

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO, Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE LA PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA DE LOS NEUMÁTICOS EN LOS VEHÍCULOS PESADOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS.”

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

AUTORES:

JUAN CARLOS NIVICELA JARA

EDGAR FERNANDO PANGOL RODRIGUEZ

DIRECTOR:

ING. GUSTAVO BRAVO QUEZADA MgT.

CUENCA, 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: Juan Carlos Nivicela Jara y Edgar Fernando Pangol Rodríguez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente



Juan Carlos Nivicela Jara



Edgar Fernando Pangol Rodríguez

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Gustavo Bravo Quezad MgT. certifico que el trabajo de tesis **“DISEÑO, Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE LA PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA DE LOS NEUMÁTICOS EN LOS VEHÍCULOS PESADOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS”**, para la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, realizado por los estudiantes: Juan Carlos Nivicela Jara y Edgar Fernando Pangol Rodríguez, fue realizado bajo mi tutela y dirección

Cuenca, julio de 2015



Ing. Gustavo Bravo Quezada MgT.

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios por habernos permitido cumplir una meta mas en nuestras vidas.

A nuestras familias por el apoyo incondicional que nos brindaron en el transcurso de nuestra trayectoria estudiantil y así permitirnos cumplir nuestro objetivo tan anhelado.

A nuestro Director de Tesis Ing. Gustavo Bravo Quezada MgT., quien nos ha sabido guiar en el desarrollo de nuestra Tesis.

Finalmente agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana, por permitir desarrollarnos como personas, seres humanos y profesionales.

DEDICATORIA

A mis padres Susana y Carlos, quienes con su esfuerzo y sacrificio me brindaron la oportunidad estudiar y gracias a su apoyo incondicional hicieron más llevadero el camino a cumplir esta meta en mi vida.

A mi hermana Ximena y cuñado Cesar, que a pesar de la distancia siempre han estado presentes ayudándome y apoyándome en lo que e necesitado.

A mi tío Hernán quien siempre estuvo presente ante cualquier dificultad durante mis estudios y en general a toda mi familia, amigos y demás personas que de una manera u otra han sido participes en la consecución de esta meta en mi vida.

Juan Carlos

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de tesis especialmente a mis padres Julio Cesar y María Dolores, por haberme brindado su apoyo incondicional durante mi vida estudiantil, en especial a mi madre quien fue un pilar fundamental en el transcurso de esta etapa de mi vida y para la culminación de mi carrera.

También dedico a mis hermanos y hermanas que de una u otra forma me supieron dar su apoyo en los momentos difíciles, especialmente a Jhanneth quien estuvo a mi lado en todo momento dándome su apoyo y a estado pendiente de mis necesidades, haciéndome sentir una persona importante, para continuar y cumplir con el objetivo planteado de obtener una profesión y continuar hacia adelante.

A Fernanda y Gabriela mis dos nenas bellas, por llegar a formar parte de mi vida, en el momento indicado y demostrarme su apoyo, respeto y cariño, para ir superándome y cumpliendo con las metas siendo así un ejemplo para ellas.

Edgar Fernando

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO I	1
1. FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROYECTO	2
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO	3
1.3 DEFINICIÓN DE ACCIDENTE DE TRÁNSITO	3
1.3.1 LEY DE TRÁNSITO	3
1.4 CAUSAS DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO	7
1.4.1 FACTOR VEHÍCULO.....	7
1.4.1.1 LOS NEUMÁTICOS	7
1.4.1.2 PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA	8
1.4.1.3 ESTADO.....	8
1.4.1.4 PRESIÓN.....	9
1.4.2 FACTOR VÍA.....	9
1.4.2.1 ESTADO DE LAS VÍAS	9
1.4.3 FACTOR CLIMÁTICO	12
1.4.3.1 LA LLUVIA	12
1.4.3.1.1 EFECTOS DE LA LLUVIA.....	13
1.4.3.2 LA NIEBLA	13
1.4.4 FACTOR HUMANO	13
1.4.4.1 ENEMIGOS EN LA CONDUCCIÓN	13
1.4.4.1.1 LAS DISTRACCIONES.....	13
1.4.4.1.2 LA VELOCIDAD.....	14
1.4.4.1.3 EL ALCOHOL	14
1.4.4.1.4 AGRESIVIDAD AL VOLANTE	16
1.5 ANÁLISIS DE LAS ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO	16
1.5.1 COMPARACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO DEL AÑO 2010 A 2013.....	16
1.5.2 COMPARACIÓN LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO A NIVEL PROVINCIAL DEL AÑO 2010 HASTA EL AÑO 2013.....	18

1.5.3 COMPARACIÓN DE LAS CAUSAS DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO DESDE EL AÑO 2010 HASTA EL AÑO 2013.....	19
1.6 NEUMÁTICOS	20
1.6.1 ESTRUCTURA DEL NEUMÁTICO	20
1.6.1.1 COMPONENTES PRINCIPALES.....	20
1.6.1.2 TIPOS DE CUBIERTAS SEGÚN SU ESTRUCTURA.....	22
1.6.1.2.1 NEUMÁTICOS DIAGONALES O CONVENCIONALES.....	22
1.6.1.2.2 NEUMÁTICOS RADIALES O CINTURADO.....	22
1.6.1.2.3 NEUMÁTICO DIAGONAL CINTURADO.....	23
1.6.1.3 NEUMÁTICOS CON CÁMARA Y SIN CÁMARA (TUBELESS)	24
1.6.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS NEUMÁTICOS.....	25
1.6.3.1 PARÁMETROS FUNDAMENTALES.....	25
1.7 TIPOS DE DESGASTE DE LOS NEUMÁTICOS	27
1.7.1 DESGASTE CENTRAL.....	28
1.7.2 DESGASTE EN LOS COSTADOS DE LA BANDA DE RODAMIENTO	28
1.7.3 DESGASTE DEL ÁNGULO CAMBER	29
1.7.4 DESGASTE EN FORMA DE ESCAMAS POR ALTA VELOCIDAD	29
1.7.5 DESGASTE POR CONVERGENCIA O DIVERGENCIA	30
1.7.6 DESGASTE EN FORMA DE COPAS.....	30
1.7.7 RESBALAMIENTO DE LOS FRENOS / DESGASTE DE LOS PUNTOS PLANOS.....	31
CAPÍTULO II	32
2. DISEÑO DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO DE MEDICIÓN.....	33
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	33
2.2 IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE.....	34
2.2.1 REQUERIMIENTOS Y EXPECTATIVAS.....	35
2.2.2 TRADUCCIÓN DE LAS NECESIDADES EN TÉRMINOS MEDIBLES (MENSURABLES)	37
2.2.3 MATRIZ NECESIDADES-MÉTRICAS	37
2.3 ESTUDIO COMPARATIVO	39
2.4 GENERACIÓN DE OPCIONES.....	40
2.4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUNCIONES DEL DISPOSITIVO	40
2.4.2 FILTRADO DE OPCIONES PROPUESTAS.....	42
2.5 EVALUACIÓN DE LAS OPCIONES PROPUESTAS Y ELECCIÓN DE LA OPCIÓN GANADORA.....	45
2.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PRIMER CONCEPTO IDÓNEO.....	46
2.5.2 DESCRIPCIÓN DEL SEGUNDO CONCEPTO IDÓNEO.....	48
2.6 ELECCIÓN DEL CONCEPTO GANADOR.....	50
CAPÍTULO III	53
3. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE MEDICIÓN.....	54
3.1 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	54
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.....	55
3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL RASPBERRY Pi.....	55
3.2.2 SENSOR INFRARROJO	57
3.2.3 DESCRIPCIÓN DEL ARDUINO MEGA.....	59
3.3 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	60

3.4 PROGRAMACIÓN	64
3.4.1 LENGUAJE C	65
3.4.2 LENGUAJE C++	65
3.4.3 LENGUAJE PYTHON.....	66
3.4.4 OPEN CV	66
3.5 TRIANGULACIÓN ÓPTICA.....	66
3.6 DATA FUSION	67
3.7 ILUMINACIÓN	68
3.7.1 ILUMINACIÓN FRONTAL DIRECCIONAL	68
CAPÍTULO IV.....	70
4. ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.	71
4.1 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL DISPOSITIVO.....	71
4.2 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN.	73
4.3 PUESTA A PUNTO DE FUNCIONAMIENTO.	74
4.4 PROCESO DE FUNCIONAMIENTO.....	76
4.4.1 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES	79
4.4.1.1 DETECCIÓN DE BORDES DE UNA IMAGEN.....	79
4.4.1.2 FILTRADO.....	81
4.4.1.3 CÁLCULO DE GRADIENTE.....	83
4.4.1.4 CÁLCULO DE LA MAGNITUD Y LA DIRECCIÓN	84
4.4.1.5 REDONDEO A DIRECCIONES VÁLIDAS.....	86
4.4.1.6 ELIMINACIÓN DE PÍXELES DE MAGNITUD MENOR	87
4.4.1.7 UMBRALIZACIÓN CON HISTÉRESIS	87
4.4.2 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO	88
4.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	89
4.6 PRUEBAS DE CAMPO	95
4.6.1 PRUEBAS EN LOS NEUMÁTICOS DELANTEROS.....	99
4.6.2 PRUEBAS EN LOS NEUMÁTICOS POSTERIORES INTERIORES.....	102
4.6.3 PRUEBAS EN LOS NEUMÁTICOS POSTERIORES EXTERNOS.....	105
4.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS	108
4.7.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS GENERALES	108
4.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	109
4.8.1 ANÁLISIS ANOVA.....	110
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES.....	115
BIBLIOGRAFÍA.....	116
anexos	119

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1 Multas y sanciones de contravenciones leves y graves</i>	4
<i>Tabla 1.2 Multas y sanciones de las contravenciones muy graves.</i>	5
<i>Tabla 1.3 Multas y sanciones de las contravenciones muy graves por conducir bajo efectos de alcohol o drogas</i>	6
<i>Tabla 1.4 Valores medios del coeficiente de adherencia entre neumático y superficie de rodadura</i>	10
<i>Tabla 1.5 Límites de velocidad</i>	14
<i>Tabla 1.6 Efectos según la concentración de alcohol en la sangre.</i>	15
<i>Tabla 1.7 Máximos y mínimos de los accidentes de tránsito del año 2010 hasta el año 2013.</i>	17
<i>Tabla 2.1 Requerimientos y necesidades</i>	35
<i>Tabla 2.2 Traducción de necesidades en términos mensurables.</i>	37
<i>Tabla 2.3 Matriz necesidades-métricas</i>	38
<i>Tabla 2.4 Conceptos para la primera Función Primaria.</i>	41
<i>Tabla 2.5 Conceptos para la segunda Función Primaria.</i>	42
<i>Tabla 2.6 Escala de puntajes.</i>	43
<i>Tabla 2.7 Evaluación de conceptos para la primera función primaria</i>	44
<i>Tabla 2.8 Evaluación de conceptos de la segunda función primaria</i>	45
<i>Tabla 2.9 Evaluación hipotética de conceptos idóneos.</i>	50
<i>Tabla 4.1 Presupuesto de construcción.</i>	74
<i>Tabla 4.2 Rangos de medida de los neumáticos.</i>	94
<i>Tabla 4.3 Medidas de los neumáticos delanteros.</i>	100
<i>Tabla 4.4 Medidas de los neumáticos posteriores internos</i>	103
<i>Tabla 4.5 Medidas de los neumáticos posteriores externos.</i>	106
<i>Tabla 4.6 Error entre la medida del dispositivo y la medida real</i>	109

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1 Estado de la banda de rodadura.</i>	7
<i>Figura 1.2 Indicador de desgaste.</i>	8
<i>Figura 1.3 Desgaste de la banda de rodadura.</i>	9
<i>Figura 1.4 Estado de la vía sector Ramada-Nabón.</i>	11
<i>Figura 1.5 Estado de la vía sector Ramada-Nabón.</i>	11
<i>Figura 1.6 Estado de la vía sector Cuenca-Cumbe.</i>	12
<i>Figura 1.7 Comparación del número de accidentes de tránsito desde el año 2010 hasta el año 2013.</i>	17
<i>Figura 1.8 Comparación de los accidentes de tránsito a nivel provincial desde el año 2010 hasta el año 2013.</i>	19
<i>Figura 1.9 Principales causas de los accidentes de tránsito.</i>	19
<i>Figura 1.10 Componentes estructurales de la cubierta de un neumático.</i>	21
<i>Figura 1.11 Neumático diagonal o convencional</i>	22
<i>Figura 1.12 Neumático radial o convencional.</i>	23
<i>Figura 1.13 Neumático diagonal cinturado.</i>	23
<i>Figura 1.14 Contornos de llantas utilizadas en turismos y camiones ligeros.</i>	24
<i>Figura 1.15 Asiento de talones en neumático con cámara y sin cámara.</i>	25
<i>Figura 1.16 Dimensiones de neumático y llanta.</i>	26
<i>Figura 1.17 Nomenclatura del neumático.</i>	27
<i>Figura 1.18 Desgaste Central.</i>	28
<i>Figura 1.19 Desgaste en un lado de la banda.</i>	28
<i>Figura 1.20 Desgaste del ángulo camber.</i>	29
<i>Figura 1.21 Desgaste en forma de escamas.</i>	29
<i>Figura 1.22 Desgaste por convergencia y divergencia.</i>	30
<i>Figura 1.23 Desgaste en forma de copas.</i>	30
<i>Figura 1.24 Resbalamiento de frenos.</i>	31
<i>Figura 2.1 Medición con calibrador.</i>	33
<i>Figura 2.2 Medición con una moneda.</i>	34
<i>Figura 2.3 Método de medición.</i>	36
<i>Figura 2.4 Uso del Calibrador para medir la banda de rodadura.</i>	39
<i>Figura 2.5 Uso de una moneda para medir la banda de rodadura.</i>	39

<i>Figura 2.6 Proceso de las funciones del dispositivo.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 2.7 Perspectiva del dispositivo</i>	<i>46</i>
<i>Figura 2.8 Vista frontal y superior del diseño conceptual.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 2.9 Esquema de funcionamiento del sistema láser.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 2.10 Diagrama de bloques del funcionamiento.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 3.1 Diagrama de bloques del funcionamiento</i>	<i>55</i>
<i>Figura 3.2 Raspberry Pi.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 3.3 Constitución del Raspberry.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 3.4 Funcionamiento del sensor.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 3.5 Constitución del Arduino Mega</i>	<i>59</i>
<i>Figura 3.6 Ubicación de las placas electrónicas.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 3.7 Conexión y ubicación de la cámara.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 3.8 Sistema de iluminación.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 3.9 Constitución de la primera fase de construcción del equipo.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 3.10 Placa Interfaz.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 3.11 Fijación de las placas electrónicas.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 3.12 Fijación del sensor infrarrojo.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 3.13 Dispositivo de medición de la banda de rodadura.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 3.14 Triangulación Óptica.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 3.15 sistema de iluminación.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 4.1 Perspectiva del soporte.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 4.2 Medidas del soporte.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 4.3 Dispositivo y soporte (a vista fronta) (b vista lateral).....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 4.4 Valor numérico de la banda de rodadura.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 4.5 Proyección de la banda de rodadura.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 4.6 Diagrama del dispositivo.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 4.7 Función del sensor infrarrojo.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 4.8 Función del arduino</i>	<i>78</i>
<i>Figura 4.9 Función de la cámara.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 4.10 Procesos que componen el sistema de procesamiento de imágenes.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 4.11 Imagen original</i>	<i>80</i>
<i>Figura 4.12 Imagen sub-muestreada</i>	<i>81</i>
<i>Figura 4.13 Campana de gauss</i>	<i>81</i>
<i>Figura 4.14 Suavizado de la imagen.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 4.15 Pixel central y sus vecinos.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 4.16 Magnitud de los bordes.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 4.17 Sectorización de la circunferencia unidad.....</i>	<i>86</i>

<i>Figura 4.18 Adelgazamiento de bordes.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 4.19 Píxeles fuerte y débiles</i>	<i>88</i>
<i>Figura 4.20 Detección mas limpia de bordes.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 4.21 Funcionamiento del Dispositivo.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 4.22 Medida de un neumático en buen estado.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 4.23 Dibujo de la banda de rodadura de un neumático en buen estado.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 4.24 Neumático en buen estado de la banda de rodadura.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 4.25 Medida de un neumático en estado medio.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 4.26 Proyección de la banda de rodadura de un neumático en estado medio.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 4.27 Neumático con la banda de rodadura en estado medio.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 4.28 Medida de un neumático en mal estado.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 4.29 Proyección de la banda de rodadura de un neumático en mal estado.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 4.30 Neumático con la banda de rodadura en mal estado.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 4.31 Número municipal de buses urbanos.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 4.32 Medición del neumático interior posterior.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 4.33 Numero de identificación municipal.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 4.34 Medición del neumático delantero.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 4.35 Número de identificación municipal.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 4.36 Medición del neumático exterior izquierdo.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 4.37 Número característico de la compañía.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 4.38 ubicación de los neumáticos delanteros</i>	<i>99</i>
<i>Figura 4.39 Análisis de resultados en los neumáticos delanteros.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 4.40 Medición de los neumáticos delanteros.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 4.41 Ubicación de los neumáticos posteriores internos.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 4.42 Análisis de resultados en los neumáticos posteriores internos.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 4.43 Medición de los neumáticos interinos.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 4.44 Ubicación de los neumáticos posteriores externos.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 4.45 Análisis de resultados en los neumáticos posteriores externos.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 4.46 Medición de los neumáticos posteriores externos.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 4.47 Análisis general de los neumáticos.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 4.48 Gráfica Comparativa Distancia-Error.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 4.49 Diagrama de Cajas (error-distancia).....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 4.50 Comparacion de las medias del error con las distancias de medicion.....</i>	<i>112</i>

RESUMEN

El propósito del presente proyecto es el de desarrollar un dispositivo electrónico de medición automática de la banda de rodadura en un neumático, enfocado principalmente en la profundidad del labrado o dibujo que posee. Se pretende solucionar 2 principales problemas: apreciación de resultados y de formas de realizar la medición, debido a que este dispositivo está diseñado para la medición automática.

Para la construcción del dispositivo, se aplicaron metodologías de ingeniería de diseño las mismas que comprenden de un análisis y una evaluación de los requerimientos del cliente hasta la fabricación y prueba del prototipo funcional.

Durante el desarrollo del proyecto, se hará uso de todos los conocimientos adquiridos durante la Carrera, para diseñar las partes y acoplar los elementos que formarán el dispositivo y los medios de control que permitirán una interacción entre todos los conjuntos y elementos para asegura un correcto funcionamiento del dispositivo de medición.

PALABRAS CLAVE

Medición automática, Banda de rodadura, Neumático.

ABSTRACT

The purpose of this present project is develop an electronic device of automatic measurement to the band of rolling on tire, focused mainly on the depth of wrought or drawing that it has. It aims to address two main issues: appreciating of result and different form of perform the measurement, because it device is designed for the automatic measurement.

For the development of the device, engineering design methodologies were applied, ranging from an analysis and an evaluation of customer requirements to manufacturing and test of functional prototypes.

During the developed of the project, all the knowledge acquired during the career, for the design of parts and coupling of elements that will be part of device, and the controls which allows an interaction between all sets and elements to ensure the correct performance of measurement device.

KEYWORDS

Automatic measurement, Band of rolling, Tire.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROYECTO

1. FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

La propuesta para el desarrollo de este proyecto es básicamente realizar una medición automática de la banda de rodadura de un neumático para su posterior ejecución se considerará ciertos parámetros y causas que nos conlleven a la propuesta mencionada.

Se ha considerado realizar este tema debido a que en la actualidad las mediciones de la banda de rodadura de un neumático se la realiza de manera manual o visual por parte de un operador, y a su vez este método puede ser burlado por parte de los conductores o propietarios de los vehículos, también es necesario tener en cuenta que la seguridad activa de un vehículo depende en gran parte del estado de la banda de rodadura para ello es conveniente poder automatizar dicho proceso de medición y control de los neumáticos.

Se trataran temas inherentes a este proyecto tales como definiciones, leyes de tránsito, etc. que de cierta manera son incumplidas por parte de los conductores. También se hará un análisis de las estadísticas sobre los accidentes de tránsito ocasionados en los 4 años anteriores al presente, y a su vez se verificarán las normas vigentes sobre el estado de la banda de rodadura de un vehículo las mismas que nos garantizan la seguridad activa del mismo, que en nuestro caso nos centramos prioritariamente en los vehículos pesados de transporte de pasajeros.

Todas las definiciones, leyes, análisis y normas serán explicados más detalladamente en el transcurso del proyecto.

Para el diseño del sistema de medición se determinará el método más adecuado que nos facilite la colocación de cada uno de los elementos del dispositivo electrónico así como también el correcto funcionamiento de los mismos, de tal manera se conseguirá automatizar el sistema de medición de la banda de rodadura.

Al momento de realizar la construcción se tomaran en cuenta todas las precauciones y métodos de fabricación de una estructura la misma que servirá para que los vehículos pasen sobre ella y la medición de la banda de rodadura pueda ser realizada de mejor manera y en un tiempo menor al ocupado en la actualidad para ello se utilizara un método de programación y procesamiento de imágenes que nos revelaran el estado de la banda de rodadura basándose en un patrón determinado y en ciertos rangos de medida permisible.

Al finalizar el proyecto se realizaran pruebas las mismas que nos brindaran la información necesaria sobre el estado de la banda de rodadura de los vehículos pesados de transporte de pasajeros, para de esta manera poder garantizar la seguridad activa en los vehículos que prestan un servicio público.

1.2 AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO

La ANT (Agencia Nacional de Tránsito), es una institución pública que se encarga de regular y normalizar las leyes de tránsito, transporte terrestre y seguridad vial a nivel nacional garantizando la libre y segura movilidad terrestre, brindando un servicio de calidad que satisfagan a los ciudadanos de todo el país.

Para llevar a cabo y hacer que se cumplan con las leyes de tránsito en cada provincia del país la ANT ha contribuido con establecer comisiones provinciales de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, las mismas que serán representadas por un director provincial, quien será el responsable de que se cumpla con las reglas y leyes de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial establecidas a nivel nacional.

En lo que refiere a la provincia del Azuay cantón Cuenca la institución encargada de regular y hacer cumplir las leyes de tránsito establecidas por la ANT en la actualidad es la EMOV EP (Empresa Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte de la Ciudad de Cuenca), anteriormente quienes regulaban el tránsito, transporte terrestre y seguridad vial era la Policía Nacional exclusivamente el departamento de tránsito.

La EMOV EP es una institución que tiene como objetivo principal el gestionar, administrar, regular y controlar el sistema de movilidad con una mejor calidad en lo que refiere a la gestión técnica integral del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, contribuyendo al fortalecimiento del desarrollo social y económico dentro del cantón.

Al momento son los que están en la libre autoridad de sancionar y de regular el cumplimiento de cada una de las leyes de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial dentro del cantón Cuenca, con lo cual se pretende hacer que los conductores cada vez vayan tomando conciencia y respetando las leyes establecidas.

1.3 DEFINICIÓN DE ACCIDENTE DE TRÁNSITO

Es un suceso eventual e inesperado que altera el orden de las cosas, que tiene lugar en las vías o en lugares en donde exista circulación vehicular, este es ocasionado a diferentes personas o bienes, lo cual conlleva a una negligencia por parte de los peatones o conductores de vehículos.

1.3.1 LEY DE TRÁNSITO

En los últimos tiempos la ley de tránsito, transporte terrestre y seguridad vial a sufrido algunos cambios ya sea en las sanciones, multas e infracciones. Los cambios realizados en la ley de tránsito han sido en pro de mejorar y garantizar la seguridad vial ya sea para los conductores y transeúntes que circulan o se trasladan por las vías del país.

“Las infracciones son acciones u omisiones que, pudiendo y debiendo ser previstas pero no queridas por el causante, se verifican por negligencia, imprudencia, impericia o por inobservancia de las leyes, reglamentos y demás regulaciones de tránsito”.¹

“Las infracciones se dividen en delitos y contravenciones”.²

“Los delitos son de carácter culposo y conllevan la obligación civil y solidaria de pagar costas, daños y perjuicios, por parte de los responsables del delito”.³

“Las contravenciones de tránsito son leves, graves y muy grave, y se clasifican a su vez en leves de primera, segunda y tercera clase, y graves de primera, segunda y tercera clase”.⁴

A continuación se especificara y detallara los cambios que se han dado en las nuevas resoluciones sobre la ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, las mismas que cada vez son más severas con la finalidad de concientizar y educar a los conductores con el objetivo de reducir los accidentes en las vías del país.

En la tabla 1.1 se puede observar los cambios que se han dado en los últimos años en lo que refiere a las sanciones y multas de las diferentes contravenciones las mismas que constan de una sanción o reducción de puntos en la licencia de conducir y las multas van establecidas en un porcentaje de la remuneración básica unificada.

CONTRAVENCIONES	PUNTOS	MULTA	2011	2012	2013	2014
LEVES DE 1ra. CLASE	- 1.5	5%	\$ 13,20	\$ 14,60	\$ 15,90	\$ 17,00
LEVES DE 2da. CLASE	-3	10%	\$ 26,40	\$ 29,20	\$ 31,80	\$ 34,00
LEVES DE 3ra. CLASE	- 4.5	15%	\$ 39,60	\$ 43,80	\$ 47,70	\$ 51,00
GRAVES DE 1ra. CLASE	-6	30%	\$ 79,20	\$ 87,60	\$ 95,40	\$ 102,00
GRAVES DE 2da. CLASE	- 7.5	40%	\$ 105,60	\$ 116,80	\$ 127,20	\$ 136,00
GRAVES DE 3ra. CLASE	-9	50%	\$ 132,00	\$ 146,00	\$ 159,00	\$ 170,00

Art. 146 LOTT.- La reincidencia en la comisión de cualquiera de las contravenciones será sancionada con el doble del máximo de la multa establecida para la contravención.

Tabla 1.1 Multas y sanciones de contravenciones leves y graves

FUENTE [HTTP://WWW.ECUADOR-VIAL.COM/ECUADOR-CON-NUEVAS-MULTAS-POR-INFRACCIONES-DE-TRANSITO](http://WWW.ECUADOR-VIAL.COM/ECUADOR-CON-NUEVAS-MULTAS-POR-INFRACCIONES-DE-TRANSITO)

A continuación se observa en la tabla 1.2 y 1.3 las sanciones y multas establecidas para las contravenciones muy graves, según el artículo 145 de la ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, y por conducir un vehículo bajo los efectos de sustancias estupefacientes y alcohol respectivamente.

¹ Ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial. Art 106.

² Ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial. Art 107.

³ Ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial. Art 108.

⁴ Ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial. Art 138.

CONTRAVENCIONES MUY GRAVES	PUNTOS	MULTA	PRISIÓN	APREHENSIÓN
a) Quién conduzca un vehículo sin haber obtenido la licencia de conducir;	0	\$ 340	3 días
b) Quién conduzca con licencia anulada, revocada o suspendida, la misma que será retirada;	-10	\$ 340	3 días
c) Quién conduzca un vehículo con una licencia de categoría diferente;	-10	\$ 680	---	7 días al vehículo
d) El conductor que faltare de obra a la autoridad o agente de tránsito;	-10	\$ 340	3 días
e) Exceder la velocidad fuera del rango moderado, de conformidad con el reglamento correspondiente;	-10	\$ 340	3 días
f) Transportar pasajeros o bienes sin contar con el título habilitante correspondiente, o realice un servicio diferente al autorizado;	-10	\$ 680	---	7 días al vehículo
g) Quienes con vehículos a motor, participen en competencias en la vía pública sin el permiso correspondiente; y,	-10	\$ 340	3 días
h) Quién cause accidente de tránsito con heridos con incapacidad física menor a quince días.	-10	\$ 680	---	7 días al vehículo
La reincidencia en el cometimiento de cualquiera de estas contravenciones, será sancionada con el doble de lo establecido en el presente artículo.				

Tabla 1.2 Multas y sanciones de las contravenciones muy graves.

FUENTE [HTTP://WWW.ECUADOR-VIAL.COM/ECUADOR-CON-NUEVAS-MULTAS-POR-INFRACCIONES-DE-TRANSITO](http://WWW.ECUADOR-VIAL.COM/ECUADOR-CON-NUEVAS-MULTAS-POR-INFRACCIONES-DE-TRANSITO)

CONTRAVENCIONES MUY GRAVES POR CONDUCIR BAJO EFECTOS DE ALCOHOL O DROGAS:

ART.	CAUSA	PUNTOS	MULTA	PRISIÓN
145.1	Conducir un vehículo bajo los efectos de drogas o sustancias estupefacientes;	-15	\$ 340	30 días
145.2	Conducir un vehículo con una tasa de alcohol mayor a 0,3 e inferior a 0,8 gr/l en sangre (0,15 mg/l e inferior a 0,4 mg/l en aire expirado);	-5	\$ 340	5 días
	Conducir con tasas de alcohol de 0,8 gr/l. gramos o más (0,4 mg/l en aire expirado);	-10	\$ 340	15 días
145.3	Quién conduzca un vehículo de transporte público, comercial o de carga con tasas superiores a 0,1 gr/l en sangre (0,05 mg/l en aire expirado).	-30	\$ 680	60 días
La primera reincidencia en el cometimiento de estas contravenciones, será sancionada además con la suspensión por un año de la licencia de conducir. La segunda reincidencia será sancionada con la revocatoria definitiva de la licencia de conducir.				

