

Diseño De Una Pista de Pruebas Para Unidades De Pasajeros

Ingeniero Javier C. Rodríguez Juárez xavierrodj@gmail.com Alumno de Posgrado Ciateq

M. en C. Julio César Sánchez Jiménez julio.sanchez@ciateq.mx Sistemas Mecánicos / Máquinas Especiales

Ciateq Campus Cd. Sahagún.

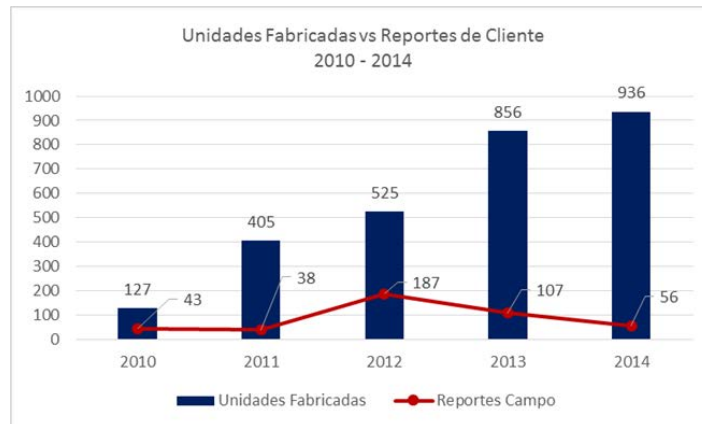
RESUMEN

La industria del transporte de pasajeros ofrece una solución tecnológica para la movilidad de personas que buscan día a día un objetivo en su diario acontecer. Para ser parte de esta sinergia, es necesario contar con vehículos que exceden la demanda en cuanto a funcionalidad, confiabilidad y prestaciones en las que la tecnología sea aliada para brindar al usuario final, unidades seguras y confortables.

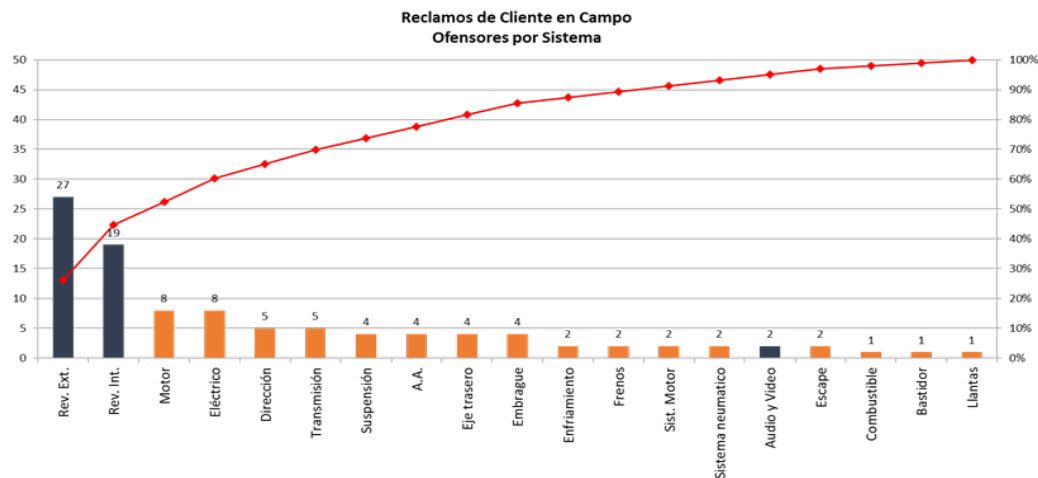
Para llegar a este nivel de requerimientos, es necesario que los requerimientos de los clientes se conviertan en un diseño ingenieril que a través de los procesos de manufactura hagan tangible esa necesidad antes descrita. Para este caso el proceso de validación de cada propuesta tecnológica que se conoce como Prototipo debe pasar por un proceso riguroso de pruebas para garantizar que los sistemas que la componen alcancen el grado de desempeño que se espera de ellos ofreciendo así al mercado la respuesta que se espera para una necesidad en particular. Estas pruebas debieran llevarse a cabo en un circuito controlado que ayude a obtener información y datos que servirán para la toma de decisiones en caso de encontrar oportunidades en componentes que demostrasen una baja vida útil en la unidad.

