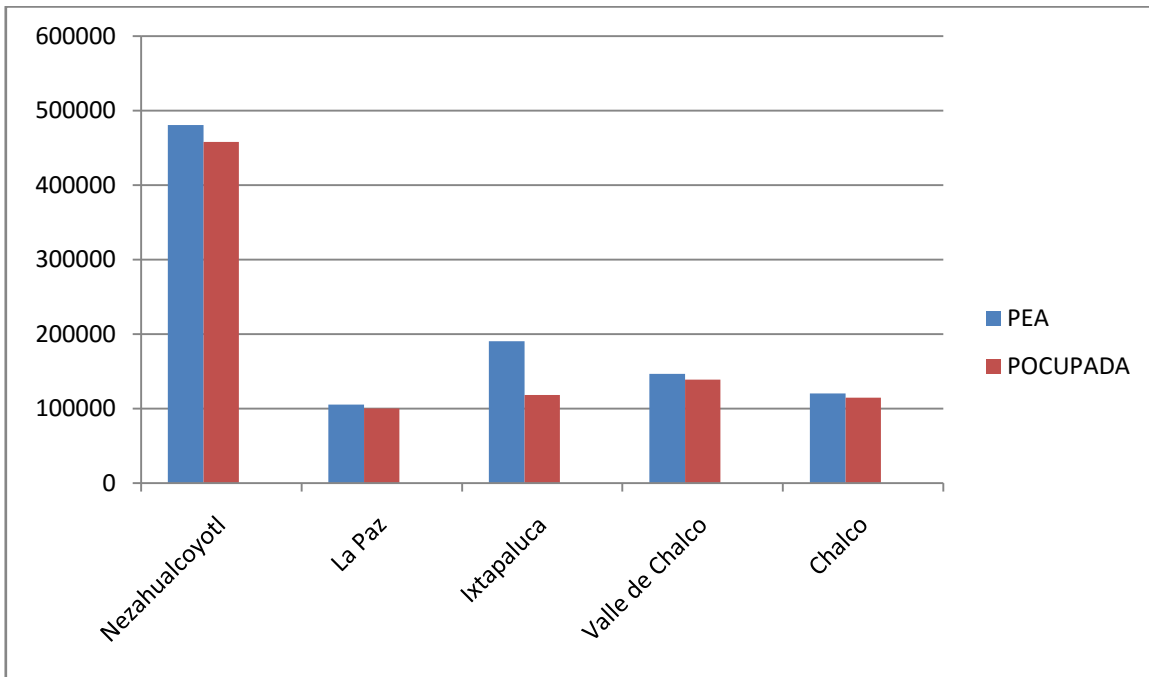
Personas de 12 años y más que trabajaron; tenían trabajo pero no trabajaron o; buscaron trabajo en la semana de referencia.

### **POCUPADA** (Población Ocupada).

Personas de 12 a 130 años de edad que trabajaron o que no trabajaron pero sí tenían trabajo en la semana de referencia.

MUNICIPIOS	PEA	POCUPADA
NEZAHUALCOYOTL	480547	457542
LA PAZ	105236	100134
IXTAPALUCA	190023	118079
VALLE DE CHALCO	146466	138547
CHALCO	120150	114183

Tabla 7.- Datos de Población activa laboral de 12 a 130 años, obtenidos de INEGI 2015



Grafica 4.- Grafica comparativa de Características Económicas

## VIVIENDAS

**VIVTOT** (Total de viviendas).

Viviendas particulares habitadas, deshabitadas, de uso temporal y colectivo.

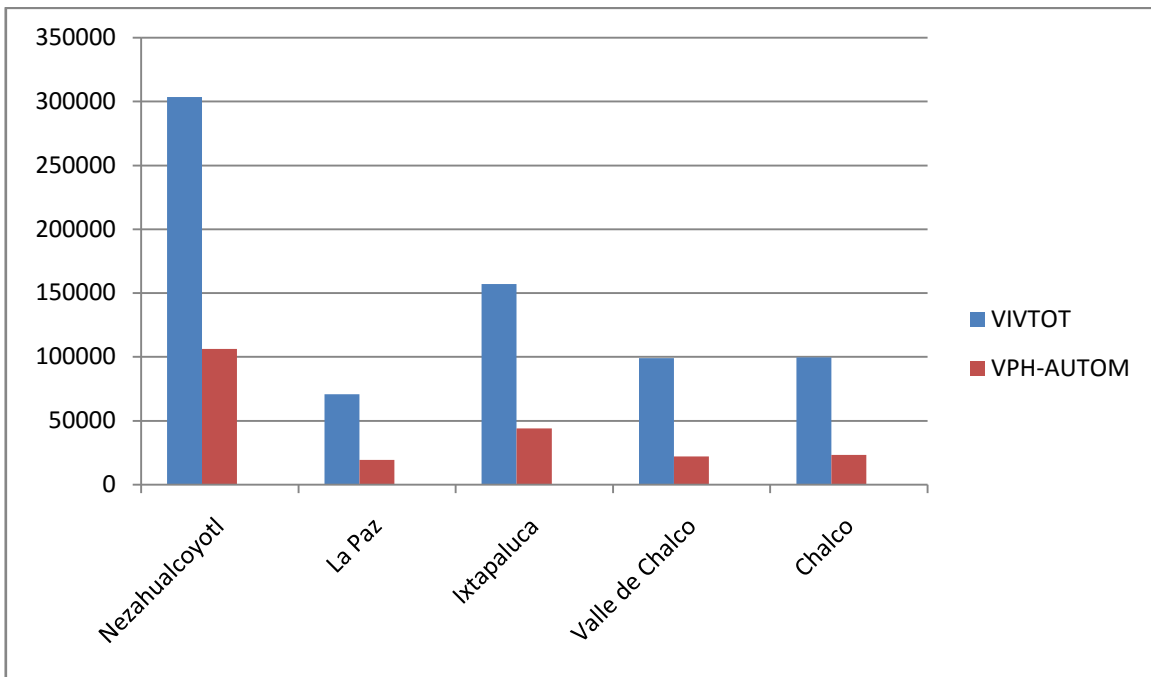
Incluye a las viviendas particulares sin información de sus ocupantes.

**VPH-AUTOM** (Viviendas particulares habitadas que disponen de automóvil o camioneta).

Viviendas particulares habitadas que tienen automóvil o camioneta. Comprende las viviendas particulares para las que se captaron las características de la vivienda, clasificadas como casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad y vivienda o cuarto en azotea y a las que no especificaron clase de vivienda.

MUNICIPIOS	VIVTOT	VPH-AUTOM
NEZAHUALCOYOTL	303266	106103
LA PAZ	70536	19287
IXTAPALUCA	156887	43809
VALLE DE CHALCO	98894	22082
CHALCO	99555	23292

Tabla 8.- Datos de Viviendas totales y viviendas que cuentan con automóvil propio, obtenidos de INEGI 2015



Grafica 5.- Grafica comparativa de Viviendas

## RESULTADOS DE DATOS ESTADISTICOS

### TOTAL DE HABITANTES POR MUNICIPIO

**POB-TOT** (Población Total)

**PCLIM-MOT** (personas con limitación para caminar, moverse, subir o bajar).

**PSIN-LIM** (Personas sin limitación en la actividad).

Podemos observar en la grafica comparativa de habitantes totales y habitantes con discapacidad y sin ninguna limitación en la actividad que el total de habitantes dentro de los municipios relacionados para el proyecto del tren elevado es muy variada, en municipios como **Netzahualcóyotl** tiene una población total de **1,110,565 habitantes** de los cuales 2030 habitantes tienen una limitación para caminar, moverse, subir o bajar, mientras que 1,045,441 personas no tiene ninguna limitación en sus actividades diarias.

En el municipio de **La Paz** cuenta con una población total de **253,845 habitantes**, 387 personas tienen una limitación para caminar, moverse, subir o bajar; y 241,661 habitantes no tienen ninguna limitación. En el municipio de **Ixtapaluca** tiene una población total de **467,381 personas**, 653 habitantes tienen una limitación para caminar, moverse, subir o bajar, 445,302 no tiene ninguna limitación.

En el municipios de **Valle de Chalco Solidaridad** tiene una población total de **357,645 habitantes**, de los cuales 639 personas tiene una limitación para caminar, moverse, subir o bajar; y 336, 851 habitantes no tienen ninguna limitación. Y por ultimo en el municipio de **Chalco** cuenta con una población total de **310,130 habitantes**, 411 persona con alguna limitación para caminar, moverse, subir o bajar; 292,596 habitantes sin ninguna limitación.

## CARACTERISTICAS EDUCATIVAS

**P15A17A** (Población de 15 a 17 años que asiste a la escuela).

**P18A24A** (Población de 18 a 24 años que asiste a la escuela).

Podemos observar en la grafica comparativa de características educativas que el total de población que asiste a la escuela de 15 a 17 años de los municipios relacionados en el proyecto del tren elevado tiene un total de **105,517** habitantes, que asisten a escuelas medio superiores en los diferentes municipios antes mencionados o en la misma Ciudad de México.

Teniendo el municipio de Netzahualcóyotl como la entidad que mayor número de estudiantes preparatorianos, con un total 44461 habitantes, y el municipio de los Reyes la Paz con el menor número de estudiantes, 10929, Ixtapaluca con 22403, el municipio de Valle de Chalco con 13787 y Chalco de Covarrubias con 13937, el otro sector educativo que se incorpora a el aspecto de movilidad en el proyecto del Tren Elevado en la población de 18 a 24 años de edad, población que estudia el nivel superior, de ahí observamos que la entidad con mayor número de estudiantes universitarios es Netzahualcóyotl.

## **ESTUDIO ANTROPOMÉTRICO**

### **TABLA GENERAL DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS**

#### **Definición de Antropometría**

Es una técnica que obtiene datos de medidas del cuerpo que describan confiablemente las características del grupo, la raza, la población que se estudia.

La antropometría aplicada al diseño es el uso de métodos validados de medición física de una población específica. El resultado de las mediciones sirve para dimensionar el producto y/o ayudan a establecer una estrategia para considerar como el objeto se ajustará a las dimensiones de la población meta.

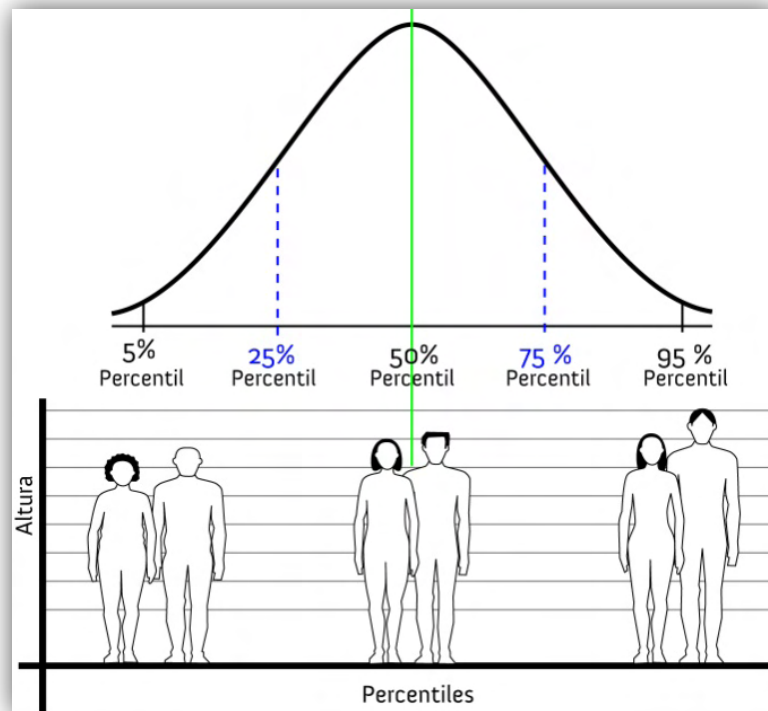
#### **Percentiles**

Las dimensiones antropométricas de cada población son ranqueadas por medidas y se describen en percentiles. El percentil es el valor que divide un conjunto ordenado de datos estadísticos de forma que un porcentaje de tales datos sea inferior a dicho valor.

Así, un individuo en el percentil 80 está por encima del 80% del grupo a que pertenece. Otro que está en el percentil 50 está por encima del 50% del grupo, etc. Así, es común escuchar que se diseña para el percentil 5% (mujeres) 95% (hombres).



Esto indica que al diseñar un producto se incluyen dimensiones que aseguran que el producto podrá ser usado por el 90% de la población masculina y femenina seleccionada. Por otra parte, si se considera el percentil 5%-95% (MUJERES), una parte de la población masculina del mercado meta estará excluida<sup>16</sup>.



**Ilustración 16.-** Porcentaje de Percentiles, imagen tomada de: <http://mooldesign.blogspot.mx/search/label/Antropometria>

---

<sup>16</sup> <http://mooldesign.blogspot.mx/search/label/Antropometria>

## **Tablas generales de las medidas de los usuarios, medición antropométrica realizada en la zona metropolitana de Guadalajara.**

Dentro de los aspectos importantes de la antropometría para la realización de un proyecto en la relación hombre-objeto, es necesario determinar las dimensiones relevantes en esta interacción para después aplicar la información al diseño del producto que se esté realizando y por ultimo publicar esos resultados.

De acuerdo con esto el determinar la medición antropométrica de una población exacta a quien va dirigido el proyecto o diseño del producto es lo más adecuado e importante, en el caso de esta investigación no se pudo recabar información exacta de las medidas antropométricas de la Ciudad de México, ya que la información existente no favorece al proyecto, en la información que se encontró se realiza un estudio a un número reducido de habitantes y con edades muy diferentes a los usuarios meta que estarán involucrados en el proyecto del tren elevado.

Sin embargo se tomaron los datos de los resultados de mediciones antropométricas a la población de la zona metropolitana de Guadalajara en el estado de Jalisco, como referencia para esta investigación.

Se tomaron del libro- Dimensiones antropométricas, población latinoamericana- por parte de la Universidad de Guadalajara, la cual realizo medidas antropométricas de diversos tipos de población, las cuales entran en el rango de usuarios meta del proyecto del tren elevado, tales como:

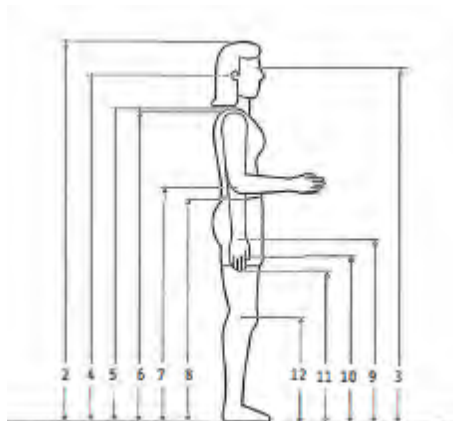
- ✓ **Jóvenes estudiantes de 18 a 24 años (sexo femenino y masculino)**
- ✓ **Trabajadores industriales de 18 a 65 años (sexo femenino y masculino)**
- ✓ **Adultos mayores de 60 a 90 años (sexo femenino y masculino).**

Con esto decimos que las consideraciones de tomar datos antropométricos de poblaciones de otros estados de la república mexicana no afectan en ningún porcentaje ni percentil, a pesar de que la ciudad de Guadalajara se encuentra en la zona occidente y la ciudad de México en la zona metropolitana<sup>17</sup>.

### Jóvenes Estudiantes de 18 a 24 años

En posición de pie Estudiantes sexo femenino 18 a 24 años

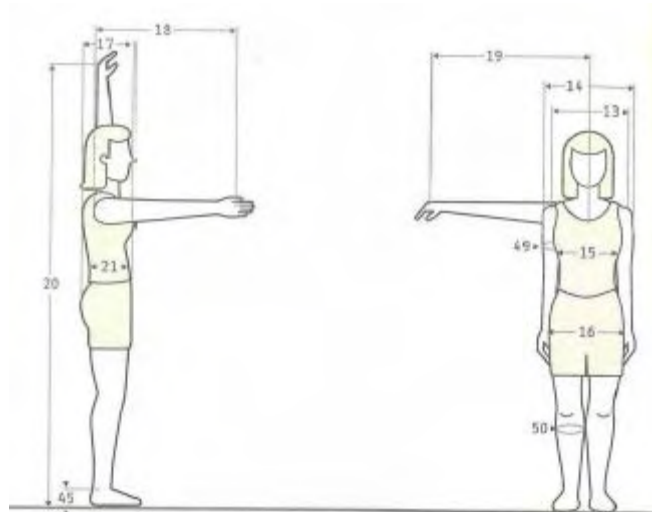
Ilustración 17.- Estudiante sexo femenino en posición de pie. Imagen obtenida del libro: Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana, pp. 85



Dimensiones	18 años (n=91)					19-24 años (n=187)				
	x̄	D.E.	Percentiles			x̄	D.E.	Percentiles		
			5	50	95			5	50	95
1 Peso (Kg)	54.9	6.7	43.8	53.6	65.6	55.5	9.1	40.5	54	70.5
2 Estatura	1572	57	1478	1574	1666	1586	63	1485	1586	1690
3 Altura ojo	1468	56	1378	1468	1560	1478	61	1377	1482	1579
4 Altura oído	1442	56	1360	1444	1534	1467	61	1356	1460	1558
5 Altura vertiente humeral	1306	53	1219	1304	1393	1316	58	1220	1315	1412
6 Altura hombro	1274	60	1175	1280	1373	1287	55	1195	1290	1382
7 Altura codo	994	45	922	995	1060	1009	48	930	1007	1088
8 Altura codo flexionado	969	43	898	974	1040	976	46	900	976	1052
9 Altura muñeca	771	36	712	775	830	781	40	715	777	847
10 Altura nudillo	695	34	639	695	751	697	36	638	695	756
11 Altura dedo medio	605	34	549	608	661	608	34	552	607	664
12 Altura rodilla	445	27	400	445	490	444	28	398	441	490

<sup>17</sup> Clasificación de CONACYT. Regiones del país. 12 de junio de 2015. Disponible en: <http://cseg.inaoep.mx/univ/regiones.html>