Tabla 1.3 Multas y sanciones de las contravenciones muy graves por conducir bajo efectos de alcohol o drogas.

FUENTE [HTTP://WWW.ECUADOR-VIAL.COM/ECUADOR-CON-NUEVAS-MULTAS-POR-INFRACCIONES-DE-TRANSITO](http://WWW.ECUADOR-VIAL.COM/ECUADOR-CON-NUEVAS-MULTAS-POR-INFRACCIONES-DE-TRANSITO)

En la ley de tránsito se establece que “el que conduzca un vehículo automotor con uno o más neumáticos que superen los límites de desgaste que determinen los reglamentos”⁵ es una contravención grave de primera clase, la sanción y multa de la misma se detalla en la tabla 1.1, en la cual se puede ver que cada año estas han incrementado con el motivo de que los conductores tomen conciencia y mantengan sus vehículos con los neumáticos en buen estado.

El reglamento establecido por la norma INEN 011-2006 para el límite de desgaste de la banda de rodadura dice que “Los indicadores de desgaste de la banda de rodamiento deben permitir advertir visualmente cuando la profundidad de las cavidades o estrías correspondientes a la banda de rodamiento se hayan reducido a 1,6 mm, con una tolerancia de (+0,6/-0,0 mm)”.⁶

Si los límites de desgaste están fuera de lo establecido por el RTE INEN 011 para neumáticos estos deben ser reemplazados obligatoriamente.

⁵ Nueva ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial. Art 142. Literal p.

⁶ Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 011 para neumáticos. (5.2.2). (5.2.2.1). Literal d.

1.4 CAUSAS DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

En todo accidente de tránsito intervienen ciertos factores importantes que pueden ser la causa parcial o total del mismo. Los factores más importantes y frecuentes en los accidentes se los describirá a continuación:

1.4.1 FACTOR VEHÍCULO

El vehículo conjuntamente con el conductor son los elementos más importantes ya que por un error cometido por cualquiera de las partes son causantes de un accidente de tránsito, ya que la culpa entre hombre – máquina es muy relativa debido a que es responsabilidad del conductor llevar al vehículo a sus respectivos mantenimientos ya sean correctivos o preventivos.

Existen muchos elementos y sistemas del vehículo que se deben tomar en cuenta para que el vehículo este en buen estado de funcionamiento, a continuación se describe uno de los elementos más importantes y de mayor cuidado dentro del vehículo.

1.4.1.1 LOS NEUMÁTICOS

Los neumáticos son uno de los elementos más importantes en un vehículo, ya que estos son los únicos intermediarios entre el contacto de la carretera y el vehículo, por tal razón es de gran importancia que se encuentren en buen estado, para garantizar que los mismos tengan una buena adherencia con la carretera.



Figura 1.1 Estado de la banda de rodadura.

FUENTE LOS AUTORES.

Mediante los neumáticos se puede soportar y transmitir en un punto o zona determinada a la carretera toda la carga vertical, y a su vez estos se encargan de absorber todos los esfuerzos longitudinales al momento de la tracción y frenado del vehículo, también son los encargados de establecer los esfuerzos laterales exactos con los que se conseguirá un mejor control y estabilidad

en el momento que el vehículo este en una trayectoria, adaptándose así a cualquier condición que la carretera tenga actuando en ese momento como un elemento amortiguador por las acciones producidas en base a las deformidades de la carretera, por lo que serán de vital importancia en la seguridad, comportamiento y comodidad del vehículo y ocupantes del mismo.

En el desgaste de los neumáticos influyen algunos factores como tipo de vía por donde circula, forma de conducción, situación climatológica, uso del vehículo, etc., por tal motivo es de gran importancia tener en cuenta las siguientes condiciones de los neumáticos:

1.4.1.2 PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA

El dibujo de la banda de rodadura debe proporcionar la máxima adherencia longitudinal y transversal, en diferentes estados de la carretera ya sea mojada o seca, con el mínimo desgaste.

La función principal del dibujo de la banda de rodadura es la de evacuar el agua de la zona de contacto.

En vehículos que están destinados para el transporte de pasajeros es indispensable que los neumáticos incluyan por lo menos seis filas transversales de indicadores de desgaste, para indicar visualmente que la profundidad de la banda de rodadura ha llegado a su desgaste máximo que es de 1,6 mm con tolerancia (+0,6 -0,0), lo recomendable sería cambiar los neumáticos tengan una profundidad de banda igual a 2,5 mm.



Figura 1.2 Indicador de desgaste.

Fuente Los autores.

1.4.1.3 ESTADO

Es recomendable verificar que el desgaste de la banda sea lo más uniforme y no presente ningún tipo de deformaciones o anomalías, y a su vez que ningún neumático circule más de cinco años después de su montaje.

En la figura 1.3 se observa que el neumático ha tenido un desgaste anormal en la banda de rodadura por lo que dicho neumático debe ser reemplazado inmediatamente.



Figura 1.3 Desgaste de la banda de rodadura.

FUENTE LOS AUTORES.

1.4.1.4 PRESIÓN

Se debe respetar la recomendada por el fabricante, y por ende se debe de revisar continuamente y en frío, ya que si el vehículo hace un largo recorrido la medida de la presión varía, la presión es muy importante para que el desgaste del neumático no sea anormal ni defectuoso.

1.4.2 FACTOR VÍA

Debido a que en el país existe diferentes tipos de vías o carreteras es muy importante considerarlas como uno de los principales factores en un accidente de tránsito.

El factor vía cumple un papel muy importante en un accidente de tránsito, aunque no se pueda atribuirle a esta las responsabilidades como causa directa en un percance automovilístico.

1.4.2.1 ESTADO DE LAS VÍAS

El estado de las vías es uno de los factores más importantes ya que el mismo atribuye una gran influencia en un problema de accidente de tránsito, debido al estado en el que se encuentra ya sea seco o húmedo.

El coeficiente de fricción entre la carretera y el neumático varía según las condiciones de la vía, lo cual influye en la distancia de frenado y a su vez los neumáticos pierden adherencia.

Debido a que el coeficiente de fricción no es el mismo cuando la carretera esta húmeda, ya que este disminuye aproximadamente un 40%, con lo que la distancia de frenado aumenta considerablemente con respecto a una carretera seca y a la misma velocidad de circulación. Por ejemplo si un vehículo que circula por una carretera seca a una unos 60 Km/h aproximadamente la distancia de frenado hasta que el mismo se detenga es de 10 a 15 m., pero al estar en una carretera húmeda la distancia aumenta de 20 a 25 m. aproximadamente.

En la tabla 1.4 se muestra los coeficientes de adherencia entre los neumáticos y los diferentes tipos de vías, los mismos que son los valores máximos de adherencia entre el neumático y la superficie de rodadura.

Superficie	Valores Máximos $\mu_{\text{máx.}}$	Valores de deslizamiento $\mu_{\text{d.}}$
Asfalto y hormigón secos	0.8-0.9	0.75
Asfalto mojado	0.5-0.7	0.45-0.6
Hormigón mojado	0.8	0.7
Grava	0.6	0.55
Tierra seca	0.68	0.65
Tierra húmeda	0.55	0.4-0.5
Nieve dura	0.2	0.15
Hielo	0.2	0.07

Tabla 1.4 Valores medios del coeficiente de adherencia entre neumático y superficie de rodadura

FUENTE APARICIO, F. (2001).-TEORÍA DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES. SECCIÓN DE PUBLICACIONES DE LA ETSII. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

El peralte de las vías también tiene mucho que ver en el riesgo de los accidentes ya que si este no es el correcto se forman películas de agua con lo que se tiene un fenómeno de hidropalanéo o aquaplaning[1], cuando los vehículos pasan por esas zonas, las vías deben tener una ligera inclinación desde el centro hacia fuera formando una especie de drenajes en la vía.

Durante los últimos años se han realizado varios proyectos por parte de los gobiernos en lo que se refiere al mejoramiento de las vías en nuestro país, en la figura 1.4 se observa como era el estado de las vías en tiempos anteriores, por tal motivo se consideraba uno de los factores más importantes en causar accidentes de tránsito.



Figura 1.4 Estado de la vía sector Ramada-Nabón.

FUENTE [HTTP://WWW.ELMERCURIO.COM.EC/400432-400432/#.UYMLL6irDvK](http://www.elmercurio.com.ec/400432-400432/#.UYMLL6irDvK)

En la actualidad el estado de las vías se encuentran en buen estado, en ciertas vías se han mejorado con una nueva capa de asfalto y en otras por el alto número de vehículos que transitan por dichas vías se ha implementado el concreto mejorando de una manera considerable el estado vial como se observa en la figura 1.5 y 1.6.



Figura 1.5 Estado de la vía sector Ramada-Nabón.

FUENTE [HTTP://WWW.AZUJAY.GOB.EC/NOTICIAS/DETALLES/PREFECTURA-PLANEA-REASFALTADO-DE-DOS-VAS-QUE-TIENEN-PEAJE-\(TOMADO-DE-DIARIO-EL-MERCURIO-06---03---2013\)/164/](http://www.azujay.gob.ec/noticias/detalles/prefectura-planea-reasfaltado-de-dos-vas-que-tienen-peaje-(tomado-de-diario-el-mercurio-06---03---2013)/164/)



Figura 1.6 Estado de la vía sector Cuenca-Cumbe

FUENTE LOS AUTORES

1.4.3 FACTOR CLIMÁTICO

Al momento de conducir un vehículo debemos estar pendientes de las condiciones adversas el clima, ya que estamos expuestos a que estas cambien repentinamente, por tal motivo este factor es muy importante cuando se suscita un accidente de tránsito, ya que existe mayor riesgo de accidente cuando hay presencia de lluvia, viento y niebla.

En lo que se refiere al clima en nuestro país está dividido por regiones, en las mismas existen grandes diferencias climáticas durante el año. Por tal motivo, se indicara el comportamiento del clima en la región costa, sierra y amazonia.

En la región costa debido a la temperatura y la humedad existen subregiones climáticas, por lo tanto la temperatura promedio de la región costa es de 22° C., y a su vez el invierno se presenta en el semestre de diciembre a mayo, con un incremento de lluvia debido a la corriente cálida de El Niño. El verano se da en el semestre de junio a diciembre.

El clima de la región sierra se subdivide en tres tipos de clima, los mismos que se los considera por su altura con respecto al nivel del mar, desde los 300m hasta los 1000m se considera un clima subtropical, en los sectores medios de la región y en los valles el clima es considerado como templado, y en las partes más altas de la región a partir de los 3000m en adelante se lo considera clima frío.

En la región amazónica existe un 99% de humedad ambiental y una temperatura promedio de 25° C., con un alto promedio de lluvias durante el año.

1.4.3.1 LA LLUVIA

Es un fenómeno que puede darse con mucha o poca intensidad y ya sea en invierno o verano, por lo que no se sabe cuando nos podemos encontrar con esto, convirtiéndose en el fenómeno más riguroso y peligroso en el momento de conducir un vehículo.

1.4.3.1.1 EFECTOS DE LA LLUVIA

- Presencia de montículos de agua produciendo el fenómeno del aquaplaning, y con mayor riesgo si la banda de rodadura no es la indicada.
- Los frenos pierden capacidad de respuesta.
- Aumenta el cansancio en el conductor.
- Disminuye la visibilidad de los conductores.
- Pierden adherencia los neumáticos.

1.4.3.2 LA NIEBLA

Es un fenómeno climático que se produce con más frecuencia en las zonas montañosas de nuestro país, en estos casos pueden salir involucrados un alto número de vehículos accidentados, debido a que existe poca visibilidad al ingresar a una zona con presencia de niebla.

Según la intensidad que está presente se convierte en un factor a considerar mucho, en el suceso de un accidente, ya que acompañada de una negligencia del conductor pasaría a ser una de las principales causas de provocación de accidentes en las vías.

1.4.4 FACTOR HUMANO

Este es el factor más importante y relevante de todos, debido a que el conductor de un vehículo es el principal responsable en la toma de decisiones en un tiempo muy corto o reducido en el transcurso de una conducción.

Sin importar la posición social o rango que un conductor tenga, en si es él, el único responsable de las decisiones tomadas, ya que de estas depende su vida, la de los ocupantes del vehículo y la de los demás usuarios que cada día nos cruzamos con él.

Dicha responsabilidad se ve afectada por un alto número de enemigos, los mismos que pueden ser por nuestra propia humanidad, la irresponsabilidad de realizar ciertas infracciones de tránsito y la falta de comprensión del daño que se puede llegar a hacer desde el volante de un vehículo, estos daños pueden ser hacia uno mismo, materiales y a los diferentes transeúntes de las vías.

1.4.4.1 ENEMIGOS EN LA CONDUCCIÓN

Todo conductor realiza a diario un sin número de acciones que de cierto modo parecen ser normales, pero, estas pueden llegar a provocar situaciones de bajo, medio o alto riesgo en el trayecto del traslado de un lugar a otro en un vehículo, dichas acciones también son producto de una falta de civismo y responsabilidad de los conductores.

1.4.4.1.1 LAS DISTRACCIONES

En la actualidad se presentan varias causas que provocan distracciones al conducir, ya sea porque dichas causas estén dentro o fuera del vehículo, tales como:

- ✓ Internas: son todas las acciones que se realizan en el interior del vehículo al momento de conducir.
- ✓ Externas: se considera a todas las acciones que ocurran fuera del vehículo al momento de conducir.

1.4.4.1.2 LA VELOCIDAD

Es considerada una principal causa de los accidentes de tránsito hoy en día, debido a que por tal motivo se puede perder el control completo del vehículo, si la banda de rodadura se encuentra en mal estado y conjuntamente con el aumento de velocidad la seguridad activa de un vehículo disminuye en gran proporción.

En la tabla 1.5 se observan los límites de velocidad establecidos por parte de la ANT para los vehículos de transporte de pasajeros, con sus debidos rangos, sanciones y multas en base a la ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial.

TIPOS	ÁREA	LIMITES	RANGO MOD. K/h	CONT. GRAVE 1ra. Clase - K/h Art. 142. g)	CONT. MUY GRAVE - K/h Art. 145. e)
TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS	Urbano	40 K/h	10	Entre 40 - 50	Más de 50
	Perimetral	70 K/h	30	Entre 70 - 100	Más de 100
	Rectas en Carretera	90 K/h	25	Entre 90 - 115	Más de 115
	Curvas en Carretera	50 K/h	15	Entre 50 - 65	Más de 65
SANCION:				Multa: \$ 87,60 Puntos: - 6	PRISION: 3 días Multa: \$ 292,00 Puntos: - 10

Tabla 1.5 Límites de velocidad

FUENTE [HTTP://CONSULVIAL-ECUADOR.BLOGSPOT.COM/2014/01/NUEVOS-VALORES-DE-MULTAS-DE-TRANSITO-EN.HTML](http://CONSULVIAL-ECUADOR.BLOGSPOT.COM/2014/01/NUEVOS-VALORES-DE-MULTAS-DE-TRANSITO-EN.HTML)

1.4.4.1.3 EL ALCOHOL

Es una causa considerada muy importante y peligrosa, ya que los efectos que este causa en el conductor lleva a ser el causante de muchos accidentes, por el consumo excesivo del mismo.

El consumo de alcohol es muy perjudicial al momento de conducir, ya que este altera radicalmente los sentidos del cuerpo humano, al consumir altas cantidades de alcohol las reacciones ante cualquier alteración en el momento de la conducción se tornan disminuidas o se las realiza en un tiempo más prolongado.

Por lo tanto, mientras más alto sea el grado de alcohol en la sangre los efectos del mismo causaran ciertos síntomas en el cuerpo humano siendo perjudiciales y muy peligrosas al momento de conducir un vehículo, en la tabla 1.6 se puede observar y detallar lo que causa los diferentes grados de alcohol en la sangre.

Concentración de alcohol en la sangre (BAC) ¹	Efectos típicos	Efectos predecibles al conducir
.02%	<ul style="list-style-type: none"> • Cierta pérdida de la capacidad de juicio • Relajación • Leve sensación de calor en el cuerpo • Alteración del estado de ánimo 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de las funciones visuales (rápida trayectoria de un objeto en movimiento) • Disminución de la capacidad para realizar dos cosas al mismo tiempo (atención dividida)
.05%	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento exagerado • Puede mostrar pérdida de control sobre los músculos pequeños (por ejemplo, enfocar los ojos) • Deterioro de la capacidad de juicio • Usualmente sentimiento alegre • Disminución del estado de alerta • Pérdida de las inhibiciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la coordinación • Habilidad reducida para seguir objetos en movimiento • Dificultad para maniobrar el volante • Respuesta reducida para afrontar situaciones de emergencia mientras se conduce un vehículo
.08%	<ul style="list-style-type: none"> • La coordinación muscular se hace deficiente (por ejemplo, equilibrio, habla, visión, tiempo de reacción y audición) • Es más difícil detectar los peligros • El criterio, el auto-control, el razonamiento y la memoria se ven afectados 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Pérdida de la memoria de corto plazo • Control de la velocidad • Se reduce la capacidad de procesar información (habilidad de ver avisos o señales) • Deterioro de la percepción
.10%	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro evidente del control y del tiempo de reacción • Dificultad para hablar, deficiencia de la coordinación y lentitud para pensar 	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidad reducida para mantenerse en la misma línea de la carretera y para frenar en forma adecuada
.15%	<ul style="list-style-type: none"> • Mucho menos control muscular que lo normal • Puede presentarse vómito (a menos que se llegue a este nivel en forma lenta o a que la persona ha adquirido una tolerancia al alcohol) • Pérdida mayor del equilibrio 	<ul style="list-style-type: none"> • Incapacidad sustancial para controlar el vehículo, prestar atención a las tareas de conducción y procesar las informaciones visuales y auditivas necesarias

La información contenida en esta tabla enseña el nivel del contenido de alcohol en la sangre donde usualmente afecta y puede ser observado, y ha sido recopilado de distintas fuentes informativas incluyendo la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras, el Instituto Nacional en Abuso de Alcohol y Alcoholismo, la Asociación Americana de Médicos, la Comisión Nacional en Contra de Conductores en Estado de Ebriedad.

Tabla 1.6 Efectos según la concentración de alcohol en la sangre.

FUENTE <http://www.taringa.net/posts/salud-bienestar/10182028/Un-llamado-a-la-conciencia-Usemos-la-razon.html>

1.4.4.1.4 AGRESIVIDAD AL VOLANTE

Esto se debe a muchas circunstancias en las que nos encontramos al momento de conducir un vehículo, ya que en ocasiones la mayoría de conductores se muestran a la ofensiva, y por tal motivo irrespetan las señales de tránsito.

La agresividad o conducción a la ofensiva se la da por diversos motivos, tales como la falta de organización del tiempo para dirigirse al lugar de trabajo, mal genio o problemas personales del conductor, y en lo que se refiere a los vehículos de transporte público es la competencia y pelea por recoger más pasajeros en el transcurso de su viaje.

1.5 ANÁLISIS DE LAS ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Al terminar cada año la ANT se encarga de informar de una manera general a todos los habitantes sobre los accidentes de tránsito ocurridos en el Ecuador, a más de haber nuevas resoluciones en la ley de tránsito los accidentes no han disminuido en gran proporción, debido a que existen ciertos factores o intereses que están por encima de la disminución de los accidentes, estos factores pueden ser económicos los mismos que hacen a las autoridades competentes perder la capacidad de hacer cumplir la ley.

De la misma manera es importante sumarle a esto la falta de preparación y concientización de los conductores profesionales que se encuentran al frente de un volante, ya que en la mayoría de los casos ellos realizan una conducción de tipo ofensiva, de tal manera que infringen la ley de tránsito en la mayoría de los casos, generando muchos accidentes y a su vez estos cobran vidas de muchas personas en los últimos años.

1.5.1 COMPARACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO DEL AÑO 2010 A 2013

En la figura 1.7 se observa una comparación año a año de los accidentes de tránsito a nivel nacional, también se observa que en ciertos meses de un año con respecto del otro han disminuido proporcionalmente el número de accidentes de tránsito, pero en otros meses ha tenido un incremento significativo en referencia de cada año.

También se observa que en el mes de enero los accidentes de tránsito se han incrementado proporcionalmente desde el año 2010 hasta el año 2013 teniendo este último el mayor número de accidentes en el mes de enero, en los siguientes meses desde marzo hasta agosto el número de accidentes en los años 2011, 2012 y 2013 han disminuido con respecto al año 2010, esto se debe a que a partir de este año las leyes de tránsito han estado en constantes cambios con el propósito de disminuir los accidentes.

Pero cabe recalcar que en el mes de diciembre ocurre todo lo contrario cada año el número de accidentes de tránsito van aumentando con respecto a su año antecesor, existiendo un aumento muy considerable en el año 2013 a pesar de que la ley de tránsito en este año ha sido más severa, el incremento de los accidentes de tránsito también se debe a que los conductores no toman conciencia de la responsabilidad que tienen al estar al frente de un volante.

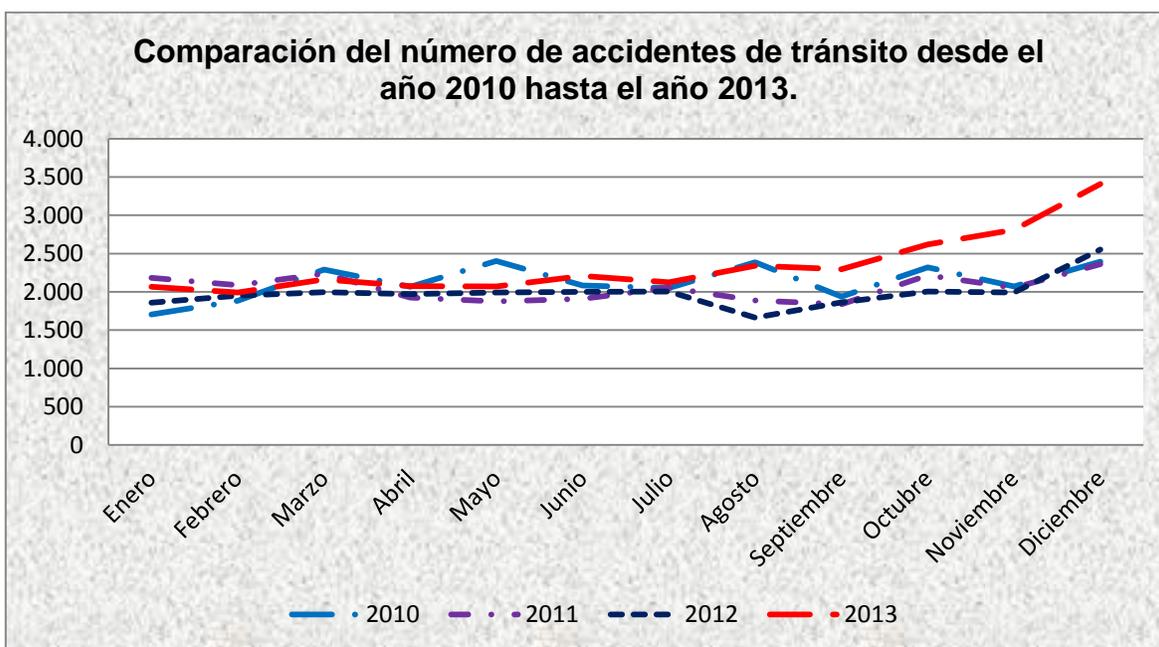


Figura 1.7 Comparación del número de accidentes de tránsito desde el año 2010 hasta el año 2013

FUENTE DNCTSV, CTE, EMOV - CUENCA, GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE LOJA, AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO - QUITO. PARTES POLICIALES DE TRÁNSITO. ELABORACIÓN: ANT, ESTADÍSTICAS; QUITO, 06/01/2014

Por consiguiente en ciertos meses de cada año existe un número máximo y mínimo de accidentes de tránsito los mismos que se representaran en la tabla 1.7.

AÑO	Máximo	Mínimo
2010	2404 (Mayo)	1703 (Enero)
2011	2361 (Diciembre)	1839(Septiembre)
2012	2553 (Diciembre)	1665 (Agosto)
2013	3410 (Diciembre)	1992 (Febrero)

Tabla 1.7 Máximos y mínimos de los accidentes de tránsito del año 2010 hasta el año 2013.

FUENTE DNCTSV, CTE, EMOV - CUENCA, GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE LOJA, AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO - QUITO. PARTES POLICIALES DE TRÁNSITO. ELABORACIÓN: ANT, ESTADÍSTICAS; QUITO, 06/01/2014

Como se puede observar en la tabla 1.7 en los tres últimos años el mayor número de accidentes de tránsito se han desarrollado en el mes de diciembre, mientras que en el año 2010 se han dado en el mes de mayo, por lo que es notable que ha existido un incremento muy significativo entre el

año 2010 y el año 2013, lo cual denota que a mas de los cambios en la ley de transito es necesario concientizar y educar a cada uno de los conductores, para que con el debido cumplimiento de la ley de transito y educación de cada uno se vaya disminuyendo los accidentes de tránsito.

En lo que se refiere al número mínimo de accidentes de tránsito ocurridos en cada año se observa que se han dado en los meses de enero, febrero, agosto y septiembre notándose un aumento en el año 2011 y 2013.

1.5.2 COMPARACIÓN LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO A NIVEL PROVINCIAL DEL AÑO 2010 HASTA EL AÑO 2013.

En la figura 1.8 se observa una comparación de los accidentes de tránsito ocurridos en las principales provincias del país desde el año 2010 hasta el año 2013, en lo que se refiere a la provincia del Azuay se observa que año tras año los accidentes de tránsito han disminuido proporcionalmente.

En la provincia del Guayas en cambio se observa que en el año 2011 los accidentes de tránsito disminuyen un pequeño porcentaje, pero en el siguiente año vuelve a subir el número de accidentes, teniendo un aumento muy significativo en el año 2013.

También se observa que en el año 2012, en la provincia de Pichincha ha existido una disminución significativa de los accidentes de tránsito, sin embargo en el año 2013 el número de accidentes vuelve a incrementarse acercándose a el número de accidentes del año 2010.

Con los datos analizados se puede concluir que la provincia de Guayas es la que tiene el mayor número de accidentes de tránsito a nivel nacional, esto se debe en gran parte a la imprudencias de los conductores y a la falta de respeto de las leyes de transito establecidas por la ANT.

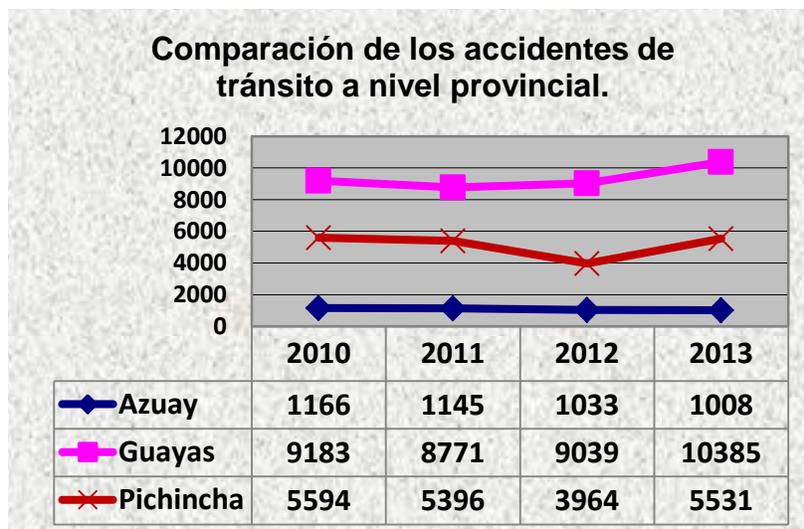


Figura 1.8 Comparación de los accidentes de tránsito a nivel provincial desde el año 2010 hasta el año 2013.

FUENTE: DNCTSV, CTE, EMOV - CUENCA, GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE LOJA, AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO - QUITO. PARTES POLICIALES DE TRÁNSITO. ELABORACIÓN: ANT, ESTADÍSTICAS; QUITO, 06/01/2014

1.5.3 COMPARACIÓN DE LAS CAUSAS DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO DESDE EL AÑO 2010 HASTA EL AÑO 2013.

En la figura 1.9 se observa las causas más principales por las que se genera un accidente de tránsito, siendo estas consideradas en su valores totales en cada año.