Actualmente; en esta empresa no se cuenta con esta opción de desarrollo e investigación, lo que ha derivado en tener adaptaciones para recorridos en caminos vecinales que han generado otro tipo de problemas al no ser suficientes para poder demandar de los componentes y sistemas el máximo de sus prestaciones y desafortunadamente se han tenido fallos y oportunidades derivadas de un bajo nivel de validación de las nuevas unidades o bien de unidades de producción de serie.

La imagen que a continuación se muestra da detalles de los reclamos relacionados de las unidades en campo comparado contra el volumen de unidades fabricadas por año.



De esta información deriva otra serie de datos que nos ayudan a entender que sistemas han tenido esta oportunidad y es como se muestra a continuación.



Eliminando aspectos estéticos y los relacionados a Interiores; el monto total de los reclamos están básicamente presentes en un 55% en problemas de Tren Motriz que se pueden detectar a tiempo con la validación de estos componentes en el proceso de Pruebas Dinámicas

Para este proyecto, la Propuesta de Implementación de la Pista de Pruebas, nos ayudará a mejorar y eliminar entre el 60 y 75% de los problemas reportados que se relacionan directamente con los sistemas que se han tenido desempeño desfavorable en campo debido en gran medida a que el proceso de validación de Pruebas Dinámicas no es lo suficientemente robusto por la carencia anteriormente mencionada.

PALABRAS CLAVE

Carretera, Pista, Pruebas Dinámicas, Autobuses, Vehículos Automotores de Grandes Dimensiones, Normatividad, Pista Experimental.

"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

ESTADO DEL ARTE

Juan Fernando Mendoza S. INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE (2006)- El impacto ambiental de ruido generado por el Transporte carretero y su valoración hacia un Transporte sustentable. Habla acerca de los impactos y los niveles del ruido generado por los vehículos automotores, habla acerca del estado de los caminos pero no habla de pruebas. [1]

Héctor Montes-Franceschi, ARQUITECTURAS DE PERCEPCIÓN Y DE ACTUACIÓN PARA LA AUTOMATIZACION DE VEHÍCULOS RODANTES DE GRANDES DIMENSIONES. Esta publicación habla de una propuesta en un vehículo articulado para pasajeros con un sistema de Conducción Automatizada para guiar su recorrido pero es necesario generar un tipo de vía en la carretera o pista. No habla del estado de las pruebas en las unidades ni del tipo de pista.[2]

Dr. Miguel Martínez Madrid, IMT (2013) CENTRO EXPERIMENTAL EN SEGURIDAD VEHICULAR DEL "IMT"- Pista de Pruebas. El artículo describe una pista ya establecida con algunas propiedades específicas para evaluar el rendimiento en vehículos de transporte pero no da más detalles de que estructura y geometrías contempla el recorrido. Artículo apegado al proyecto personal.[3]

CRT CONSTRUCCIÓN, Capítulo 006, Carpetas Asfálticas con Mezclas en Caliente. (2009). Las carpetas asfálticas con Mezcla en Caliente son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de o, modificado, granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación para proporcionar al usuario una superficie de rodamiento uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Esta normatividad aplicable en México, se asemeja en mucho a la construcción de una carretera que bien se puede utilizar como base para la construcción de los tramos carreteros de nuestro proyecto. [5], [6]

Federal Transport Authority, FTA –Testing of Buses. Identifica claramente los aspectos base a ser probados en unidades de transporte público. Aborda de manera matricial cada componente que integra la unidad y el método de evaluación. Abarca desde aspectos funcionales hasta temas de seguridad esenciales para salvaguardar la integridad de las unidades. Por otra parte incluye los vehículos propulsados con diferentes fuentes de energéticos y relaciona algunos estándares aplicables a cada fuente de energía relacionada. [9]