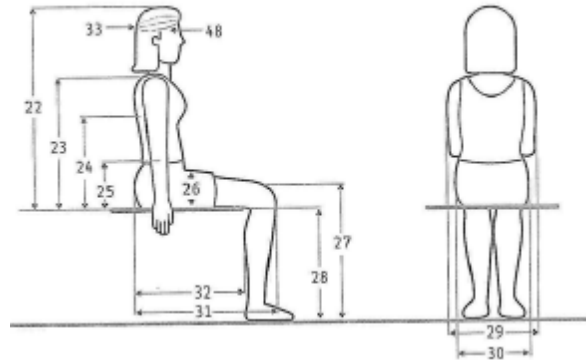
En posición de pie Estudiantes sexo femenino 18 a 24 años



Dimensiones	18 años (n=91)					19-24 años (n=187)				
	x̄	D.E.	Percentiles			x̄	D.E.	Percentiles		
			5	50	95			5	50	95
13	403	24	363	402	442	409	29	361	407	457
14	436	28	390	430	482	444	32	391	443	497
15	280	31	229	275	331	295	32	245	291	348
16	324	24	284	323	364	319	38	256	323	382
17	241	26	199	237	284	251	33	197	245	305
18	600	38	537	600	663	627	47	549	622	704
19	705	35	647	705	763	716	36	657	718	775
20	1876	100	1711	1894	2041	1926	102	1758	1920	2094
21	184	20	151	184	217	191	23	153	187	229
45	64	8	51	62	77	63	8	50	63	76
49	238	21	203	235	273	243	24	203	240	283
50	327	25	286	330	368	336	24	296	337	376

Ilustración 18.- Estudiante sexo femenino en posición de pie. Imagen obtenida del libro: Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana, pp. 86

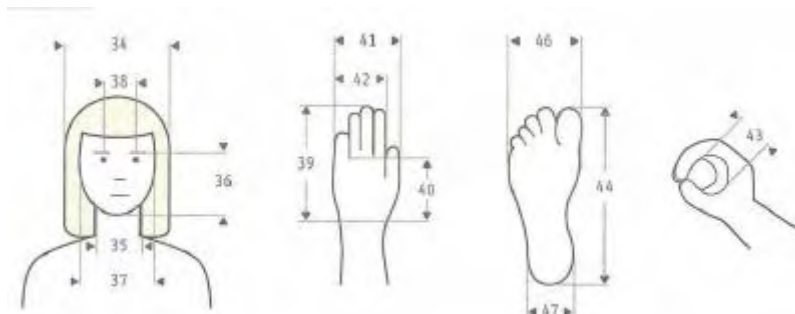
En posición sentado Estudiantes sexo femenino 18 a 24 años



Dimensiones	18 años (n=91)					19-24 años (n=187)					
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
22	Altura normal sentado	839	28	793	840	885	838	32	785	840	886
23	Altura hombro sentado	550	26	509	549	588	547	27	502	546	592
24	Altura omoplato	427	28	381	427	473	428	29	380	430	476
25	Altura codo sentado	243	26	200	245	286	240	28	194	239	286
26	Altura máx. muslo	141	13	120	142	162	138	14	115	137	161
27	Altura rodilla sentado	478	22	442	478	514	480	25	439	479	521
28	Altura poplitea	385	21	352	386	422	399	24	359	400	439
29	Anchura codos	443	50	361	437	526	436	42	367	432	505
30	Anchura cadera sentado	374	33	320	374	428	372	33	320	368	431
31	Longitud nalga-rodilla	544	27	499	542	589	549	30	500	547	598
32	Longitud nalga-popliteo	438	28	392	438	484	453	30	404	453	502
33	Diámetro a-p cabeza	183	7	173	183	195	185	8	172	184	198
48	Perímetro cabeza	541	16	515	540	567	547	16	521	546	573

**Ilustración 19.-** Estudiante sexo femenino sentado. Imagen obtenida del libro: Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana, pp. 87

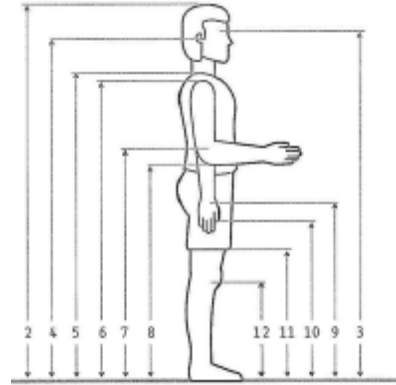
Cabeza, pie, mano Estudiantes sexo femenino 18 a 24 años



Dimensiones	18 años (n=91)					19-24 años (n=187)				
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
			5	50	95			5	50	95
34 Anchura cabeza	150	7	140	150	162	150	7	140	151	162
35 Anchura cuello	99	8	86	98	112	102	10	86	101	118
36 Altura cara	122	6	112	122	132	123	9	108	122	138
37 Anchura cara	128	7	118	130	140	130	7	118	131	142
38 Diámetro interpupilar	52	6	42	53	62	54	8	41	55	67
39 Longitud de la mano	169	8	156	170	182	169	9	154	169	184
40 Longitud palma mano	97	6	88	97	106	95	7	84	95	107
41 Anchura de la mano	89	4	81	89	96	89	5	80	88	98
42 Anchura palma mano	74	4	67	74	81	73	4	67	73	81
43 Diámetro empuñadura	39	3	34	39	44	39	3	34	38	44
44 Longitud del pie	233	9	218	233	248	235	12	217	235	255
46 Anchura del pie	89	4	82	90	96	89	5	81	88	97
47 Anchura talón	61	5	53	60	69	61	4	54	61	67

Ilustración 20.- Estudiante sexo femenino, Cabeza, pie y mano. Imagen obtenida del libro: Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana, pp. 88

En posición de pie Estudiantes sexo masculino 18 a 24 años

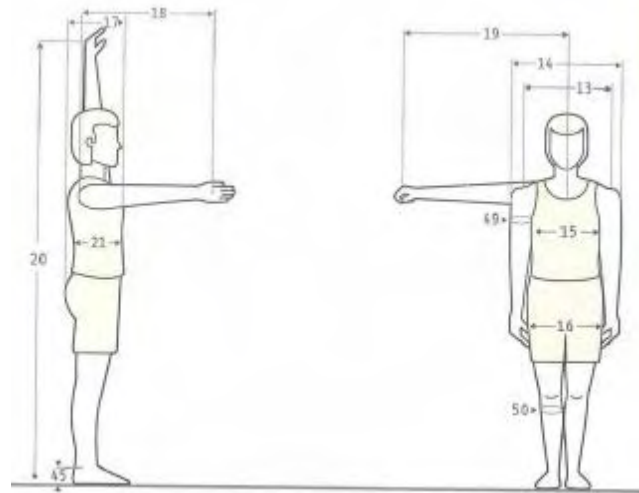


Dimensiones	18 años (n=106)					19-24 años (n=97)				
	x̄	D.E.	Percentiles			x̄	D.E.	Percentiles		
			5	50	95			5	50	95
1 Peso (Kg)	68.1	11.6	48.9	67.2	87.2	68.2	12.4	47.7	64.9	88.7
2 Estatura	1707	60	1608	1707	1816	1709	63	1605	1708	1813
3 Altura ojo	1591	57	1497	1588	1685	1595	62	1493	1588	1697
4 Altura oído	1567	57	1473	1564	1661	1571	62	1469	1567	1673
5 Altura vertiente humeral	1425	57	1331	1430	1519	1428	59	1331	1423	1525
6 Altura hombro	1392	56	1300	1393	1484	1395	59	1298	1392	1492
7 Altura codo	1071	47	993	1073	1145	1082	50	1000	1081	1164
8 Altura codo flexionado	1047	45	973	1046	1121	1052	48	973	1055	1131
9 Altura muñeca	822	46	746	819	897	835	50	752	832	918
10 Altura nudillo	735	42	665	736	804	744	43	673	744	815
11 Altura dedo medio	637	38	574	635	700	649	41	556	649	717
12 Altura rodilla	485	34	429	485	541	479	30	430	478	529

Ilustración 21.- Estudiante sexo masculino, En posición de pie. Imagen obtenida del libro: Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana, pp. 89



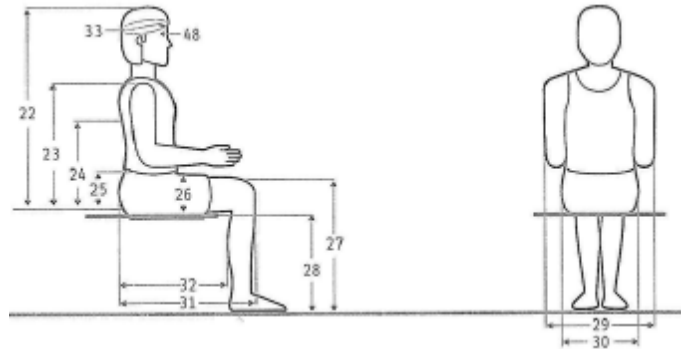
En posición de pie Estudiantes sexo masculino 18 a 24 años



Dimensiones	18 años (n=106)					19-24 años (n=97)				
	x̄	D.E.	Percentiles			x̄	D.E.	Percentiles		
			5	50	95			5	50	95
13	453	34	397	450	509	454	32	401	452	507
14	480	41	412	486	550	488	42	419	485	557
15	323	31	272	321	374	329	33	274	327	383
16	333	30	284	332	382	324	24	284	323	364
17	241	35	200	236	299	247	30	198	244	296
18	665	31	614	666	716	682	39	618	679	746
19	784	35	726	788	842	784	36	725	782	843
20	2058	113	1872	2058	2244	2101	91	1951	2120	2291
21	203	26	160	209	246	208	26	165	208	251
45	69	6	61	70	79	71	10	54	72	88
49	268	34	212	265	324	270	33	216	265	324
50	348	32	296	350	401	353	29	305	350	401

Ilustración 22.- Estudiante sexo masculino, En posición de pie. Imagen obtenida del libro: Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana, pp. 90

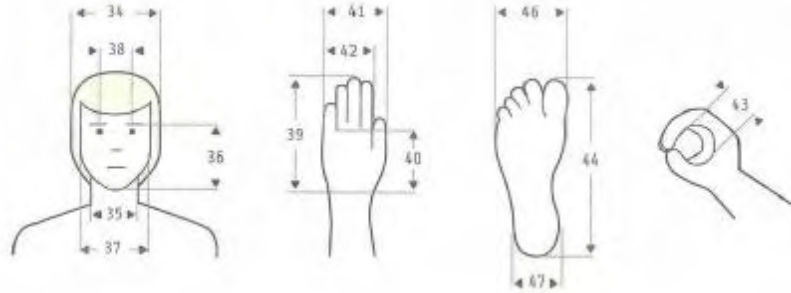
En posición sentado Estudiantes sexo masculino 18 a 24 años



Dimensiones	18 años (n=106)					19-24 años (n=97)					
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			
			5	50	95			5	50	95	
22	Altura normal sentado	889	31	839	891	940	886	33	834	890	942
23	Altura hombro sentado	584	32	528	585	637	587	32	534	585	640
24	Altura omoplato	445	28	399	450	491	447	29	399	443	495
25	Altura codo sentado	241	32	188	241	294	241	33	187	241	295
26	Altura máx. muslo	152	15	127	153	177	150	15	125	148	175
27	Altura rodilla sentado	525	31	474	528	576	520	26	485	527	571
28	Altura poplitea	427	23	389	428	465	432	24	392	431	472
29	Anchura codos	508	56	416	501	600	485	52	399	476	571
30	Anchura cadera sentado	373	33	318	375	427	372	35	314	368	430
31	Longitud nalga-rodilla	582	32	529	581	635	588	28	542	584	634
32	Longitud nalga-popliteo	459	33	404	458	516	473	33	418	471	527
33	Diámetro a-p cabeza	192	7	180	192	204	193	7	181	192	205
48	Perímetro cabeza	558	16	532	557	584	566	19	535	568	597

Ilustración 23.- Estudiante sexo masculino, En posición sentado. Imagen obtenida del libro: Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana, pp. 91

## Cabeza, mano y pie. Estudiantes sexo masculino 18 a 24 años



Dimensiones	18 años (n=106)					19-24 años (n=97)				
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles			$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
			5	50	95			5	50	95
34 Anchura cabeza	158	6	150	158	168	158	6	150	158	166
35 Anchura cuello	113	7	103	113	125	114	9	99	113	129
36 Altura cara	130	8	117	130	143	131	8	118	131	144
37 Anchura cara	138	10	122	139	155	137	8	124	136	150
38 Diámetro interpupilar	53	6	43	55	63	55	8	42	55	68
39 Longitud de la mano	187	9	172	186	202	186	8	173	186	199
40 Longitud palma mano	106	6	98	106	117	105	5	97	105	113
41 Anchura de la mano	103	7	91	102	115	103	6	93	103	113
42 Anchura palma mano	85	5	77	85	93	85	5	77	85	93
43 Diámetro empuñadura	44	4	39	44	51	43	4	36	43	50
44 Longitud del pie	261	11	243	260	279	262	12	242	262	282
46 Anchura del pie	99	6	89	99	109	98	6	88	98	108
47 Anchura talón	68	6	60	68	78	69	5	61	68	77

**Ilustración 24.-** Estudiante sexo masculino, Cabeza, mano y pie. Imagen obtenida del libro: Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana, pp. 92

Con toda esta parte de medidas antropométricas podemos llegar a la conclusión que se puede realizar el diseño correcto para los usuarios de los diversas partes del Tren Elevado, tal como los asientos, la cabina de conducción, los pasillos, los pasamanos para sujetarse, las puertas de entrada, altura de ventanales, ancho de puertas de acceso, etc; esta aproximación hacia un diseño más razonable, lo podremos analizar en el apartado de este documento que son las propuesta de diseño.

## OBJETIVOS

Diseño y construcción de un sistema de recuperación y transformación de la energía cinética en energía potencial para su aprovechamiento como sustento en el recorrido de un tren elevado.

Este tren elevado estará suspendido en monorraíles con impulsores externos y con aditamentos de frenado para la obtención del recurso energético.

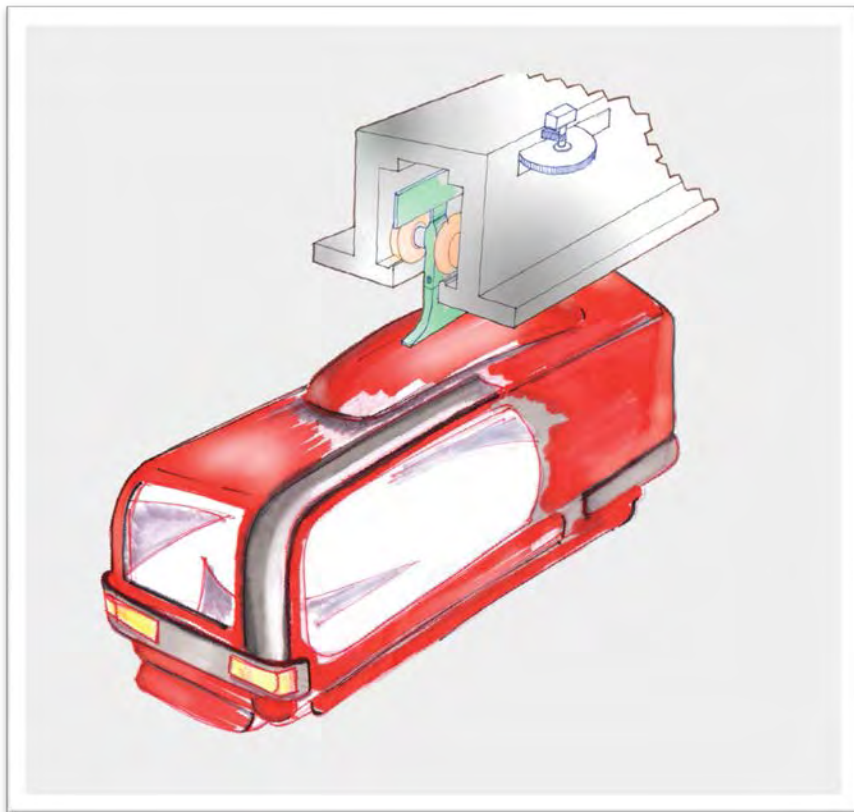


Ilustración 25.- Propuesta de Tren elevado con sistema de recuperación, transformación y aprovechamiento de energía

## OBJETIVOS PARTICULARES

- ✓ Que sea elevado para aumentar el espacio disponible en las zonas urbanas y no generar caos vehicular.
- ✓ Rodamiento sobre vía metálica (riel) con ruedas de metal para eliminar parcialmente la fricción que pueda obstaculizar la energía cinética obtenida de los impulsores externos.
- ✓ **Motores eléctricos externos** estacionarios sobre vía para así generar el impulso necesitado y cubrir los lineamientos de velocidad requeridos y energía suficiente para llegar a la próxima estación.
- ✓ Transportar en promedio en cada viaje sencillo un total de **480 personas con un peso aproximado de 56 toneladas** (36 toneladas de pasajeros y 20 toneladas de los vagones), para así no generar un consumo inapropiado de energía y alcanzar velocidades por arriba de los 75km/h.
- ✓ **Elevar la capacidad y calidad del transporte**, que tenga ventajas sobre la movilidad individual.
- ✓ Disminuir emisiones contaminantes por pasajero transportado, incluyendo gases de efecto invernadero y dióxido de carbono.
- ✓ Dar cobertura con servicio público de calidad en zonas marginadas de la ciudad.
- ✓ Garantizar el acceso al transporte público para grupos vulnerables.

## CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA

A continuación se enumeraran las características generales, divididas en diferentes grupos y subgrupos, las cuales son los ejes más importantes del sistema del Tren elevado. Se hará una breve descripción de cada una de ellas mencionando un breve resumen.

**Tendrá un sistema de transformación de energía cinética en energía potencial.-** Se propone el diseño de un sistema que transforme la energía cinética en energía potencial por medio de un resorte propulsor, el cual dará la suficiente potencia para el inicio del recorrido y la aproximación a los primeros motores impulsores.