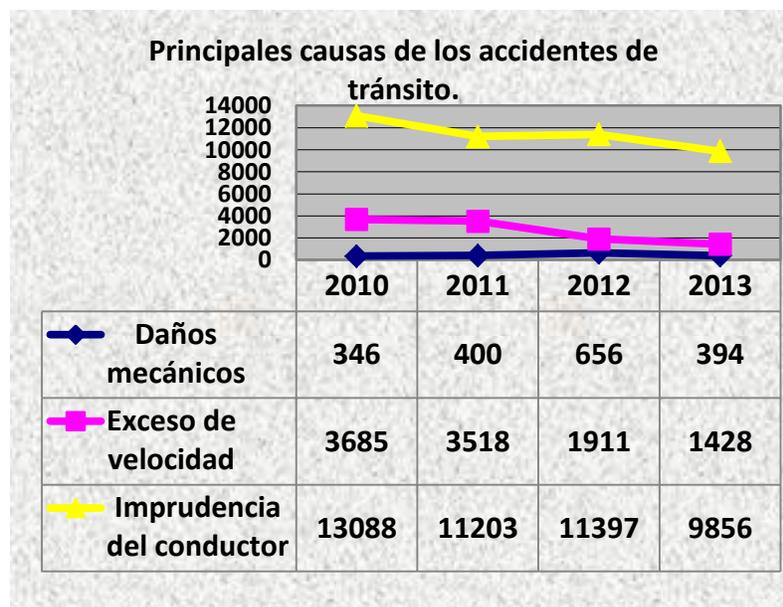


Figura 1.9 Principales causas de los accidentes de tránsito.

FUENTE DNCTSV, CTE, EMOV - CUENCA, GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE LOJA, AGENCIA METROPOLITANA DE TRÁNSITO - QUITO. PARTES POLICIALES DE TRÁNSITO. ELABORACIÓN: ANT, ESTADÍSTICAS; QUITO, 06/01/2014

Como se puede observar en la figura 1.9 en los últimos cuatro años las principales causas de accidentes de tránsito a nivel nacional han sido las que están representadas en la figura, se puede verificar que año tras año el número de accidentes está disminuyendo con referencia al año anterior.

También se puede observar que la imprudencia del conductor es la causa que más accidentes de tránsito ocasionan, esto se debe a que los conductores irrespetan las leyes de tránsito establecidas y en algunas ocasiones vulneran los reglamentos o periodos de mantenimiento de sus vehículos. Por lo que es importante que los conductores se concienticen, eduquen y se rijan a las leyes y reglamentos establecidos.

Por otra parte es notoria la disminución de los accidentes de tránsito en el año 2013 sin embargo hay que resaltar que los datos obtenidos de este año son hasta el mes de septiembre, dicha disminución de los accidentes se debe a que en la actualidad la ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial es más severa.

1.6 NEUMÁTICOS

Los neumáticos son elementos fundamentales en el vehículo, debido a que con la ayuda de los mismos este puede desplazarse de un lugar a otro, y a su vez los neumáticos son los únicos elementos que permiten el contacto entre el vehículo y la superficie de rodadura o carretera, de tal manera los neumáticos son muy importantes dentro de la seguridad activa de los vehículos. Para lograr esto se busca que el neumático cumpla con algunas características que son:

- ✓ “Poseer una elevada adherencia sobre pista seca y mojada, tanto longitudinal como transversal.
- ✓ Tener una baja resistencia a la rodadura.
- ✓ Resistir esfuerzos dinámicos exteriores.
- ✓ Poseer resistencia a la fatiga, desgaste, formación de grietas, etc.”⁷

1.6.1 ESTRUCTURA DEL NEUMÁTICO

1.6.1.1 COMPONENTES PRINCIPALES

Los principales componentes de un neumático se los describirá a continuación:

- ❖ **“Carcasa:** Capas de tela de rayón o acero en disposición radial, dependiendo del tipo y exigencia de cada neumático.
- ❖ **Cinturón:** Capas colocadas en cruz de diferentes materiales tales como tela de acero y tela de nilón.”⁸
- ❖ **“Talones:** Requiere alta resistencia y alto límite elástico, para soportar los esfuerzos sin separación de la llanta para su construcción se utilizan hilos de acero.
- ❖ **Banda de rodadura:** es la parte externa del neumático en la que va grabado el dibujo en forma de tacos, nervios, ranuras y estrías.”⁹

⁷ APARICIO, F. (2001).-Teoría de los Vehículos Automóviles. Sección de publicaciones de la ETSII. Universidad Politécnica de Madrid.

⁸ BOSCH, Robert. (2005).-Manual de la técnica del automóvil.

En la figura 1.10 se observa la disposición y orden de cada uno de los componentes más utilizados en un neumático, pero estos pueden variar según lo disponga cada fabricante.

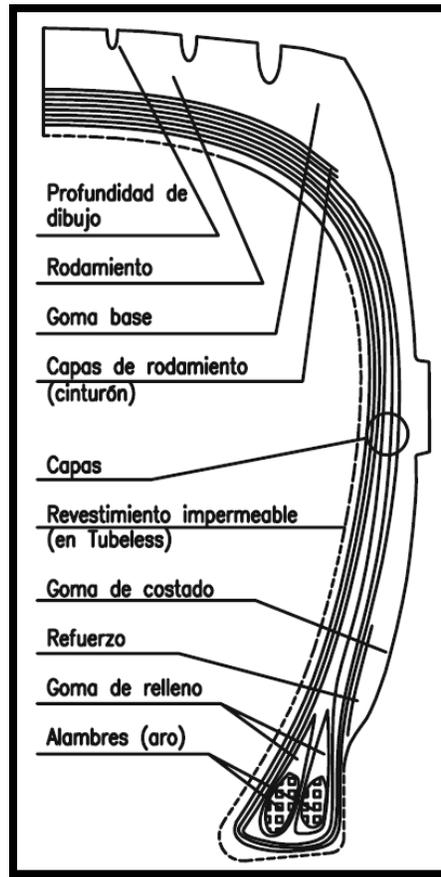


Figura 1.10 Componentes estructurales de la cubierta de un neumático.

FUENTE APARICIO, F. (2001).-TEORÍA DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES. SECCIÓN DE PUBLICACIONES DE LA ETSII. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

Mediante estos componentes se pretende que el neumático adquiera las siguientes características:

- ✓ “Poseer elementos inextensibles para un correcto anclaje a la llanta.
- ✓ Obtener una rigidez decreciente en los costados, que ayude a obtener una estabilidad lateral con una cierta flexibilidad.
- ✓ Proporcionar una buena adherencia en la banda de rodamiento y que soporte las condiciones de trabajo a la que es sometida.”¹⁰

⁹ APARICIO, F. (2001).-Teoría de los Vehículos Automóviles. Sección de publicaciones de la ETSII. Universidad Politécnica de Madrid.

¹⁰ APARICIO, F. (2001).-Teoría de los Vehículos Automóviles. Sección de publicaciones de la ETSII. Universidad Politécnica de Madrid.

1.6.1.2 TIPOS DE CUBIERTAS SEGÚN SU ESTRUCTURA.

Según la estructura existen dos tipos de neumáticos y un tipo intermedio entre ellos, estos son:

1.6.1.2.1 NEUMÁTICOS DIAGONALES O CONVENCIONALES.

Los neumáticos de este tipo llevan ese nombre por relación a su estructura de construcción ya que las capas van colocadas una sobre otra quedando sus cuerdas inclinadas con respecto a la línea central del neumático, esto hace que el mismo posea mayor dureza y estabilidad permitiendo soportar las cargas del vehículo.

Una de las desventajas es que la dureza del neumático disminuye el agarre de este con la carretera, así como también la estabilidad al momento de que el vehículo ingresa a una curva es menor pero aumenta el consumo de combustible.

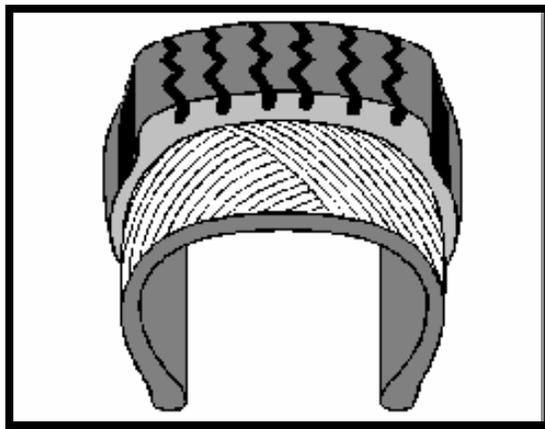


Figura 1.11 Neumático diagonal o convencional

FUENTE MANUAL DE INFORMACIÓN TÉCNICA DE NEUMÁTICOS. DIRECCIÓN DE TRANSPORTE CONAE

1.6.1.2.2 NEUMÁTICOS RADIALES O CINTURADO.

La característica de estos neumáticos es que las capas van ubicadas de ceja a ceja, pero también se adicionan unas capas estabilizadoras en el área de la banda de rodadura, con las cuales se obtiene una mayor estabilidad y soporte de las cargas del neumático.

Este tipo de construcción permite que el neumático sea más suave obteniendo mayor confort, manejabilidad, adherencia a la superficie de rodamiento, tracción, agarre, y contribuye a la reducción del consumo de combustible.

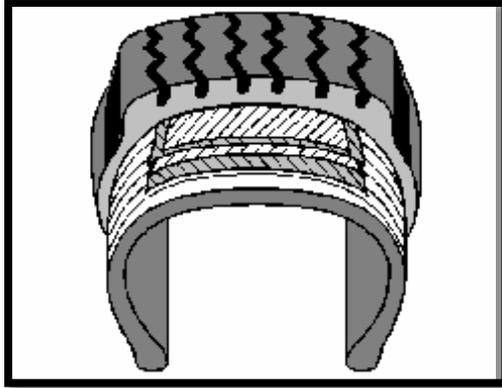


Figura 1.12 Neumático radial o convencional.

FUENTE MANUAL DE INFORMACIÓN TÉCNICA DE NEUMÁTICOS. DIRECCIÓN DE TRANSPORTE CONAE

1.6.1.2.3 NEUMÁTICO DIAGONAL CINTURADO.

Es una combinación de los dos tipos de neumáticos anteriores conservando las mejores características de cada uno, con lo que se da mayor rigidez a la banda de rodadura.

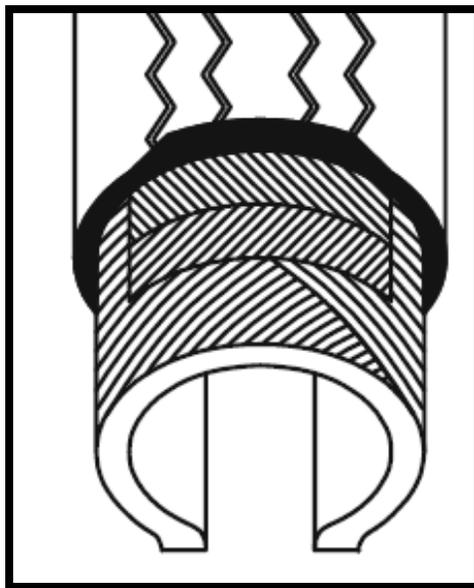


Figura 1.13 Neumático diagonal cinturado.

FUENTE APARICIO, F. (2001).-TEORÍA DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES. SECCIÓN DE PUBLICACIONES DE LA ETSII. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

1.6.1.3 NEUMÁTICOS CON CÁMARA Y SIN CÁMARA (TUBELESS)

Los neumáticos también pueden ser clasificados por su manera de retener el aire de tal manera que existen dos categorías para estos, los neumáticos que tienen una gran capacidad de estanqueidad del aire en su interior son denominados sin cámara o tubeless, mientras que los neumáticos que no tienen gran capacidad de estanqueidad son denominados con cámara debido a que utilizan un tubo en su interior en el cual se retiene el aire, estos tienen un defecto que al sufrir algún tipo de percance el aire se pierde rápidamente, provocando algún accidente o deterioro del vehículo.

Para evitar estos inconvenientes se han desarrollado los neumáticos sin cámara (Tubeless) los cuales presentan los siguientes aspectos:

- ✓ “El interior de la cubierta incorpora una capa de 1 a 2 mm de goma especial muy impermeable.
- ✓ Las llantas de turismos mejoran sus características con un diseño especial tipo Hump que dispone de resaltes en los asientos de talones, para su mejor fijación (figura 1.14).
- ✓ En llantas para camión se utiliza un asiento de talón con inclinación de 15° para mejorar el efecto de acuñamiento de éste (figura 1.15).
- ✓ Poseen válvulas especiales acopladas directamente a la llanta.”¹¹

Los neumáticos sin cámara son hoy en día los más utilizados por las ventajas que presenta en su composición y construcción ya que asegura la permanencia del aire por más tiempo al momento de tener algún percance.

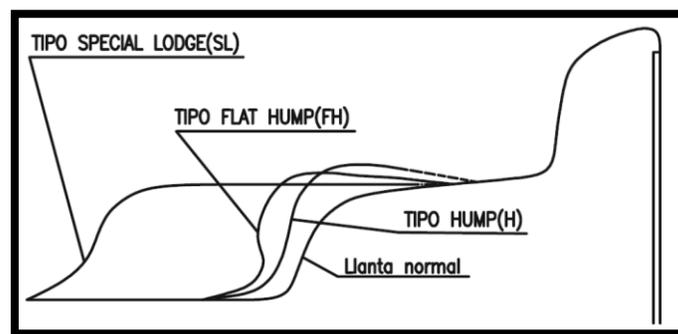


Figura 1.14 Contornos de llantas utilizadas en turismos y camiones ligeros.

FUENTE APARICIO, F. (2001).-TEORÍA DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES. SECCIÓN DE PUBLICACIONES DE LA ETSII. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

¹¹ APARICIO, F. (2001).-Teoría de los Vehículos Automóviles. Sección de publicaciones de la ETSII. Universidad Politécnica de Madrid.

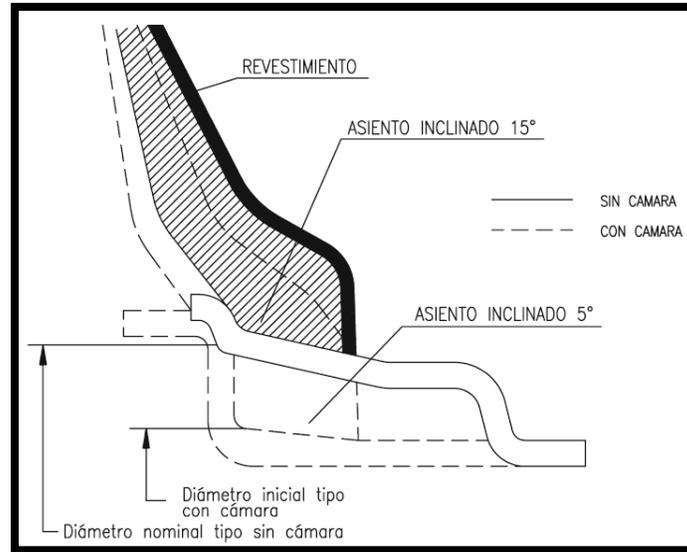


Figura 1.15 Asiento de talones en neumático con cámara y sin cámara.

FUENTE APARICIO, F. (2001).-TEORÍA DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES. SECCIÓN DE PUBLICACIONES DE LA ETSII. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

1.6.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS NEUMÁTICOS.

1.6.3.1 PARÁMETROS FUNDAMENTALES.

A medida que la evolución tecnológica crece y la diversidad de fabricantes aumenta, se han desarrollado varias formas de denominar los diferentes tipos de neumáticos. A continuación, se indica la manera homologada para designarlos.

Los parámetros que se utilizan para designar y caracterizar los neumáticos son de tres tipos los mismos que se los indicara a continuación:

GEOMETRICOS:

Anchura nominal de la sección expresada en mm. (bn). Es el número con el cual el fabricante nos indica el ancho exacto del neumático al ser inflado para ser utilizado.

Diámetro nominal de la llanta (DLL). Se expresa en pulgadas ó mm., y nos indica cual es el diámetro correcto que debe tener la llanta o más conocido como aro en el cual se va a colocar el neumático.

Relación nominal de Aspecto (RNA). Es la razón que existe entre el alto de la sección y el ancho definiéndose así con neumáticos de cámara alta o cámara baja.

En la figura 1.16 se indican las características dimensionales y se puede observar la ubicación de cada una para poder identificarlas e indicar sus medidas.

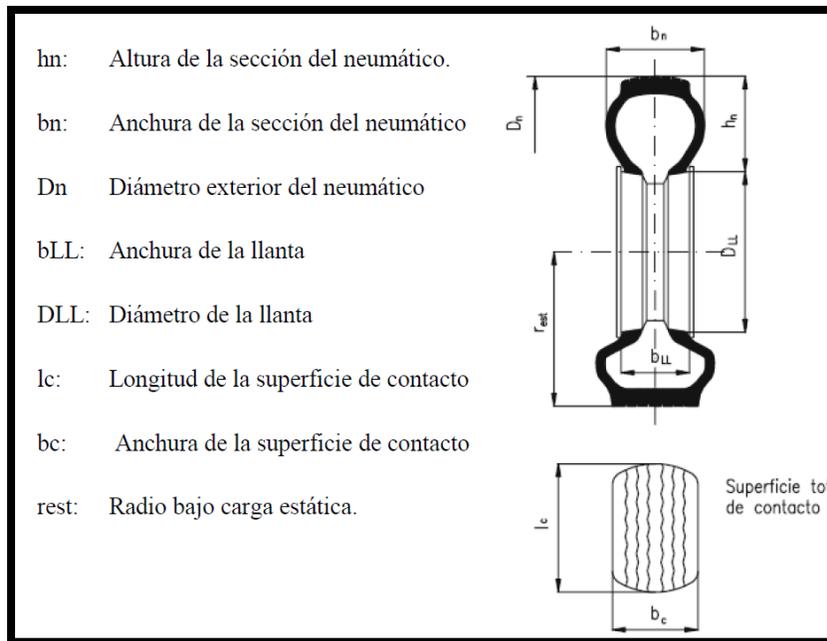


Figura 1.16 Dimensiones de neumático y llanta.

FUENTE APARICIO, F. (2001).-TEORÍA DE LOS VEHÍCULOS AUTOMÓVILES. SECCIÓN DE PUBLICACIONES DE LA ETSII. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

RELATIVOS A LA ESTRUCTURA Y CONSTITUCIÓN DE LOS NEUMÁTICOS:

TIPO DE ESTRUCTURA:

- ✓ Neumáticos de estructura diagonal - sin indicación.
- ✓ Neumáticos de estructura radial - "R" ó "RADIAL".
- ✓ Neumáticos diagonales cinturados - "B" y "BIASBELTED".

UTILIZACIÓN O NO DE CÁMARA:

- ✓ Neumático con cámara - Sin indicación
- ✓ Neumático sin cámara - "TUBELESS".

PARA NEUMÁTICOS REFORZADOS: la palabra "REINFORCED".

RELATIVOS A LAS CONDICIONES DE UTILIZACIÓN:

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN:

- ✓ Neumáticos tipo nieve - M + S, M. S ó M & S, las letras corresponden a las iniciales de "mud and snow", (barro y nieve).

CATEGORÍA DE VELOCIDAD.

Se utiliza una letra para expresar la velocidad máxima, expresada en km/h, fijada por el fabricante para la utilización del neumático.

ÍNDICE DE CAPACIDAD DE CARGA: (n). Es el valor de la carga máxima que el neumático puede soportar.

FECHA DE FABRICACIÓN: Es un número de tres dígitos en el cual se expresa la semana en la que fue fabricado con los dos primeros dígitos y con el ultimo indica el año en el cual c hizo el ultimo almacenamiento de los neumáticos.

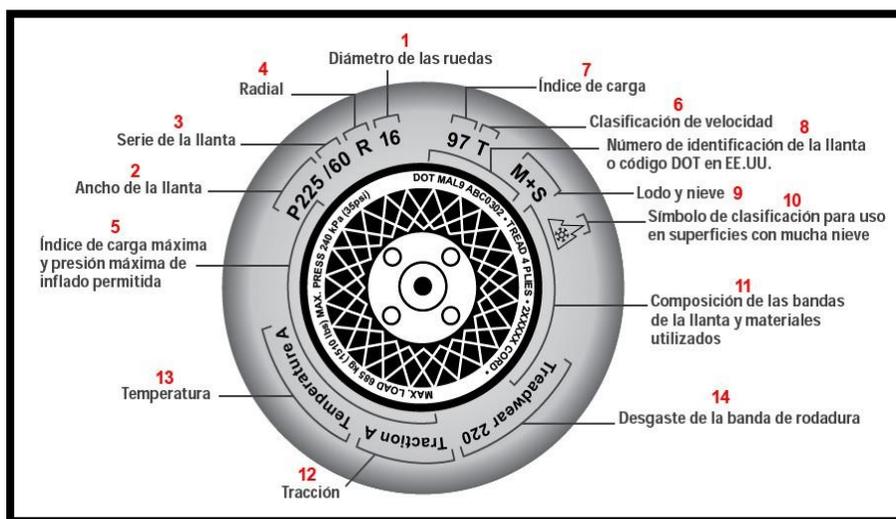


Figura 1.17 Nomenclatura del neumático.

FUENTE [HTTP://WWW.NEUMAMERICA.CL/MAS/CONOZCA-MAS.HTML](http://www.neumamerica.cl/mas/conozca-mas.html)

1.7 TIPOS DE DESGASTE DE LOS NEUMÁTICOS

El desgaste de la banda de rodadura de un neumático debe ser en su totalidad uniforme, notándose así un buen funcionamiento de los diferentes mecanismos que afectan al desgaste, pero pueden presentarse diferentes motivos o circunstancias por las cuales el desgaste de los neumáticos llegue a ser anormal y a su vez provocar diferentes tipos de desgaste de estos los mismos que se describirán más adelante.

Las causas más frecuentes por las que un neumático se desgasta anormalmente se enumeran a continuación.

1. Presiones de inflado incorrectas
2. Llanta, rueda o rotor desequilibrado
3. Problemas de suspensión o alineación
4. Problemas en los frenos
5. Falla o uso incorrecto de las llantas

1.7.1 DESGASTE CENTRAL

Este tipo de desgaste es provocado principalmente por una presión de inflado excesiva, para lo cual es necesario tener en cuenta y respetar las presiones de inflado que el fabricante ya sea del neumático o del vehículo indica, otro motivo para que este fenómeno suceda es el montaje de un neumático sobredimensionado con referencia a el aro o llanta la medida en la cual se exagera es el ancho nominal de la sección del neumático véase Fig. 1.16 y 1.17.



Figura 1.18 Desgaste Central.

FUENTE [HTTP://WWW.MONROE.COM/ES-US/SUPPORT/SYMTOMS/TIRE-WEAR](http://www.monroe.com/ES-US/SUPPORT/SYMTOMS/TIRE-WEAR)

1.7.2 DESGASTE EN LOS COSTADOS DE LA BANDA DE RODAMIENTO

Cuando un neumático presenta este tipo de desgaste es porque el mismo tiene una presión de inflado inferior a la establecida por el fabricante motivo por el cual los costados perderán toda la banda de rodadura mientras que la parte central tendrá mucho mas labrado, pero para que un neumático siga en funcionamiento su desgaste debe ser lo más uniforme posible.



Figura 1.19 Desgaste en un lado de la banda.

FUENTE [HTTP://WWW.MONROE.COM/ES-US/SUPPORT/SYMTOMS/TIRE-WEAR](http://www.monroe.com/ES-US/SUPPORT/SYMTOMS/TIRE-WEAR)

1.7.3 DESGASTE DEL ÁNGULO CAMBER

“Ángulo Camber o ángulo de caída: Es una medida angular que representa la inclinación de la parte superior de las ruedas, hacia fuera (+) o hacia dentro (-), a partir de la vertical, vista desde el frente del vehículo.”¹²

Este fenómeno depende de la alineación vertical del neumático con referencia al plano de la superficie de contacto, si la alineación es correcta los motivos para el desgaste pueden ser causado por un resorte débil, roto o incorrecto. Si la alineación del ángulo camber es negativa en exceso causa un desgaste del borde interior. Si la alineación del ángulo camber es positiva en exceso causa un desgaste del borde exterior.



Figura 1.20 Desgaste del ángulo camber.

FUENTE [HTTP://WWW.MONROE.COM/ES-US/SUPPORT/SYMTOMS/TIRE-WEAR](http://www.monroe.com/es-US/support/symptoms/tire-wear)

1.7.4 DESGASTE EN FORMA DE ESCAMAS POR ALTA VELOCIDAD

Puede ser causado por una conducción inadecuada. Sus causas pueden ser que las varillas de extremo de la barra estabilizadora y los resortes están desgastados.



Figura 1.21 Desgaste en forma de escamas.

FUENTE [HTTP://WWW.MONROE.COM/ES-US/SUPPORT/SYMTOMS/TIRE-WEAR](http://www.monroe.com/es-US/support/symptoms/tire-wear)

¹² <http://automecanico.com/auto2029/susp7.html>

1.7.5 DESGASTE POR CONVERGENCIA O DIVERGENCIA

Se produce cuando el neumático no está alineado paralelamente a la línea central del vehículo, la rueda puede estar orientada "convergentemente" o "divergentemente". Una convergencia o divergencia excesiva causa un patrón de desgaste en forma de "dientes de sierra" en la superficie de la banda de rodamiento.



Figura 1.22 Desgaste por convergencia y divergencia.

FUENTE [HTTP://WWW.MONROE.COM/ES-US/SUPPORT/SYMP TOMS/TIRE-WEAR](http://www.monroe.com/ES-US/SUPPORT/SYMP TOMS/TIRE-WEAR)

1.7.6 DESGASTE EN FORMA DE COPAS

Se produce por piezas de la suspensión flojas, desgastadas o a veces dobladas. Los amortiguadores desgastados o los aros / rotores de freno desequilibrados también pueden causar desgaste en forma de copas.



Figura 1.23 Desgaste en forma de copas.

FUENTE [HTTP://WWW.MONROE.COM/ES-US/SUPPORT/SYMP TOMS/TIRE-WEAR](http://www.monroe.com/ES-US/SUPPORT/SYMP TOMS/TIRE-WEAR)

1.7.7 RESBALAMIENTO DE LOS FRENOS / DESGASTE DE LOS PUNTOS PLANOS

Esto ocurre como resultado de que los frenos se bloquean debido a un malfuncionamiento de los mismos o a que el conductor aplica agresivamente los frenos en una situación de emergencia. El desgaste de las superficies planas también puede ocurrir si el neumático ha descansado sobre aceite, combustible o productos químicos.



Figura 1.24 Resbalamiento de frenos.

FUENTE [HTTP://WWW.MONROE.COM/ES-US/SUPPORT/SYMTOMS/TIRE-WEAR](http://www.monroe.com/es-US/support/symptoms/tire-wear)

CAPÍTULO II

DISEÑO DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO DE MEDICIÓN

2. DISEÑO DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO DE MEDICIÓN

En base a lo establecido en el capítulo anterior, se conoció y determinó el problema sobre el control del estado de la banda de rodadura de los neumáticos, el mismo que hasta el momento se lo realiza de una manera muy artesanal, siendo esta visual y manualmente.

En base a la tecnología disponible en el medio, se hará un dispositivo que realice la medición de la banda de rodadura de una manera eficaz y confiable, para lo cual se ha considerado realizar una metodología de diseño apropiada, buscando así la mejor solución al problema en mención.

A través de esta metodología se seguirá una secuencia de conceptos y definiciones que nos llevarán a elegir y determinar el mejor diseño del dispositivo, el mismo que cumplirá con los requerimientos estableciendo las características de diseño en base a las necesidades del cliente.

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la herramienta que se encuentra en el mercado nacional para la medición de la banda de rodadura de un neumático, es un calibrador (ver figura 2.1) el mismo que se lo utiliza de forma manual y mecánica teniendo un rango de error amplio, dependiendo de cómo el operario lo utilice y lo interprete los resultados obtenidos.



Figura 2.1 Medición con calibrador.

FUENTE: LOS AUTORES

Otra manera de realizar la medición es de una forma visual por parte de los operarios en los distintos centros de revisión vehicular y en otros lugares donde se realizan los controles de desgaste de neumáticos, teniendo como única referencia en este método a los testigos de desgaste que vienen incorporados en el neumático. El rango de error obtenido en esta forma, también es considerablemente alto debido a la percepción visual de cada operario al momento de interpretar los resultados.

Es necesario también mencionar que en algunas escuelas de capacitación para choferes profesionales y no profesionales, el método que se les indica para el control del estado de las bandas de rodadura de un neumático es aún más artesanal, ya que se realiza con la utilización de una moneda de 1 centavo (ver figura 2.2), en la que dependiendo de la cantidad que esta se introduzca en el neumático, se determina el estado de la misma.



Figura 2.2 Medición con una moneda.