U.S. Department of Transportation; Bus and Passenger Accident Prevention. Este documento aborda temas de verificaciones que deben realizarse a las unidades como medios de prevención de accidentes utilizando herramientas que detectan de manera anticipada y de manera programada los sistemas principales de seguridad de los autobuses de pasajeros y da recomendaciones de como ordenar una agenda de puntos a verificar. [10]

Actividad y Emisiones Vehiculares en la ZMVM, Metodología de Recolección de Información y Resultados, Hilda Martínez (2007). Este reportaje menciona estudios de emisión de contaminantes por vehículos de transporte de pasajeros en la ZMVM para posteriormente compararlos con resultados realizados en otros países. [12]

Comisión Federal de Electricidad; DISEÑO PARA CAMINOS DE ACCESO A SUBESTACIONES; ESPECIFICACIÓN CFE 10100-68 (Marzo 2009). Este documento tiene por Objetivo, Establecer los requisitos técnicos de calidad y de protección al ambiente que deben cumplir las terracerías y pavimentos que adquiere Comisión Federal de Electricidad (CFE) en los tramos de acceso a las subestaciones eléctricas. Describe también los lineamientos para construcción de caminos y está acorde a los cuidados del medio ambiente. [13]

CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE

Al momento lo que se tiene referenciado, no habla específicamente de las características físicas de la cinta asfáltica de la pista de pruebas en las que se espera para este proyecto, tener una simulación de gran parte de los caminos de México y algunos en el extranjero (América Central y Sudamérica).

Se hace mención de informaciones y estándares de Estados Unidos y Canadá.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Las Dependencias con atribuciones en materia de NOM´s en el sector automotriz son:

Ambientales SEMARNAT.

El Art. 32Bis de La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal establece que a esta dependencia le corresponde promover el ordenamiento ecológico del territorio nacional; diseñar y promover los instrumentos de fomento y normatividad ambiental para proteger al medio ambiente y planear y organizar el seguimiento y evaluación de los avances en el abatimiento de emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Seguridad SCT:

El Art. 36 de La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y el 50 de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal establece que a esta dependencia corresponde regular los servicios del autotransporte federal, internacional, transporte privado, elaborar normas oficiales mexicanas e intervenir en la autorización de los vehículos de carga que deben transitar por carreteras federales.

Información al consumidor SE y PROFECO

El Art. 34 La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal establece que a esta dependencia corresponde promover y vigilar la comercialización, distribución y consumo de bienes y servicios al conducir las políticas generales de la industria, el comercio, el abasto y los precios.

La Ley Federal de Protección al Consumidor establece que corresponde a la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) vigilar que se cumpla con lo dispuesto en la propia Ley y sancionar su incumplimiento, verificar a través de visitas, requerimientos de información o documentación, monitoreo, o por cualquier otro medio el cumplimiento de esta ley. [1]

En la siguiente tabla se muestran las NOM´s vigentes aplicables a vehículos automotores:

<i>Tema/Dependencia Competente</i>	<i>Ligeros</i>	<i>Pesados</i>
SEGURIDAD SCT	I. Nuevos: Midibuses NOM-067 Midibuses NOM-067	NOM-068 Condiciones Físico-Mecánicas. NOM-012 pesos y dimensiones
EMISIONES DE SEMARNAT	I. Nuevos NOM-042 emisiones de gasolina hasta 3857 kg NOM-079 ruido NOM-076 emisiones gasolina 6875 kg II. Usados NOM-041 Emisiones gasolina NOM-050 Emisiones gas LP NOM-080 ruido	I. Nuevos: NOM-044 emisiones II. Usados: NOM-45 emisiones diesel (opacidad)
INFORMACIÓN AL COSUMIDOR SE (DGN)	I. Nuevos: NOM-050 etiquetado de productos	NOM-050 etiquetado de producto

PATENTES RELACIONADAS CON PISTAS DE PRUEBA

Algunas de las patentes que se encuentran ya registradas se describen a continuación:

Para este caso, hemos encontrado el documento número CN104316332 de la Oficina Europea de Patentes, que menciona una pista de forma "anular" o circular para prueba de automóviles, menciona que tiene alto grado de tecnología pero no se menciona en detalle. [8]

El número CN104330265 de la misma Oficina Europea de Patentes que menciona una Pista guiada con rieles metálicos para unidades preparadas con dispositivos electrónicos que sirven de guía para la conducción de la unidad pero no ofrece detalles de la misma pista en sí. [9]

Otro de ellos es el número CN104330266 de la misma Oficina Europea de Patentes que habla de una Pista que tiene aditamentos versátiles para adaptar pendientes, bajadas, curvas etcétera. El documento no está disponible pero brinda una idea de adaptación para la presente propuesta. [10]

PISTA DE PRUEBAS

Las pistas de pruebas son elementos fundamentales para que los fabricantes prueben sus prototipos en las condiciones más variadas. Permiten disponer de un entorno seguro para someter a los nuevos modelos a las pruebas más variadas y poder sacar conclusiones sobre multitud de elementos y situaciones. [3]

Las pistas de pruebas deben ofrecer un conjunto de tramos, curvas y zonas con características definidas, que ayuden a entender mejor el comportamiento de la unidad en aspectos:

Mecánico, Rendimiento de Motor, Estabilidad de Dirección, Frenada y Rendimiento de Frenos, Seguridad, Velocidad, Aceleración, Comportamiento en lluvia, Comportamiento en piso mojado, Vibración, Prueba de Ruido Interior, Confort de Conducción, Radios de Giro, Virajes, etcétera...

TIPOS DE PISTAS DE PRUEBA

"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

Existe una infinidad de diseños para la construcción de una pista de pruebas y estas están determinadas en gran medida por el tipo de necesidades y/o resultados a esperar en las pruebas.

Los principales factores que se consideran para estos casos son los listados a continuación aunque no son limitativos:

1. Tipo de Vehículo (Uso personal, Utilitario, Transporte de Pasajeros, Transporte de Carga, Deportivos, etcétera)
2. Tipo de Caminos y la orografía en dónde se ha pensado la unidad deberá prestar su servicio (Citadino, Semi urbano, Estatal, Off-Road, otros y probablemente una combinación de estos).
3. Superficie disponible para la implementación de la pista
4. Capacidad económica para la inversión necesaria
5. Costos relacionados al mantenimiento de la misma

RECORRIDO ACTUAL DE UNIDADES PARA PRUEBAS DINÁMICAS

La imagen a continuación, muestra la ruta que se definió para desarrollo de pruebas de carretera en caminos aledaños a la empresa.



Recorrido planteado en caminos vecinales a la empresa

Descripción de la Ruta actual

- Inspección general antes de rodillos 40 min.
 - Chequeo de niveles de fluidos
 - Revisión general de elementos funcionales
- Prueba en Rodillos 15km 25 min.
 - Llenado del protocolo de pruebas. (Check-marking)
- Prueba dinámica en carretera 15 km 30 min.
- Prueba de hermeticidad 10min.
- La unidad es entregada al área de ventas con un total de recorrido entre 30-35km.
- El tiempo total de las pruebas funcionales es de **1 hora con 45 min.**
- Resultado: concluyente de manera parcial con necesidad de someter a mayor estrés los sistemas de la unidad.

La más reciente propuesta de desarrollo de las pruebas esta mostrada a continuación



DESCRIPCIÓN DEL RECORRIDO
NUEVO AUN SIN PISTA

1. Salida de planta
2. Carretera a IROLO con destino a la planta cartonera
3. Carretera Sahagún- Emiliano Zapata
4. Boulevard
5. Ciudad Sahagún orilla
6. Boulevard
7. Regreso a planta

- VENTAJAS ACTUALES
1. Camino mas accidentado
 2. Simulación sub-urbana para unidades
 3. Obtención de la información de rendimiento de combustible

Ruta alternativa sin pista

- Inspección general antes de rodillos 40 min.
 - Chequeo de niveles de fluidos
 - Revisión general de elementos funcionales
 - Prueba de rodillos 20km 25-30min.
(Por Seguridad, las prueba no debe exceder mas de los 20 km, ya que las llantas sufren calentamiento, con riesgo de generar caucho quemado en el neumático)
 - Prueba de carretera 25km 40min.
 - Prueba de Hermetismo 10min.
- La unidad es entregada al área de ventas con un total de entre 40-45km.
El tiempo total de las pruebas funcionales es de **2horas aprox.**

Los sistemas revelan un poco más su comportamiento con esta nueva ruta, facilita la detección de anomalías, aunque no es lo que se espera comparando la prueba con una pista especializada.