Contara con un sistema de almacenamiento de Energía para su aprovechamiento en la etapa inicial del recorrido, por medio de un resorte impulsor.- Se diseñara un sistema de almacenamiento de la energía durante el frenado del tren a la llegada a las estaciones y después esa energía almacenada pasara a la etapa de transformación y aprovechamiento de la misma.

Se diseñaran los impulsores externos, por medio de motores eléctricos que servirán para impulsar al Tren y mantener una velocidad constante promedio.

Estos impulsores estarán situados cada 25 metros en las torres principales del recorrido del tren. Servirán como impulsores para mantener una velocidad constante de 50 km/h y no perder impulso para la llegada a la siguiente estación.

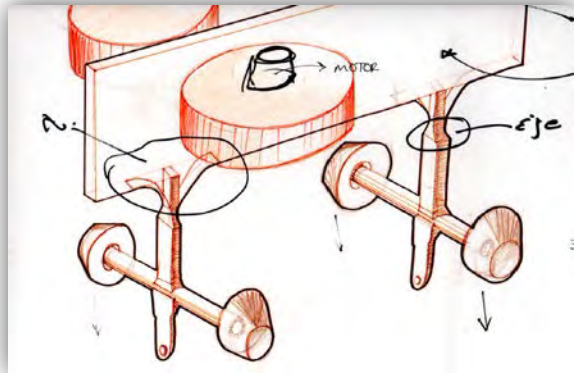
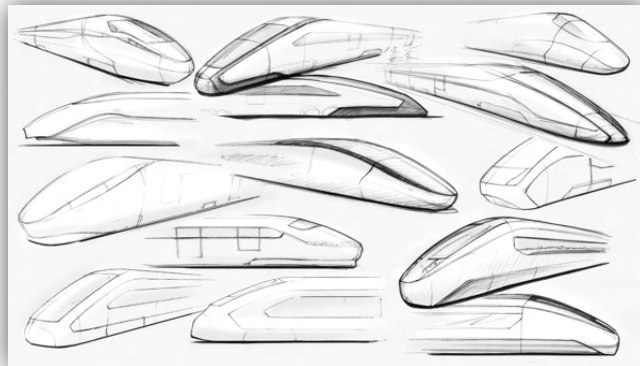


Ilustración 26.- Sistema de impulsores externos

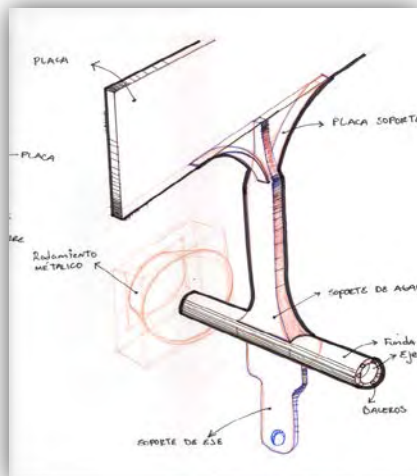
**Contara con un sistema de agarre a las vías, lo que le permitirá estar suspendido.-** El sistema de agarre le permitirá que los rodamientos se agarren a las vías confinadas y se desplacen.

**Se diseñaran vías confinadas elevadas y las estructuras de soporte de las mismas.** La estructura medirá 25 metros de ancho y contara con dos postes de agarre, tendrá una armado triangular con 6 tensores de cada lado.

Se Diseñaran los componentes del Tren, como: Cabina de conducción, vagones de pasajeros, rodamientos del Tren.



**Ilustración 27.-** Diseño de trenes de alta velocidad (Ilustración tomada de <https://fotolog.com>)



**Ilustración 28.-** Diseño de sistema de agarre al Tren, Diseño propio: Marco Junior Vargas.



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- ✓ El largo del Tren será de 107.60 m, con 20 vagones.
- ✓ La medidas de los vagones serán: 2.5 m de ancho por 5.0 m de largo.
- ✓ Su capacidad del Tren será para 440 pasajeros por viaje.
- ✓ Su peso total del tren será de 2000 kg.
- ✓ Peso total del Tren con pasajeros: 3300 kg.

## COMPONENTES DEL TREN ELEVADO Y SISTEMA

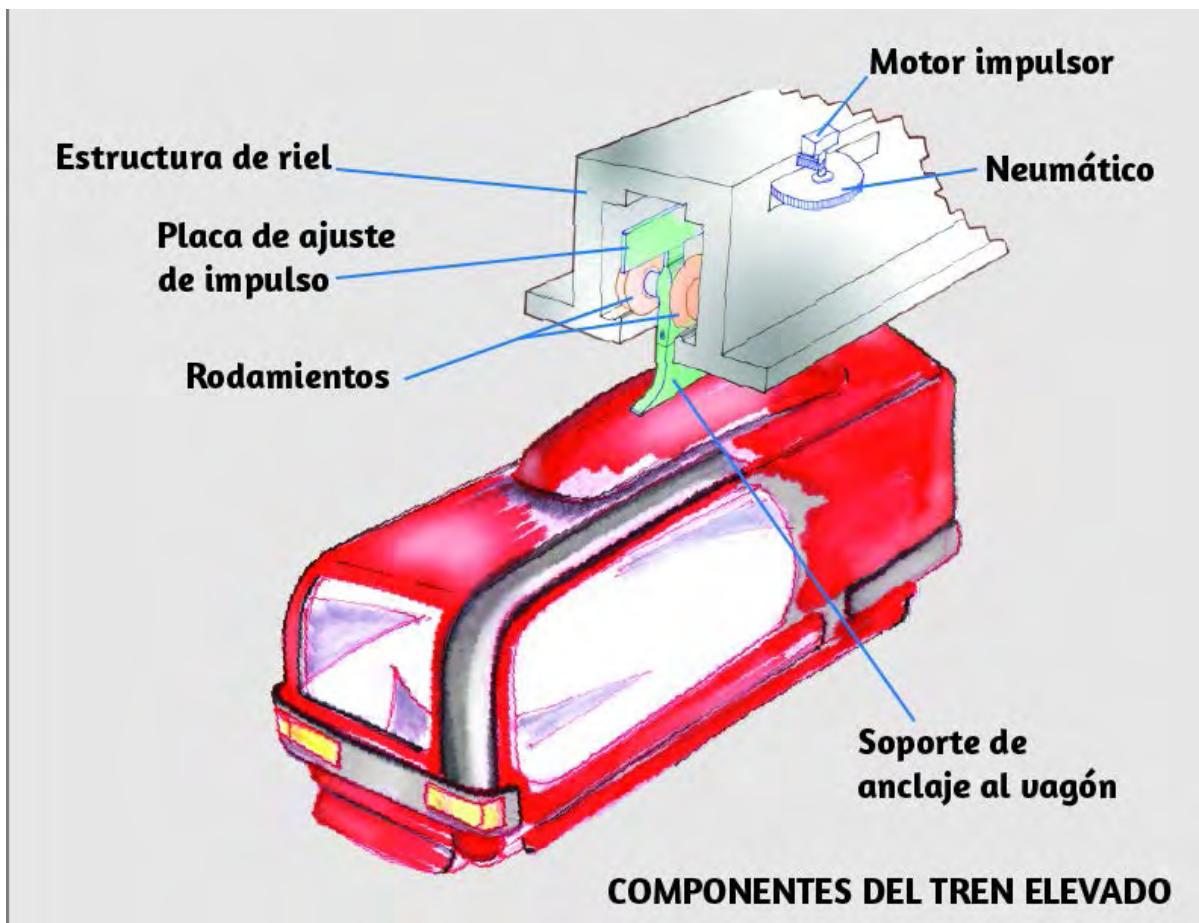


Ilustración 29.- Proyección del Tren Elevado y sus componentes generales

## APORTACIONES

Además de mencionar que el mayor de los beneficios es el diseño y proyección de este sistema de transformación, aprovechamiento y utilización de la energía potencial, obtenida por la energía cinética, para que se pueda utilizar en próximos proyectos de Trenes. Es un sistema único en su tipo en la manera en que se obtendrá este recurso.

Las principales aportaciones de este sistema de transporte Tren Elevado, y los demás sub sistemas como la transformación, almacenamiento y aprovechamiento de la energía, estarán enfocadas en los beneficios obtenidos en varios aspectos importantes, como:

- Creación de una conciencia ecológica.
- Accesibilidad para todo tipo de personas.
- Movilidad rápida y segura.
- Disminución del tiempo de desplazamiento de la zona oriente al Distrito Federal o viceversa.
- Mejoramiento de la imagen de la ciudad.
- Preservación de recursos naturales y protección al Medio Ambiente.
- Sistema Sustentable de generación de Energía.

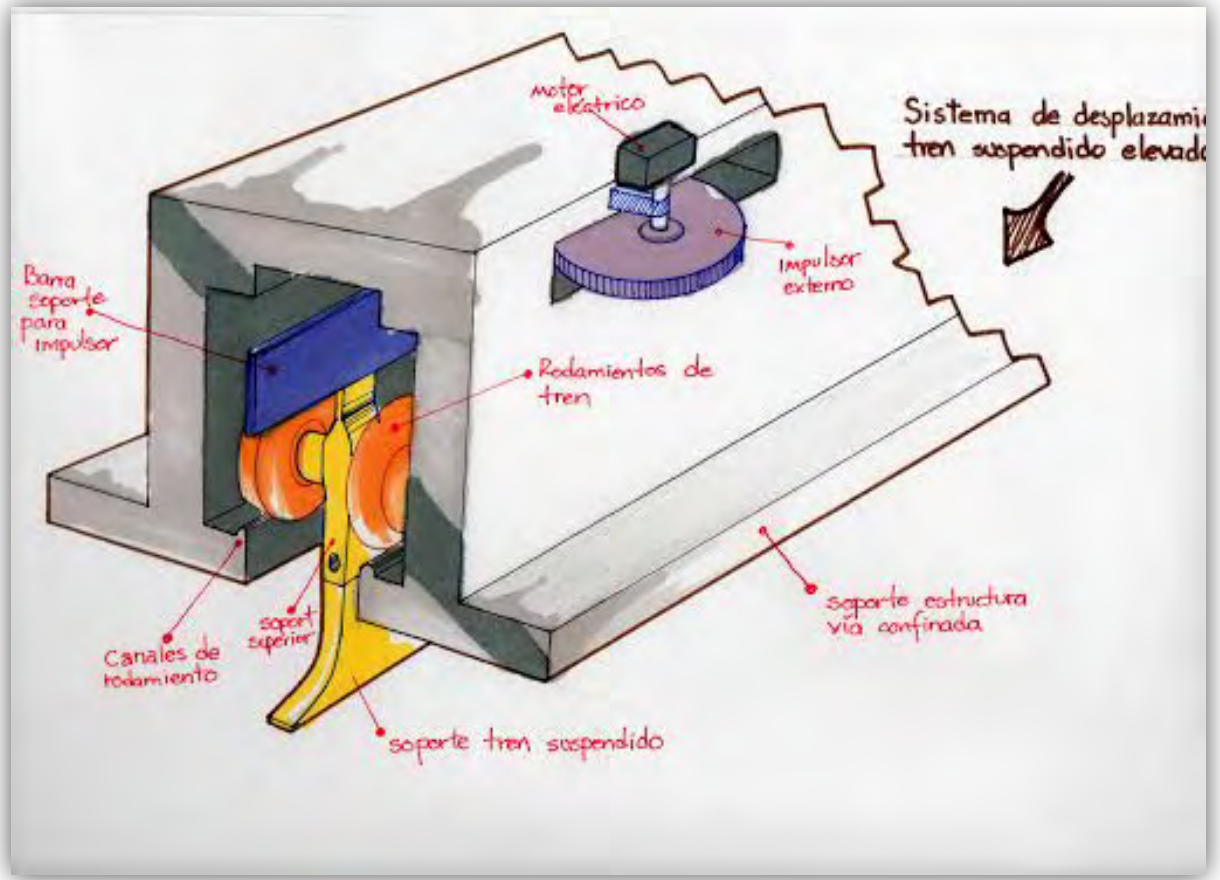


Ilustración 30.- Diseño de componentes de Tren elevado suspendido

## REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Los requerimientos son las características que requiere cumplir un producto o entregable asociado a una función en un proceso o servicio automatizado, o por automatizar.

En esta tabla se puede observar como hay elementos donde los factores determinantes están como características principales en todo su conjunto, por ejemplo en el diseño de vagones para pasajeros, los factores como uso, función y ergonomía son esenciales ya que son los elementos que conjugan un proyecto de diseño.

FACTORES DETERMINANTES	ELEMENTOS DEL TREN					
	Sistema de Transformación de Energía	Almacenamiento de Energía	Impulsores Externos	Diseño de estructura de vías	Vagones de pasajeros	Cabina de conducción
<b>FUNCIÓN</b>	√	√	√	√	√	√
<b>USO</b>	√	√	√	√	√	√
<b>ERGONOMIA</b>			√	√	√	√
<b>ESTÉTICA</b>				√	√	√
<b>DISEÑO ESTRUCTURAL</b>	√	√	√	√	√	√

Tabla 9.- Tabla de factores determinantes de diseño.

Sin embargo en el diseño del sistema de transformación de energía lo que es importante es su uso y función más allá de los aspectos estéticos o de ergonomía, donde si tiene contacto con la satisfacción y comodidad del hombre pero de forma indirecta. Lo mismo pasa con el sistema de almacenamiento de energía, tiene que cumplir con requisitos de función, uso y diseño estructural, que están ligados a su principal funcionamiento como sistema, más allá de producto de diseño.

## IMPORTANCIA DE INNOVACIONES



Ilustración 31.- Importancia de innovaciones, como: Peso, ligereza y el almacenamiento mecánico de energía y reutilización de la misma.

## INFORMACIÓN DE ACOPLER DE UN TREN

Acoples de ferrocarril o tren

Un **acople**, **gancho** o **enganche** es un mecanismo que sirve para conectar varios vehículos ferroviarios entre sí y formar un tren.

*Acoples Manuales.*- Son aquéllos en los que los vehículos ferroviarios debe acoplarlos un operario manipulando el propio acople.

*Tope y Cadena.*- Este acople recibe numerosos nombres, como de topes y cadena, de gancho, de tornillo o de gancho y husillo.



Ilustración 32.- Acople Manual de tope y cadena, fotografiada tomada de: Eisenbahn\_Schraubkuppelung

## Acoples Automáticos

Se denomina acople automático a aquellos acoples que no necesitan un operario para hacer el acople, y son capaces de engancharse solos cuando los vehículos topan. Algunos de estos acoples, además de unir los vehículos, incluyen la unión de algunos sistemas de los vehículos como el de freno, sea eléctrico, sea electrónico o incluso el mando múltiple.

**El acople Scharfenberg** es probablemente el más común entre los enganches automáticos. Fue diseñado en 1903 por Karl Scharfenberg en [Königsberg](#), Alemania (actualmente Kaliningrado, Rusia), quien lo patentó el 18 de marzo de 1904. Se fue implantando gradualmente en trenes de servicio regular de pasajeros.

Se utiliza en automotores, coches de viajeros, trenes de alta velocidad, metros, etc., aunque fuera de Europa se reserva sobre todo para metros o trenes suburbanos. Es superior a otros tipos de acoples automáticos, ya que permite conectar los sistemas eléctricos y neumáticos. Sin embargo, la conexión electro-neumática no es igual en todos los Scharfenberg (algunos tienen la conexión en el lateral y otros en el interior), lo que da problemas de compatibilidad<sup>18</sup>.



Ilustración 33.- Acople automático Scharfenberg, foto tomada de: Eisenbahn\_Schraubekupplun

---

<sup>18</sup> Wikipedia [En línea] Acoples ferroviarios [Fecha de consulta: 22/04/2015] Datos recabados del sitio web:[http://es.wikipedia.org/wiki/Acoples\\_ferrovianos](http://es.wikipedia.org/wiki/Acoples_ferrovianos)



Además, el mayor problema del Scharfenberg es que no puede arrastrar grandes cargas (máximo 1 000 toneladas), lo que impide su uso en mercancías.

Existen varios tipos de enganche Scharfenberg con propiedades diferentes. El tipo 10 se usa en las líneas de ancho normal de Europa.

Unos pequeños cilindros de aire actúan en unas cabezas giratorias internas y aseguran su acople, haciendo que no sea necesario un golpe para que los trenes se acoplen.

Unir dos trenes con enganches Scharfenberg se puede realizar a menos de 3,2 km/h, lo que garantiza el confort de los pasajeros que se encuentran a bordo<sup>19</sup>.