FUENTE: LOS AUTORES

Debido a las razones que acabamos de mencionar y por la definición del problema planteado inicialmente, se ha considerado realizar el diseño de un dispositivo electrónico para la medición de la banda de rodadura de un neumático, con el que podremos obtener resultados más confiables que los descritos ya que este dispositivo funcionará en base a la obtención y procesamiento de datos obtenidos “in situ”, siendo estos más eficaces, eficientes y confiables

2.2 IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Los posibles potenciales clientes de este dispositivo, serán los operarios de los centros de revisión vehicular y cualquier otro lugar de control del estado de la goma como terminales terrestres, siendo estos los sitios oficiales para la inspección, garantizando el uso y el mantenimiento correcto de los neumáticos.

Otros posibles clientes son los agentes de tránsito, los mismos que podrían ocupar el dispositivo en los respectivos controles planificados o no, en las vías de la provincia, garantizando así que los vehículos que transitan dentro de nuestra provincia cuenten con unos neumáticos en buen estado.

2.2.1 REQUERIMIENTOS Y EXPECTATIVAS

Para determinar los requerimientos y expectativas de los posibles usuarios del dispositivo electrónico, se determinó realizar entrevistas, para tener una idea más amplia de las necesidades de los mismos.

Las entrevistas se las realizaron a los operarios de los centros de revisión vehicular y de los distintos lugares donde se realiza el control de neumáticos como por ejemplo terminales terrestres. Para determinar la principal necesidad de los usuarios se realizaron 30 entrevistas entre operarios, jefes de los centros de revisión y propietarios de los vehículos.

Las preguntas que se plantearon estaban enfocadas a la manera en la que se realiza el control del estado de los neumáticos y las herramientas utilizadas para dicho proceso, y entre algunas de ellas, podemos citar las siguientes: ¿Está Ud. de acuerdo en la manera que se realiza el control del estado de los neumáticos?, ¿Le interesaría que se realice un control automatizado en el control del estado de los neumáticos? (véase anexo 1 y 2)

Las preguntas citadas nos darán a conocer si los usuarios o propietarios de vehículos están de acuerdo con la manera de realizar la revisión de los neumáticos, también nos ayudara a verificar si el dispositivo de medición automática de la banda de rodadura de los neumáticos tendrá una buena acogida al momento de empezar su funcionamiento.

Del análisis de las respuestas obtenidas se determinó las principales necesidades y a su vez se planteó los requerimientos adecuados para poder satisfacer cada una de las necesidades del cliente.

En la siguiente tabla se puede observar las necesidades y requerimientos más relevantes:

Necesidad	Requerimiento
Realizar un control más técnico en el estado de la banda de rodadura de los neumáticos.	Implementar un dispositivo tecnológico para realizar las mediciones.
No ocupar mucho tiempo en realizar la medición.	Automatizar el control de estado de los neumáticos.
Eficacia y confiabilidad en la apreciación de resultados obtenidos.	Minimizar el margen de error en la apreciación de resultados a través del dispositivo con mediciones precisas y confiables.
El dispositivo podrá medir cualquier tipo de dibujo en la banda de rodadura.	Facilidad de medición.
El dispositivo podrá ser operado por una sola persona.	Facilidad de operación.
El dispositivo se podrá adaptar a las dimensiones en donde sea utilizado.	Dispositivo ergonómico que se adapte a cualquier necesidad. .

Tabla 2.1 Requerimientos y necesidades.

FUENTE LOS AUTORES.

También se ha realizado un trabajo de campo, que consistió en realizar entrevistas y conversaciones con empleados de los centros de revisión vehicular, así como también con algunos propietarios de los vehículos, en donde se ha comprobado y verificado los distintos métodos utilizados en el control del estado de la banda de rodadura de los neumáticos, el mismo que se lo realiza de una manera tanto mecánica como manual. Este último tuvo un margen de error considerable debido a que cada operario considera los resultados obtenidos en base a una apreciación visual y a la herramienta utilizada en dicha tarea (ver figura 2.3).



Figura 2.3 Método de medición

FUENTE: LOS AUTORES

Después de realizar las entrevistas a los posibles clientes y del trabajo de campo, se llegó a obtener y determinar que las principales necesidades mencionadas anteriormente, por lo que nuestro trabajo debe enfocarse y concentrarse en los puntos más relevantes con el objetivo de cumplir con las principales necesidades los mismos que se pueden apreciar a continuación en un listado:

- Realización de un control técnico en el proceso de medición de la banda de rodadura.
- Disminuir el tiempo de medición.
- Mejor apreciación de resultados.
- Dispositivo de medición universal (cualquier tipo de dibujo de la banda de rodadura).
- Dispositivo de fácil manejo.

Las mediciones realizadas manualmente, en su mayoría, causan malas interpretaciones o disgustos por parte de los propietarios de los vehículos debido al margen de error existente entre la apreciación entre uno y otro. Por este motivo se ve la necesidad de automatizar el control del estado de la banda de rodadura, obteniendo así datos más precisos y confiables, cumpliendo en su mayoría las necesidades de los clientes.

2.2.2 TRADUCCIÓN DE LAS NECESIDADES EN TÉRMINOS MEDIBLES (MENSURABLES)

Los requerimientos deben ser llevados a términos cuantificables o medibles (*mensurables, aplicando el anglicismos que es más común*) ya que estos son de gran importancia en la ingeniería, de tal manera puede ser asociado directamente con una unidad de medida, así como también servirán de punto de inicio para la selección de materiales, elementos electrónicos y generación de conceptos o ideas que ayuden a satisfacer cada uno de los requerimientos.

A continuación en la tabla 2.2 se pueden apreciar los requerimientos y su traducción en términos *mensurables*, teniendo en cuenta que algunos no pueden ser asociados directamente. Por tal motivo, estos tendrán un significado explícito, teniendo una referencia específica a la actividad que desempeñará el dispositivo.

	Requerimientos Técnicos	Mensurables
1	Automatizar el control del estado de los neumáticos.	Realizar la medición de una manera automática.
2	Tiempo mínimo para realizar la medición.	Tiempo de medida aproximado 25 seg.
3	Minimizar el margen de error en la apreciación de resultados.	Rangos de medida mínima de 1,6 mm.
4	Facilidad de medición.	Sistema de medición en todo tipo de neumático.
5	Facilidad de operación.	Equipo de fácil manejo.
6	Medidas apropiadas.	Dispositivo ligero y de fácil traslado.

Tabla 2.2 Traducción de necesidades en términos mensurables.

FUENTE: LOS AUTORES.

En la tabla anterior, el tercer requerimiento nos indica que es necesario reducir el margen de error en la apreciación de resultados, por lo que está sustentado en un reglamento establecido por la norma INEN 011-2006, en la cual nos indica la medida mínima de desgaste que debe tener la banda de rodadura de un neumático y a su vez nos dice: *“Los indicadores de desgaste de la banda de rodamiento deben permitir advertir visualmente cuando la profundidad de las cavidades o estrías correspondientes a la banda de rodamiento se hayan reducido a 1,6 mm, con una tolerancia de (+0,6/-0,0 mm)”*¹³

2.2.3 MATRIZ NECESIDADES-MÉTRICAS

Con los requerimientos ya establecidos, se puede observar en la tabla 2.3 una relación entre las necesidades y términos mensurables de la ingeniería, de donde se podrá definir el rendimiento relativo del dispositivo y el grado de satisfacción del cliente con el producto.

Para establecer la relación de cada necesidad con los términos mesurables, se ha realizado una tabla en forma de coordenadas, en la cual se podrá verificar la debida relación entre las necesidades de los clientes y cada término medible, con lo que se podrá considerar que el dispositivo posea las mejores características en el cumplimiento de las principales necesidades. Por lo tanto, es necesario hacer que el dispositivo posea un buen desempeño y así garantizar la automatización en el proceso de medida de la banda de rodadura de un neumático, dando mayor confianza y eficiencia en los resultados obtenidos.

¹³ Reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 011 para neumáticos. (5.2.2). (5.2.2.1). Literal d.

También se ha podido observar que el dispositivo tendría gran acogida por parte de los clientes, debido a que cumple con los requerimientos principales para realizar un control adecuado del estado de la banda de rodadura de un neumático, por ende nuestro dispositivo electrónico podría ser la primera herramienta automática de medida para realizar un control del estado de la banda de rodadura de un neumático.

Métricas Necesidades	Automatizar el control del estado de los neumáticos.	Tiempo de medida aproximado 25 seg.	Rangos de medida mínima de 1,6 mm	Sistema de medición en todo tipo de neumático.	Equipo de fácil manejo.	Dispositivo ligero y de fácil traslado.
Realizar un control más técnico en el estado de la banda de rodadura de los neumáticos.	X	X	X	X		
No ocupar mucho tiempo en realizar la medición.		X		X	X	
Eficacia y confiabilidad en la apreciación de resultados obtenidos			X			
El dispositivo podrá medir cualquier tipo de dibujo en la banda de rodadura.				X		
El dispositivo podrá ser operado por una sola persona.					X	
El dispositivo se podrá adaptar a las dimensiones en donde sea utilizado.						X

Tabla 2.3 Matriz necesidades-métricas

FUENTE: LOS AUTORES.

2.3 ESTUDIO COMPARATIVO

Con los términos de ingeniería establecidos, se investigará cuáles son las tecnologías más adecuadas para la construcción del dispositivo, de igual manera se verificó si en el mercado nacional existe algún sistema automático de medición del estado de la banda de rodadura.

Dentro del mercado nacional no existe ningún dispositivo o herramienta que pueda realizar una medida de forma automática, debido a que en los lugares donde se controla el estado de los neumáticos y en los centros de revisión técnica vehicular cuentan únicamente con herramientas de medición mecánica, manual y visual, por ende las herramientas más utilizadas y de mayor precisión hasta la actualidad son los calibradores véase la figura 2.4, ya que también se verificó otra manera muy artesanal de controlar el estado de las bandas de rodadura de los neumáticos, siendo esta con la utilización de una moneda, y determinando así el desgaste del neumático.



Figura 2.4 Uso del Calibrador para medir la banda de rodadura.

FUENTE: LOS AUTORES



Figura 2.5 Uso de una moneda para medir la banda de rodadura.

FUENTE LOS AUTORES.

Por lo cual, y al ser nuestro dispositivo el primero en automatizar el sistema de medición de la banda de rodadura, se procederá a utilizar todos los avances tecnológicos, así como también los dispositivos electrónicos que sean necesarios, para dar una mayor eficiencia y garantía en el sistema de medición realizado en los centros de revisión vehicular, y en los diferentes centros de control de neumáticos.

Una vez identificados los dispositivos de medida utilizados y las tecnologías disponibles para mejorar el sistema de control se empezará a determinar las características más idóneas para el diseño del dispositivo electrónico de medida.

2.4 GENERACIÓN DE OPCIONES

Para determinar una opción que satisfaga las necesidades del cliente, se considerará los requerimientos planteados anteriormente los mismos que a su vez nos llevarán a cumplir el objetivo planteado en el proyecto mediante el correcto funcionamiento del dispositivo electrónico, para lo cual se determinará las funciones que debe de cumplir dicho dispositivo.

2.4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUNCIONES DEL DISPOSITIVO

Para la identificación de las funciones que el dispositivo debe cumplir y satisfacer las necesidades del cliente, se realizó un árbol de ideas en donde se especifica la función principal y en base a ella las respectivas funciones primarias y secundarias del dispositivo.

Dicho árbol de ideas se representa a continuación:

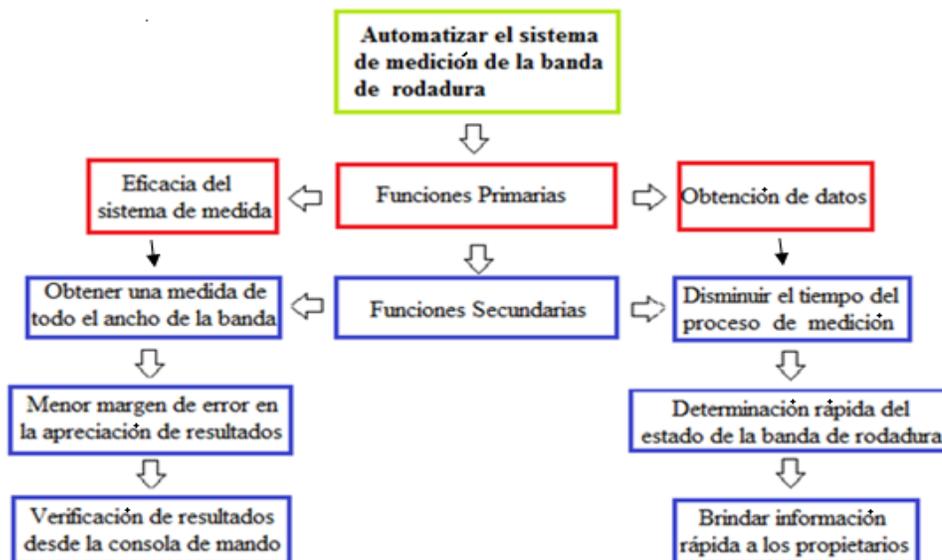


Figura 2.6 Proceso de las funciones del dispositivo

FUENTE: LOS AUTORES.

Como se puede ver en el árbol de ideas, en función de la idea principal se han generado otras funciones auxiliares, las mismas que nos servirán para la generación de conceptos y de esta manera elegir el mejor para la satisfacción de los clientes.

A continuación se muestra en la tabla 2.4 y 2.5 las opciones que se proponen para cada una de las funciones, para luego de analizarlas se elegirá la mejor en base a las necesidades y requerimientos mencionados por los clientes.

Funciones Opciones	Eficiencia de medida.	Medición total.	Menor margen de error.	Verificación de resultados.
A	Visión Artificial.	Cámara.	Procesamiento de imágenes.	Patrones Establecidos.
B	Sistema Infrarrojo.	Desplazamiento por medio de motores.	Recepción de señal infrarrojo.	Patrones Establecidos.
C	Sistema de luz Láser.	Desplazamiento por medio de motores.	Recepción de señal láser.	Patrones Establecidos.
D	Sistema Láser.	Desplazamiento mediante sistema electro-mecánico	Recepción de señal láser	Determinación mediante una media aritmética.

Tabla 2.4 Conceptos para la primera Función Primaria.

FUENTE LOS AUTORES.

Como se puede observar en la tabla anterior se han determinado opciones en base a la primera función, los mismos que tienen similitud entre ellos para cumplir con las características o funciones requeridas por parte de los clientes, para que el dispositivo desempeñe un buen funcionamiento al realizar las medidas correspondientes.

Opciones \ Funciones	Obtención de datos.	Tiempo del proceso.	Determinación de resultados.	Información.
A	Fotos.	Alto.	Procesamiento de imágenes.	Confiable.
B	As de luz infrarroja.	Alto.	Recepción de señal infrarroja.	Poco confiable
C	As de luz láser.	Bajo	Recepción de señal láser.	Confiable.
D	Luz láser.	.Bajo	Recepción de señal láser.	Confiable.

Tabla 2.5 Conceptos para la segunda Función Primaria.

FUENTE LOS AUTORES.

Con la finalidad de cumplir al máximo con las necesidades de los clientes y en base a la segunda función primaria, las opciones generadas se van acercando de mejor manera a un buen funcionamiento del dispositivo, de esta manera, las necesidades y requerimientos más elementales son considerados en la elección de la mejor opción.

Las dos últimas opciones son muy parecidas, pero en realidad existe una gran diferencia la misma que se puede apreciar en la tabla 2.5. Dicha diferencia está en el método de desplazamiento y el proceso de la interpretación de resultados.

2.4.2 FILTRADO DE OPCIONES PROPUESTAS

Con las opciones ya generadas en base a cada una de las funciones, se hará una evaluación de cada una de ellas considerando los requerimientos y de tal manera, se procederá a elegir la que cumpla y tenga las mejores características, para garantizar el buen funcionamiento del dispositivo, dándose así una automatización del control de medida de la banda de rodadura de los neumáticos exitosa y confiable en la obtención de los resultados.

“La evaluación de opciones se usa cuando una mayor resolución va a lograr una mejor diferencia entre opciones que compiten. Las evaluaciones de las opciones están determinadas por la suma

ponderada de las calificaciones. Al describir el proceso de evaluación de opciones, nos concentramos en las diferencias con respecto al filtrado de opciones.”¹⁴

“El filtrado de opciones se basa en un método llamado matriz de selección de conceptos de Pugh, cuya finalidad es reducir rápidamente el número de opciones y mejorarlos.”¹⁵

Se evaluará cada uno de los conceptos dándoles un puntaje a cada función que cumpla, para facilitar la evaluación de los conceptos se considerará una escala muy fina de 1 a 3, siendo 1 la calificación más baja y representa que dicha opción no cumple con cierta función, y 3 será la calificación más alta garantizando el cumplimiento de dicha función.

En la siguiente tabla se puede observar las calificaciones con sus respectivas equivalencias, las mismas que serán utilizadas en la evaluación de las diferentes opciones de diseño, dándose así las diferentes calificaciones en base al cumplimiento de cada función por parte de las opciones generadas.

Desempeño relativo.	Calificación.
Muy bueno aceptable.	3
Medio aceptable.	2
Poco aceptable.	1

Tabla 2.6 Escala de puntajes.

FUENTE LOS AUTORES.

En la tabla 2.7 se puede apreciar la evaluación de cada uno de las opciones generadas para realizar la medida de la banda de rodadura de un neumático, las mismas que se caracterizan por tener el mismo principio de funcionamiento, pero que a la vez cada una de ellas presentan mínimas diferencias en sus características, haciendo que cada opción generada sea mejor que su antecesor, por lo que se debe considerar el puntaje más alto para la elección de la opción más idónea y por ende proceder a su respectiva construcción posteriormente.

¹⁴ KARL T. Ulrich.- Diseño y desarrollo de productos. Quinta edición.

¹⁵ KARL T. Ulrich.- Diseño y desarrollo de productos. Quinta edición.

	Eficacia de medida			
Criterio de evaluación	Visión Artificial	Sistema de luz infrarroja	Sistema de luz láser	Sistema laser
Disponibilidad tecnológica.	3	3	3	3
Tamaño del dispositivo.	2	3	3	3
Funcionalidad.	2	1	3	3
Movilidad del dispositivo.	2	2	2	3
Programación.	2	3	3	3
Mantenimiento.	2	2	2	2,8
Promedio	2,17	2,33	2,67	2,97

Tabla 2.7 Evaluación de conceptos para la primera función primaria.

FUENTE LOS AUTORES.

Del análisis realizado en la tabla 2.8, se puede apreciar que el mejor sistema para la realización de la medida de la banda de rodadura, es el sistema láser ya que este da mayor confiabilidad y facilidad en la programación, también es uno de las opciones más idóneas en cuanto a su tamaño y facilidad de traslado de un lugar a otro cuando se lo necesite, de tal manera este cumple mayormente las necesidades del cliente.

En conclusión el sistema láser es la opción más óptima para el cumplimiento de nuestras expectativas y objetivos al término del proyecto en proceso, ya que en base a lo planificado, esta opción nos ayuda de mejor manera a realizar una medida automática de la banda de rodadura de un neumático, dicha opción podrá ser utilizada en cualquier tipo de neumático ya sea en vehículos de transporte público así como también en los vehículos de turismo.

Debido a que el principal objetivo de nuestro proyecto es realizar la medida de la banda de rodadura en vehículos pesados de transporte de pasajeros, la mayoría de pruebas se las realizará en dichos vehículos, pero también una pequeña cantidad de pruebas se las realizará en vehículos de turismo, demostrando así que el dispositivo cumple totalmente las necesidades de los clientes, y que el mismo podrá ser utilizado en cualquier momento y para cualquier tipo de neumático, sin importar su tamaño ni tipo de dibujo de la banda de rodadura.

A continuación en la tabla 2.8 evalúa la segunda función primaria, y al complementarse con la primera función cumplirá con la mayoría de las necesidades de los clientes, con lo que el dispositivo electrónico tendrá un buen funcionamiento al realizar el proceso de medición.

	Obtención de datos			
	Fotografías	Haz de luz infrarroja	Haz de luz láser	Luz laser
Disponibilidad tecnológica.	3	3	3	3
Tamaño del dispositivo.	2	2	2	3
Funcionalidad.	2	2	3	3
Movilidad del dispositivo.	3	2	3	3
Programación.	2	3	3	3
Mantenimiento.	2	3	3	3
Promedio	2,33	2,50	2,83	3,00

Tabla 2.8 Evaluación de conceptos de la segunda función primaria.

FUENTE LOS AUTORES.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la segunda función primaria, nos dan a conocer que la mejor manera de procesar los resultados requeridos en la medición de la banda de rodadura es por medio de la recepción de la señal láser, ya que es una manera más confiable y fácil de procesar la información que se tenga al momento de realizar la medida de desgaste de la banda de rodadura de un neumático.

Una vez analizadas las opciones, para cada una de las funciones generadas, se puede optar por la de mejor puntaje, ya que esta nos dará una guía para generar la opción ganadora y así satisfacer las necesidades de los clientes, cabe mencionar que es muy considerable hacer una combinación de opciones mejorando así el diseño del dispositivo, proporcionando una mayor confianza y eficiencia en el funcionamiento.

2.5 EVALUACIÓN DE LAS OPCIONES PROPUESTAS Y ELECCIÓN DE LA OPCIÓN GANADORA.

De las opciones generadas, se puede hacer una combinación de funciones, para elegir y hacer un diseño de dispositivo que cumpla en un 100% las necesidades y requerimientos de los clientes,

De acuerdo a las evaluaciones, necesidades y requerimientos se determinó que dos de las opciones generadas cumplen y brindan la debida confianza en la automatización del proceso de medida de la banda de rodadura de un neumático, por lo que a continuación se explicará y se dará a conocer cada una de las opciones más idóneas para su respectivo proceso de construcción más adelante.

Cabe recalcar que en las descripciones siguientes las opciones elegidas serán renombradas como conceptos, ya que cada una de estas serán desarrolladas con mayor amplitud.

2.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PRIMER CONCEPTO IDÓNEO.

El primer concepto idóneo para la construcción del dispositivo electrónico de medida, será explicado en un bosquejo preliminar en donde se observará su disposición de elementos y se podrá apreciar las medidas finales de dicho dispositivo, cuando ya estén todos los elementos debidamente en su lugar correspondiente.

El funcionamiento del mismo también se lo hará de una manera muy rápida, dándose a conocer las funciones de cada elemento rápidamente. En la figura 2.7 se puede apreciar la disposición de los elementos, de uno de los conceptos que cumple con la mayor cantidad de necesidades y requerimientos, de tal manera se puede garantizar la eficiencia y confiabilidad en el funcionamiento del dispositivo electrónico de medida.

Este concepto tiene un mecanismo de desplazamiento accionado por servo motores los mismos que serán los encargados de trasladar al sensor láser y al receptor de luz láser por todo el ancho del neumático, para lo cual es necesario realizar una carcasa de alojamiento como se puede observar en la figura 2.7, la misma que es ligera pero a su vez tiene un inconveniente por su tamaño en el momento de transportarla de un lugar a otro.

En la figura 2.7 la carcasa de alojamiento esta de color negro, los motores paso a paso para el desplazamiento del sensor son representados de color azul, y el sensor con su respectivo receptor está representado de color rojo.

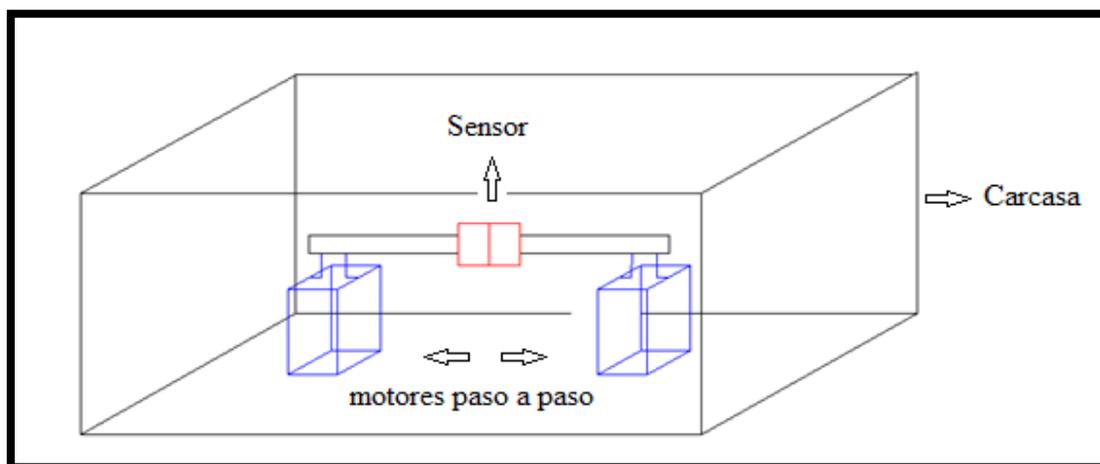


Figura 2.7 Perspectiva del dispositivo

FUENTE LOS AUTORES

También se puede observar en la figura 2.8 la estructura y disposición de cada uno de los elementos del diseño conceptual basados en la mejor opción para automatizar el método de medición y control del estado de la banda de rodadura de los neumáticos. En esta figura se puede apreciar que es necesario un buen espacio de alojamiento para los elementos y que los mismos puedan desplazarse correctamente en el proceso de medición automática.

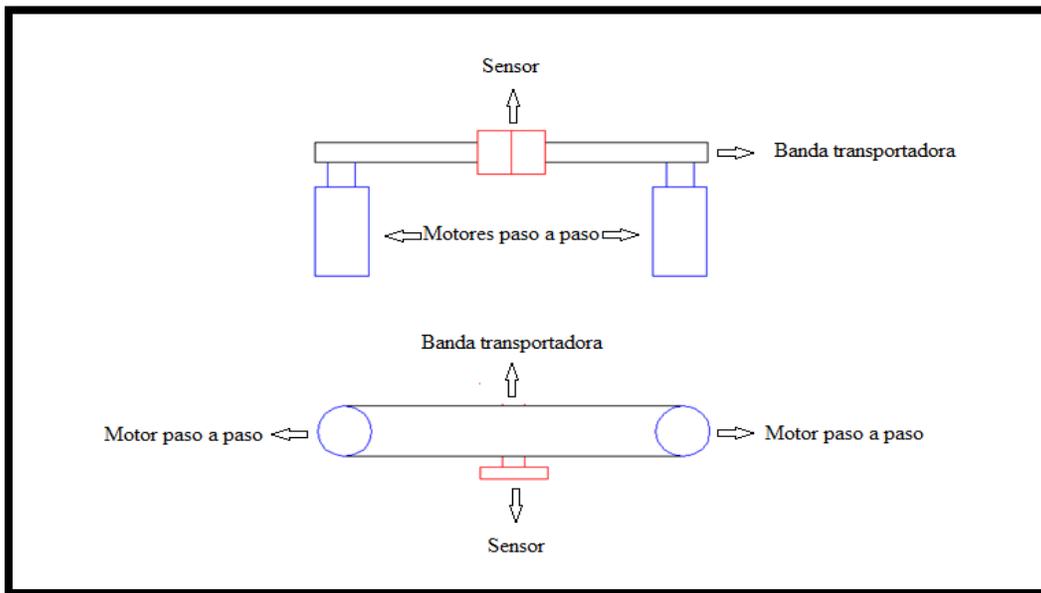


Figura 2.8 Vista frontal y superior del diseño conceptual.

FUENTE LOS AUTORES

En las figuras anteriores se observa un diseño conceptual, con el cual se pretende automatizar el proceso de medición de la banda de rodadura de un neumático, pero dicho concepto generado presenta ciertos inconvenientes que podrían ser causantes de una desaprobación del dispositivo por parte de los posibles clientes,

Las ventajas de este diseño son las siguientes:

- Eficiencia en el proceso de medida.
- Menor margen de error.
- Facilidad de uso.
- Confiabilidad en los resultados obtenidos.

También presenta ciertas desventajas que son:

- Mayor costo de ciertos elementos.
- Dificultad de traslado.
- Desplazamiento del sensor láser.
- Sensibilidad de elementos.

2.5.2 DESCRIPCIÓN DEL SEGUNDO CONCEPTO IDÓNEO.

El siguiente diseño conceptual, tendrá como base el principio de funcionamiento del concepto anterior, pero con ciertas modificaciones el diseño anterior,

A continuación, el diseño conceptual con mayor cumplimiento en las necesidades de los clientes, lo explicaremos de una manera esquemática, cómo funciona y la manera de obtención de datos para dar una buena eficiencia en los resultados obtenidos.

En la figura 2.9, se observa un esquema del segundo diseño conceptual idóneo, en donde se puede determinar los elementos a utilizarse y las señales que servirán para la realización del proceso de medida en base a la programación establecida.