"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

La propuesta inicial para esta investigación se centrará en una pista de manera oval-rectangular debido a que son de las más convencionales y en un sentido, económicas en comparación con las más sofisticadas que se han desarrollado al momento.



METODOLOGÍA

ANÁLISIS DE NECESIDADES MATRICIAL (TIPO "L")

La tabla siguiente muestra las relaciones que se han determinado entre las características de la Pista Propuesta de Prueba para DINA y las que se han de evaluar.

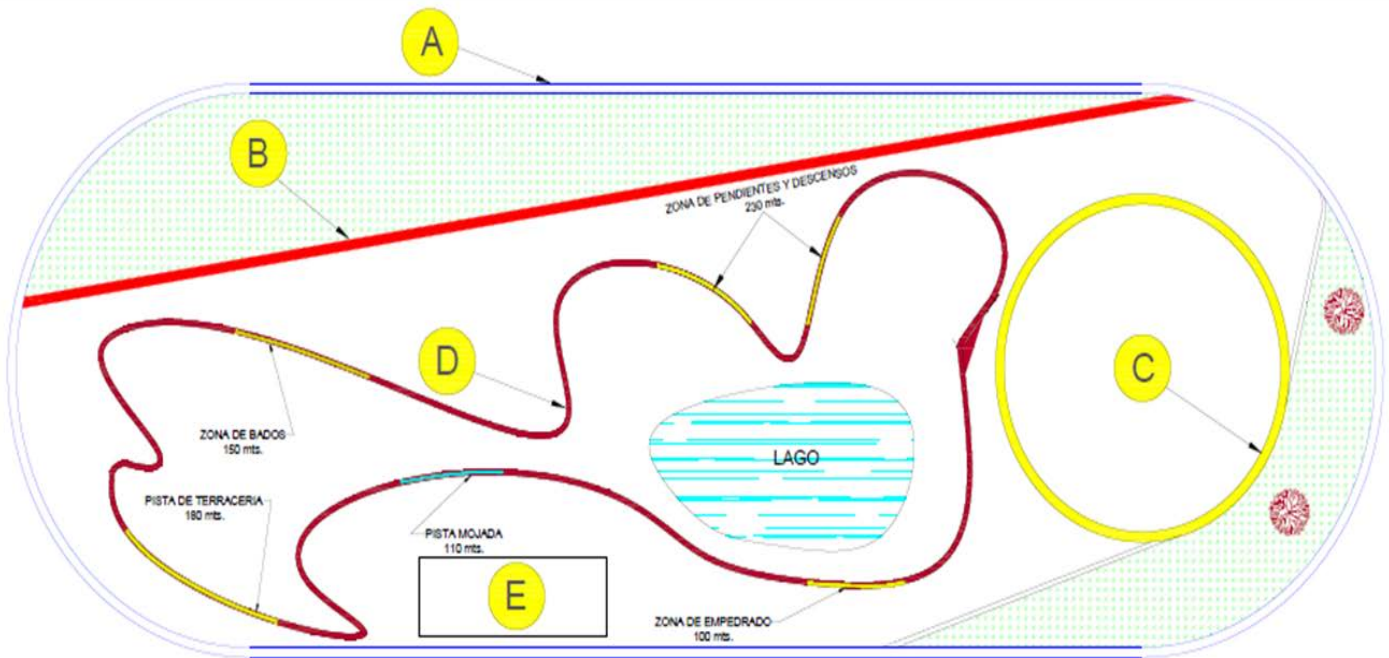
Características de Pista Características Unidades	Recta	Pendiente 20°	Curvas	Piso Mojado	Camino Empedrado	Baches	Desnivel Laterales Intermitentes	Simulación Lluvia	Vibradores	Topes	Giros Cerrados	Pista Freno Emergencia	Distancia de Recorrido
	Aceleración	∞	∞			Ω		∴	Ω	Ω	Ω	Ω	
Potencia	∞	∞			Ω		∴		Ω	Ω			Ω
Frenada en Vacío		Ω	Ω	∞	Ω	Ω	Ω	∞	∞	Ω	Ω	∞	Ω
Frenada Carga Máxima		Ω	Ω	∞	Ω	Ω	Ω	∞	∞	Ω	Ω	∞	Ω
Eficiencia de Combustible	Ω	Ω			Ω		Ω			Ω	Ω	Ω	∞
Ruidos en Suspensión	∴	∴	Ω	Ω	∞	Ω	Ω		∞	Ω	Ω	Ω	Ω
Desempeño de Suspensión	Ω	∴	Ω	∞	∞	Ω	Ω		∞	Ω	Ω		Ω
Desempeño Motor	∞	∞								Ω	Ω		Ω
Desempeño Transmisión		Ω								Ω	Ω		Ω
Ruidos en Carrocería	Ω		Ω	Ω	Ω	Ω	Ω		∞			Ω	Ω
Sistemas Eléctricos		Ω		Ω	Ω	Ω		Ω					Ω
Iluminación				Ω	Ω	Ω		Ω	Ω				∴
Sistema Limpiaparabrisas								∞	Ω				
Sistema de Enfriamiento Motor		Ω			Ω				∴		Ω		Ω
Aire Acondicionado	∴							Ω	∴				Ω
Audio	∴			∴	Ω				Ω				Ω
TABLA DE RELACIONES				Relación	MUY FUERTE	IMPORTANTE	DEBIL	NULA					
				Símbolo	∞	Ω	∴						