**Ilustración 34.- Enganche automático tipo Scharfenberg de un automotor eléctrico de la serie 3500 de CP, foto tomada de: Eisenbahn\_Schraubekupplun**

---

<sup>19</sup> Wikipedia [En línea] Acoples ferroviarios [Fecha de consulta: 22/04/2015] Datos recabados del sitio web:[http://es.wikipedia.org/wiki/Acoples\\_ferrovianos](http://es.wikipedia.org/wiki/Acoples_ferrovianos)

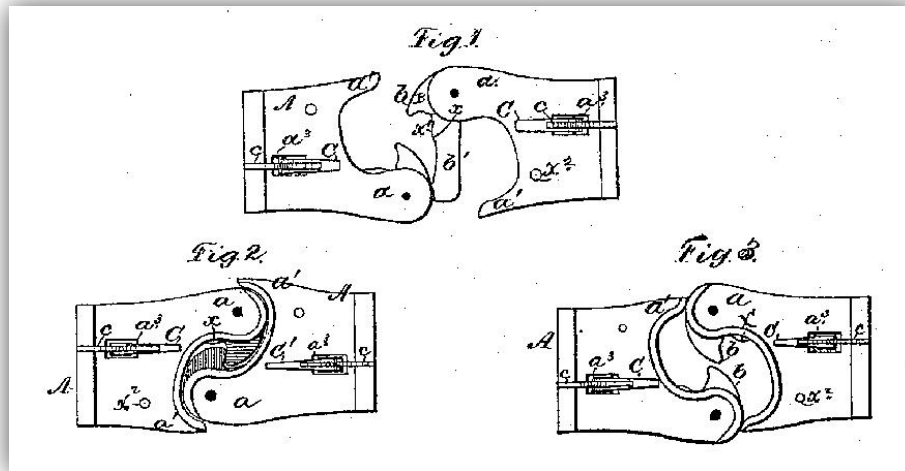


Ilustración 36.- Acople Janney (tipo E) americano, foto tomada de: Eisenbahn\_Schraubekupplun

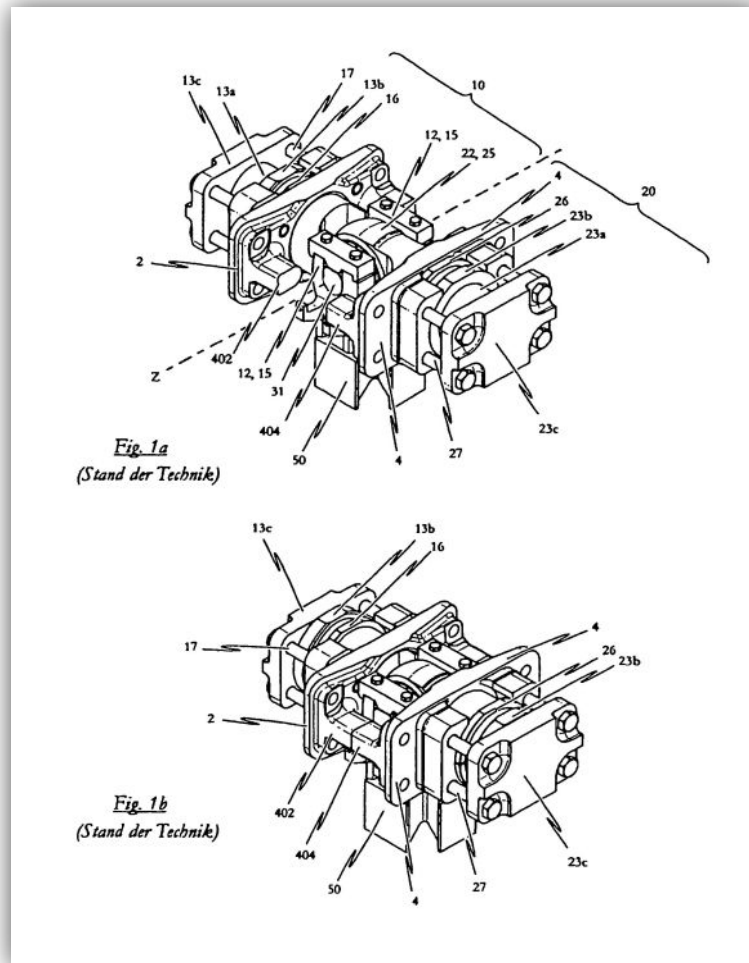


Ilustración 35.- Enganche automático tipo Scharfenberg de un automotor eléctrico de la serie 3500 de CP. Fotografía tomada de: Eisenbahn\_Schraubekupplun

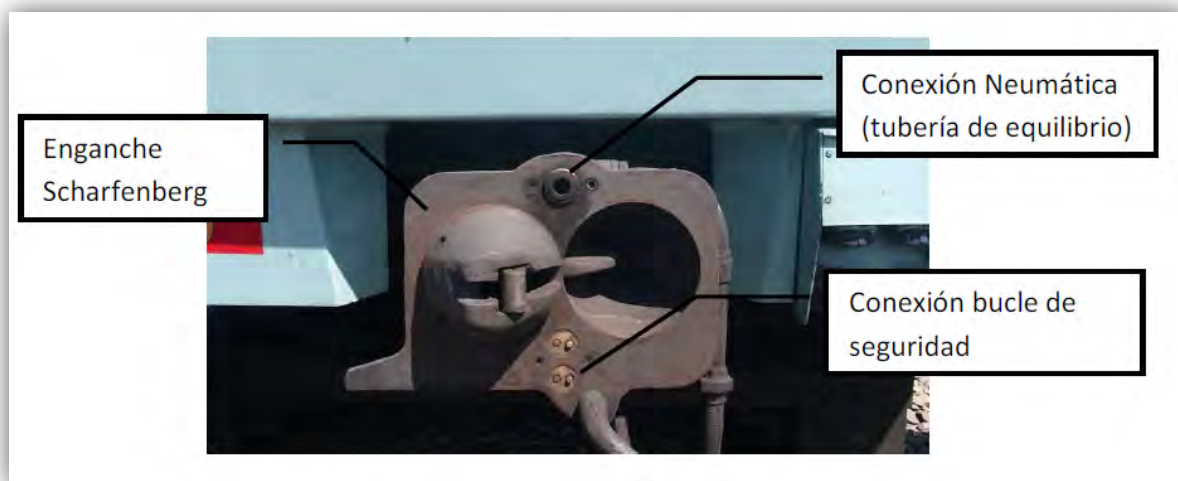


Ilustración 37.- Enganche Scharfenberg y conexiones, imagen obtenida de: Licitación de servicio de modificación de cabinas para reconfiguración de trenes NS74. Fotografía tomada de: Eisenbahn\_Schraubenkupplun

## PROPUESTAS DE DISEÑO DE TREN EXTERIOR E INTERIOR

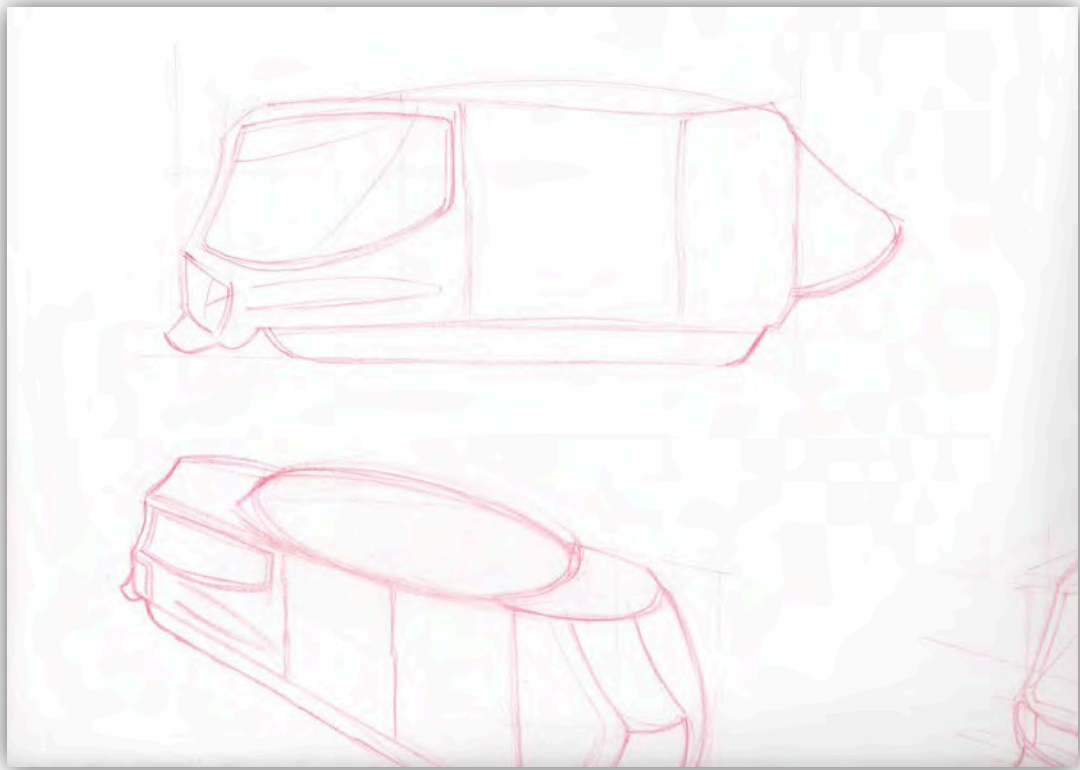


Ilustración 38.- Propuesta de Tren elevado, Imagen propia: Marco Junior Vargas.

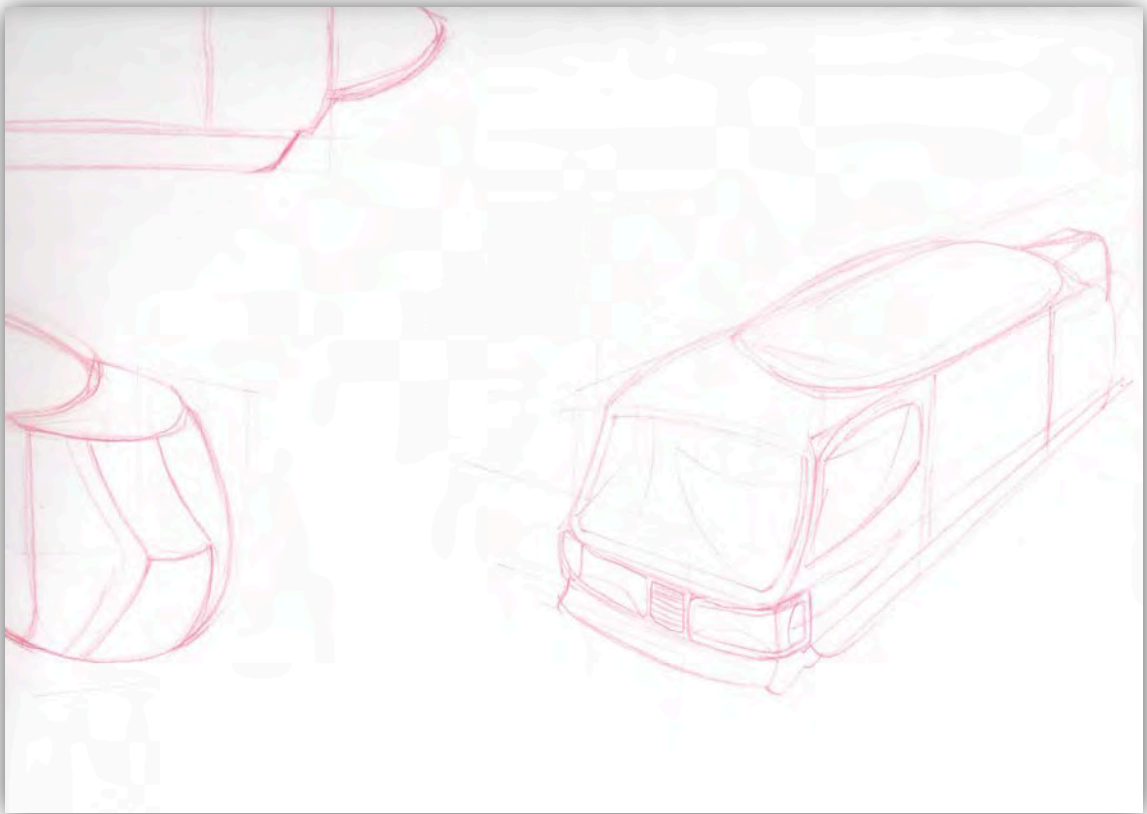
Los seres humanos siempre han diseñado cosas. Una de sus características básicas es que elaboran una amplia gama de herramientas y otros artefactos para que se adapten a sus propios propósitos. A medida que cambian dichos propósitos y a medida que las personas reflexionan sobre los aparatos de que disponen, realizan mejoras e idean y fabrican clases completamente nuevas de artefactos (Cross, 2008).

Una de las características de diseño elementales es la creación no solo de un nuevo sistema para la alimentación sustentable de la energía, sino también el diseño de un nuevo concepto de sistema de transporte que cumpla con su función esencial que es la de transportar de un lugar a otro a un determinado número de usuarios, y además con una serie de características que harán que el diseño funja su papel de cambio total en todos los sistemas análogos que pudieran existir de sistemas de transporte en la zona metropolitana de la Ciudad de México.

Las diversas propuestas de forma han derivado nuevos diseños que llaman la atención en sus líneas y trazos de bocetaje, con esto tenemos un extraordinario punto de referencia para así estar bien conscientes del diseño que se pudiera lograr al final de esta investigación, que no cayera solamente en conceptos abstractos y que se pudieran dejar como buenas propuestas, mas sin en cambio que fueran más allá de sus límites de forma y figura.