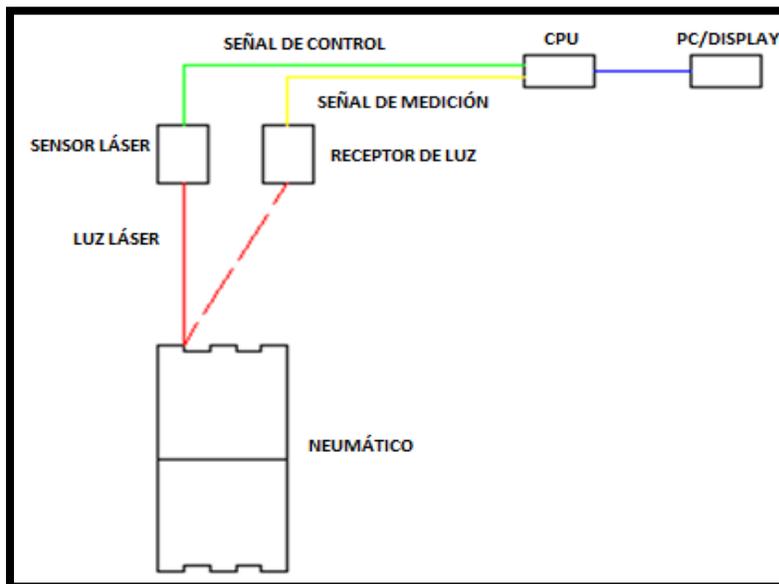


Figura 2.9 Esquema de funcionamiento del sistema láser.

FUENTE LOS AUTORES.

Se observa en la figura 2.9 la constitución del dispositivo electrónico, y el funcionamiento del mismo, el cual se basa en la utilización de una señal emitida por un láser, la misma que será procesada para determinar el estado de la banda de rodadura.

A continuación se explica brevemente el funcionamiento del dispositivo:

El sensor láser emite una luz mediante una señal de control entregada por la CPU del dispositivo, la misma que rebotará en el neumático y será capturada por el sensor de recepción, esta convertirá en una señal de medida que se enviará a la CPU en donde se la procesa mediante un

lenguaje de programación teniendo como base a una función lineal ($y = Ax + B$), para luego determinar el estado de la banda de rodadura de un neumático, siendo los resultados obtenidos mostrados en una PC o un Display denotando si el estado del neumático es bueno o malo.

Es importante mencionar que el sensor láser y el sensor de recepción es uno solo, y que por motivos de explicación se los ha mencionado por separado en la figura 2.10 se puede apreciar un diagrama de bloques que ayudan a explicar de otra manera el funcionamiento antes mencionado del dispositivo electrónico.

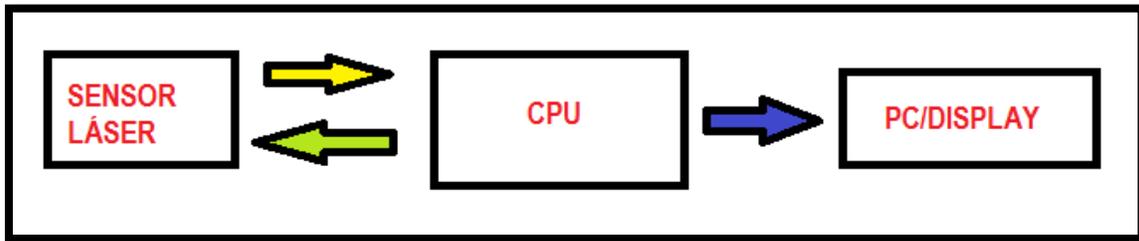


Figura 2.10 Diagrama de bloques del funcionamiento.

FUENTE LOS AUTORES.

Para realizar la medida completa de todo el ancho de la banda de rodadura se utilizará un sistema de espejos, los mismos que harán que la luz láser se desplace de un lado a otro dentro de la banda de rodadura.

Este diseño conceptual tiene mejores características de funcionamiento las mismas que nos dan algunas ventajas y mejoras con respecto al diseño anterior, por lo que es necesario e importante mencionarlas:

- Mayor eficiencia de medida.
- Menor margen de error en la apreciación de resultados.
- Fácil mantenimiento.
- Facilidad de uso para el operario.
- Movilidad del sistema.
- Facilidad de traslado.
- Medidas del dispositivo más considerables.
- Realiza la medida en cualquier tipo de neumático sin importar el dibujo de la banda de rodadura.

Desventajas del segundo diseño conceptual idóneo:

- Sensibilidad de los elementos electrónicos.
- Elevado costo de ciertos elementos.

2.6 ELECCIÓN DEL CONCEPTO GANADOR.

Para determinar el concepto ganador correcto se debe de evaluar nuevamente los dos conceptos más idóneos descritos anteriormente.

Esta evaluación de los conceptos se presenta en la tabla 2.10, son muy similares ya que la gran parte de sus componentes son los mismos, pero presentan ciertas diferencias en el funcionamiento del dispositivo, por lo que hace que el uno tenga mejores características que el otro.

La principal diferencia de los conceptos se da en el sistema de movilidad para la realización de la medida a lo ancho del neumático, por tal motivo uno de ellos es más eficiente, ya que dicho movimiento influye considerablemente en la adquisición de datos para realizar la medida y determinar los resultados.

Es importante mencionar y explicar que en la siguiente tabla, el nombre de los conceptos utilizan palabras similares debido a que en los dos, el elemento que actúa sobre la banda de rodadura del neumático es un láser, pero el uno se diferencia del otro por la manera de hacer desplazar este elemento en el momento de realizar la medición, por tal motivo en el sistema de luz láser la forma de realizar el desplazamiento de dicho elemento se lo realizará de una manera electromecánica con lo cual todo el elemento se moviliza para conseguir la medición de todo el ancho de la banda de rodadura, en cambio en el sistema láser la forma de realizar el desplazamiento es mediante un sistema de espejos inmersos dentro del mismo elemento, por lo que en este caso sólo se moviliza la luz y no todo el elemento láser como en el otro concepto.

Concepto	Sistema de luz láser	Sistema laser
Criterio.		
Funcionalidad.	3	3
Dimensiones de la estructura.	1	2
Facilidad de operación.	2	3
Movilidad del sistema.	1	3
Procesamiento de datos.	2	3
Programación.	2	2
Apreciación de resultados	3	3
Promedio.	2	2.71

Tabla 2.9 Evaluación hipotética de conceptos idóneos.

FUENTE LOS AUTORES.

En la tabla 2.10 se puede observar los puntajes obtenidos por cada uno de los conceptos idóneos para la construcción del dispositivo electrónico, como los dos conceptos son muy similares se aprecia que la variación en la puntuación es mínima, ya que el uno presenta mejores características en la movilidad, dimensiones y procesamiento de datos lo cual hace que cumpla de mejor manera las necesidades de los clientes.

Los puntajes establecidos y dados a cada uno de los conceptos idóneos, son considerados como hipotéticos debido a que son los valores a los cuales se pretende llegar luego de terminada la construcción del dispositivo electrónico de medición, con lo cual se determinará que el funcionamiento del mismo es bueno y satisfactorio al realizar las respectivas medidas de la banda de rodadura.

El concepto ganador es el sistema láser, ya que este es un sistema que reúne las mejores características para cumplir con las necesidades y requerimientos planteados por los clientes, y a su vez puede ser utilizado en cualquier tipo de neumático sin importar el tipo de dibujo de banda de rodadura que tenga el mismo, tampoco importa el tamaño del neumático.

Al término de la elección del concepto ganador posteriormente se procederá a su respectiva construcción a detalle del mismo con lo cual se comprobará que todas las necesidades son cumplidas de una manera confiable y satisfactoria al interpretar los resultados obtenidos, para lo cual se empezará a realizar la respectiva adquisición de los elementos necesarios.

Al realizar la adquisición de los elementos para la construcción del dispositivo electrónico, se han presentado algunos inconvenientes. Uno de los que podemos citar es el tema económico ya que la alta precisión del sensor para realizar la medida, implica un alto costo del mismo, es decir, precisión y costos son directamente proporcionales.

Por ejemplo uno de los sensores de alta precisión para realizar mediciones es el de la línea "Hokuyo la misma que tiene variedad de modelos de sensores"¹⁶, esto es lo que se refiere a lo económico, otro punto que presentó inconvenientes es en referencia a los altos márgenes de error al momento de realizar la medida siendo estos márgenes de (+/- 5 cm), entre ellos también se puede mencionar uno de los que tiene gran precisión pero un alto rango de medida "Laser Rangefinder Sensor"¹⁷, por lo cual se realizaron ciertos cambios en la utilización de elementos electrónicos, para así reemplazarlos y solucionar los inconvenientes generados.

Los elementos que se eligieron para la construcción del dispositivo, están considerados como los más cercanos a las necesidades requeridas para la realización de la medida, por lo que su principio de funcionamiento será el mismo que utilizan los sensores de alta precisión, por ende el sensor láser será reemplazado por un sensor infrarrojo óptico llamado "SHARP"¹⁸ cuyo funcionamiento será detallado más adelante.

¹⁶ <http://www.robotshop.com/en/laser-scanners-rangefinders.html>

¹⁷ <http://www.elecfreaks.com/store/laser-rangefinder-sensor-p-770.html>

¹⁸ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/sandre_c_g/capitulo5.pdf

Con los cambios realizados también se procedió a cambiar el sistema de desplazamiento del sensor para realizar la medida en todo el ancho de la banda de rodadura, por lo que se estableció un desplazamiento electro-mecánico.

De esta manera el dispositivo será construido de tal forma que se hará una combinación de los dos conceptos idóneos, dándose así las mejores características al dispositivo de medición para cumplir en la mayor parte de necesidades y requerimientos de los clientes.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE MEDICIÓN.

3. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE MEDICIÓN.

En el capítulo anterior, en base a la metodología de diseño se pudo obtener el mejor concepto de diseño, con el cual se puedan cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo. .

En este capítulo se mostrará el proceso de construcción del dispositivo electrónico de medida, para lo cual se iniciará con la descripción de su funcionamiento y se definirá cada uno de los componentes y sus respectivas funciones, garantizando así su eficiencia durante en el proceso de medición automática de la banda de rodadura.

Mediante el proceso de programación, se podrá realizar ciertos parámetros que nos ayudarán a verificar los resultados obtenidos con el sistema electrónico, en base a las medidas establecidas en la norma INEN 011-2006, mediante la cual se determinará si el neumático está en condiciones idóneas o no, para su respectiva circulación por las carreteras.

Luego de realizar la programación, se procesará cada uno de los datos adquiridos, los mismos que nos brindaran la información necesaria y de tal manera nos darán los diferentes resultados del estado de la banda de rodadura de un neumático.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.

El principio de funcionamiento del dispositivo de medida, se basa en la emisión y recepción de luz infrarroja, la misma que al principio será emitida mediante una señal de control para realizar la medida de la banda de rodadura. Al rebotar en el neumático la luz infrarroja, esta es receptada por el sensor y se convierte en una señal de medición, por lo que el sensor infrarrojo funciona de una manera óptica-triangular. Para que el sensor realice esta acción, se utilizará un dispositivo electrónico llamado Arduino Mega el cual será el driver del sensor. Adicionalmente se utilizará una placa electrónica que será y cumplirá la función de interface del sensor para transmitir los datos obtenidos.

La señal receptada por el sensor, será procesada mediante un sistema de programación implementado dentro de un Raspberry Pi, el mismo que es una placa computadora electrónica, la misma que posee una pantalla gráfica en donde se visualiza los resultados de la medición, así como también se los podrá imprimir, guardar y también se podrá visualizar en un LCD.

También se utilizará una cámara web para obtener una imagen del neumático para determinar el resultado del estado del neumático. Para un mejor funcionamiento de esta cámara, se deberá colocar un sistema de iluminación que nos servirá para dar una mejor nitidez y resolución de la imagen.

Mediante el programa, se hará todo el procesamiento de los datos obtenidos en la medición con la ayuda de una función lineal $y=Ax+B$, para la interpretación de los resultados de una manera automática y detallada del estado de la banda de rodadura de un neumático.

Para el procesamiento de los datos, la base del programa hace referencia a una media aritmética, ya que los datos obtenidos en la medición de todo el ancho del neumático nos dará diferentes valores debido al desgaste del mismo, por lo que es considerable y necesario realizar el cálculo de una media aritmética para definir el estado correcto del neumático.

En la figura 3.1 se muestra el funcionamiento del equipo electrónico de medida, mediante un diagrama de bloques, en donde se nombran a cada uno de los elementos ocupados para el equipo de medida.

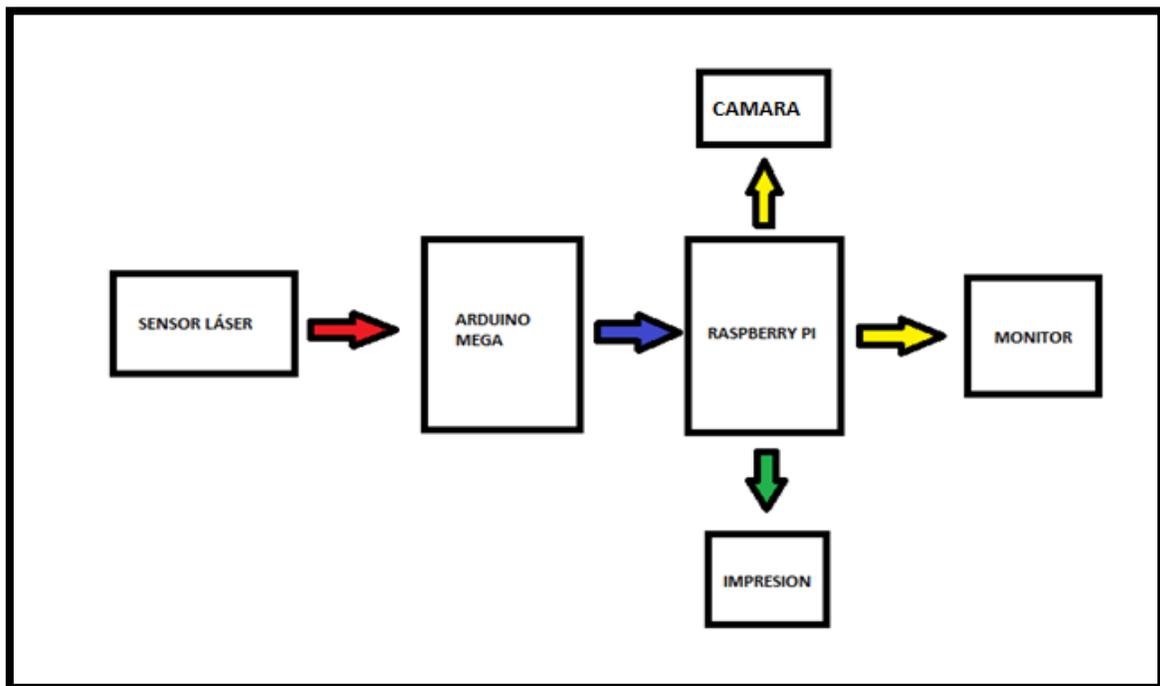


Figura 3.1 Diagrama de bloques del funcionamiento

FUENTE LOS AUTORES

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.

A continuación se describe cada uno de los elementos que forman parte del equipo medidor.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL RASPBERRY PI

El Raspberry es una placa computadora electrónica, que sirve para la realización de varios proyectos dentro del campo informático, se puede decir que es básicamente una computadora en miniatura. Dentro de la placa se pueden realizar un sin número de aplicaciones programables, ya que cuenta con las siguientes características básicas de los modelos de Raspberry:

- “Un procesador central (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz (el firmware incluye unos modos Turbo para que el usuario pueda hacerle overclock de hasta 1 GHz sin perder la garantía).

- Un procesador gráfico (GPU) VideoCore IV, y 512 MB de memoria RAM.
- Salida de video compuesto.
- Salida de audio a través de un minijack.”¹⁹

En la figura 3.2 se puede observar la forma de la placa y la ubicación de las diferentes salidas y elementos que en ella están inmersos, los mismos que garantizan el correcto funcionamiento del Raspberry y hace que su uso y aplicación sea cada vez más común en el medio de la informática y proyectos de avance tecnológico.

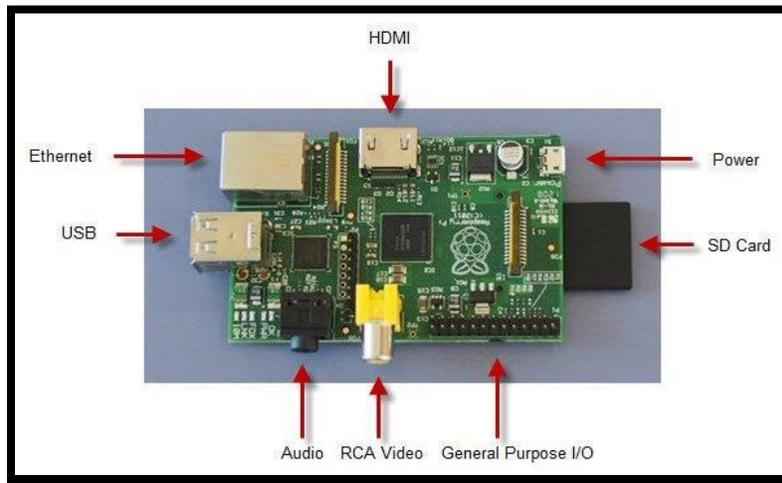


Figura 3.2 Raspberry Pi

FUENTE [HTTP://WWW.RASPBERRYSHOP.ES/](http://www.raspberrishop.es/)

“La Raspberry Pi posee una conexión Ethernet 10/100 y, si bien es cierto que podría echarse en falta una conexión Wi-Fi, gracias a los dos puertos USB incluidos podremos suplir dicha carencia con un adaptador Wi-Fi USB de terceros si lo necesitamos. Los puertos tienen una limitación de corriente, por lo que si queremos conectar discos duros u otro dispositivos tendrá que pensar en hacerlo a través de un hub USB con alimentación”.²⁰

En la figura 3.3 se muestra la constitución del Raspberry, la misma que nos facilita y proporciona un alto número de aplicaciones de este elemento dentro de todos los campos y avances tecnológicos.

¹⁹ <http://www.raspberrishop.es/>

²⁰ <http://www.raspberrishop.es/>

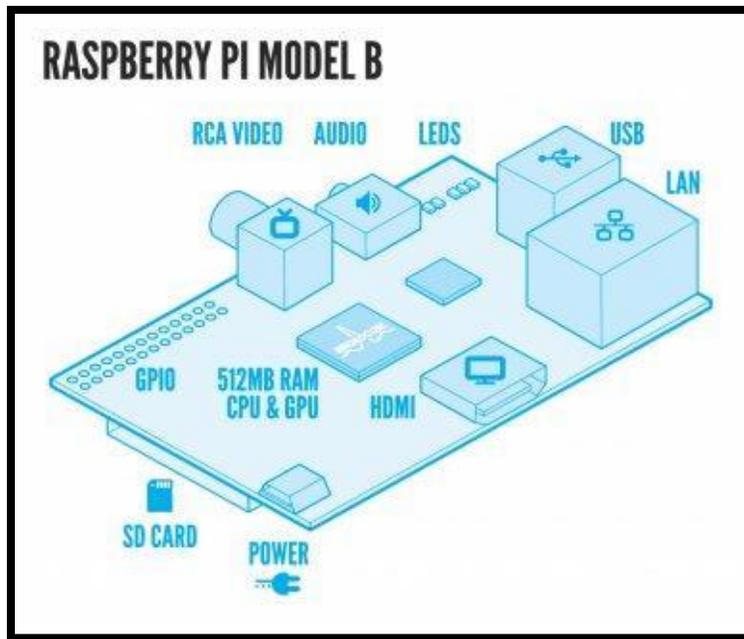


Figura 3.3 Constitución del Raspberry.

FUENTE [HTTP://WWW.RASPBERRYSHOP.ES/](http://www.raspberrypishop.es/)

Cada una de las salidas que contiene la placa puede ser utilizada, según sea la necesidad y la aplicación que se esté realizando, ya que se puede emitir desde la misma placa una proyección de las imágenes o resultados obtenidos.

Dentro de nuestro proyecto esta placa nos servirá de procesador, en el mismo que se realizarán y almacenarán los programas necesarios para que la medición sea realizada de una manera automática, y por ende la apreciación de los resultados obtenidos se apeguen más a la realidad del estado de los neumáticos.

3.2.2 SENSOR INFRARROJO

Debido a los inconvenientes mencionados anteriormente, se reemplazó el sensor láser por un sensor infrarrojo el mismo que presenta las siguientes características:

- “Insensibilidad al color.
- Gran precisión al realizar las mediciones de entrada.
- Capacidad de controlarlo por medio de un micro controlador.
- Baja disipación de corriente en estado apagado.
- Capacidad de cambiar los rangos de medición por medio de lentes ópticos.
- Sensible a la luminiscencia.
- Voltaje de operación de 4,4 a 7 V.”²¹

²¹ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/sandre_c_g/capitulo5.pdf

También es importante mencionar que el principio de funcionamiento es similar a un sensor láser, el cual se basa en la emisión directa de la luz infrarroja mediante un emisor de IR (infrarrojo), y que al encontrarse con un obstáculo que sea debidamente reflectante, rebota y retorna con cierto ángulo de inclinación dependiendo de la distancia a la que se encuentre el obstáculo.

La luz infrarroja emitida por el sensor pasa por medio de un lente concentrador formando así un rayo único, que será dirigido hacia el obstáculo situado al frente del mismo, al rebotar la luz en el obstáculo y dependiendo de la distancia a la que se encuentre el mismo se forma un determinado ángulo, esta luz es recibida por otro lente que actúa de una forma total e incidente para absorber todos los rayos reflectantes. “Una propiedad importante es la de ser un sensor CCD lineal, esta quiere decir que dependiendo del ángulo de recepción sin importar el o los puntos en que se recibe la señal el sensor puede obtener el valor lineal y proporcional al ángulo de incidencia”²², como se puede observar en la figura 3.4.

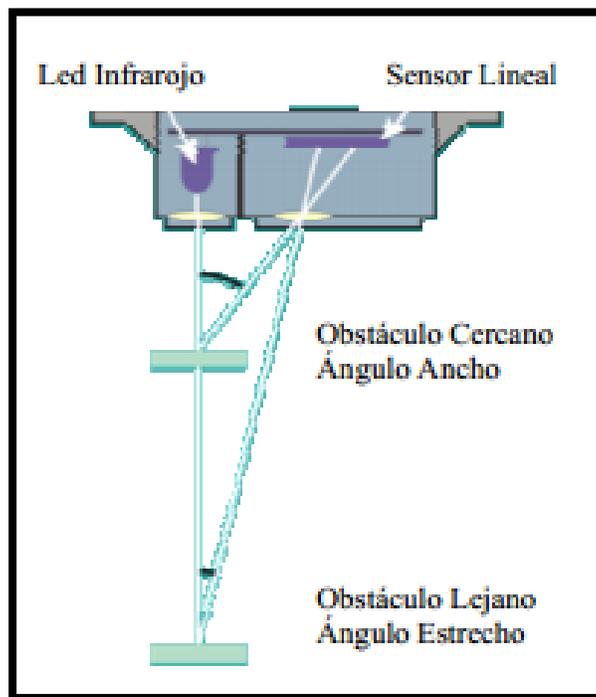


Figura 3.4 Funcionamiento del sensor.

FUENTE [HTTP://CATARINA.UDLAP.MX/U_DL_A/TALES/DOCUMENTOS/LEM/SANDRE_C_G/CAPITULO5.PDF](http://CATARINA.UDLAP.MX/U_DL_A/TALES/DOCUMENTOS/LEM/SANDRE_C_G/CAPITULO5.PDF)

²² http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/sandre_c_g/capitulo5.pdf

3.2.3 DESCRIPCIÓN DEL ARDUINO MEGA.

El Arduino Mega es el conductor del sensor, con el cual se podrá realizar la adquisición de datos de todo el ancho de la banda de rodadura para poder realizar el cálculo correspondiente y determinar el estado del neumático mediante el programa correspondiente e implementado en el Raspberry Pi.

“El Mega Arduino es una placa electrónica basada en el ATmega1280 (ver ficha técnica). Tiene 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 14 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (hardware puertos serie), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un header ICSP, y un botón de reinicio.”²³

En la figura 3.5 se puede observar la constitución del Arduino Mega, y a su vez también se identifica las diferentes entradas y salidas que se pueden utilizar para el buen funcionamiento del dispositivo de medida.

También se identifican las fuentes de alimentación las mismas que pueden ser por medio de una entrada USB, alimentación de corriente alterna (CA) y de igual manera se la puede hacer con una alimentación de corriente continua (CC).

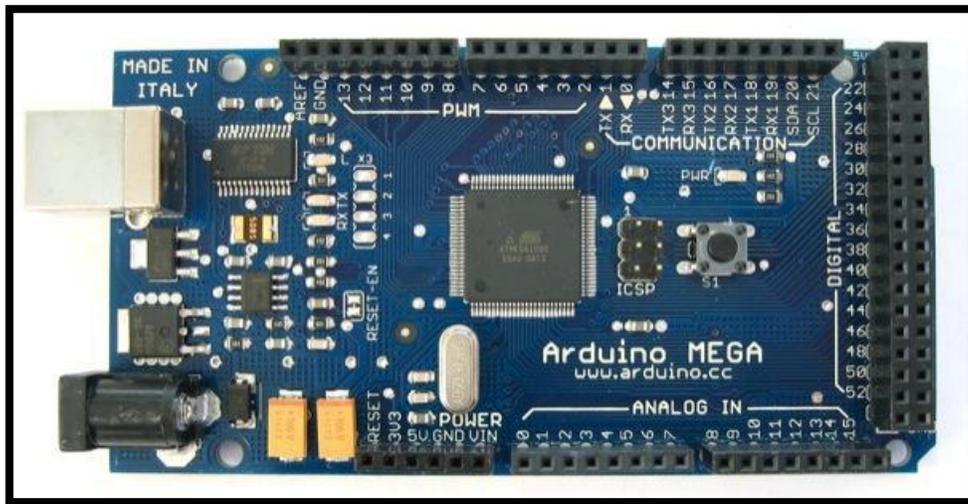


Figura 3.5 Constitución del Arduino Mega

FUENTE [HTTP://ARDUINO.CC/EN/PMWIKI.PHP?N=MAIN/ARDUINOBOARDMEGA](http://ARDUINO.CC/EN/PMWIKI.PHP?N=MAIN/ARDUINOBOARDMEGA)

Los pines de alimentación son como sigue:

“• VIN. El voltaje de entrada a la placa Arduino cuando se utiliza una fuente de alimentación externa (en contraposición a 5 voltios de la conexión USB u otra fuente de alimentación regulada). Usted puede suministrar tensión a través de este pin, o, si el suministro de tensión a través de la toma de poder, acceder a él a través de este pin.

²³ <http://arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardMega>

- 5V. La fuente de alimentación regulada utilizada para alimentar el micro controlador y otros componentes de la placa. Esto puede venir de VIN a través de un regulador de a bordo, o ser suministrada por USB u otro de alimentación de 5V regulada.
- 3V3. Un suministro de 3,3 voltios generado por el chip FTDI de a bordo. Empate Corriente máxima es de 50 mA.
- GND. Patillas de tierra.”²⁴

3.3 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.

El proceso de construcción del equipo de medida automática de la banda de rodadura, se inició con la colocación correcta de las placas electrónicas (Raspberry Pi y el Arduino Mega), dentro de una carcasa de alojamiento o elemento de protección. Posteriormente se realizan las respectivas instalaciones entre las placas y dispositivos electrónicos empleados, para lo cual se hará el uso de las entradas correspondientes de alimentación y pines necesarios para la obtención de datos y la interpretación de resultados obtenidos.

En la figura 3.6 se puede apreciar la ubicación de cada una de las placas electrónicas, las mismas que serán conectadas entre sí mediante la utilización de cables de datos y algunos tipos de empalmes y conexiones, las mismas que nos servirán para la transmisión de datos e interpretación de los resultados.

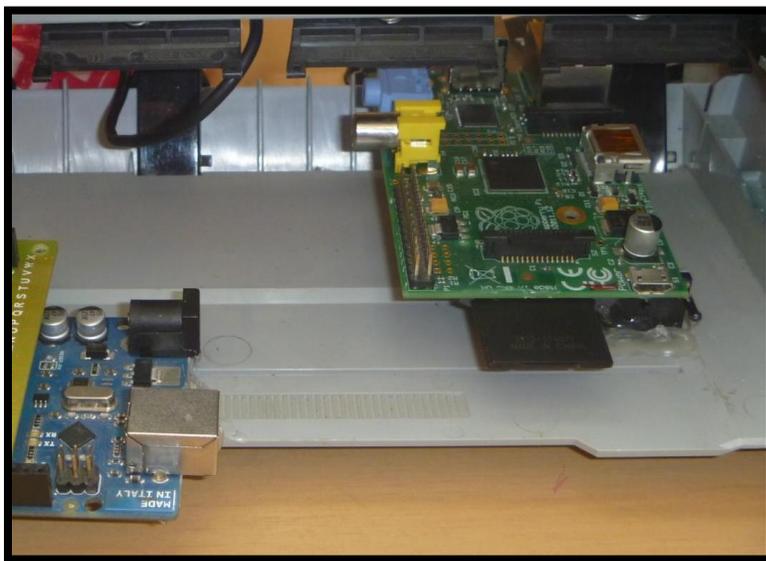


Figura 3.6 Ubicación de las placas electrónicas.