ANÁLISIS DE NECESIDADES

Num	Pista de Pruebas		VW	GM	IMT	Autodromo Hnos Rgz	Representación del Porcentaje	%
	Equipamiento							
1	Controlabilidad y Estabilidad	◆	◆			◆	***	75
2	Frenada en Vacío	◆	◆	◆		◆	****	100
3	Frenada Carga Máxima	◆	◆				**	50
4	Aceleración	◆	◆	◆		◆	****	100
5	Velocidad Gobernada	◆	◆				**	50
6	Potencia	◆	◆				**	50
7	Eficiencia de Combustible	◆	◆	◆		◆	****	100
8	Ruidos en Suspensión		◆			◆	**	50
9	Desempeño de Suspensión	◆	◆			◆	***	75
10	Desempeño Motor	◆	◆			◆	***	75
11	Desempeño Transmisión	◆	◆			◆	***	75
12	Ruidos en Carrocería		◆				*	25
13	Sistemas Eléctricos	◆	◆	◆			***	75
14	Iluminación	◆	◆				**	50
15	Sistema Limpiaparabrisas		◆				*	25
16	Sistema de Enfriamiento Motor	◆	◆	◆			***	75
17	Aire Acondicionado	◆		◆			**	50
18	Audio		◆				*	25
19	Recta	◆	◆	◆		◆	****	100
20	Pendiente	◆	◆				**	50
21	Curvatura	◆	◆			◆	***	75
22	Piso Mojado	◆				◆	**	50
23	Camino Empedrado		◆				*	25
24	Adoquines							0
25	Terreno Fangoso							0
26	Pista de Arena							0
27	Pista de Grava							0
28	Baches			◆			*	25
29	Carretera Flexionada							0
30	Simulación Lluvia							0
31	Vibradores	◆	◆			◆	***	75
32	Topes		◆	◆			*	50
33	Giros Cerrados					◆	*	25
34	Pista Freno Emergencia			◆		◆	**	50

RESULTADO DE LA PROPUESTA

Derivado de los análisis anteriores, se ha obtenido una propuesta que surge de la respuesta de los análisis previos de necesidades para esta solución tecnológica que tendrá los beneficios siguientes