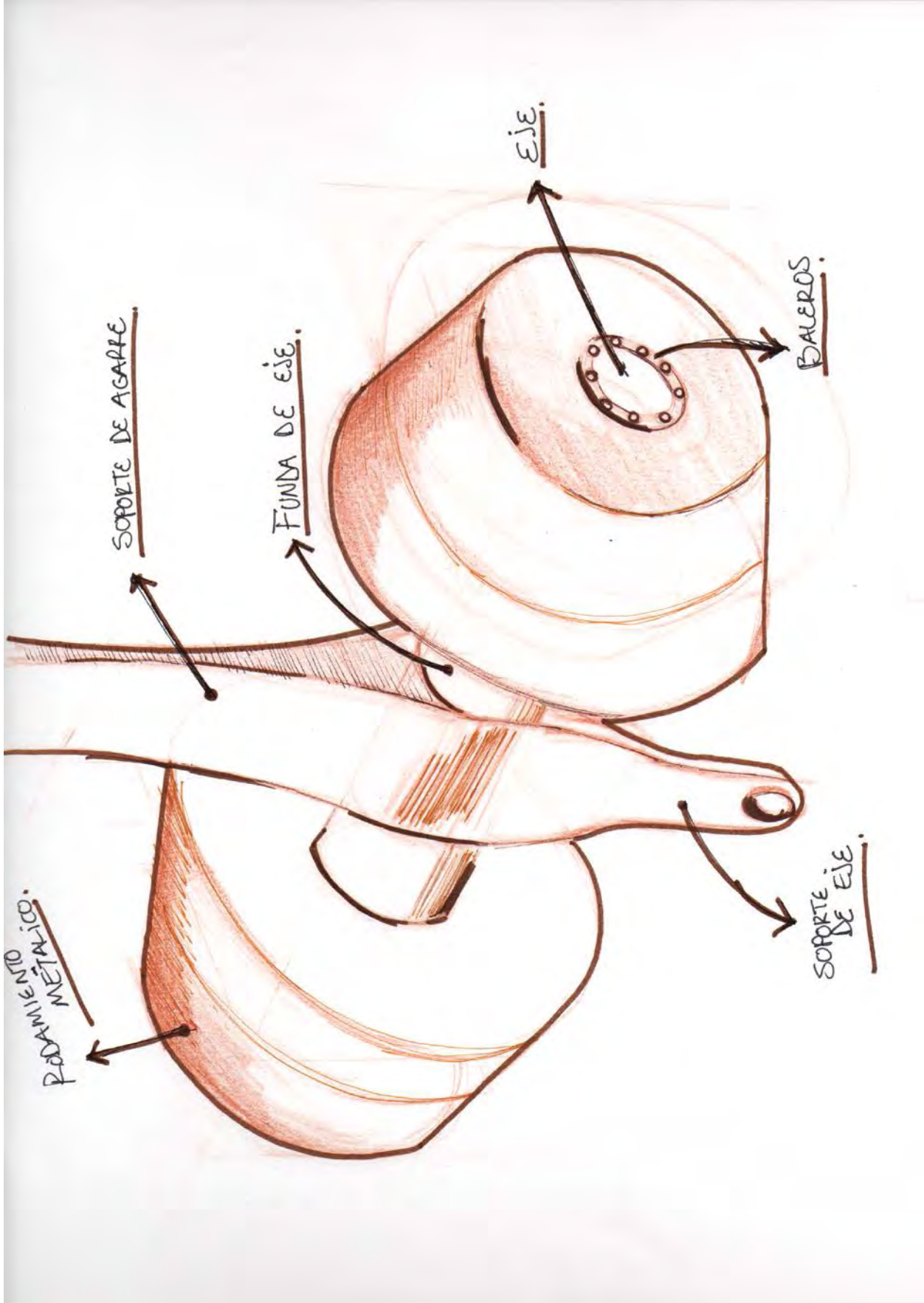


**Ilustración 40.- Propuesta de Tren elevado. Boceto original de: Marco Junior Vargas**

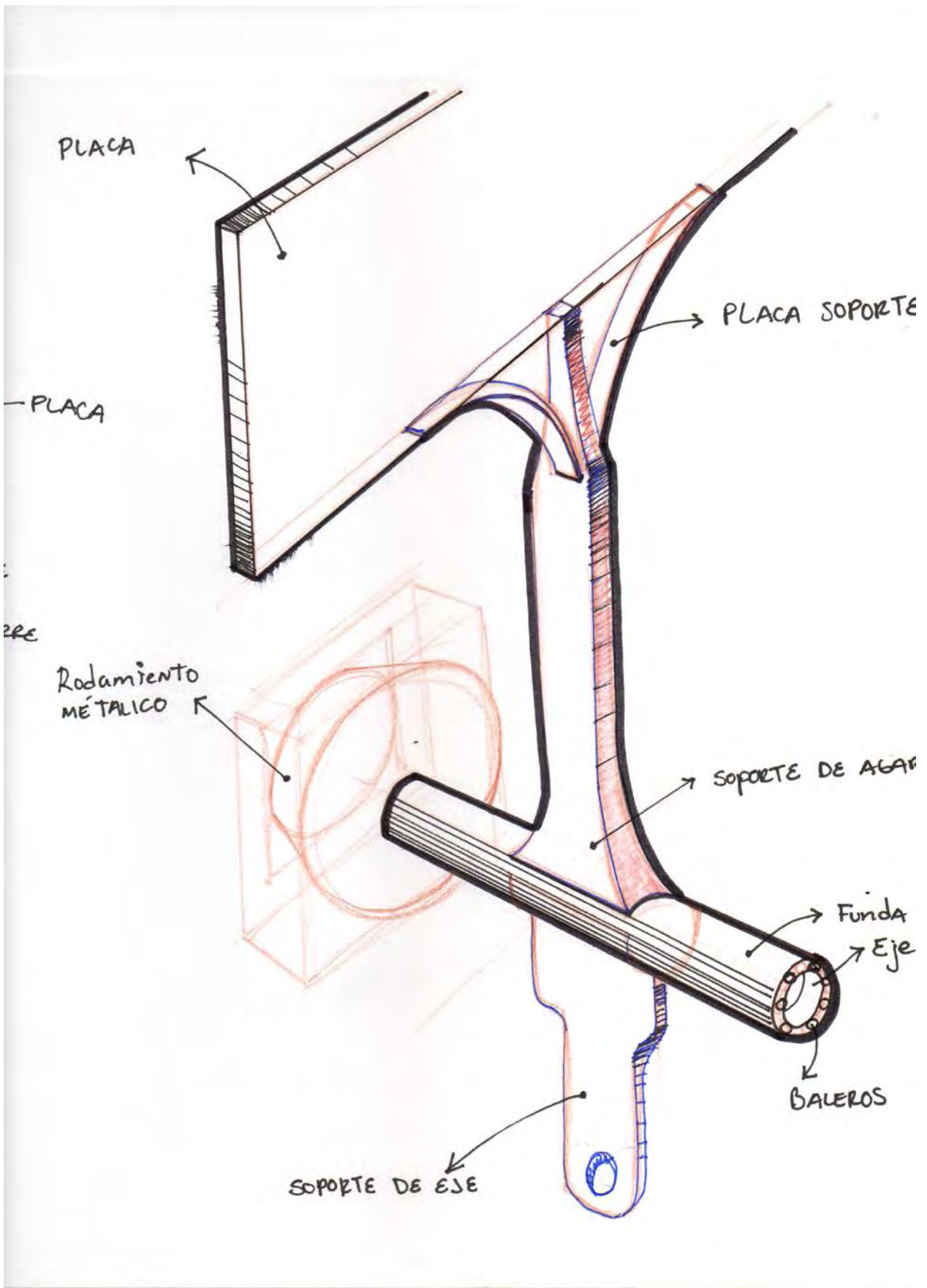


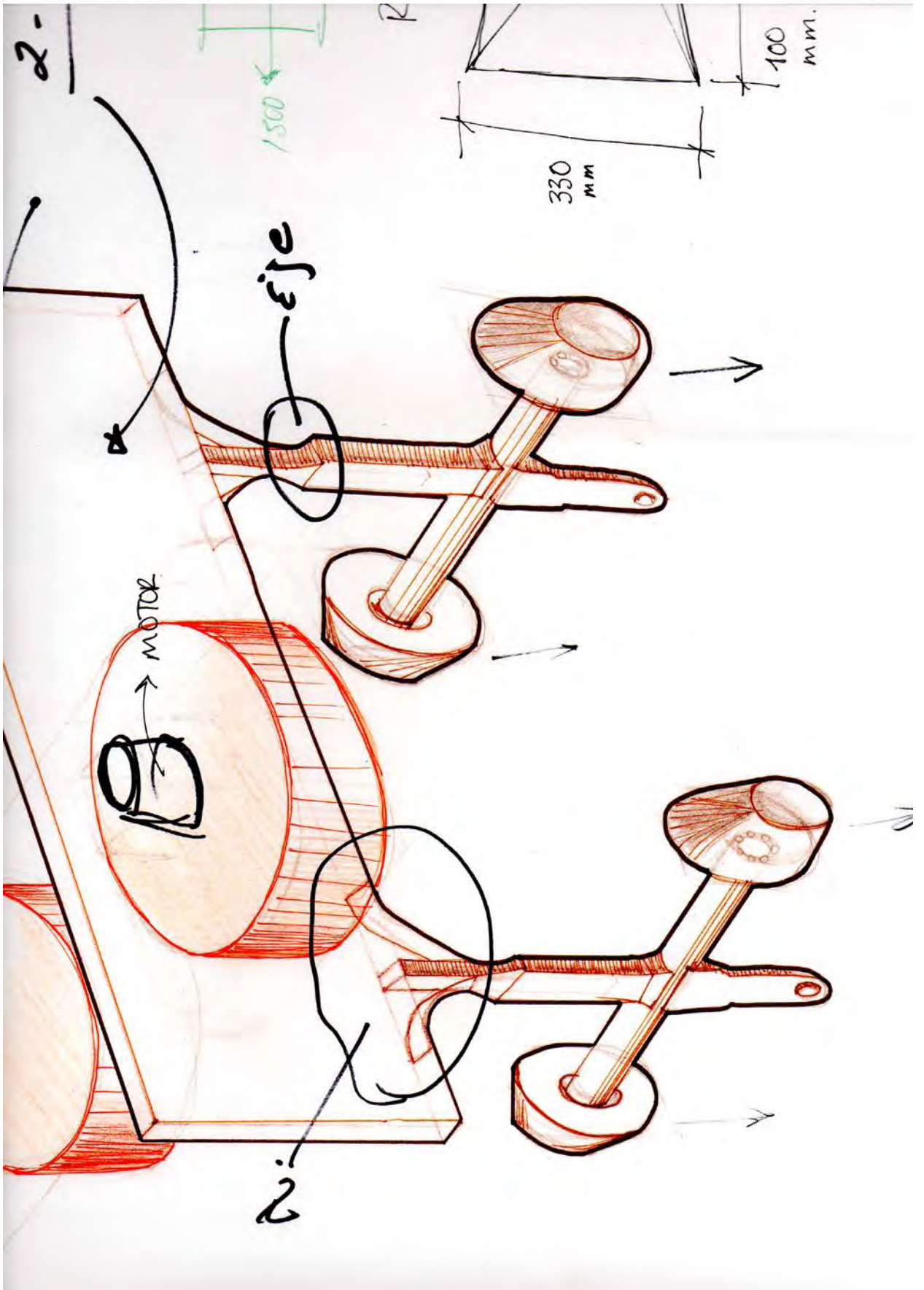
**Ilustración 41.-.- Propuesta de Tren elevado. Boceto original de: Marco Junior Vargas**