FUENTE LOS AUTORES.

²⁴ <http://arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardMega>

Debido a la necesidad de la utilización de una cámara web, que nos ayudará a interpretar de mejor manera los datos obtenidos, esta se la colocó en la parte superior de la carcasa de alojamiento, conectándose a la tarjeta electrónica, la misma que será comandada por el Raspberry por medio de un puerto USB como se puede ver en la figura 3.7.

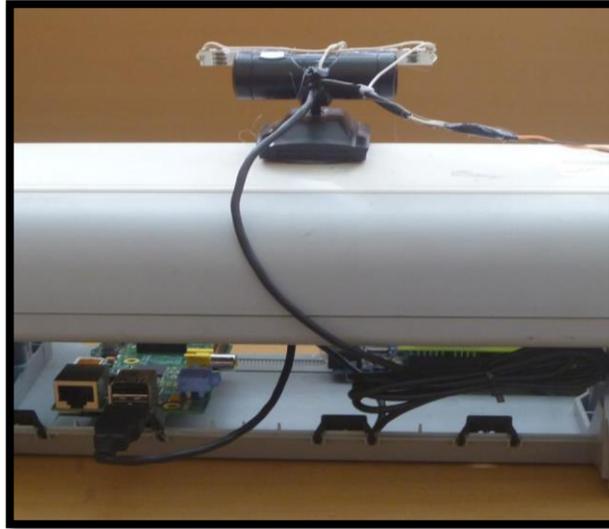


Figura 3.7 Conexión y ubicación de la cámara.

FUENTE LOS AUTORES

Se puede también apreciar un sistema de iluminación el cual nos ayudará a mejorar la calidad de la imagen del objeto a medir con lo que se interpreta de mejor manera los datos obtenidos (véase la figura 3.8).



Figura 3.8 Sistema de iluminación.

FUENTE LOS AUTORES

Al estar ya establecidas las posiciones de cada uno de los elementos de las placas y sus conexiones, se procede a la construcción de la interfaz del sensor y su respectivo driver. En la figura 3.9 se muestra cómo está constituida la primera parte del dispositivo.

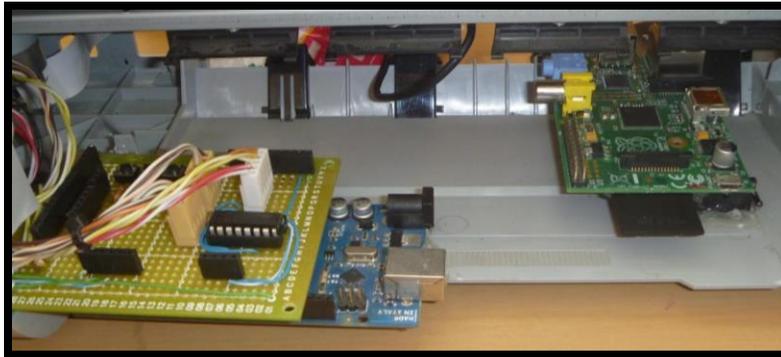


Figura 3.9 Constitución de la primera fase de construcción del equipo.

FUENTE LOS AUTORES.

Seguidamente se realiza la construcción de la placa electrónica que servirá de interfaz entre el sensor infrarrojo y el Arduino Mega, con el objetivo de poder transmitir los datos obtenidos hacia el Raspberry Pi, para que el programa empiece a ejecutarse y todos los datos sean procesados satisfactoriamente, para su posterior interpretación.

En la figura 3.10 se puede observar la placa interfaz del equipo electrónico, la misma que cumple con la función de transmitir las señales de control y medición, las mismas que serán procesadas para su análisis.

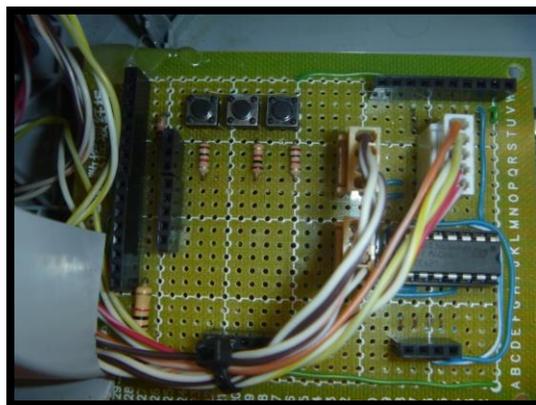


Figura 3.10 Placa Interfaz

FUENTE LOS AUTORES.

Con los elementos electrónicos ya establecidos, se procede a fijarlos en la base de alojamiento. Debido a los inconvenientes que se presentaron y a la necesidad de realizar un cambio en el sistema de desplazamiento, se decidió aprovechar la carcasa de una impresora, obteniendo varias ventajas para el proyecto, tal como se muestra en la figura 3.11.

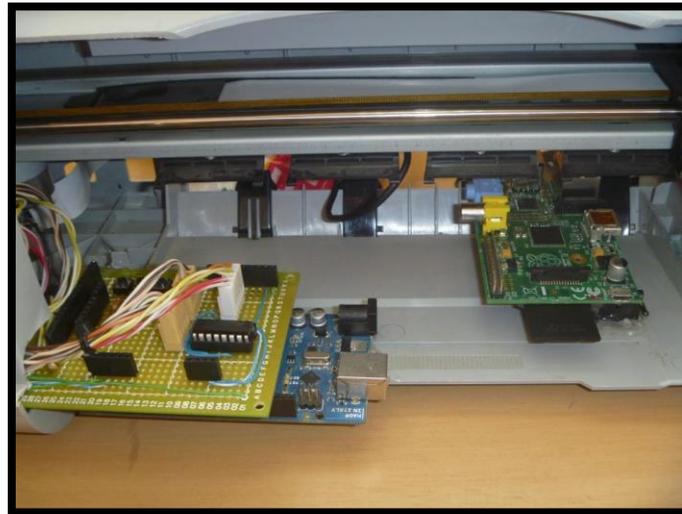


Figura 3.11 Fijación de las placas electrónicas.

FUENTE LOS AUTORES

Una de las ventajas presentadas es la de poder aprovechar el sistema de desplazamiento electro-mecánico que tiene el porta cartuchos de la impresora, para la colocación del sensor infrarrojo de nuestro dispositivo.

Se debieron utilizar platinas en la fijación del sensor, las mismas que tienen la función de poder ser calibradas, según sea necesario, para que la medida sea realizada de forma correcta, tal como se puede observar en la figura 3.12.



Figura 3.12 Fijación del sensor infrarrojo.

FUENTE LOS AUTORES.

Con todos los elementos electrónicos colocados adecuadamente, el prototipo de nuestro dispositivo de medición, está listo para proceder a realizar las pruebas necesarias, previo a los ajustes necesarios para la verificación final, para garantizar el correcto funcionamiento del mismo, véase la figura 3.13.

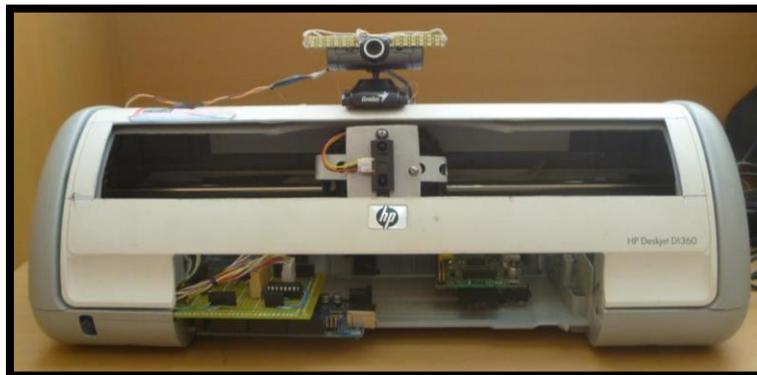


Figura 3.13 Dispositivo de medición de la banda de rodadura.

FUENTE LOS AUTORES

3.4 PROGRAMACIÓN.

Como ya se mencionó anteriormente, la base primordial de la programación está establecida en una trigonometría básica, o lo que es lo mismo, de una manera óptica triangular, para lo cual las señales emitidas y recibidas por el sensor, serán los datos obtenidos y necesarios para el proceso de programación y determinación de resultados (**véase anexo 3**).

También es importante mencionar que los lenguajes de programación a utilizarse son los siguientes:

- Lenguaje C
- Lenguaje C++
- Lenguaje Python

Cada uno de estos lenguajes, se definen a continuación:

3.4.1 LENGUAJE C

El lenguaje de programación C, es uno de los más sencillos y a su vez está orientado a la implementación de sistemas operativos, “es apreciado por la eficiencia del código que produce y es el lenguaje de programación más popular para crear software de sistemas, aunque también se utiliza para crear aplicaciones.”²⁵

Trabaja con un tipo de datos estáticos, debidamente tipificados de nivel medio con características de bajo nivel. “Dispone de las estructuras típicas de los lenguajes de alto nivel pero, a su vez, dispone de construcciones del lenguaje que permiten un control a muy bajo nivel.”²⁶ “Se le suele llamar lenguaje de programación de sistemas, debido a su utilidad para escribir compiladores y sistemas operativos, aunque de igual forma se puede desarrollar cualquier tipo de aplicación.”²⁷

“Uno de los objetivos de diseño del lenguaje C es que sólo sean necesarias unas pocas instrucciones en lenguaje máquina para traducir cada elemento del lenguaje, sin que haga falta un soporte intenso en tiempo de ejecución. Es muy posible escribir C a bajo nivel de abstracción; de hecho, C se usó como intermediario entre diferentes lenguajes.”²⁸

Otra de las características de este lenguaje es que está disponible en un amplio abanico de plataformas, y a pesar de que es de bajo nivel dicho lenguaje incentiva a la programación independiente de la máquina.

3.4.2 LENGUAJE C++

Es una mejora de C, ya que con este tipo de lenguaje se puede hacer una manipulación de objetos, por lo que este se convierte en un lenguaje híbrido, ya que posee facilidades de programación genérica sumándose de esta manera a los otros paradigmas que tiene, tales como programación estructurada y programación orientada a objetos, con lo que se convierte en un lenguaje de programación multiparadigma.

“Actualmente existe un estándar, denominado ISO C++, al que se han adherido la mayoría de los fabricantes de compiladores más modernos. Existen también algunos intérpretes, tales como ROOT.

²⁵ [http://es.wikipedia.org/wiki/C_\(lenguaje_de_programaci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/C_(lenguaje_de_programaci%C3%B3n))

²⁶ [http://es.wikipedia.org/wiki/C_\(lenguaje_de_programaci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/C_(lenguaje_de_programaci%C3%B3n))

²⁷ <http://www.monografias.com/trabajos4/lenguajec/lenguajec.shtml>

²⁸ [http://es.wikipedia.org/wiki/C_\(lenguaje_de_programaci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/C_(lenguaje_de_programaci%C3%B3n))

Una particularidad del C++ es la posibilidad de redefinir los operadores, y de poder crear nuevos tipos que se comporten como tipos fundamentales.”²⁹

Con la programación orientada a objetos se puede utilizar varios elementos que serán fundamentales en la construcción de una solución, un objeto es un atributo que tendrá características o propiedades de algún hecho o elemento del mundo real con el cual se podrá solucionar un problema o identificar una posible solución, quedando como un prototipo para luego crear objetos en serie y teniendo en cuenta que pueden darse ciertos cambios que mejoren aún más el prototipo planteado.

3.4.3 LENGUAJE PYTHON

“Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma.”³⁰

Como se ha mencionado es un lenguaje de programación que puede ser utilizado como un interfaz programable, con diferentes tipos de lenguajes para de esta manera lograr y tener un mejor resultado en la aplicación necesaria, por tal motivo se convierte en un lenguaje muy útil en el diseño de nuevos elementos tecnológicos.

3.4.4 OPEN CV

Es una biblioteca libre de visión artificial, con la cual se puede trabajar libremente en cuanto refiere a propósitos comerciales y de investigación, también es un sistema multiplataforma por lo que es posible darle varias funciones entre las cuales abarcan a una gran gama en las áreas de procesos de visión como reconocimiento de objetos, calibración de cámaras, etc.

“El proyecto pretende proporcionar un entorno de desarrollo fácil de utilizar y altamente eficiente. Esto se ha logrado, realizando su programación en código C y C++ optimizados, aprovechando además las capacidades que proveen los procesadores multinúcleo. Open CV puede además utilizar el sistema de primitivas de rendimiento integradas de Intel, un conjunto de rutinas de bajo nivel específicas para procesadores Intel.”³¹

3.5 TRIANGULACIÓN ÓPTICA.

Esta triangulación se basa en una trigonometría básica para la determinación de la distancia hasta el objeto de destino, utilizando los puntos centrales de la luz láser o infrarroja, el objeto y el receptor de luz véase la figura 3.14.

²⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>

³⁰ <http://es.wikipedia.org/wiki/Python>

³¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/OpenCV>

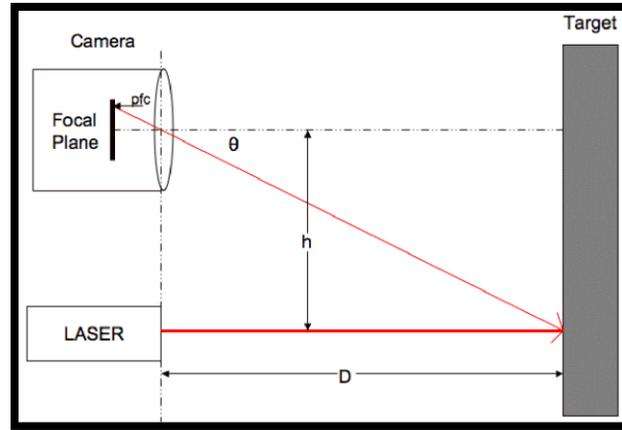


Figura 3.14 Triangulación Óptica.

FUENTE [HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/SITE/TODDDANKO/HOME/WEBCAM_LASER_RANGER](https://sites.google.com/site/todddanko/home/webcam_laser_ranger)

Como se puede observar en la figura 3.14 la distancia h es constante, ya que el centro de la luz láser o infrarroja y el centro del receptor de luz se encuentran a una distancia ya establecida, debido a que forman un solo conjunto dentro del sensor láser o infrarrojo, los valores que varían son la distancia D , el ángulo θ y el centro del punto que genera la luz láser o infrarroja sobre el objeto (cpl).

Cuando el objeto de medida se aleja, el valor del cpl y el ángulo θ tienden a cero pero mientras el objeto se acerca, estos valores aumentan, de tal manera que la relación entre el cpl y el ángulo θ se lo puede describir con una ecuación pendiente-intersección.

Para el desarrollo de la ecuación, se reemplazarán los datos obtenidos de la siguiente manera: en el eje de las x estará los valores de centro del punto de luz (cpl) y, en eje de las y los valores del ángulo θ , con lo cual se consigue tener una ecuación lineal, de fácil resolución.

3.6 DATA FUSION

“Fusión de datos es el proceso de integración de múltiples datos y conocimientos que representa el mismo objeto del mundo real en una representación coherente, precisa y útil.”³²

Los datos que son utilizados para la fusión tienen que dar resultados mucho más informativos y claros que las entradas originales o datos de entrada, con lo cual se podrá interpretar de mejor manera los resultados de medición y así tener una mayor información del objeto, por tal motivo se utiliza este método en conjunto con el sensor, teniendo así una mayor eficiencia y garantía en el proceso de medida.

Este método puede ser utilizado en muchas aplicaciones de innovaciones tecnológicas y de investigación, ya que nos facilita combinar diversos conjuntos de datos en un solo conjunto de

³² http://en.wikipedia.org/wiki/Data_fusion

datos unificado, en donde se encuentren todos los puntos y pasos de tiempo de los datos de entrada.

“Sensor de fusión es la combinación de los datos sensoriales o datos derivados de los datos sensoriales de fuentes dispares de tal manera que la información resultante es en cierto sentido mejor de lo que sería posible cuando se utilizan estas fuentes individualmente. El término mejor en este caso puede significar más preciso, más completa, o más fiable, o consulte el resultado de una visión emergente, como la visión estereoscópica (cálculo de la información de profundidad mediante la combinación de dos dimensiones las imágenes de dos cámaras en momentos ligeramente diferentes puntos de vista).”³³

Esto nos indica que al tener diferentes entradas de datos y procesarlos en un solo conjunto nos darán mejores resultados en las aplicaciones, en nuestro caso las entradas de datos serán mediante la luz infrarroja del sensor y la imagen capturada por la cámara, con lo que se podrá establecer un mejor resultado luego de ser procesados los datos conjuntamente.

3.7 ILUMINACIÓN

La iluminación es muy importante e indispensable en un sistema de adquisición de datos mediante imágenes, ya que de ella depende la nitidez de la imagen, por lo que es recomendable realizar una buena y adecuada colocación de iluminación dependiendo de las necesidades y la aplicación en proceso.

Es necesario tener en cuenta que para el proceso de imágenes es importante tener un buen reflejo y de esta manera la cámara pueda obtener imágenes que puedan ser ocupadas en el respectivo proceso.

Existen muchos métodos y técnicas de iluminación dependiendo de la aplicación que se vaya a dar al sistema, pero a continuación se describe el método que está más de acorde con nuestra aplicación.

3.7.1 ILUMINACIÓN FRONTAL DIRECCIONAL

En este tipo de iluminación la luz incidente viene desde la parte posterior de la cámara, por lo cual incide frontalmente en el objeto, formando un ángulo mayor a 20° con el plano normal del objeto y al sensor de imagen o cámara, de esta manera se disminuye el contraste de los relieves, pero aumenta en las superficies planas del objeto, lo que quiere decir que “produce un aplanamiento de los objetos, aumenta la cantidad de detalles pero anula la textura.”³⁴

En la figura 3.15, se observa la colocación y el tipo de iluminación descrito y utilizado en nuestro proyecto, con lo que se generará un mejor reconocimiento de la imagen para el respectivo procesamiento.

³³ http://en.wikipedia.org/wiki/Sensor_fusion

³⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Iluminaci%C3%B3n_en_fotograf%C3%ADa



Figura 3.15 sistema de iluminación.

FUENTE: LOS AUTORES

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.

4. ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.

En este capítulo se realizarán las pruebas y ajustes necesarios para que el dispositivo funcione correctamente, garantizando así la eficiencia en el proceso de medición e interpretación de los resultados obtenidos.

Se procederá a realizar en primera instancia las pruebas de funcionamiento; luego se harán los ajustes necesarios para proceder a realizar las pruebas de campo, con las cuales se determinará el estado de la banda de rodadura de los vehículos pesados de transporte de pasajeros, así como también se indicará un presupuesto tentativo de construcción del dispositivo ya que al ser un prototipo y un solo dispositivo, el costo se podría incrementar.

También se realizará un análisis de los resultados obtenidos haciendo una breve comprobación entre el método manual de medición y el método automatizado, con lo que se podrá establecer el margen de error entre los dos, y determinando así cual es el mejor método para realizar la medición de la banda de rodadura, con lo que se podrá ayudar y recomendar hacer un buen uso de los neumáticos, así como también se garantizará la seguridad activa de los vehículos, ya que los resultados serán más confiables y seguros en la interpretación del estado de la banda de rodadura.

Por último será necesario realizar una debida configuración de la computadora a utilizarse para la interconexión con el dispositivo, por lo que es necesario realizar una conexión de red entre las dos, haciendo así que el programa arranque.

4.1 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL DISPOSITIVO.

Para que el dispositivo tenga una posición fija y esté a una distancia prudente para realizar la medición, se hará la construcción de un soporte en donde se coloque el dispositivo terminado; con esto se garantizará que todas las medidas realizadas estén a la misma distancia evitando así alteraciones en los resultados.

En la construcción del soporte se consideró la utilización de una platina en forma de ángulo, basándose en las medidas de la carcasa del dispositivo, para lo cual se realizó un diseño de la perspectiva del soporte véase la figura 4.1

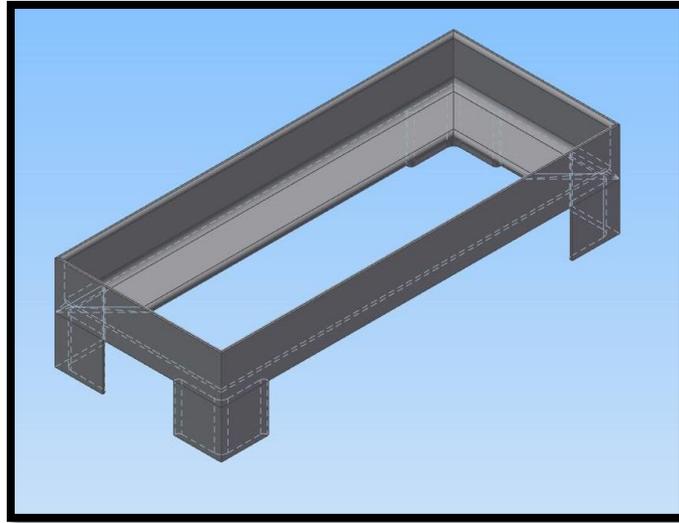


Figura 4.1 Perspectiva del soporte.

FUENTE LOS AUTORES

Como se puede observar en la figura 4.1., la forma del soporte es únicamente para hacer que el dispositivo quede estable y seguro evitando así algún percance o deterioro al estar en uso.

En la figura 4.2 se puede observar y detallar cada una de las vistas y medidas del soporte con las cuales se dará paso a la construcción del mismo (todas las medidas del gráfico están en mm) (véase anexo 4).

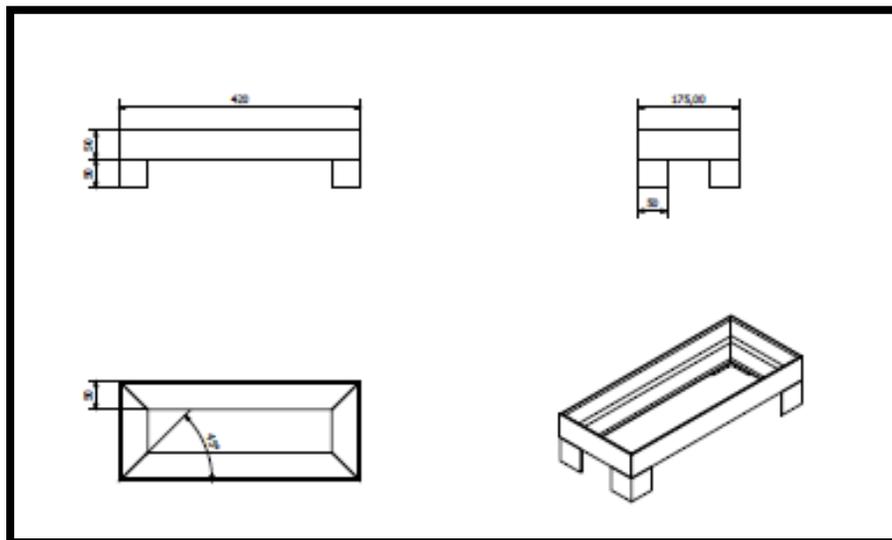


Figura 4.2 Medidas del soporte.

FUENTE LOS AUTORES.

A continuación en la figura 4.3 podemos observar el dispositivo ubicado en posición con su base.



a.



b.

Figura 4.3 dispositivo y soporte (a vista fronta) (b vista lateral).

FUENTE LOS AUTORES.

4.2 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN.

Es importante mencionar que los gastos que se han realizado para la construcción del dispositivo de medición, el mismo que al ser un prototipo, la adquisición de cada uno de los elementos necesarios se lo hizo de una manera individual al por menor, motivo por el cual los costos se encarecieron. También se consideró el tiempo empleado en el acoplamiento de los elementos así como también de la ejecución del programa con el que se podrá realizar la medición.

Se puede mencionar que al existir algún patrocinador o empresa interesada en el dispositivo, la construcción de este se podría realizar en serie, motivo por el cual los costos serían menores debido a que los elementos se comprarían al por mayor, también se podría hacer la utilización de elementos electrónicos más precisos, los mismos que para la construcción de un prototipo tiene costos demasiado altos.

Para mejor explicación, se procederá a realizar una tabla en la cual se encuentren cada uno de los elementos utilizados así como también todos los gastos y procesos necesarios para la construcción del dispositivo

Descripción	Cantidad	Costo Unitario \$	Costo \$
Sensor infrarrojo	1	80	80
Camara web	1	60	60
Rasoberry	1	100	100
Arduino	1	100	100
Placa Interfaz	1	80	80
Carcasa	1	15	15
Cables	2	5	10
Soporte	1	50	50
Mano de obra	1	90	90
Horas de Programación	80	10	800
	TOTAL	590	1385

Tabla 4.1 Presupuesto de construcción.

FUENTE LOS AUTORES

En la tabla 4.1 los costos están considerados en base a los tiempos y necesidades para la construcción del dispositivo, así como también se aprovechó ciertos elementos que estaban fuera de servicio tal como lo fue el caso de una impresora, la cual se la aprovechó para utilizarla como la carcasa de alojamiento de nuestro dispositivo y también para la movilización del sensor láser.

En lo que se refiere a la placa interfaz, está considerado para el costo los distintos elementos electrónicos que se utilizaron, la placa en sí mismo, y la debida colocación y soldadura para que dicha placa esté terminada por todo ello es el costo que se representa en la tabla 4.1.

4.3 PUESTA A PUNTO DE FUNCIONAMIENTO.

Para lograr la puesta a punto de funcionamiento es necesario realizar la configuración respectiva entre las dos PC'S, para lo que se deberá seguir una secuencia de pasos.

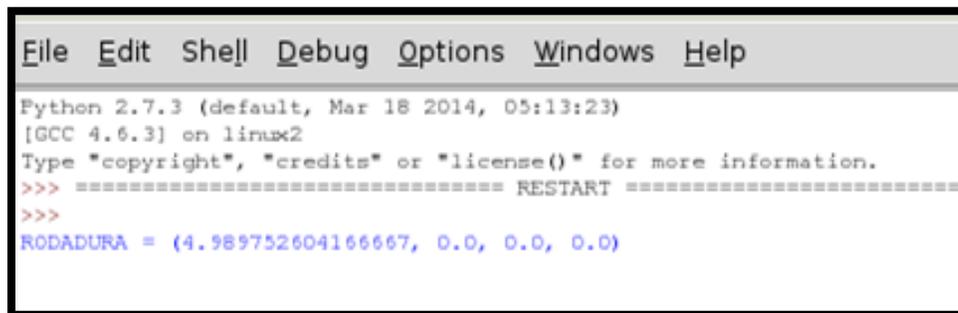
Los pasos a seguir para la conexión de la alimentación de corriente y de red se los enumera a continuación, los mismos que se deben respetar y seguir el orden determinado.

1. Conectar los adaptadores de alimentación de corriente para el Raspberry y el Arduino.
2. Conectar el cable de red hacia la PC, (Dentro de este paso se debe realizar la configuración respectiva la misma que se darán sus pasos a continuación.)
 - a. Acceder al panel de control de la PC.
 - b. Dar clic en centro de redes y recursos compartidos.
 - c. Clic en configuración del adaptador.
 - d. Clic derecho en el icono de red disponible y dar clic en propiedades.
 - e. Clic en funciones de red.
 - f. Clic en protocolo de internet versión 4.
 - g. Clic en propiedades.
 - h. Clic en usar la siguiente dirección IP.

- i. Ingresar la dirección IP 192.168.0.110
 - j. Clic en Aceptar.
 - k. Clic en el botón inicio, buscar conexión escritorio remoto.
 - l. Ingresar el siguiente nombre de usuario (user:pi)
 - m. Clic en conectar.
 - n. Ingresar nuevamente nombre de usuario y password (password:pidvlp2).
3. Conectar el cable A-B USB q comunica al raspberry con el arduino. NOTA (mantenerlo desconectado durante el arranque del programa)
 4. Iniciar el programa de medición.
 5. Presionar start para realizar la medida.

Al finalizar el procedimiento anterior se puede empezar a realizar las mediciones.

Como se puede observar en la figura 4.4, están las pantallas que se observará cuando el programa inicien y la medida de un neumático sea realizada, en la una pantalla se ve el resultado numérico del estado de la banda de rodadura.



```
File Edit Shell Debug Options Windows Help
Python 2.7.3 (default, Mar 18 2014, 05:13:23)
[GCC 4.6.3] on linux2
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ===== RESTART =====
>>>
RODADURA = (4.989752604166667, 0.0, 0.0, 0.0)
```

Figura 4.4 Valor numérico de la banda de rodadura.

FUENTE LOS AUTORES.