SUPERFICIE TOTAL: 70 HECTAREAS

REFERENCIAS		
REF.	DESCRIPCION	DATOS
A	PISTA PRINCIPAL ALTA VELOCIDAD	LONGITUD: 3,500 MTS. MATERIAL: ASFALTO ANCHO: 9.0 MTS.
B	PISTA DE FRENADO Y ESTABILIDAD	LONGITUD: 1,250 MTS. MATERIAL: ASFALTO Y TERRACERIA ANCHO: 9.0 MTS.
C	PRUEBAS DINAMICAS	RADIO DE 150 MTS. PENDIENTE DE 20° ANCHO: 9.0 MTS.
D	CAMINOS SINUOSOS	MATERIAL: TERRACERIA, PISTA MOJADA, PENDIENTES, DESCENSOS Y EMPEDRADO ANCHO: 5.0 MTS.
E	NAVE INDUSTRIAL Y OFICINAS DE DISEÑO.	AREA: 14,000 M2 PRUEBA DESTRUCTIVAS PRUEBAS DINAMICAS FABRICACION DE PROTOTIPOS OFICINAS DE DISEÑO E INGENIERIA

USO DE LA PROPUESTA DE PISTA:

A) Camino General Pavimento común

Camino en condiciones normales de trabajo par la unidad no máximo a 10 km y una velocidad general de trabajo. Revisiones o puntos a checar:

- Sistema eléctrico
- Sistema de frenado
- Sistemas mecánicos

"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

B) PISTA DE FRENADO Y ESTABILIDAD

La unidad debe frenar de 50km/hr y detenerse totalmente en menos de 30 mt, esta actividad se realizaría en superficies como:

- a. Tierra
- b. Superficies mojado
- c. Superficie normal

Y se toma muestra del alcance de frenado en cada terreno

C) PRUEBAS DINAMICAS

En esta zona, la unidad es sometida a esfuerzos de fatiga constantes descritos en la Matriz de Necesidades y en la Tabla de Análisis de Necesidades anteriormente descritas.

Aquí encontramos el Circuito de Alta Velocidad en la que la unidad es probada a velocidad máxima de 100 Km/hr (si es que no está programada una velocidad controlada generalmente a no más de 60 Km/hr para las rutas diseñadas por los clientes.) En esta fase se verifica el desempeño de los sistemas Eléctrico, Neumático e Hidráulico y la programación de la Unidad de Control del Motor junto con la Transmisión.

Se analizan también los niveles de ruido interior de la unidad dónde este no debe rebasar los 80 dB. Se verificará también el sistema de Audio y Video (en caso de estar instalado)

Se revisa la fatiga que sufre la unidad en terrenos como.

- Tierra
- Graba
- Arena
- Asfalto
- Empedrado

Se prueba también el desempeño que tendrá el conjunto tecnológico en la pendiente de no menos de 15° con carga de lastre simulando el peso de los pasajeros (que varía según el modelo y los requisitos del cliente: el procedimiento es Apagado pro completo de la Unidad en el primer tercio de la Pendiente, aplicación del Freno de Estacionamiento; para proceder a verificar que la unidad no tiene desplazamientos de retroceso. Y segunda prueba es el de arranque y subida en un tiempo determinado con el máximo de la potencia de la unidad para obtener un gráfico para análisis posterior.

Comportamiento de unidad sobre caminos mojados en:

- Vueltas con peraltes prolongados
- Caminos cerrados o con poco espacio
- Radios de giros
- Velocidades controladas.
- Pendientes
- Subidas prolongadas

D) CAMINOS SINUOSOS

Se revisa comportamiento de suspensión neumática en caminos sinuosos, se registran ruidos, torques, y capacidades de suspensión máxima.

E) NAVE INDUSTRIAL Y TALLERES VARIOS

En esta sección se visualiza tener áreas específicas por ejemplo para mantenimiento, pruebas de laboratorio entre otras.