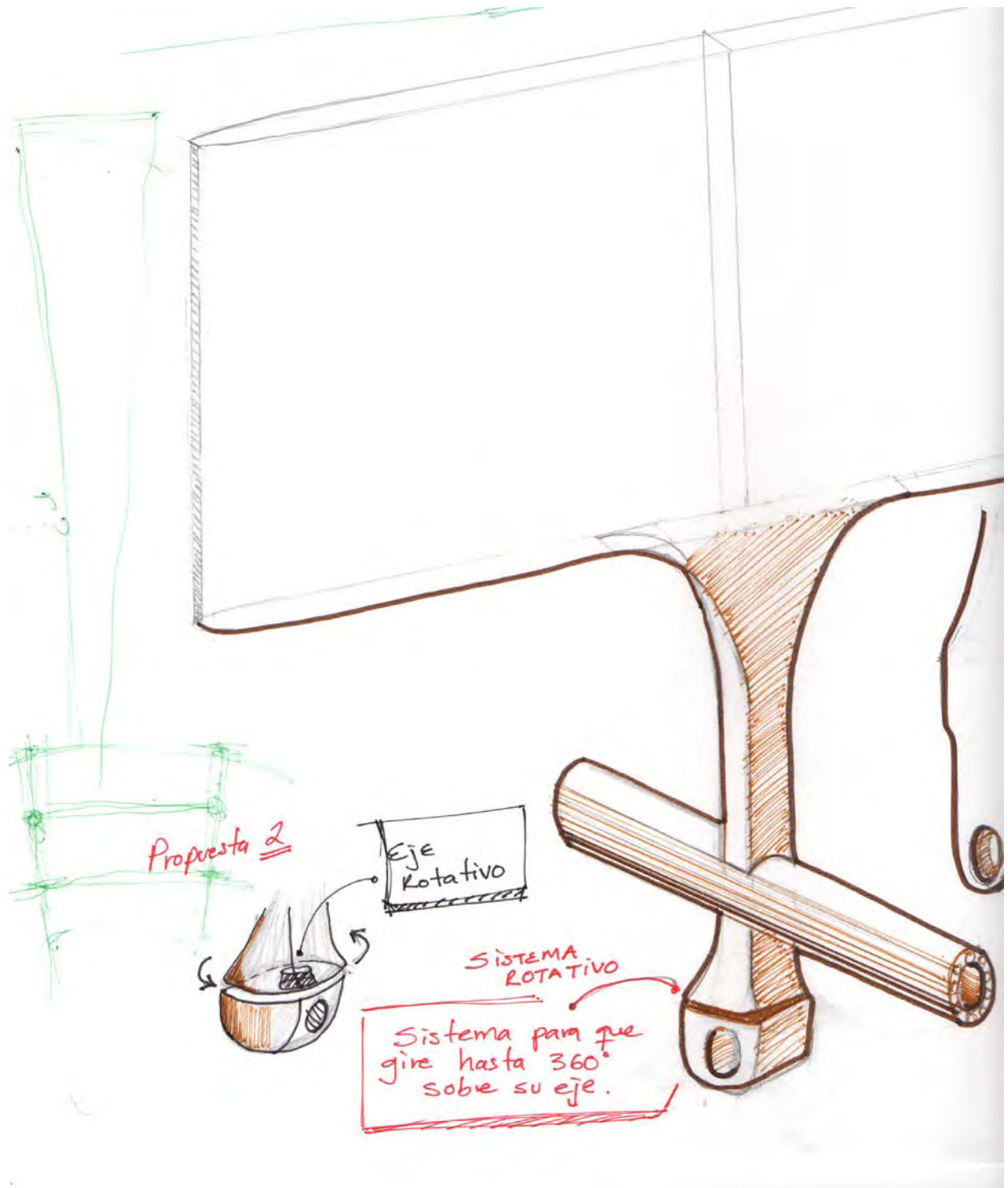




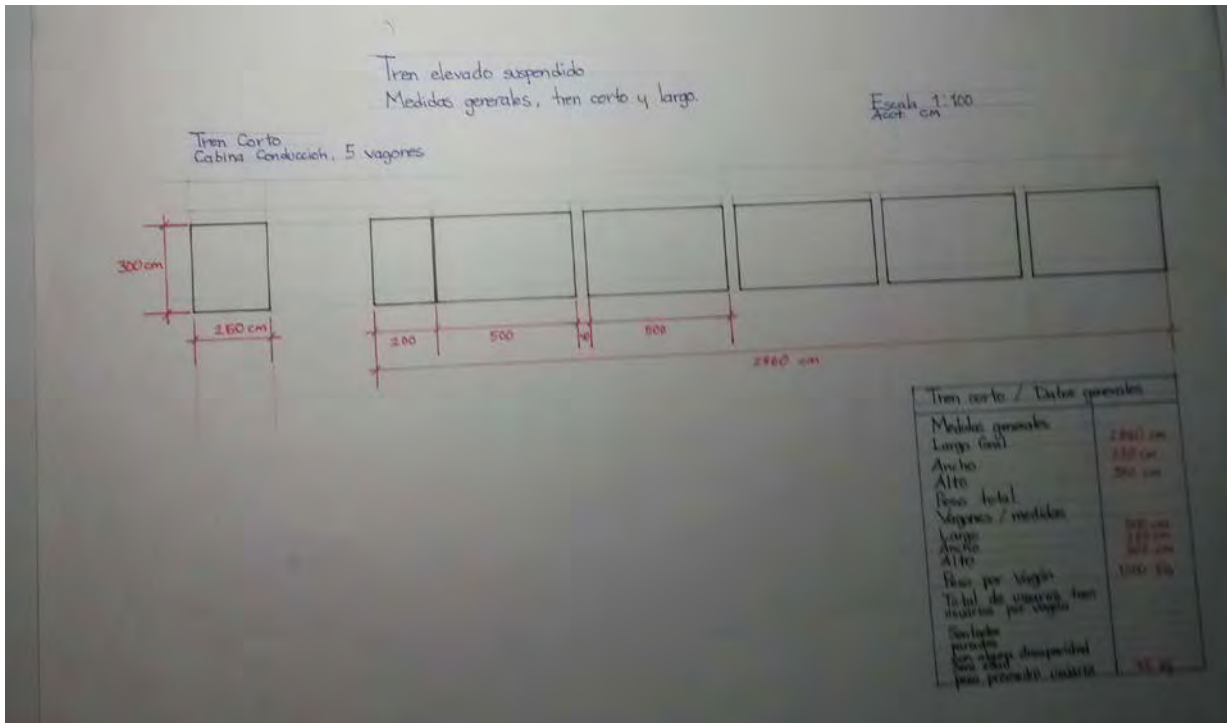




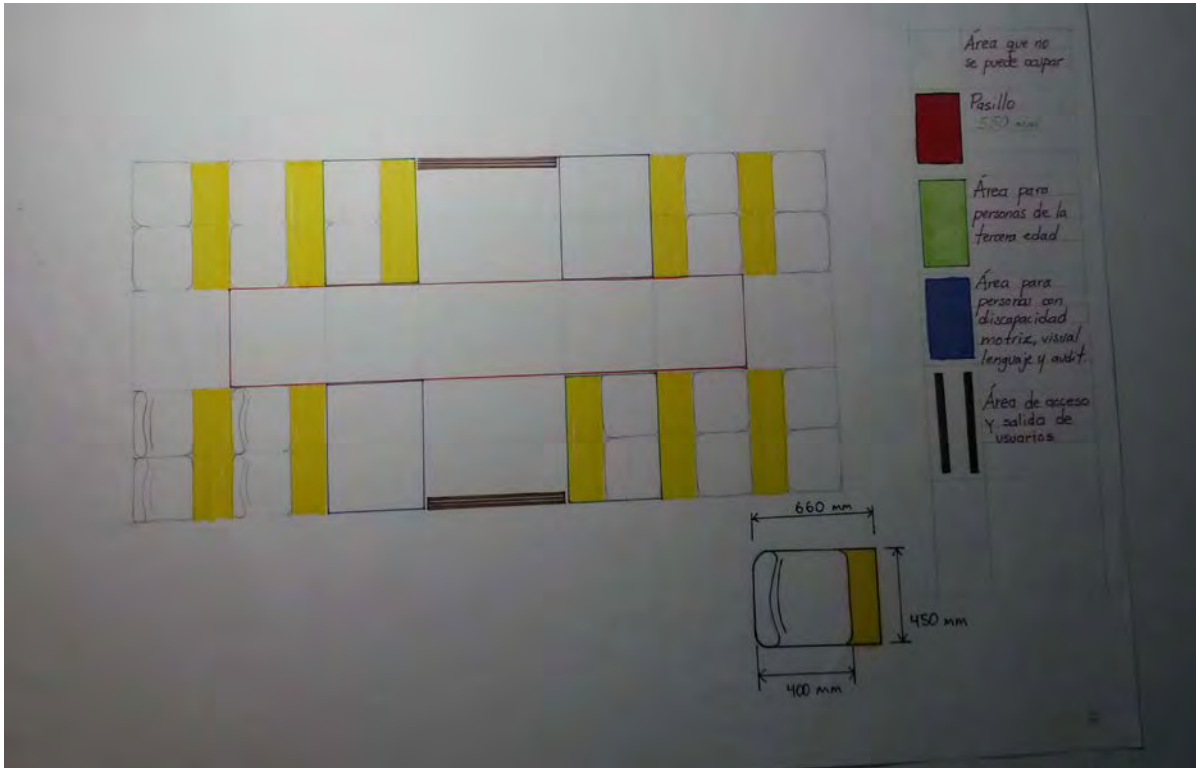


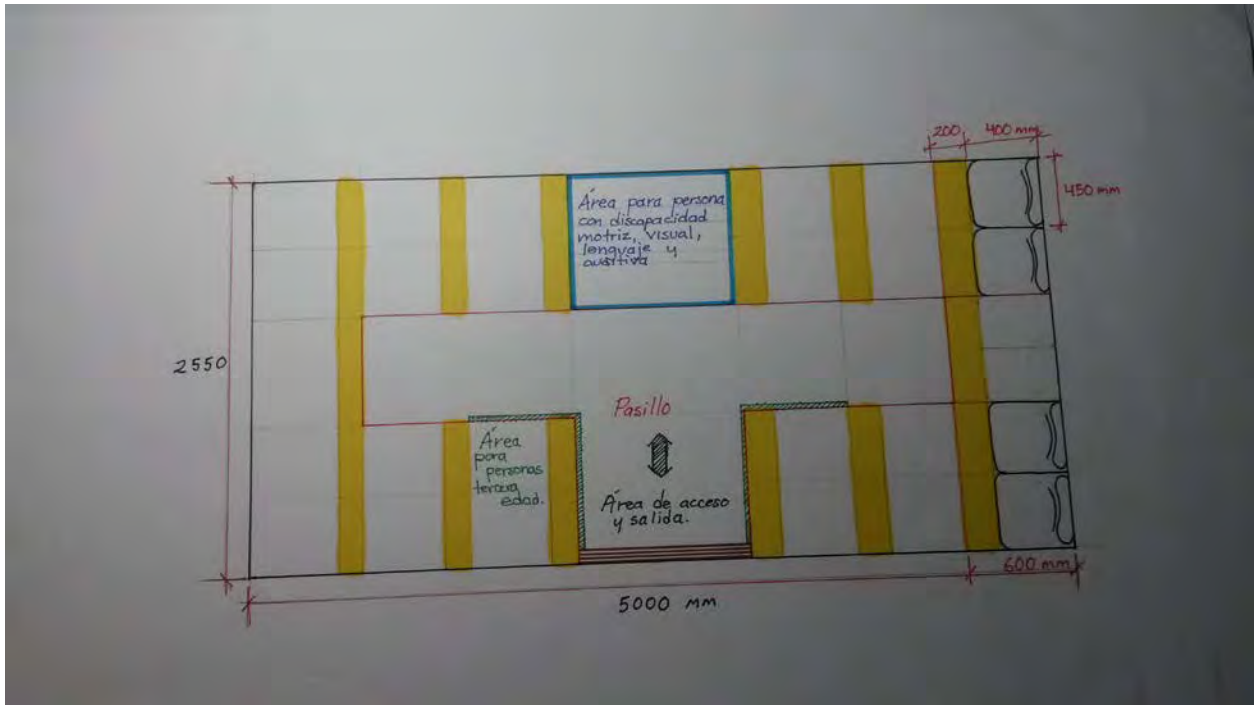


## DISEÑO INTERIOR DEL TREN PROPUESTAS DE ESPACIO

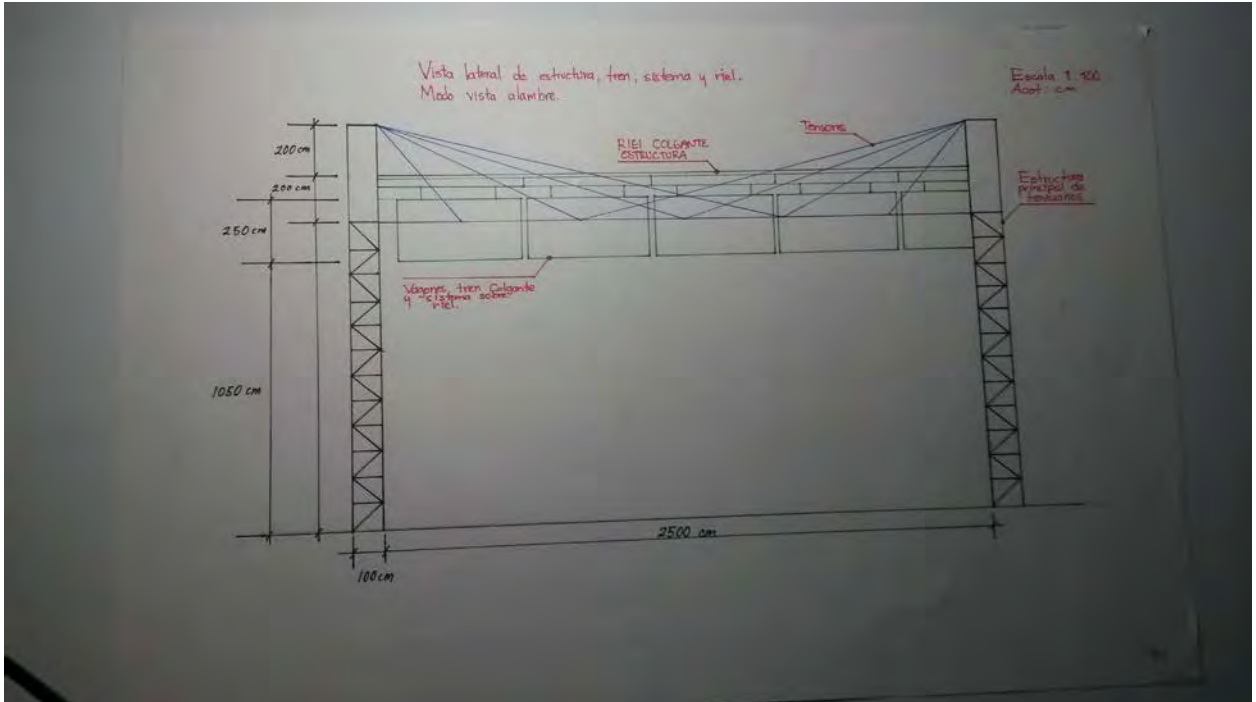








# DISEÑO DE PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE TREN Y SISTEMA DE AGARRE ELEVADO





## MODELADO 3D DE PIEZAS

El sistema de tren elevado cuenta en esta primera etapa con la propuesta de una serie de modelos del sistema de desplazamiento donde se tiene que verificar el diseño de mismas piezas, así como la unión con las demás. En la ilustración 16 se puede apreciar el sistema de desplazamiento, se tenía el problema de cómo se iban a generar curvas prolongadas donde la pieza barra soporte para impulsar no tuviera alguna fractura, desplazamiento o tensión sobre ella. Se estuvo diseñando la pieza por varias ocasiones hasta llegar al resultado idóneo, en la siguiente sección se efectúa un estudio de cargas sobre la pieza donde resulta factible este diseño para su función de esta pieza.

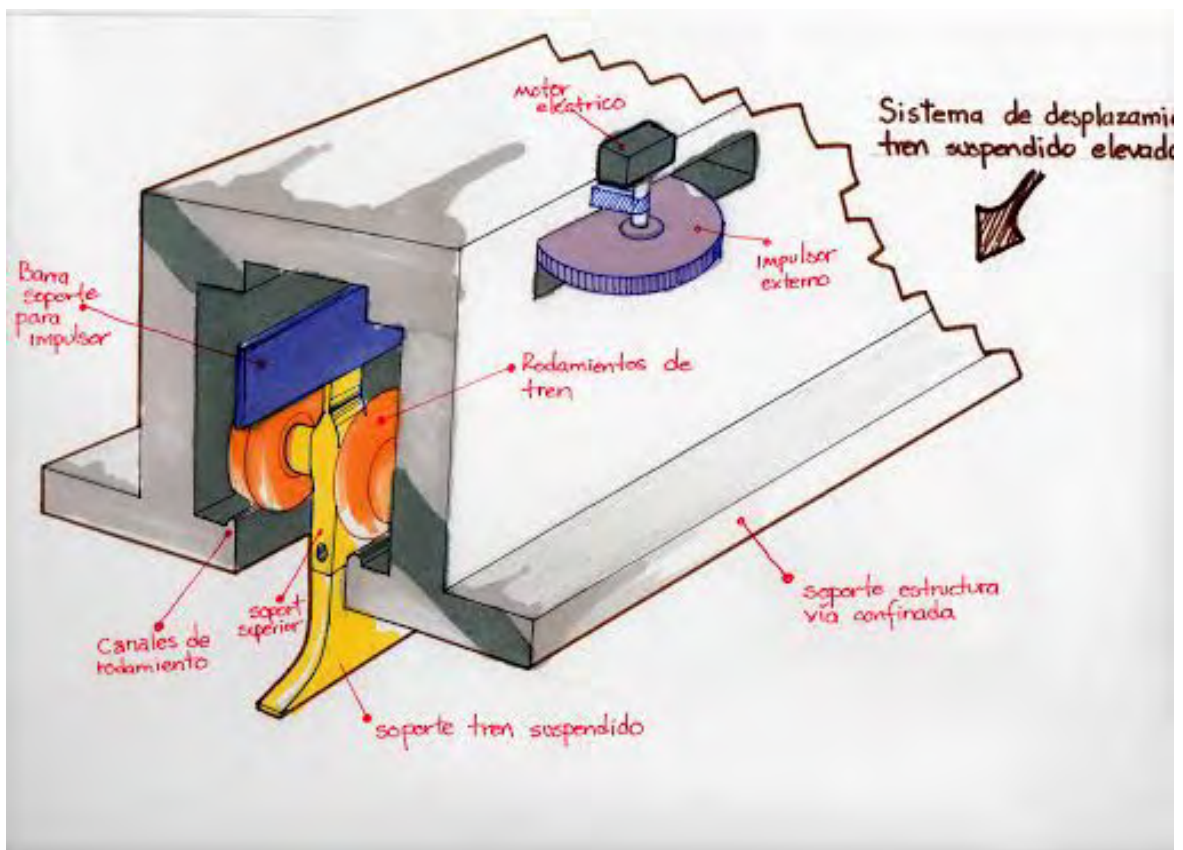


Ilustración 42.- Sistema de desplazamiento con sus diversos elementos y propuestas. Elaboración propia: Marco Junior Vargas

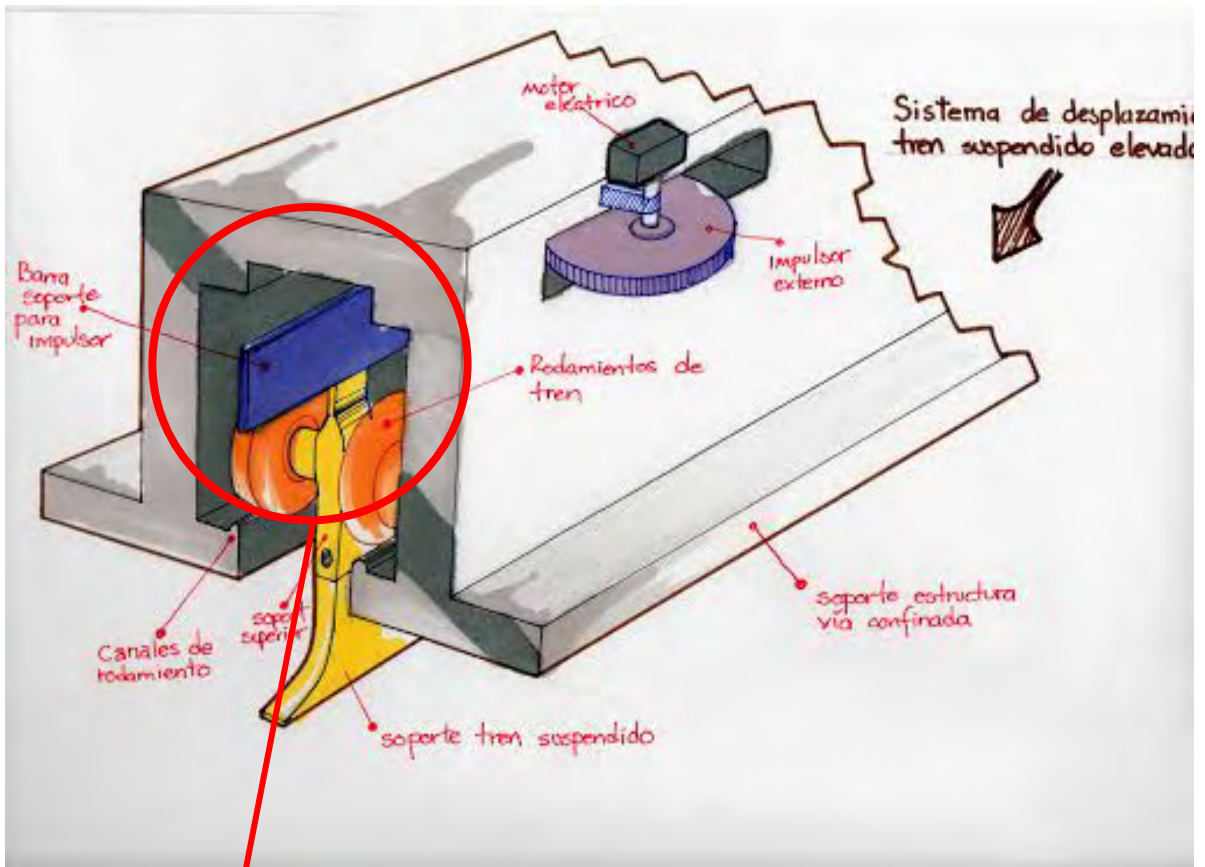


Ilustración 43.- Pieza Barra soporte para impulso. Diseño Propio: Marco Junior Vargas

Se plantea de la misma forma que se unan ambas partes de la barra soporte para impulso, para que sirva como tipo *acople del mismo tren*, esta pieza esta diseñada con parametros de construcción real en un material que soporta la elasticidad y torsiones de cargas mayores.

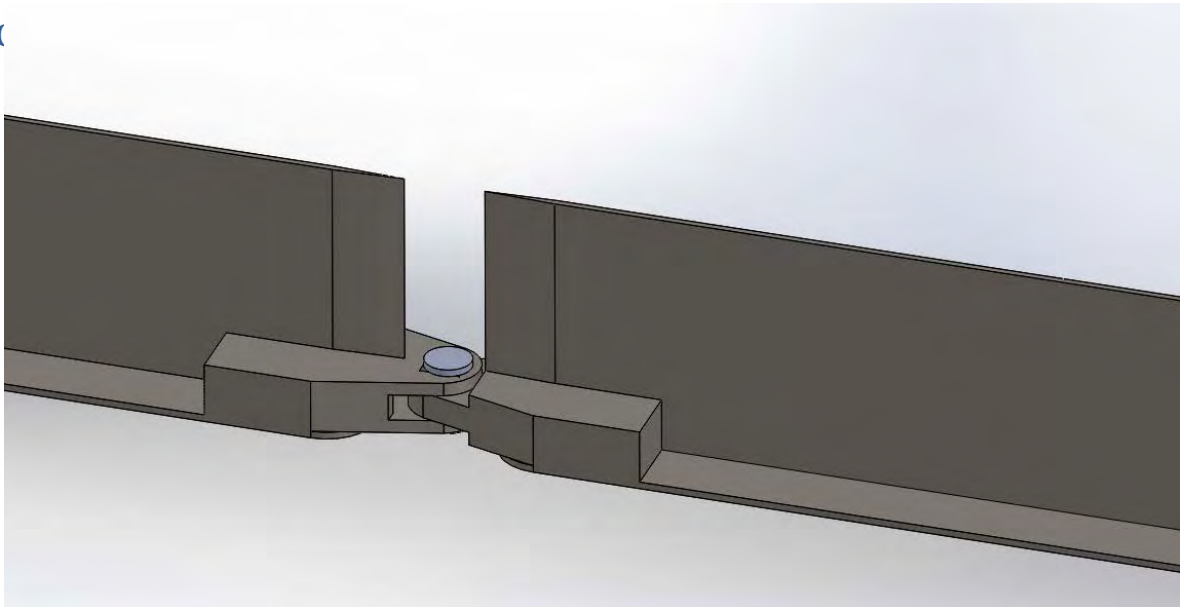


Ilustración 44.- Ensamble de acople con perno de seguridad

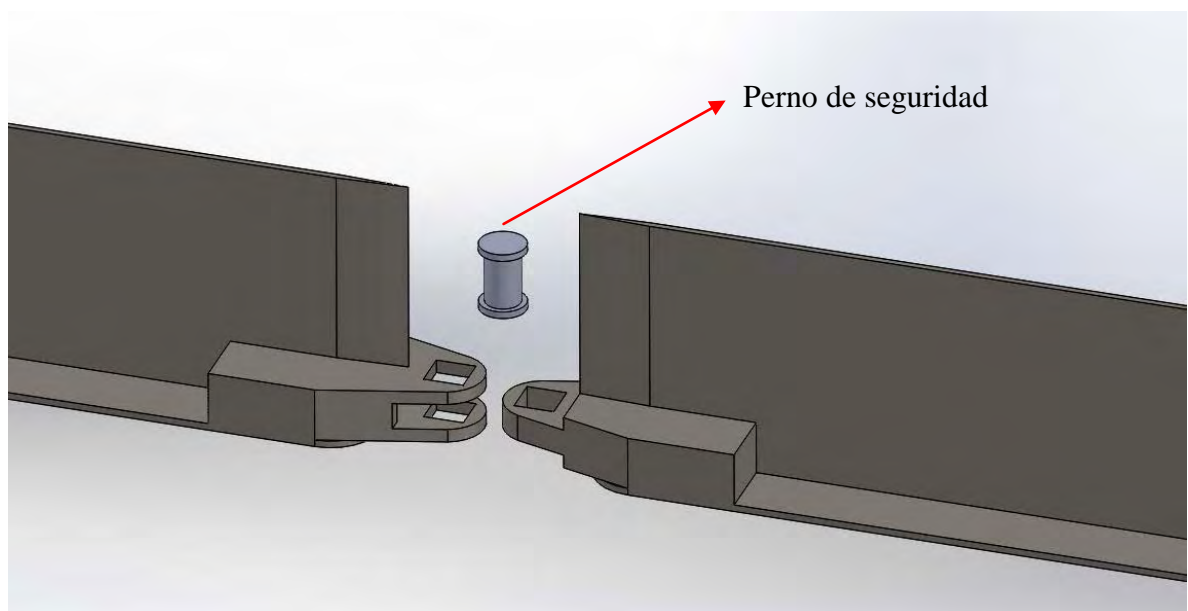
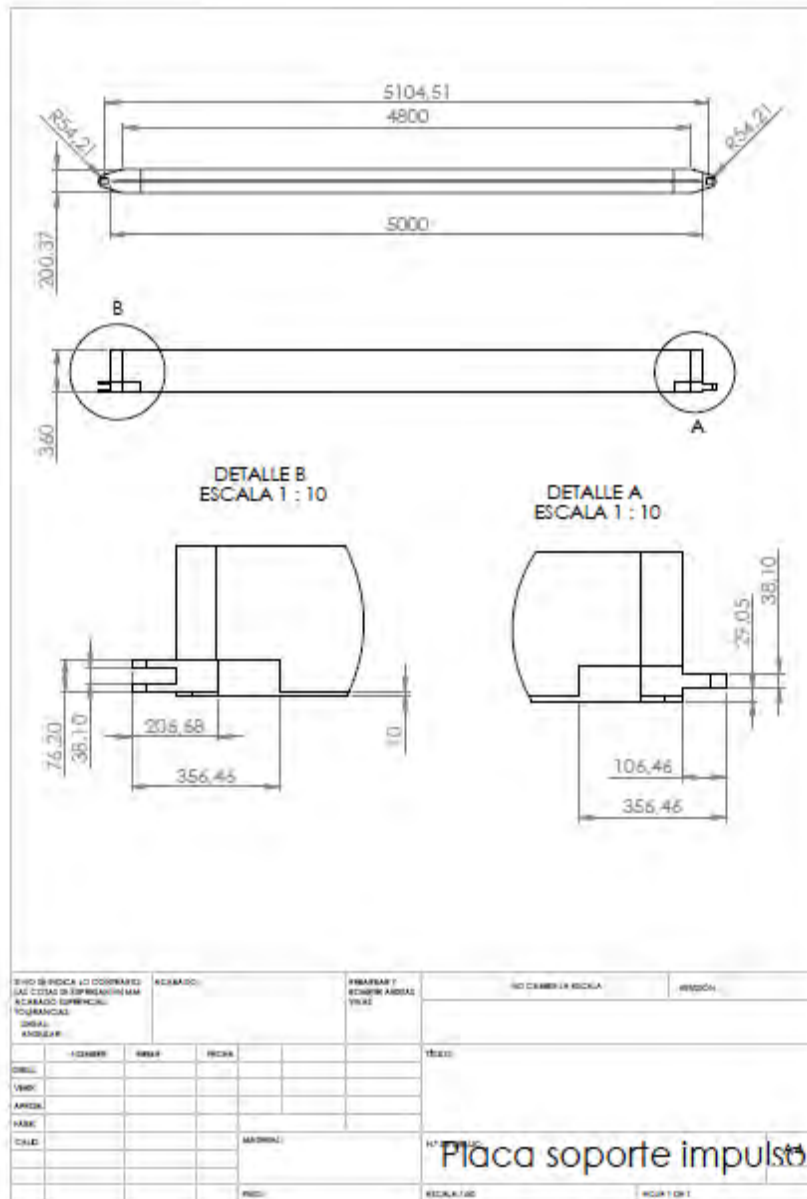
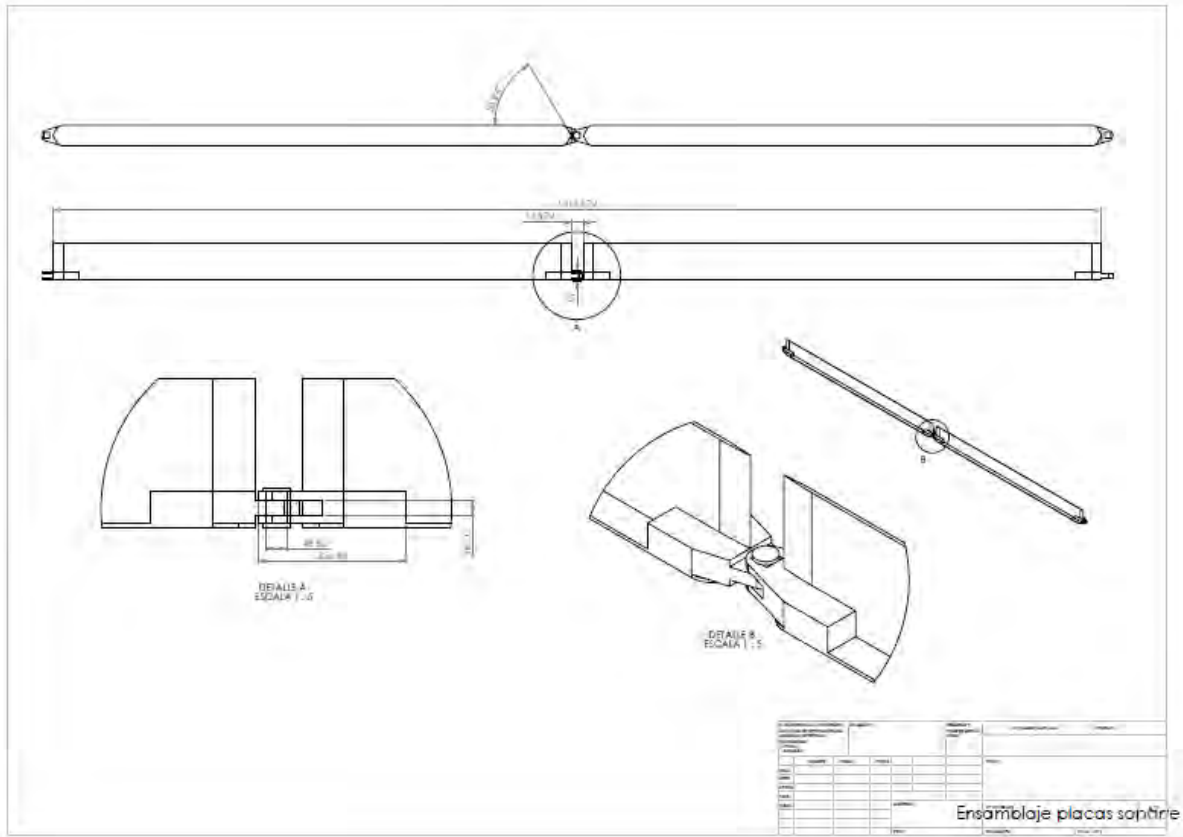