Después de correr el programa, aparecerá una pantalla en la cual se observa el dibujo de la banda de rodadura del neumático que se ha medido, en una escala de grises, véase la figura 4.5.

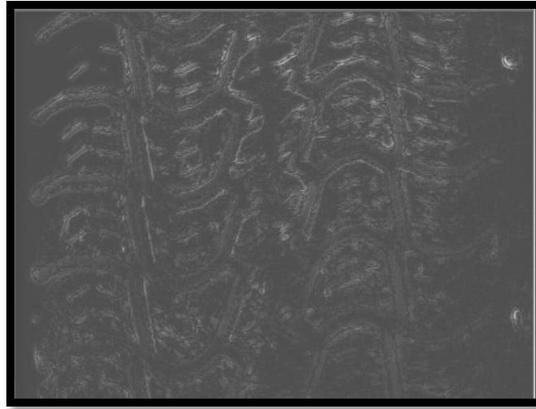


Figura 4.5 Proyección de la banda de rodadura..

FUENTE LOS AUTORES

4.4 PROCESO DE FUNCIONAMIENTO

A continuación se explicará detalladamente el funcionamiento del dispositivo de medida, en donde se dará a conocer las funciones que cumplen cada uno de los elementos electrónicos al momento de realizar la medición, ya que existen diferentes señales enviadas y recibidas para realizar el debido proceso y determinación del resultado, (véase la Fig. 4.6).

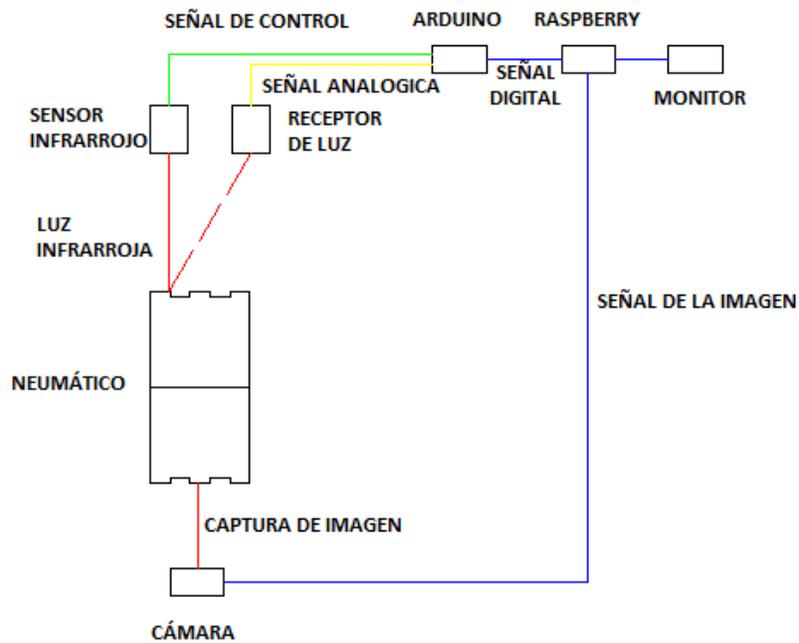


Figura 4.6 Diagrama del dispositivo

FUENTE LOS AUTORES

Como se puede ver en la figura 4.6, se ha colocado y señalado todos los elementos y las diferentes señales que estos interpretan y emiten para interpretar un resultado de medida.

Primero se explicará cómo funciona el sensor laser y de qué manera interpreta las señales de control y como envía la señal de medición, para que esta sea procesada, para lo cual desde el raspberry se envía una señal de control la cual es receptada por el arduino y luego este comanda al sensor infrarrojo (véase figura 4.6), haciendo que este emita su luz sobre el neumático, la cual rebotara y será captada por el receptor de luz.

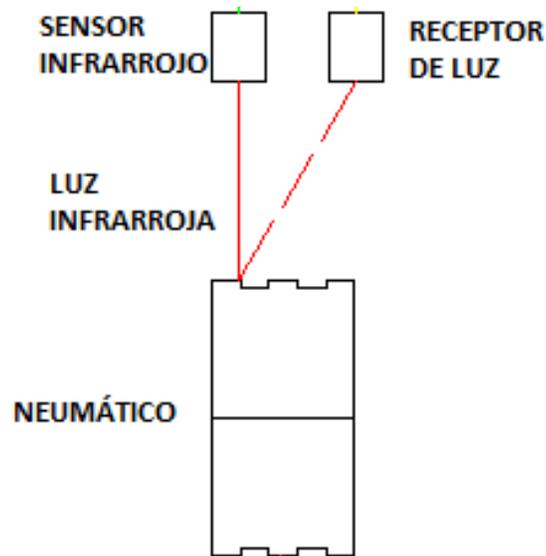


Figura 4.7 Función del sensor infrarrojo.

FUENTE LOS AUTORES

Como se puede observar en la figura 4.7, el sensor está cumpliendo con el principio de funcionamiento, el cual se basa en una triangulación óptica, en la cual interviene el centro de punto de luz del sensor, el neumático y el captador, emitiendo de esta manera una señal analógica de voltaje, la misma será enviada hacia el arduino en donde tendrá un proceso y transformación en otro tipo de señal, ya que este es el driver del sensor esto quiere decir que es el elemento que va a controlarlo, como también enviara los datos obtenidos.

Luego de obtener la señal del sensor, esta es recibida por el arduino en donde será procesada y a su vez se la convertirá en una señal digital, la misma que se enviara al raspberry en donde se convierte en un dato de entrada para realizar los debidos cálculos y procesos pertinentes para determinar la medida de la banda de rodadura y que los resultados sean mostrados en el monitor una vez verificados y comprobados con respecto a la otra entrada de datos que se explicara más adelante, (véase figura 4.8).

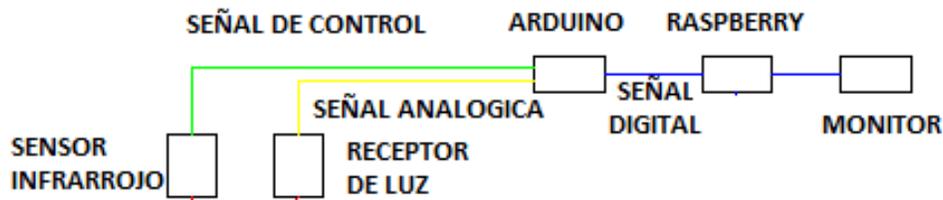


Figura 4.8 Función del arduino

FUENTE LOS AUTORES

Como ya se mencionò en el raspberry se procesara todos los datos, ya que en este se encuentra el programa para realizar todos los cálculos correspondientes y obtener una buena apreciación en los resultados de la medición.

Otra entrada de datos para dar mayor precisión al dispositivo es mediante una cámara, la misma que cuenta con un sistema de iluminación siendo así más nítida la imagen a capturar, estos datos también son enviados al raspberry.

La cámara hace una captura de la imagen del neumático, luego esta imagen es enviada al raspberry, en donde se le realizará un debido proceso de imagen en el cual se obtendrán otra entrada de datos, los mismos que se fusionarán con los datos enviados por el sensor y de esta manera se tendrán mejores resultados presentados en el monitor (véase figura 4.9).

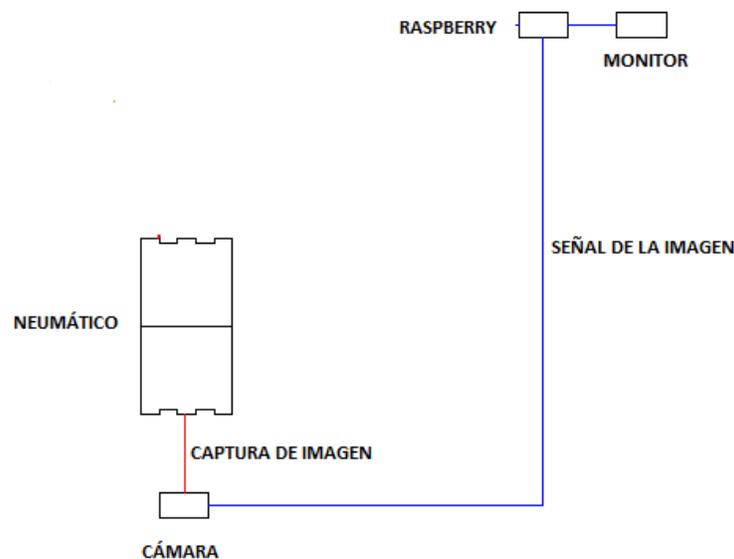


Figura 4.9 Función de la cámara.

FUENTE LOS AUTORES

4.4.1 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

La imagen que la cámara captura, está sometida a un procesamiento cuyo objetivo es interpretar una característica notable del neumático, este sistema de procesamiento de imágenes se divide en algunos subsistemas los cuales se califican de bajo, medio y alto nivel.

En lo que se refiere al bajo nivel, se encuentran los procesos que se realizan a la imagen tales como el suavizado, umbralizado, eliminación de ruidos, definición de bordes, etc. Estos procesos dentro la visión artificial se los conoce como pre-procesamiento. En el nivel medio, se definen los procesos de definición de límites y extracción de características. Finalmente en el nivel alto, se establecen semánticas entre los objetos de la descripción de la escena. Los algoritmos utilizados en este proyecto generalmente recaen en el bajo y medio nivel (véase figura 4.10), logrando obtener de esta manera una imagen en una escala de grises.

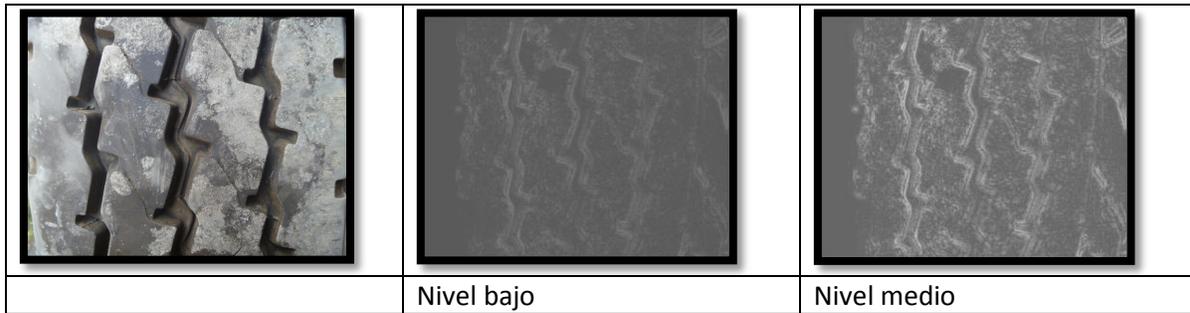


Figura 4.10 Procesos que componen el sistema de procesamiento de imágenes

Fuente Los Autores

Para esto se utilizò una librería que facilite el proceso de diseño del sistema de procesamiento de imágenes, la herramienta utilizada en esto fue **Open CV** la cual se puede utilizar con un lenguaje **C, C++, etc**

4.4.1.1 DETECCIÓN DE BORDES DE UNA IMAGEN

El algoritmo realizado para la detección de bordes de imágenes a color se basa en el operador Canny, el cual consiste en determinar las primeras derivadas parciales con respecto a “x” e “y”, en base a estos valores encontrar la magnitud y la dirección del mejor borde.

Es necesario representar a las imágenes a color como una matriz tridimensional (m x n x p), donde (m x n) representa una imagen en escala de grises mientras que p representa el plano como se representa en la función 4.1, para las imágenes RGB que es una abreviatura se los puede representar con un número que son: 1 para el rojo (R), 2 para el verde (G) y 3 para el azul (B).

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

A partir de la utilización de una imagen (véase figura 4.11), se describirán los pasos necesarios para obtener una detección mediante el operador Canny.



Figura 4.11 Imagen original

FUENTE LOS AUTORES

Los pasos realizados en el algoritmo se enumeran a continuación, los cuales serán explicados con detalle más adelante:

1. Filtrado.
2. Cálculo de gradiente.
3. Cálculo de la magnitud y la dirección.
4. Redondeo a direcciones válidas.
5. Eliminación de píxeles de magnitud menor.
6. Umbralización con histéresis.

Para realizarlos de una forma más eficiente procedemos al sub-muestreo de la imagen, que consiste en generar una imagen a partir de la toma de muestras periódicas de la imagen original, de tal forma que esta quede más pequeña, obteniendo la figura 4.12 como imagen sub-muestreada.



Figura 4.12 Imagen sub-muestreada

FUENTE LOS AUTORES

4.4.1.2 FILTRADO

Un filtrado consiste en aplicar una transformación de forma que se acentúen o disminuyan ciertos aspectos de la imagen, para lo cual vamos a realizar un filtrado gaussiano en cada plano RGB para eliminar el ruido y suavizar la imagen.

El filtrado gaussiano se basa en la campana de gauss, la cual se puede observar en la figura 4.13 y a su vez se la ha representado en forma de ecuación en (4.2)

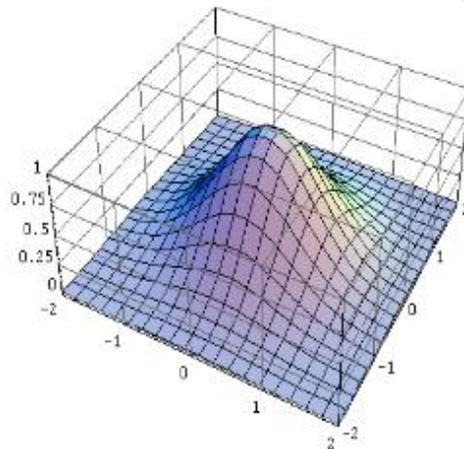


Figura 4.13 Campana de gauss

FUENTE LOS AUTORES

La finalidad es obtener una máscara 3x3 para aplicársela a la imagen, para ello se toma el eje de coordenadas en el pixel central de una ventana 3x3 y se sustituyen los valores de x e y representados en la matriz (4.3) en la ecuación (4.2), obteniendo así la máscara representada en la función (4.4), sigma toma el valor por defecto de $\sigma = 0.5$

$$f(x, y) = e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (4.2)$$

$$x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

$$g(x, y) = \begin{bmatrix} 0.0183 & 0.1353 & 0.0183 \\ 0.1353 & 1.0000 & 0.1353 \\ 0.0183 & 0.1353 & 0.0183 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Por último se normaliza sumando todos los elementos de la máscara para obtener en qué medida contribuyen los pixeles vecinos al filtrado del pixel central, obteniendo $sum = 1.6146$. El filtro gaussiano resultante será h representado en la función (4.5), influyendo el propio pixel central en un 61,93%, los pixeles que se encuentran en las direcciones horizontal y vertical en un 8,38% y los pixeles que se encuentran en las diagonales en un 1,13%.

$$h = \frac{g(x,y)}{sum} = \begin{bmatrix} 0.0113 & 0.0838 & 0.0113 \\ 0.0838 & 0.6193 & 0.0838 \\ 0.0113 & 0.0838 & 0.0113 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Tras calcular el filtro la forma más sencilla de aplicarlo a la imagen es realizar la convolución del filtro con cada plano RGB, como se puede observar en la figura 4.14, tras aplicar el filtro gaussiano se produce un suavizado de la imagen.



Figura 4.14 Suavizado de la imagen

FUENTE LOS AUTORES

4.4.1.3 CÁLCULO DE GRADIENTE

Como ya se ha mencionado, el operador Canny se basa en el cálculo de las derivadas parciales con respecto a x e y de cada plano RGB como se representa en la función (4.6), siendo $f(x, y)$ la imagen y n la dirección definida por el ángulo θ .

$$\frac{\delta f(x,y)}{\delta n} = \begin{bmatrix} \nabla R(x,y) * n \\ \nabla G(x,y) * n \\ \nabla B(x,y) * n \end{bmatrix}; n = \begin{bmatrix} \cos(\theta) \\ \sin(\theta) \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

Obteniendo ya las derivadas parciales por separado, se procederá a utilizar la notación de la ecuación (4.7) haciendo de esta manera referencia a las derivadas parciales.

$$R_x = \frac{\delta R}{\delta x} \text{ y } R_y = \frac{\delta R}{\delta y}$$

$$G_x = \frac{\delta G}{\delta x} \text{ y } G_y = \frac{\delta G}{\delta y} \quad (4.7)$$

$$B_x = \frac{\delta B}{\delta x} \text{ y } B_y = \frac{\delta B}{\delta y}$$

Para realizar el cálculo del gradiente, se toma x_1 como pixel central representado con el color rojo y a su alrededor sus 8 vecinos representados con el color azul, véase la figura 4.15.

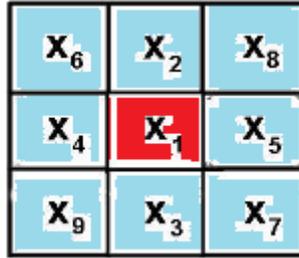


Figura 4.15 Pixel central y sus vecinos

Fuente Los Autores

Las ecuaciones para obtener las derivadas parciales en la dirección horizontal y vertical son aplicadas a cada plano RGB, siendo $F = R, G, B$ según corresponda, como se a representado en la ecuación (4.8).

$$F_x = \frac{1}{2} * (x_5 - x_4)$$

$$F_y = \frac{1}{2} * (x_3 - x_2) \quad (4.8)$$

4.4.1.4 CÁLCULO DE LA MAGNITUD Y LA DIRECCIÓN

Una vez obtenidas las derivadas con respecto a x y con respecto a y del espacio RGB hay que calcular la magnitud y la dirección del gradiente, para ello utilizamos el operador vector de campo (tensor).

El valor absoluto o el máximo autovalor de la matriz ($J^T J$) es la magnitud del gradiente en la dirección en la que es máximo, representado en la ecuación (4.9)

$$|m(x, y)| = |\lambda_{max}| \quad (4.9)$$

Donde m representa la magnitud del gradiente y λ los autovalores de la matriz ($J^T J$).

A continuación se calculan los autovalores de la matriz ($J^T J$) obteniendo como resultado las ecuaciones (4.10)

$$\lambda_{\pm} = \frac{1}{2}(j_{11} + j_{22}) \pm \sqrt{(j_{11} - j_{22})^2 + 4j_{12}^2}$$

$$\theta_{\pm} = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left\{ \frac{2j_{12}}{j_{11} - j_{22}} \right\} \quad (4.10)$$

Donde:

$$(J^T J) = \begin{bmatrix} j_{11} & j_{12} \\ j_{21} & j_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_x^2 + G_x^2 + B_x^2 & R_x * R_y + G_x * G_y + B_x * B_y \\ R_x * R_y + G_x * G_y + B_x * B_y & R_x^2 + G_x^2 + B_x^2 \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

La dirección en la cual se produce el cambio más grande o la máxima discontinuidad en la imagen cromática, está representado por el autovector de la matriz $(J^T J)$, que corresponde al máximo autovalor.

Sustituyendo los valores de la ecuación (4.11) en las ecuaciones (4.10) y utilizando la nomenclatura representada en (4.12), obtenemos las ecuaciones (4.13)

$$C_x = (R_x, G_x, B_x), C_y = (R_y, G_y, B_y) \quad (4.12)$$

$$\tan(2\theta) = \frac{2 C_x C_y}{\|C_x\|^2 - \|C_y\|^2} \quad (4.13)$$

$$m^2 = \|C_x\|^2 * \cos(\theta)^2 + 2 * C_x * C_y * \sin(\theta) * \cos(\theta) + \|C_y\|^2 * \sin(\theta)^2$$

Donde θ representa la dirección y m la magnitud de un borde.

Con estos cálculos finalmente obtenemos la magnitud 'm' y la dirección ' θ ' para cada pixel de la imagen. En la figura 4.16 representamos la magnitud donde ya podemos empezar a observar cómo va destacando los bordes.

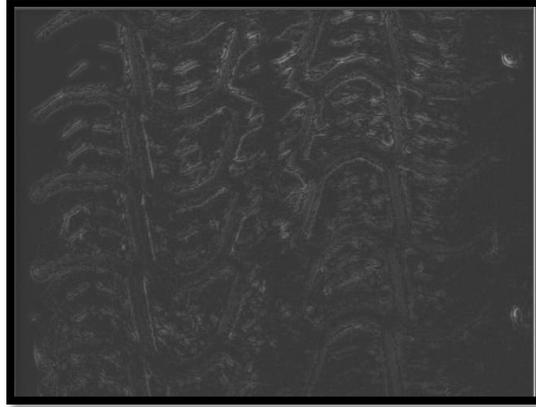


Figura 4.16 Magnitud de los bordes.

FUENTE LOS AUTORES

4.4.1.5 REDONDEO A DIRECCIONES VÁLIDAS

Una vez calculadas las direcciones de θ para cada pixel se redondean las direcciones para clasificarlas en horizontal, vertical y diagonal. La finalidad de esta función es comparar la magnitud del gradiente de un pixel con sus 2 vecinos según su dirección normal al borde, si la dirección es vertical tendríamos como pixeles vecinos el de arriba y el de abajo, si la dirección es horizontal los pixeles vecinos estarían a la izquierda y a la derecha y por último si la dirección fuera diagonal los pixeles vecinos serían los que están justamente al lado al trazar la diagonal.

Para conseguir esto primero tenemos que redondear las direcciones, dividimos la circunferencia unidad en sectores, véase figura 4.17, y según theta (θ) esté es un sector u otro se le asigna una dirección.

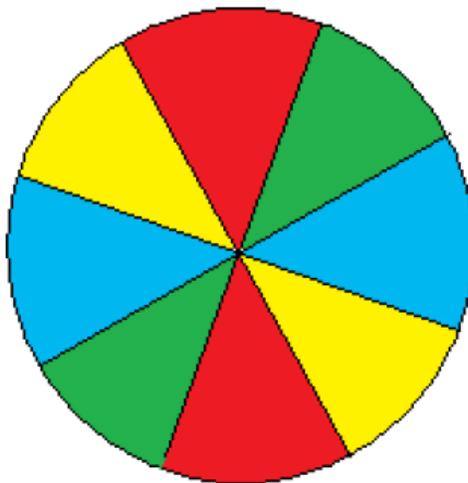


Figura 4.17 Sectorización de la circunferencia unidad

FUENTE LOS AUTORES

- Si theta (Θ) está en los sectores rojos (entre -22.5° y 22.5° o entre -157.5° y 157.5°) la dirección es vertical y como hemos dicho antes los pixeles vecinos sería el de arriba y el de abajo.
- Si theta (Θ) está en los sectores azules (entre 67.5° y 112.5° o entre -67.5° y -112.5°) la dirección es horizontal y los pixeles vecinos están a la izquierda y a la derecha.
- Si por el contrario está en los sectores amarillos y verdes (entre 22.5° y 67.5° , entre -157.5° y -112.5° , entre 112.5° y 157.5° o entre -22.5° y -67.5°) la dirección es diagonal y los pixeles vecinos son los que se encuentran en la diagonal.

4.4.1.6 ELIMINACIÓN DE PÍXELES DE MAGNITUD MENOR

La eliminación consiste en eliminar aquellos pixeles que comparados con sus vecinos tengan una magnitud menor, para ello en cada pixel miramos su dirección según lo explicado en el paso anterior, así sabemos cuáles son sus 2 vecinos.

Una vez determinado que vecinos hay que mirar comparamos el valor de la magnitud de sus vecinos, el pixel solo será considerado como borde si su magnitud es mayor que la magnitud de sus vecinos. Con este paso conseguimos adelgazar el borde, véase la figura 4.18

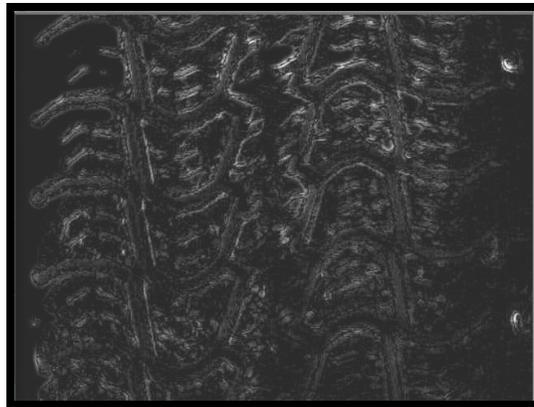


Figura 4.18 Adelgazamiento de bordes.

FUENTE LOS AUTORES

4.4.1.7 UMBRALIZACIÓN CON HISTÉRESIS

La umbralización consiste en imponer un umbral, si los pixeles superan ese umbral serán considerados como bordes, pero aparece un problema si imponemos un umbral muy alto perdemos parte de los bordes, por el contrario si usamos un umbral bajo aparecería ruido, por ello utilizamos la umbralización con histéresis en la que usamos dos umbrales Th y Tl siendo Th mayor que Tl .

Recorremos la matriz obtenida de la eliminación de no máximos, si la magnitud del pixel supera el umbral Th se considera un pixel fuerte, si por el contrario la magnitud del pixel es superior al umbral Tl pero inferior a Th es considerado un pixel débil, vease la figura 4.19.

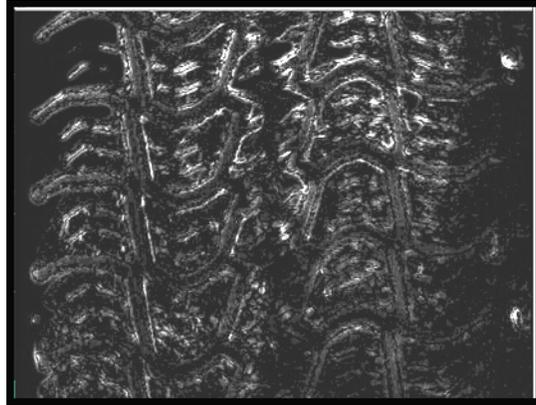


Figura 4.19 Pixeles fuerte y débiles

FUENTE LOS AUTORES

Como se observa en la imagen hay varios pixeles que no deberían ser considerados como borde, para solucionarlo consideramos borde todos los pixeles fuertes más los pixeles débiles que sean vecinos de los pixeles fuertes, obteniendo una detección mucho más limpia y en la que desaparecen muchos de los pixeles interiores de los bordes véase la figura 4.20

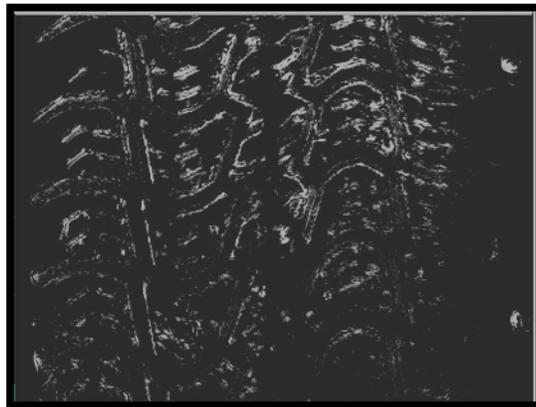


Figura 4.20 Detección mas limpia de bordes

FUENTE LOA AUTORES

4.4.2 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Con todos los procesos ya realizados se puede determinar y explicar de una manera general el funcionamiento del dispositivo de medida, el cual se detallara a continuación:

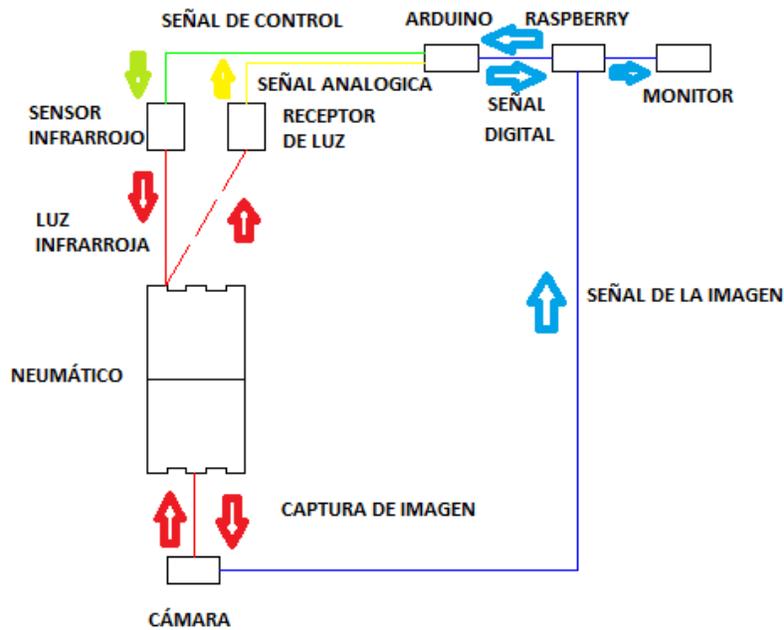


Figura 4.21 Funcionamiento del Dispositivo

FUENTE LOS AUTORES

Cuando el dispositivo da inicio a su funcionamiento, el encargado de enviar y recibir las señales para su debido proceso es el raspberry (véase la figura 4.21), el cual envía una señal hacia el arduino el mismo que es el encargado de cumplir con la función de driver del sensor, lo cual quiere decir que por medio de este el sensor va a recibir la orden de proyectar su luz hacia el neumático, y a la misma vez de captar el rebote de la luz siendo esta una señal analógica de voltaje, la cual será interpretada por el arduino para que sea convertida en una señal digital que es enviada al raspberry, y en este es procesada dicha señal.