ANALISIS:

A través de la propuesta de la pista de pruebas, estaremos garantizando que los problemas relacionados a las validaciones de los sistemas que anteriormente se reportaban con falla; ya no serán una preocupación para los clientes y para la empresa.

La disminución proyectada se espera en los sistemas como

- Motriz
- Eléctrico
- Suspensiones
- Transmisión
- Sistemas de Enfriamiento

Estos sistemas son los que más oportunidades presentan derivado de un proceso de validación incompleto por pruebas de calificación.

CONCLUSIONES:

El diseño de la pista de pruebas es comparable a las ya conocidas, sin embargo; particularmente la presente está intencionalmente diseñada para desarrollo de unidades de mayor peso ya que la empresa se dedica al desarrollo de soluciones sustentables de transporte de pasajeros y es por ello la particularidad de la presente propuesta.

Esta opción de desarrollo dará a la compañía una nueva imagen de modernidad e innovación que le permitirá estar a la altura en temas de tecnología e investigación como las más desarrolladas en este campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Publicación

[1] JUAN FERNANDO MENDOZA SANCHEZ, El Impacto Ambiental del Ruido Generado por el Transporte Carretero y su Valoración hacia un Transporte Sustentable, México, 2006.

Publicación

[2] HÉCTOR MONTES FRANCESQUI, Arquitecturas de Percepción y de Actuación para la Automatización de Vehículos Rodantes de Grandes Dimensiones; RIDTEC - Vol. 8, No. 2 , Noviembre 2012

[3] Dr MIGUEL MARTÍNEZ MADRID; Centro Experimental En Seguridad Vehicular Del IMT (Cenesv-IMT); Pista de pruebas; Instituto Mexicano del Transporte. Mayo 2013

[4] BURTON R BALWIN, NHTSA, Basis of Design for Advanced Crash-Avoidance Test Course. [DOT HS 811 988] (2014).

Libro

[5] CTR CONSTRUCCIÓN, CAR Carreteras, Parte 001 Concepto de Obra, Título 04 Pavimentos, Capítulo 006 Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente, Ref: -N.CTR.CAR.1.04.006/09.

Norma

[6] ASTM-E 670-94 Standard Test for Side Force Friction on Paved Surfaces using the Mu-Meter ; American Society for Testing Materials (2000).

Revista

[7] CESAR AUGUSTO MONTOYA; Comportamiento De Una Pista Experimental De Pavimento Flexible Con Base Estabilizada Con Cal; Revista Ingenierías Universidad de Medellín 2010, 9 (16)

[8] INFORMACIÓN DEL "IMT", Centro Experimental En Seguridad Vehicular Del IMT (Cenesv-IMT); Características Físicas de la Pista de pruebas; Instituto Mexicano del Transporte. Mayo 2013

[9] Federal Transit Administration Testing of Buses, INFORMATION REPORT; National Association of State Directors of Pupil Transportation Services. 1999



[10] U.S. Department of Transportation; Bus and Passenger Accident Prevention; FTA-MA-26-0010-94-1; DOT-VNTSC-FTA-94-2, (2002).

[11] Pavement Management Field Guide to Road Surface Distresses, Prepared in conjunction with the Central Massachusetts Metropolitan Planning Organization (CMMPO) Transportation Management Systems Programs (2006).

[12] Hilda Martínez; Actividad y Emisiones Vehiculares en la Zona Metropolitana del Valle de México; Metodología de Recolección de Información y Resultados (Noviembre 2007)

[13] Comisión Federal de Electricidad; DISEÑO PARA CAMINOS DE ACCESO A SUBESTACIONES; ESPECIFICACIÓN CFE 10100-68 México. (Marzo 2009).

[14] Facultad De Ingeniería Universidad Nacional De Colombia, Grupo de Investigación en Combustibles Alternativos, Energía, y Protección del Medio Ambiente Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá D.C “PRUEBAS DE VALIDACIÓN, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y EMISIONES CONTAMINANTES SOBRE VEHÍCULO DEDICADO A COMBUSTIBLE GAS NATURAL EURO 6 SCANIA” (2014)