Ilustración 45.- Ensamble de acople con perno de seguridad, el cual permite que las dos piezas se puedan mover.

## PLANOS DE BARRA SOPORTE DE DESPLAZAMIENTO





## **ESTUDIO DE CARGAS Y PRESIONES HACIA LAS PIEZAS DEL SISTEMA DE ACELERACIÓN POR MEDIO DE UN ANÁLISIS FINITO**

Se efectuó la simulación del análisis de estudios de cargas, fuerzas y presiones sobre algunas piezas del sistema de enganche entre las placas soporte para el impulso del tren por medio de motores con neumáticos impulsores.

Con este estudio se determinó la factibilidad de la pieza que se diseñó para este sistema y su aprovechamiento como tal, además se generaron unos resultados del estudio como: desplazamiento y deformación, donde la pieza cumplió con las expectativas de las fuerzas que se le cargaron para la simulación, las cuales excedieron por el doble con las reales que se pretendían tomar en consideración para su desplazamiento.

Se realizó el estudio de igual manera del material y sus características físicas y químicas de este, con esta información se pudo tener un estudio más amplio y veraz.

Así mismo se investigó sus aplicaciones en la industria del transporte ferreo, a lo cual se encontró que dicho material se utiliza en algunas partes de soportes de trenes de alta velocidad en Europa, U.S.A. y Japón.

El material es ***AISI 1010 Barra de acero laminada en caliente***

A continuación se muestra el estudio de simulación de cargas sobre la pieza antes mencionada.

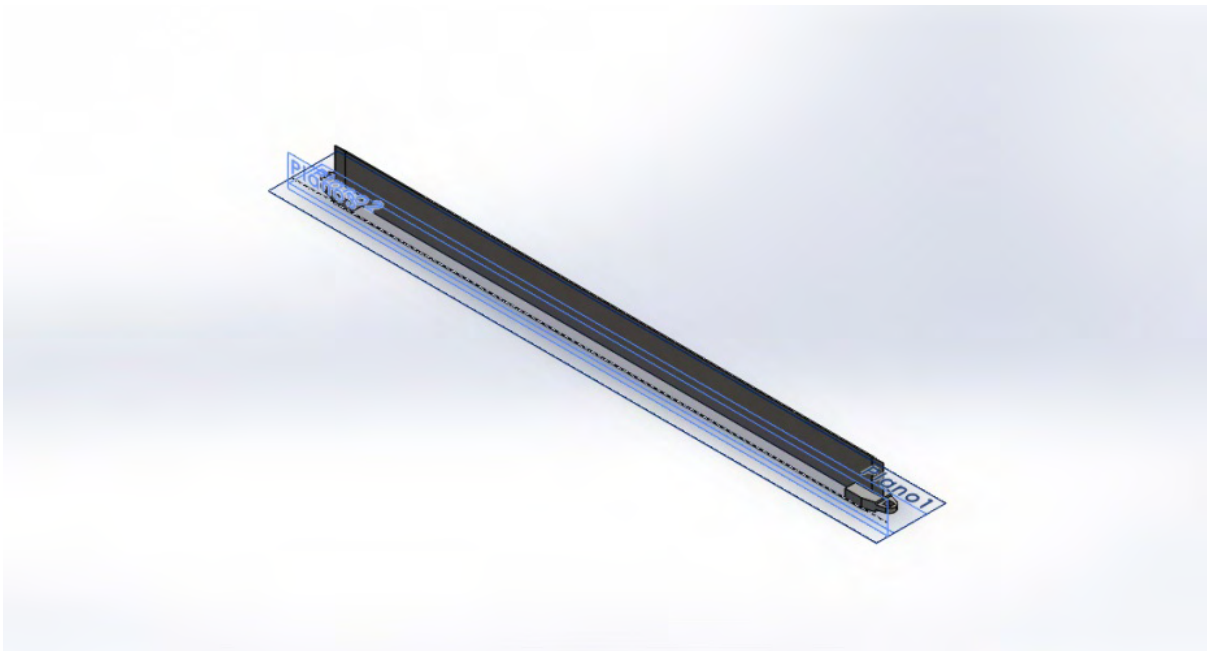
## ESTUDIO DE FUERZAS Y PRESIONES, SIMULACIÓN DE PLACA SOPORTE IMPULSO

**Fecha:** lunes, 20 de julio de 2015

**Diseñador:** D.I. Marco Junior Vargas Luna

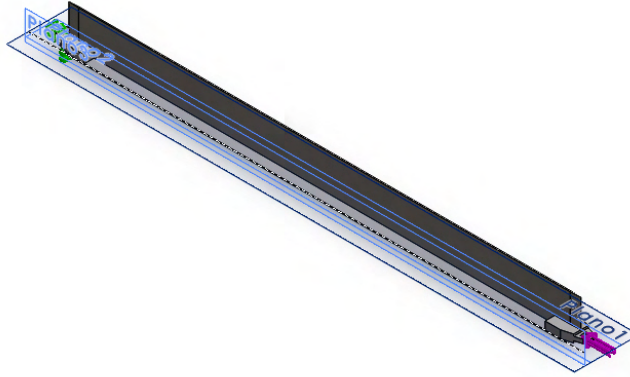
**Nombre de estudio:** Estudio 1

**Tipo de análisis:** Análisis estático





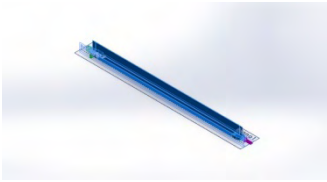
## Información de modelo



Nombre del modelo: Placa soporte impulso

Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

<L_MdInf_SldBd_Nm/>	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Cortar-Extruir2</p> 	Sólido	Masa:272.606 kg Volumen:0.0346387 m <sup>3</sup> Densidad:7870 kg/m <sup>3</sup> Peso:2671.54 N	C:\Users\TOSHIBA\Documents\Posgrado 15-P\Taller de Diseño III\Modelado de piezas 3D\Placa soporte impulso.SLDPRT Jul 20 00:12:05 2015

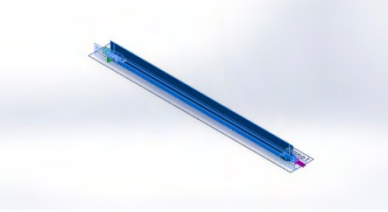
## Propiedades del estudio

<b>Nombre de estudio</b>	Estudio 1
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Efecto térmico:</b>	Activar
<b>Opción térmica</b>	Incluir cargas térmicas
<b>Temperatura a tensión cero</b>	298 Kelvin
<b>Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation</b>	Desactivar
<b>Tipo de solver</b>	FFEPlus
<b>Efecto de rigidización por tensión (Inplane):</b>	Desactivar
<b>Muelle blando:</b>	Desactivar
<b>Desahogo inercial:</b>	Desactivar
<b>Opciones de unión rígida incompatibles</b>	Automática
<b>Gran desplazamiento</b>	Desactivar
<b>Calcular fuerzas de cuerpo libre</b>	Activar
<b>Fricción</b>	Desactivar
<b>Utilizar método adaptativo:</b>	Desactivar
<b>Carpeta de resultados</b>	Documento de SolidWorks (C:\Users\TOSHIBA\Documents\Posgrado 15-P\Taller de Diseño III\Modelado de piezas 3D)

## Unidades

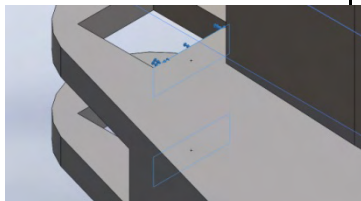
<b>Sistema de unidades:</b>	Métrico (MKS)
<b>Longitud/Desplazamiento</b>	mm
<b>Temperatura</b>	Kelvin
<b>Velocidad angular</b>	Rad/seg
<b>Presión/Tensión</b>	N/m <sup>2</sup>

## Propiedades de material

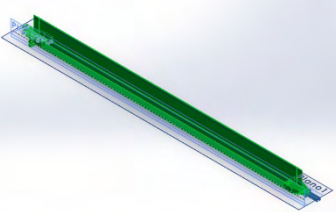
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: <b>AISI 1010 Barra de acero laminada en caliente</b></p> <p>Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b></p> <p>Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b></p> <p>Límite elástico: <b>1.8e+008 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Límite de tracción: <b>3.25e+008 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Módulo elástico: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Coefficiente de Poisson: <b>0.29</b></p> <p>Densidad: <b>7870 kg/m<sup>3</sup></b></p> <p>Módulo cortante: <b>8e+010 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: <b>1.2e-005 /Kelvin</b></p>	<p><b>Sólido 1(Cortar-Extruir2)(Placa soporte impulso)</b></p>
Datos de curva: N/A		

## Cargas y sujeciones

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p><b>Entidades:</b> <b>1 cara(s)</b></p> <p><b>Tipo:</b> <b>Aplicar fuerza normal</b></p> <p><b>Valor:</b> <b>1000 N</b></p>

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<b>Entidades:</b>	2 cara(s)	
		<b>Tipo:</b>	Geometría fija	
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	1000	-6.19888e-006	2.86102e-006	1000
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

### Información de contacto

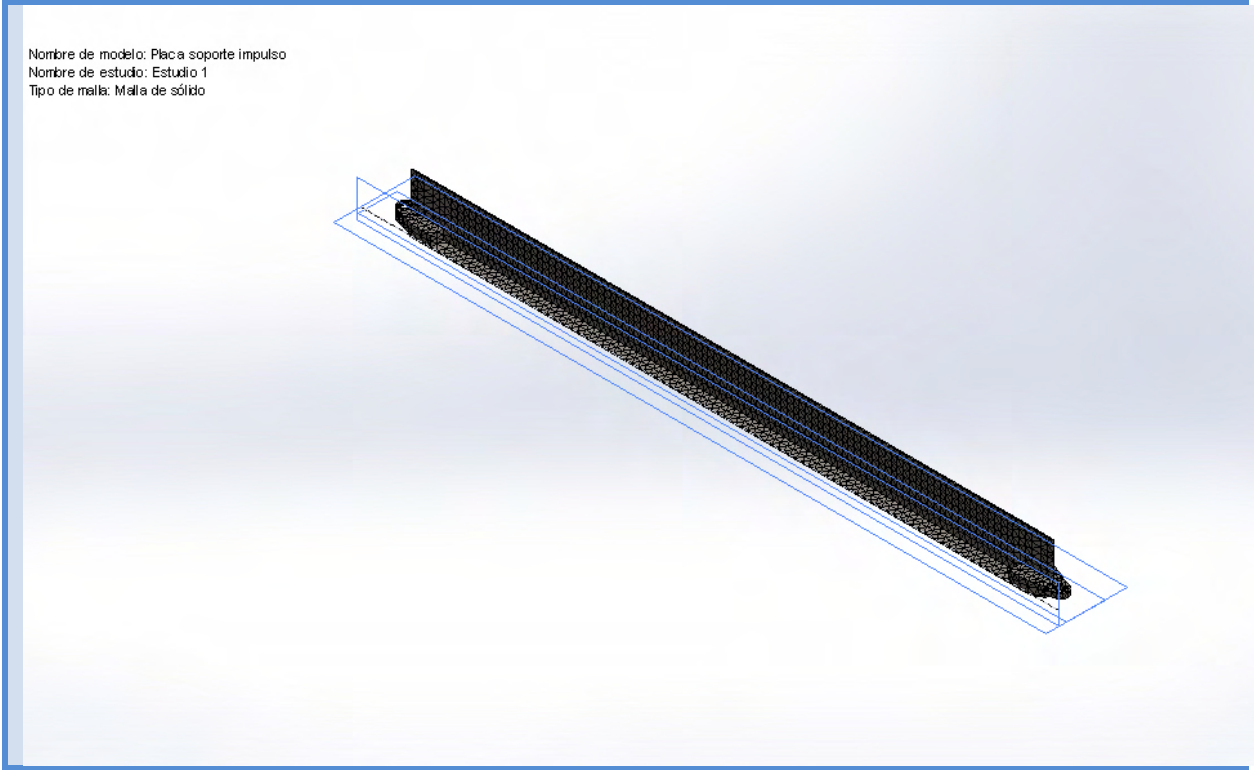
Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto	
Contacto entre componentes-1		<b>Tipo:</b>	GAP nodo-a-nodo
		<b>Componentes:</b>	1 Sólido(s)

### Información de malla

<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Mallador utilizado:</b>	Malla estándar
<b>Transición automática:</b>	Desactivar
<b>Incluir bucles automáticos de malla:</b>	Desactivar
<b>Puntos jacobianos</b>	4 Puntos
<b>Tamaño de elementos</b>	47.8469 mm
<b>Tolerancia</b>	2.39234 mm
<b>Calidad de malla</b>	Elementos cuadráticos de alto orden

### Información de malla – Detalles

<b>Número total de nodos</b>	16829
<b>Número total de elementos</b>	8241
<b>Cociente máximo de aspecto</b>	16.953
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &lt; 3</b>	11.2
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &gt; 10</b>	2.09
<b>% de elementos distorsionados (Jacobiana)</b>	0
<b>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</b>	00:00:03
<b>Nombre de computadora:</b>	TOSHIBA-PC



**Fuerzas resultantes**

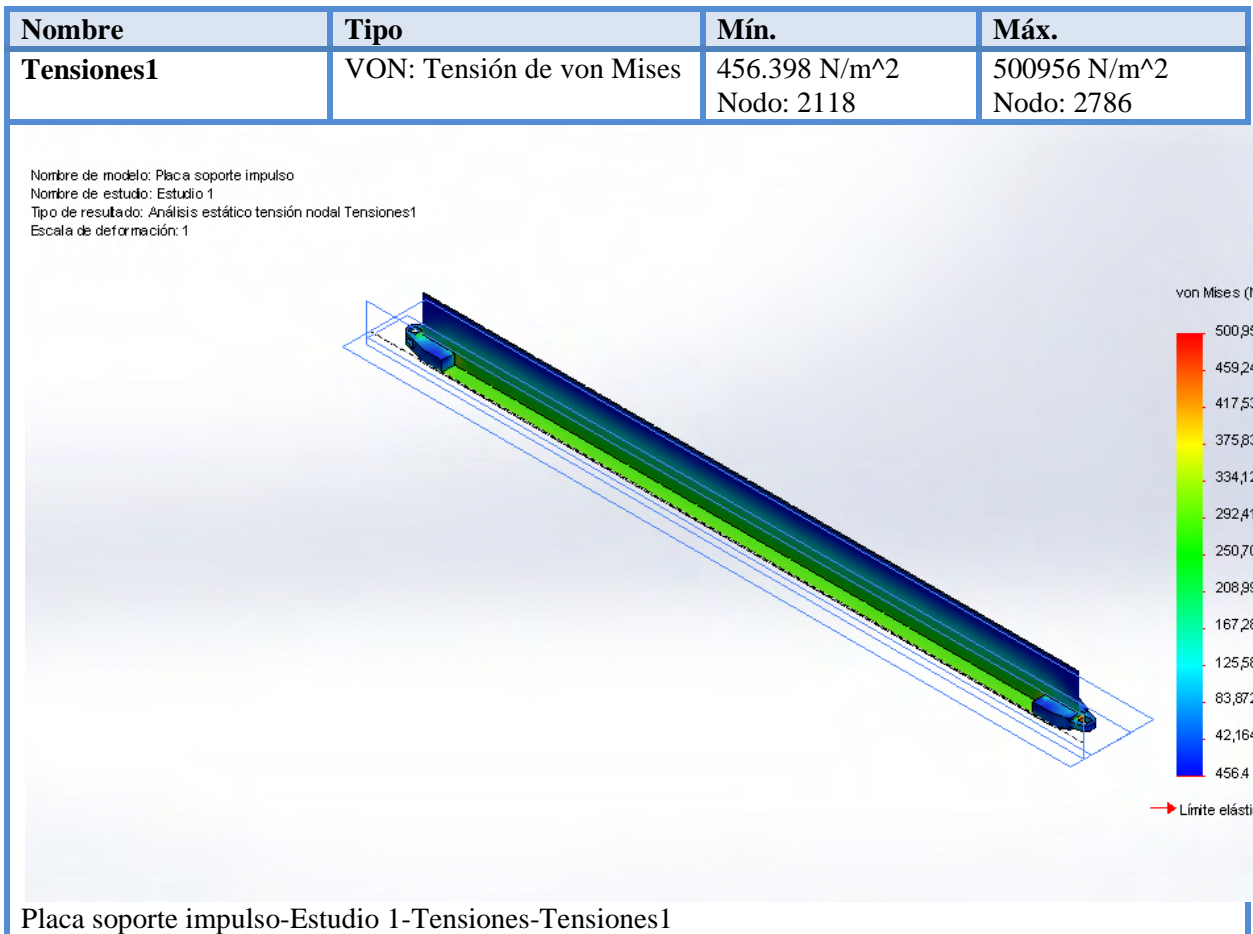
Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo modelo	N	1000	-6.19888e-006	2.86102e-006	1000

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo modelo	N·m	0	0	0	0

## Resultados del estudio



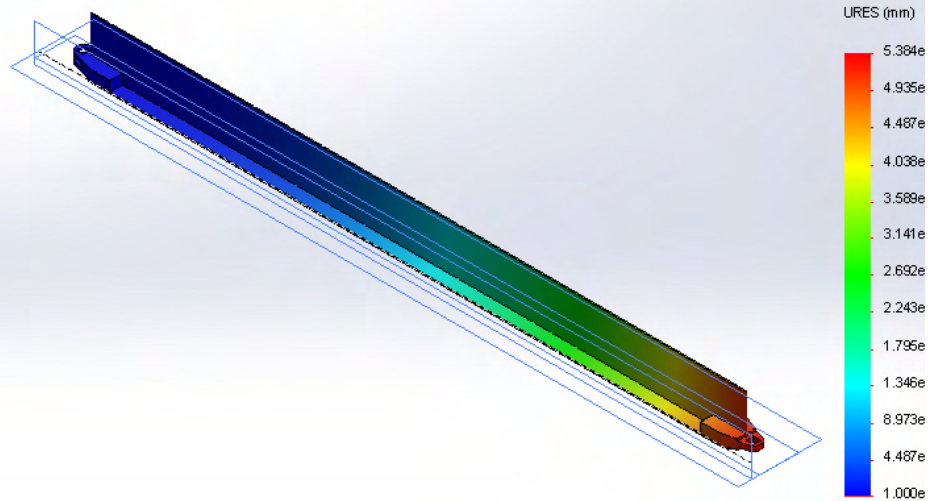
### Comentarios de la imagen:

Estudio Lineal de fuerzas por medio de cargas de 1000 N, evaluando el diseño de la pieza Barra Soporte.



Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 86	0.0538406 mm Nodo: 16

Nombre de modelo: Placa soporte impulso  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 1



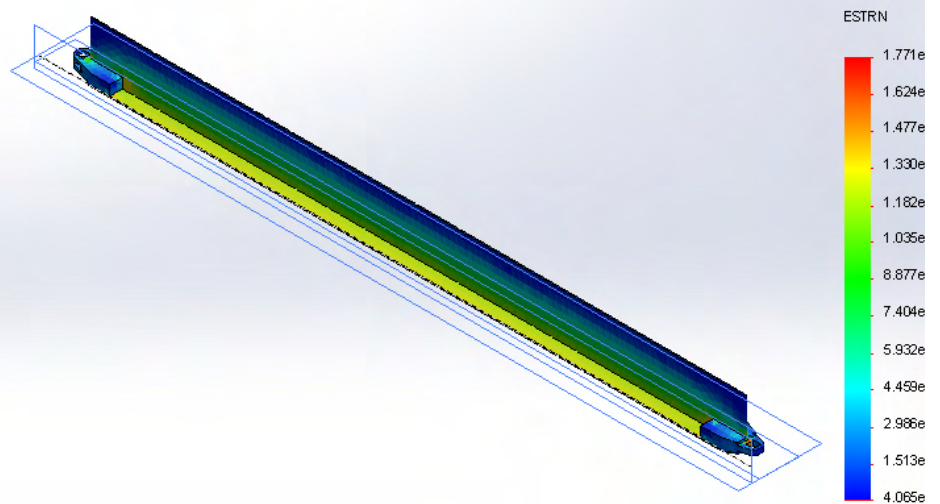
Placa soporte impulso-Estudio 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

**Comentarios de la imagen:**

Estudio Lineal de fuerzas por medio de cargas de 1000 N, evaluando el diseño de la pieza Barra Soporte.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
<b>Deformaciones unitarias1</b>	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	4.06476e-009 Elemento: 8182	1.77134e-006 Elemento: 8120

Nombre de modelo: Placa soporte impulso  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación: 1

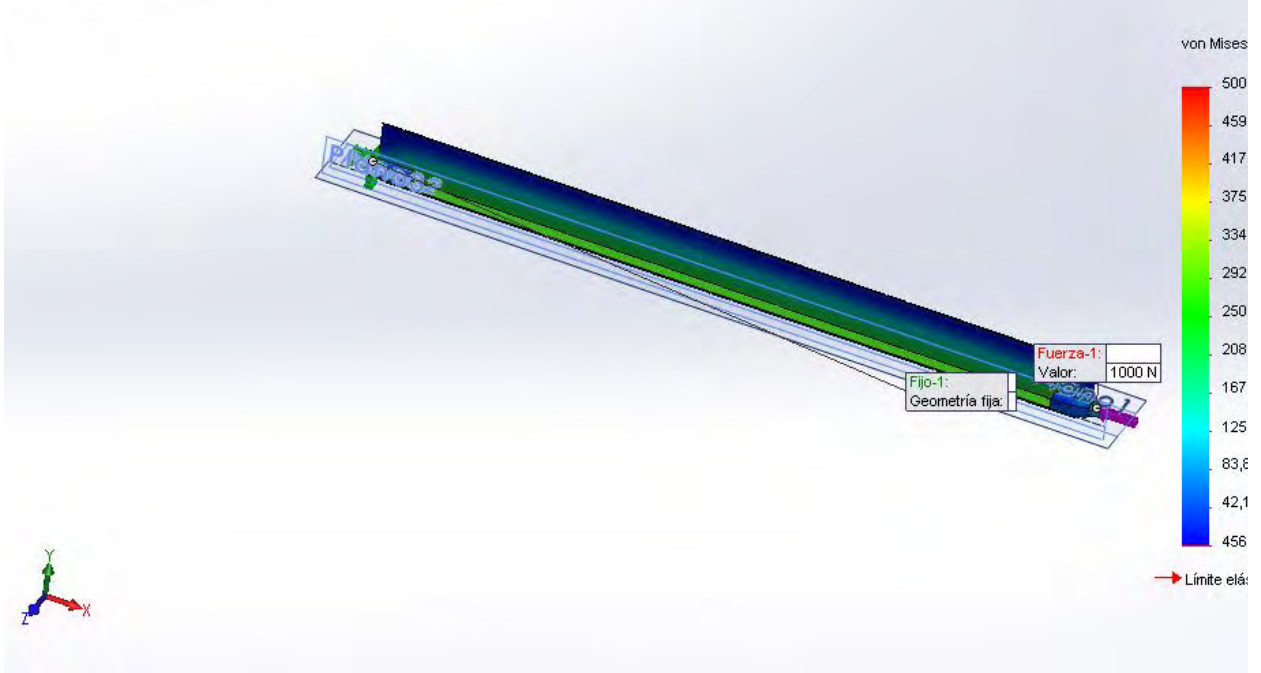


Placa soporte impulso-Estudio 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

**Comentarios de la imagen:**

Estudio Lineal de fuerzas por medio de cargas de 1000 N, evaluando el diseño de la pieza Barra Soporte.

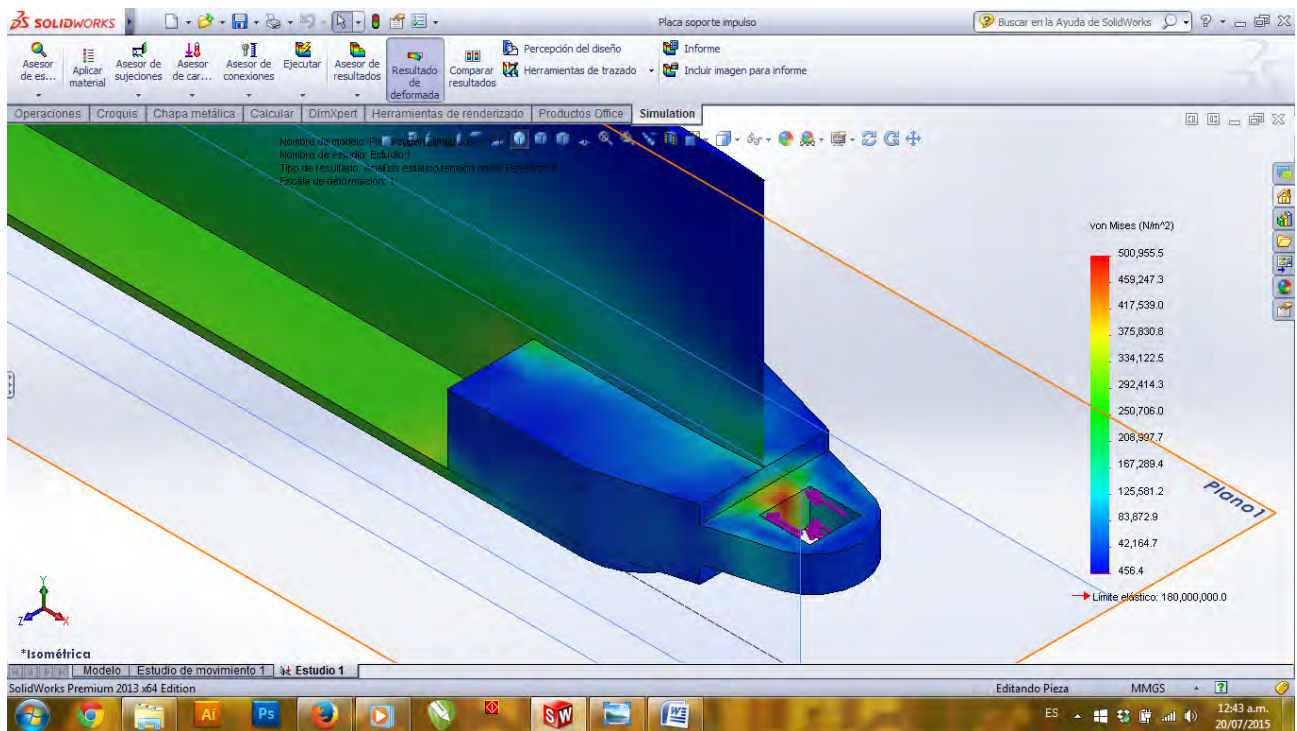
Nombre de modelo: Placa soporte impulso  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 1



**Imagen-1**

**Comentarios de la imagen:**

Estudio Lineal de fuerzas por medio de cargas de 1000 N, evaluando el diseño de la pieza Barra Soporte.



La pieza evaluada **Barra Soporte** fue sometida a un estudio de simulación de fuerzas lineales de 1000 N, en las cuales se noto en los resultados de **Tensión de von Mises** que la pieza no sufrió alguna tensión ya que se encontraba en los límites aceptables donde se genero la carga de fuerzas, así mismo no hubo desplazamiento de la pieza ni deformaciones unitarias considerables, solamente se encontraba en los límites aceptables de estiramiento de la pieza por el limite de estiramiento del propio material.

En conclusión esta pieza cumple satisfactoriamente los requerimientos de función y diseño en la cuales fueron características principales para su creación y propósito.

## CONCLUSIONES

El proceso de crecimiento expansivo de la Ciudad de México sigue su curso y con ello se incrementa la tendencia de separación y distanciamiento entre zonas habitacionales, laborales y de servicios; se trata de procesos territoriales que dificultan el logro de la equidad.

Proporcionar accesibilidad y movilidad a los habitantes de la Ciudad de México constituye un reto de gran complejidad y magnitud. La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es la segunda metrópoli más poblada del mundo, así como también una de las de mayor extensión territorial.

Las actuales deficiencias del transporte, conjunto con las problemáticas antes abordadas de contaminación no hace pensar en lograr un nuevo sistema de transporte masivo y cumpla con requerimientos bien específicos.

La propuesta del Tren Elevado, más allá de su diseño, forma y función principal que es la del traslado masivo de personas, acortar distancia en un menor tiempo, y el recorrido mayor en kilómetros, su principal aportación es que no generara más contaminantes a la atmosfera, aprovechara un recurso que no se le da importancia, y no se ha buscado la forma de optimizarlo con las nuevas tecnologías.

Esta propuesta podra reducir el peso del vehículo si este es impulsado con motores externos sobre una vía confinada, con cálculos conservadores se puede reducir el peso un 59%, es decir que un automotor pesa 2.43 veces más que un vehículo impulsado externamente.

Y esto nos llevaria a reflexionar sobre los actuales sistemas de transporte publico masivo y su peso total elevado, esto ocasiona que necesite una mayor cantidad de combustible por la necesidad de mayor energia para su movilidad.

Alcanzara y solucionara problemas de accesibilidad y movilidad de personas en situación vulnerable, como: personas de la tercera edad, personas con discapacidad motriz, visual, lenguaje y auditivos. Estos elementos de la población no cuentan con un transporte que se les importancia y se enfatizen en darle un confort y seguridad al trasladarse.

En esta primera parte de la tesis, ha quedado conformado bastante información sobre varios aspectos del sistema del tren elevado y algunos aspectos de diseño, la metodología de diseño se esta empleando en las propuestas como los bocetos y el diseño de las piezas 3D, tambien se ha venido haciendo una serie de estudios de fuerzas sobre las propuestas y diseños para tener esa parte de factibilidad del proyecto desde el punto de vista de diseño.

En esta segunda etapa se solucionara de una manera mas objetiva los puntos faltantes de diseño, metodología e información faltante. Ademas de realizar mapas conceptuales del funcionamiento del sistema de generación, recuperación y transformación de energia, para su mejor entendimiento.

Se realizara un modelo prototipo funcional a escala del todo el sistema del tren elevado, tanto como del diseño exterior, interior, asi como de los componentes para que se pueda mostrar el funcionamiento del sistema de recuperación y transformación de la energia cinetica en energía potencial.

## BIBLIOGRAFÍA

AVILA, Rosalio, PRADO, Lilia y GONZALÉZ, Elvia. *Dimensiones Antropométricas, población latinoamericana*. Universidad de Guadalajara.

VEGA, Pilar, *La accesibilidad del transporte en autobús: Diagnostico y soluciones*. Ministerio de Trabajo y asuntos sociales, Madrid, 2007.

FERRE, Montse, Análisis del sistema de metro desde el punto de vista de la accesibilidad. Aplicación en la red de metro Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.

La Municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Estudio de impacto y plan de manejo de la primera línea del metro de Quito.

Manual de técnico de accesibilidad, Secretaria de desarrollo urbano y vivienda, México Distrito Federal, 2007.

Manual de presentación del Tren Suburbano, Sistema Ferroviario Tren Suburbano, Distrito Federal, 2008.

Acuerdo por el que se expide el programa integral de transporte y vialidad 2007-2012, Gaceta Oficial del Distrito Federal, Marzo 2010.

ISLAS, Víctor, HERNANDEZ, Salvador, BLANCAS, Silvia, *El transporte en la región centro de México vol. 1, diagnóstico general*, Publicación Técnica No. 232, Sanfandila, Qro, 2004

NAVARRO, Bernardo, *Los Escenarios Críticos del Transporte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, SIMPOSIO URB-3 "Como las crisis transformarán las metrópolis latinoamericanas"*

INEGI, *Documento de clasificación de tipo de discapacidad*. Distrito Federal. 2010

BAUDRILLARD J. *El sistema de los objetos*. Editorial Siglo XXI, México 1969.



RODRÍGUEZ, G. *Manual del diseño industrial*. Edit. Gustavo Gili UAM-A, 3ª edición, México 1987.

PANERO J, ZELNIK M. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores, estándares antropométricos*, Editorial Gustavo Gili, 7ª edición, México 1996.

MOLINERO A, SÁNCHEZ I. *Transporte público: planeación, diseño, operación y administración*, Edit. UAEM, Toluca, México 1998.

MOCTEZUMA R, MERLÍN P, CLAUDE J. *El transporte urbano: un desafío para el próximo milenio, seminario sistema de transporte para las grandes ciudades*, Editorial Universidad Javeriana, Medellín, Colombia 1996.

Cross, N. (2008). *Métodos de Diseño, estrategias para el diseño de Productos* (1era. Edic). México.

INEGI. (2005). *Guía para la interpretación de Cartografía Geológica*. Aguascalientes.

Cross, N. (2008). *Métodos de Diseño, estrategias para el diseño de Productos* (1era. Edic). México.

INEGI. (2005). *Guía para la interpretación de Cartografía Geológica*. Aguascalientes.