Al mismo tiempo la cámara también envía y recibe una señal para capturar la imagen para realizar esta operación el raspberry es el encargado de dar dicha orden, y luego recibe la imagen la cual es sometida a un proceso digital de imagen en donde se establecerá y obtendrá los datos necesarios, con los que el programa que está grabado en el raspberry, finalmente interpretará y fusionará todos los datos de entrada para el debido cálculo, con lo que se dará a conocer los resultados obtenidos en el proceso de medición de la banda de rodadura los mismos que se los observará en el monitor.

4.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Con el dispositivo terminado, procedemos a realizar las pruebas de funcionamiento las mismas que nos permitirán comprobar que las medidas proporcionadas sean las correctas, basándonos en una escala del 1 al 10. Para esta pruebas se utilizó neumáticos que están con su banda de

rodadura en un estado bueno, medio y malo, para así determinar los rangos de medida porcentual, con los mismos que se establecerá el verdadero estado del neumático.

Para la primera prueba se escogió un neumático que tiene su banda de rodadura en un buen estado, esto quiere decir que la medida está por encima de la requerida por la norma de regulación de los neumáticos.

En la figura 4.22 se observa la medida obtenida, para luego establecer los rangos de medida debido a que el neumático utilizado se encuentra en un estado bueno de la banda de rodadura, los mismos que se los explicarán más adelante.

```
File Edit Shell Debug Options Windows Help
Python 2.7.3 (default, Mar 18 2014, 05:13:23)
[GCC 4.6.3] on linux2
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ===== RESTART =====
>>>
RODADURA = (7.186207682291667, 0.0, 0.0, 0.0)
```

Figura 4.22 Medida de un neumático en buen estado.

FUENTE LOS AUTORES.

En la figura 4.23 se observa el tipo de dibujo de la banda de rodadura del neumático en el cual se realizó la medición, con dicha imagen se comprobará que la medida es real y propia del neumático utilizado.



Figura 4.23 Dibujo de la banda de rodadura de un neumático en buen estado.

FUENTE LOS AUTORES.

A continuación en la figura 4.24 se observa el dibujo real de la banda de rodadura del neumático utilizado, con lo cual se puede comprobar que el obtenido por el dispositivo y el real son similares.



Figura 4.24 Neumático en buen estado de la banda de rodadura.

FUENTE LOS AUTORES.

A continuación se realiza la medición de un neumático con una banda de rodadura en un estado medio, lo cual nos indica que está cerca de llegar al límite de desgaste permitido. En la figura 4.25 se observará el resultado de la medición.

```
File Edit Shell Debug Options Windows Help
Python 2.7.3 (default, Mar 18 2014, 05:13:23)
[GCC 4.6.3] on linux2
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ===== RESTART =====
>>>
RODADURA = (3.166744791666667, 0.0, 0.0, 0.0)
```

Figura 4.25 Medida de un neumático en estado medio.

FUENTE LOS AUTORES.

Después de verificar el valor obtenido, revisamos la imagen proyectada de la banda de rodadura, la cual dependiendo del estado será más o menos visible debido a la escala que utiliza véase figura 4.26

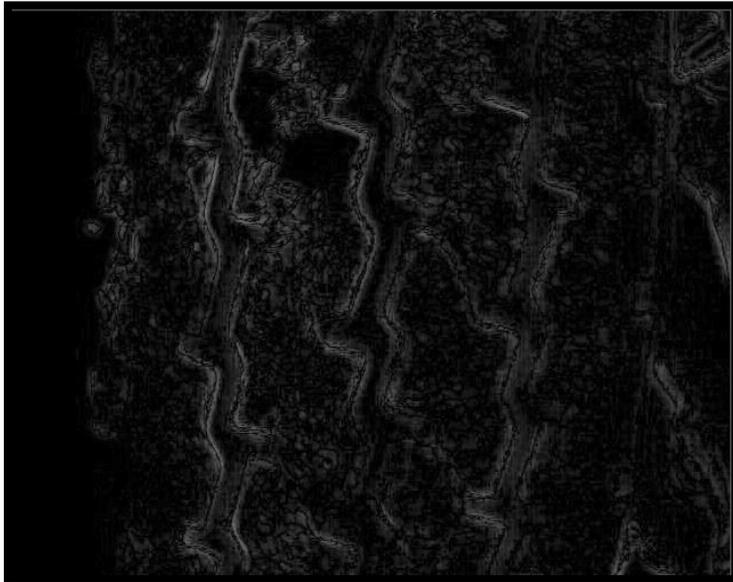


Figura 4.26 Proyección de la banda de rodadura de un neumático en estado medio.

FUENTE LOS AUTORES.

Podemos observar que el dibujo obtenido es similar al real, con lo que se puede establecer que la medida puede ser realizada en cualquier tipo de neumático sin importar el dibujo de banda que tenga, véase la figura 4.27.



Figura 4.27 Neumático con la banda de rodadura en estado medio.

FUENTE LOS AUTORES.

Finalmente se realizó una prueba con un neumático que tiene la banda de rodadura en mal estado, en la figura 4.28 se observa la medida obtenida.

```
File Edit Shell Debug Options Windows Help
Python 2.7.3 (default, Mar 18 2014, 05:13:23)
[GCC 4.6.3] on linux2
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> ===== RESTART =====
>>>
RODADURA = (2.387744140625, 0.0, 0.0, 0.0)
|
```

Figura 4.28 Medida de un neumático en mal estado.

FUENTE LOS AUTORES

En la figura 4.29 se observa una imagen muy poco visible, por causa del mal estado del neumático, cuya medida está por debajo de los rangos establecidos por la ley para poder seguir siendo utilizados.

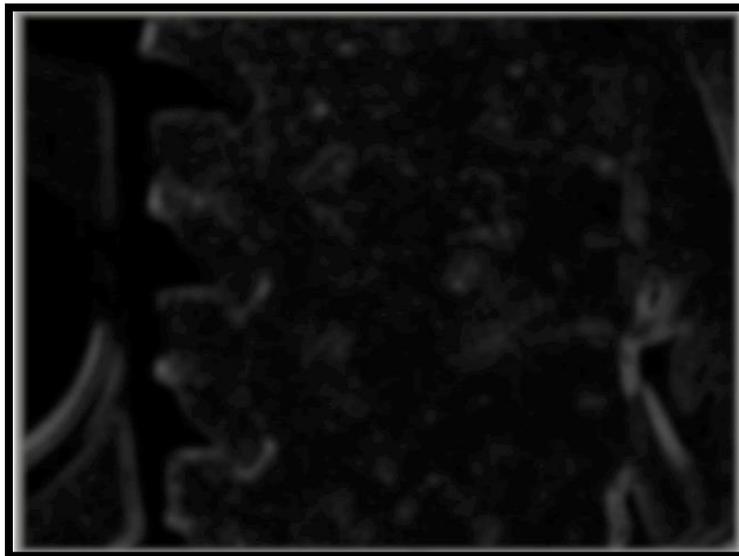


Figura 4.29 Proyección de la banda de rodadura de un neumático en mal estado.

FUENTE LOS AUTORES.

En la figura 4.30 observamos la imagen real del neumático, el cual ya no sirve porque está completamente desgastado.



Figura 4.30 Neumático con la banda de rodadura en mal estado.

FUENTE LOS AUTORES.

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento, se podrá establecer los rangos de medida obtenidos por el dispositivo, para determinar si la banda de rodadura del neumático está en condiciones de ser utilizado o debe ser ya reemplazado.

Como el dispositivo entrega resultados de medida en una escala del 1 al 10, entonces se establece un rango en el cual estén los neumáticos de buen estado, medio y malos, como se puede observar en la siguiente tabla:

Medida del dispositivo	Estado del neumático
1-2.99	Malo
3-5.99	Medio
6-10	Bueno

Tabla 4.2 Rangos de medida de los neumáticos.

FUENTE LOS AUTORES

4.6 PRUEBAS DE CAMPO

Para realizar estas pruebas, se procedió a socializar con los choferes y propietarios de las unidades de transporte urbano de la ciudad de Cuenca, específicamente con las personas que laboran para la Compañía Cuencana S.A, la misma que brinda un servicio de transporte de pasajeros por toda la ciudad.

Dicha compañía muy gentilmente nos brindó el apoyo solicitado para hacer uso de sus instalaciones (talleres) para realizar nuestras pruebas, pero al tener muchas áreas de trabajo y una excesiva carga eléctrica, se pudo observar que existen picos de sobre voltaje, lo que nos dio muchos inconvenientes a la hora de realizar nuestros ejercicios, concluyendo que nuestro prototipo es sensible a las sobrecargas.

Para evitar estos inconvenientes, acudimos directamente a los lugares en donde las unidades permanecen estacionadas por un tiempo determinado, hasta que vuelvan a realizar su respectivo recorrido. En dichos lugares, se aprovechó el tiempo de parada para poder realizar las pruebas en las unidades de transporte que lleguen a ese lugar.

Al realizar las pruebas, se consideró tomar en cuenta los números municipales (véase la figura 4.31) que caracterizan a cada una de las unidades que pertenecen a la Compañía Cuencana, de esta manera se diferenciará y se podrá establecer el estado de la banda de rodadura de las diferentes unidades de transporte.



Figura 4.31 Número municipal de buses urbanos.

FUENTE LOS AUTORES

Como las unidades de transporte llegan a dicho lugar según los horarios establecidos por parte de la compañía, se realizaron las pruebas de una manera aleatoria en donde se pudieron recolectar datos de medición en diferentes estados de la banda de rodadura, como se puede ver en la figura 4.32 se realizó la medida del neumático interior de la parte posterior derecha de la unidad el cual se encuentra en un muy buen estado.



Figura 4.32 Medición del neumático interior posterior.

FUENTE LOS AUTORES.

En la figura 4.33 se puede apreciar los números de identificación municipal de las unidades de transporte.



Figura 4.33 Numero de identificación municipal.

FUENTE LOS AUTORES.

En la figura 4.34 se puede observar que se está realizando la medición del neumático delantero de otra unidad de transporte, la cual se ve que su estado está a la mitad de su vida útil.



Figura 4.34 Medición del neumático delantero.

FUENTE LOS AUTORES.

El número municipal de esta unidad de transporte se lo puede ver en la figura 4.35, y sus respectivos valores se los conocerá en una tabla que la colocaremos más adelante.



Figura 4.35 Número de identificación municipal.

Fuente Los Autores.

Así como se encontró algunas unidades de transporte con neumáticos en buen estado, también hubo en estado medio y algunos que ya estaban en mal estado, pero se dialogó con los choferes y nos confirmaron que ya estaban por reemplazar dichos neumáticos en los talleres de la compañía.

En la figura 4.36 se observa que el bus al que se está haciendo la medición tiene el neumático en mal estado, el mismo que se recomienda reemplazarlo.



Figura 4.36 Medición del neumático exterior izquierdo.

FUENTE LOS AUTORES.

Como se observa en las figuras anteriores, el número municipal que llevan los buses de transporte urbano, tienen asignado los dos primeros dígitos para reconocer y enumerar a la compañía a la cual pertenecen, y los dígitos después del guión representan el número de unidad que es a nivel de todas las compañías que existen en la ciudad (véase la figura 4.37), para lo cual los buses que pertenecen a la Compañía Cuencana empiezan con el número 07.



Figura 4.37 Número característico de la compañía.

FUENTE LOS AUTORES.

Una vez finalizada la prueba de campo se realizará una tabla de los valores obtenidos los mismos que nos indicarán si el neumático que fue medido está en un buen estado de funcionamiento o si ya debe de ser reemplazado, dependiendo de las medidas que el dispositivo nos indique.

4.6.1 PRUEBAS EN LOS NEUMÁTICOS DELANTEROS.

En la figura 4.38 observamos un esquema con vista superior de la posición de los neumáticos de un bus de transporte de pasajeros, a los que se realizaron las pruebas. De color rojo están las llantas analizadas.

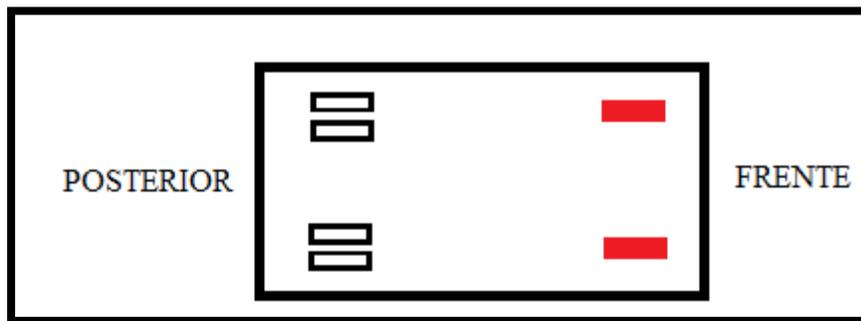


Figura 4.38 ubicación de los neumáticos delanteros

FUENTE LOS AUTORES

Para explicar y tener una mejor apreciación de los resultados obtenidos, se realizó una tabla de las medidas obtenidas en los neumáticos delanteros de las unidades de transporte en donde se colocarán cada uno de los resultados, en el orden en que se tomaron cada una de las muestras.

# DE BUS	CODIGO DEL BUS	# NEUMÁTICO	MEDIDA OBTENIDA	RANGO ACEPTADO	CALIFICACIÓN (ESTADO)
BUS # 1	07-0443	Neu. 1	7.35	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.41	06-10	Bueno
BUS # 2	07-0411	Neu. 1	3.47	3-5.99	Medio
		Neu. 2	3.68	3-5.99	Medio
BUS # 3	07-0467	Neu. 1	6.34	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.55	06-10	Bueno
BUS # 4	07-0397	Neu. 1	7.07	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.14	06-10	Bueno
BUS # 5	07-0456	Neu. 1	2.46	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.74	1-2.99	Malo
BUS # 6	07-0413	Neu. 1	6.68	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.72	06-10	Bueno
BUS # 7	07-0388	Neu. 1	5.65	3-5.99	Medio
		Neu. 2	5.59	3-5.99	Medio
BUS # 8	07-0415	Neu. 1	8.25	06-10	Bueno
		Neu. 2	8.14	06-10	Bueno

BUS # 9	07-0442	Neu. 1	4.38	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.25	3-5.99	Medio
BUS # 10	07-0408	Neu. 1	2.87	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.69	1-2.99	Malo
BUS # 11	07-0392	Neu. 1	8.63	06-10	Bueno
		Neu. 2	8.41	06-10	Bueno
BUS # 12	07-0421	Neu. 1	6.76	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.88	06-10	Bueno
BUS # 13	07-0463	Neu. 1	7.86	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.95	06-10	Bueno
BUS # 14	07-0428	Neu. 1	2.09	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.34	1-2.99	Malo
BUS # 15	07-0450	Neu. 1	5.25	3-5.99	Medio
		Neu. 2	5.19	3-5.99	Medio
BUS # 16	07-0402	Neu. 1	7.27	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.31	06-10	Bueno
BUS # 17	07-0459	Neu. 1	6.11	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.17	06-10	Bueno
BUS # 18	07-0438	Neu. 1	1.50	1-2.99	Malo
		Neu. 2	1.99	1-2.99	Malo
BUS # 19	07-0426	Neu. 1	6.04	06-10	Bueno
		Neu. 2	5.99	3-5.99	Medio
BUS # 20	07-0392	Neu. 1	6.55	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.69	06-10	Bueno
BUS # 21	07-0381	Neu. 1	2.23	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.38	1-2.99	Malo
BUS # 22	07-0430	Neu. 1	3.74	3-5.99	Medio
		Neu. 2	3.81	3-5.99	Medio
BUS # 23	07-0412	Neu. 1	8.01	06-10	Bueno
		Neu. 2	8.07	06-10	Bueno
BUS # 24	07-0417	Neu. 1	6.96	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.89	06-10	Bueno
BUS # 25	07-0429	Neu. 1	7.03	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.12	06-10	Bueno
BUS # 26	07-0376	Neu. 1	4.33	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.48	3-5.99	Medio
BUS # 27	07-0435	Neu. 1	2.23	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.49	1-2.99	Malo
BUS # 28	07-0461	Neu. 1	8.20	06-10	Bueno
		Neu. 2	8.37	06-10	Bueno
BUS # 29	07-0437	Neu. 1	6.75	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.63	06-10	Bueno
BUS # 30	07-0400	Neu. 1	5.67	3-5.99	Medio
		Neu. 2	5.59	3-5.99	Medio

Tabla 4.3 Medidas de los neumáticos delanteros.

Fuente Los Autores.

Como se puede ver en la tabla 4.3, los resultados que se han obtenido en las pruebas realizadas nos determina que la mayoría de las unidades de transporte de la Compañía Cuencana tienen los neumáticos delanteros en un buen estado de funcionamiento la banda de rodadura, pero unos pocos de ellos se encuentran con neumáticos en mal estado los mismos que deberían ser cambiados lo antes posible, podemos observar los resultados en la figura 4.39.

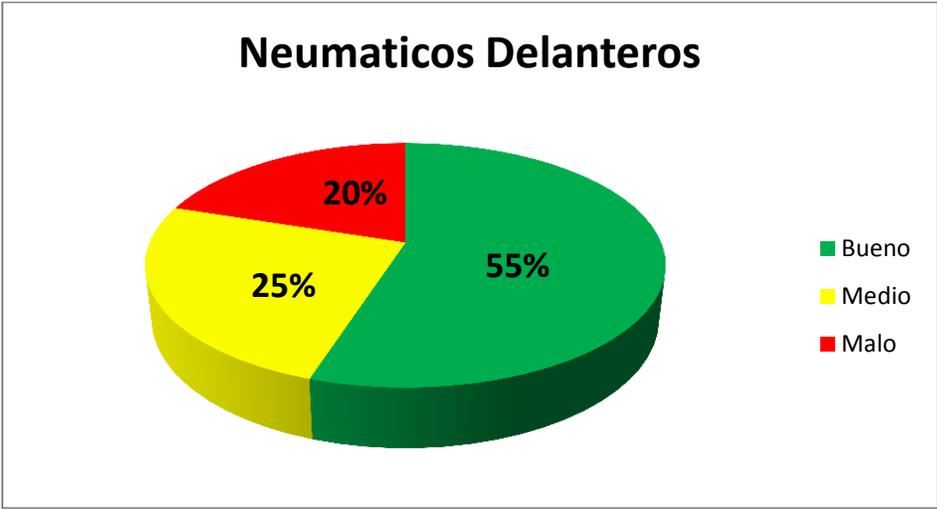


Figura 4.39 Análisis de resultados en los neumáticos delanteros

FUENTE LOS AUTORES.

En la figura 4.40, se puede observar que el dispositivo está realizando la medición de los neumáticos delanteros en una de las unidades.



Figura 4.40 Medición de los neumáticos delanteros.

FUENTE LOS AUTORES.

4.6.2 PRUEBAS EN LOS NEUMÁTICOS POSTERIORES INTERIORES.

En la figura 4.41 observamos la posición de los neumáticos del bus a los que se realizó las pruebas, los mismos que están de color rojo.

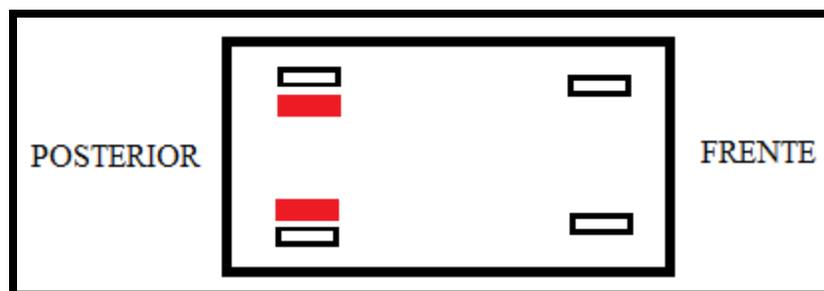


Figura 4.41 ubicación de los neumáticos posteriores internos

FUENTE LOS AUTORES

Para una mejor apreciación de los resultados obtenidos, se realizó una tabulación en base a la ubicación de los neumáticos, por tal motivo al tener las unidades de transporte en la parte posterior dos neumáticos, primero se tabuló los resultados que se encuentran en la parte interior.

# DE BUS	CODIGO DEL BUS	# NEUMÁTICO	MEDIDA OBTENIDA	RANGO ACEPTADO	CALIFICACION (ESTADO)
BUS # 1	07-0443	Neu. 1	8.15	06-10	Bueno
		Neu. 2	8.21	06-10	Bueno
BUS # 2	07-0411	Neu. 1	5.20	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.87	3-5.99	Medio
BUS # 3	07-0467	Neu. 1	6.78	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.65	06-10	Bueno
BUS # 4	07-0397	Neu. 1	6.82	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.79	06-10	Bueno
BUS # 5	07-0456	Neu. 1	1.67	3-5.99	Malo
		Neu. 2	2.00	3-5.99	Malo
BUS # 6	07-0413	Neu. 1	3.58	3-5.99	Medio
		Neu. 2	3.50	3-5.99	Medio
BUS # 7	07-0388	Neu. 1	2.69	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.58	1-2.99	Malo
BUS # 8	07-0415	Neu. 1	7.09	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.01	06-10	Bueno
BUS # 9	07-0442	Neu. 1	3.88	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.65	3-5.99	Medio
BUS # 10	07-0408	Neu. 1	3.25	3-5.99	Medio
		Neu. 2	5.19	3-5.99	Medio

BUS # 11	07-0392	Neu. 1	4.32	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.42	3-5.99	Medio
BUS # 12	07-0421	Neu. 1	6.94	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.88	06-10	Bueno
BUS # 13	07-0463	Neu. 1	3.77	3-5.99	Medio
		Neu. 2	3.85	3-5.99	Medio
BUS # 14	07-0428	Neu. 1	2.11	1-2.99	Malo
		Neu. 2	1.98	3-5.99	Malo
BUS # 15	07-0450	Neu. 1	1.87	1-2.99	Malo
		Neu. 2	1.69	1-2.99	Malo
BUS # 16	07-0402	Neu. 1	5.30	3-5.99	Medio
		Neu. 2	5.41	3-5.99	Medio
BUS # 17	07-0459	Neu. 1	3.63	3-5.99	Medio
		Neu. 2	3.71	3-5.99	Medio
BUS # 18	07-0438	Neu. 1	1.50	1-2.99	Malo
		Neu. 2	1.59	1-2.99	Malo
BUS # 19	07-0426	Neu. 1	4.03	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.11	3-5.99	Medio
BUS # 20	07-0392	Neu. 1	6.32	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.35	06-10	Bueno
BUS # 21	07-0381	Neu. 1	2.74	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.49	1-2.99	Malo
BUS # 22	07-0430	Neu. 1	1.46	1-2.99	Malo
		Neu. 2	1.61	1-2.99	Malo
BUS # 23	07-0412	Neu. 1	7.32	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.15	06-10	Bueno
BUS # 24	07-0417	Neu. 1	7.42	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.54	06-10	Bueno
BUS # 25	07-0429	Neu. 1	4.14	3-5.99	Medio
		Neu. 2	3.98	3-5.99	Medio
BUS # 26	07-0376	Neu. 1	2.23	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.16	1-2.99	Malo
BUS # 27	07-0435	Neu. 1	1.99	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.08	1-2.99	Malo
BUS # 28	07-0461	Neu. 1	6.43	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.31	06-10	Bueno
BUS # 29	07-0437	Neu. 1	7.87	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.69	06-10	Bueno
BUS # 30	07-0400	Neu. 1	4.73	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.59	3-5.99	Medio

Tabla 4.4 Medidas de los neumáticos posteriores internos

FUENTE LOS AUTORES.

En la figura 4.42 se observa que el valor de los neumáticos en buen estado disminuyen y a su vez aumenta proporcionalmente los de estado medio y malos, esto se debe a que en esta posición de los neumáticos se encuentran por lo general los que están a mitad de su vida útil y al final de la misma, esto sucede por motivo que se realiza una rotación de neumáticos en todas las unidades

de transporte, y al ser esta posición la menos visible ayuda para que los propietarios utilicen los neumáticos hasta el final y un poco más de su vida útil.

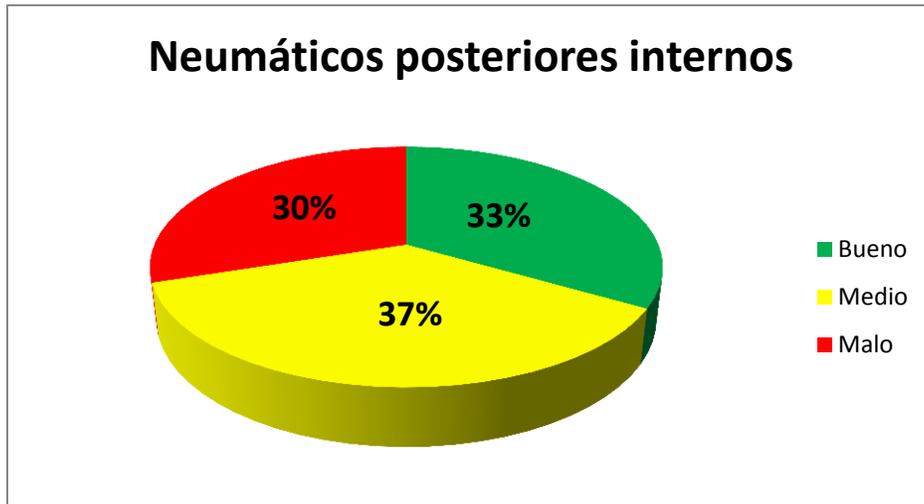


Figura 4.42 Análisis de resultados en los neumáticos posteriores internos.

FUENTE LOS AUTORES.

En la figura 4.43, se puede observar que el dispositivo está realizando la medición en un neumático posterior interno de una de las unidades.



Figura 4.43 Medición de los neumáticos interinos.

FUENTE LOS AUTORES.

4.6.3 PRUEBAS EN LOS NEUMÁTICOS POSTERIORES EXTERNOS.

En la figura 4.44 observamos la posición de los neumáticos del bus a los que se realizó las pruebas, los mismos que están de color rojo.

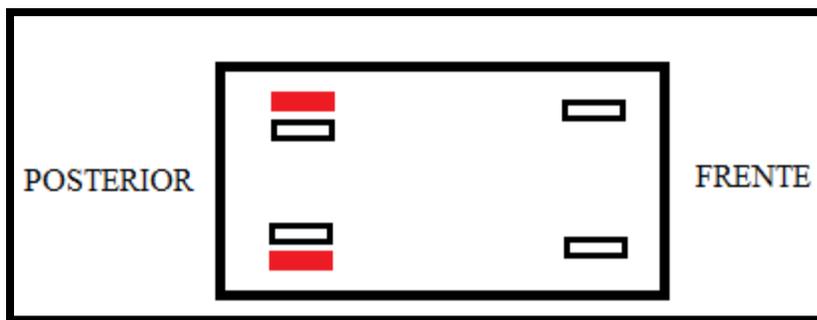


Figura 4.44 ubicación de los neumáticos posteriores externos

FUENTE LOS AUTORES

Por último se realizó las pruebas en los neumáticos exteriores del eje trasero de las unidades de transporte, finalizando así la tabulación de los resultados obtenidos.

# DE BUS	CODIGO DEL BUS	# NEUMÁTICO	MEDIDA OBTENIDA	RANGO ACEPTADO	CALIFICACION (ESTADO)
BUS # 1	07-0443	Neu. 1	6.18	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.04	06-10	Bueno
BUS # 2	07-0411	Neu. 1	1.65	1-2.99	Malo
		Neu. 2	1.48	1-2.99	Malo
BUS # 3	07-0467	Neu. 1	6.55	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.61	06-10	Bueno
BUS # 4	07-0397	Neu. 1	5.00	3-5.99	Medio
		Neu. 2	5.07	3-5.99	Medio
BUS # 5	07-0456	Neu. 1	2.49	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.57	1-2.99	Malo
BUS # 6	07-0413	Neu. 1	6.68	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.86	06-10	Bueno
BUS # 7	07-0388	Neu. 1	5.67	3-5.99	Medio
		Neu. 2	5.59	3-5.99	Medio
BUS # 8	07-0415	Neu. 1	8.25	06-10	Bueno
		Neu. 2	8.14	06-10	Bueno
BUS # 9	07-0442	Neu. 1	5.16	3-5.99	Medio
		Neu. 2	5.38	3-5.99	Medio
BUS # 10	07-0408	Neu. 1	2.03	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.14	1-2.99	Malo
BUS # 11	07-0392	Neu. 1	4.42	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.34	3-5.99	Medio
BUS # 12	07-0421	Neu. 1	6.96	06-10	Bueno

		Neu. 2	6.89	06-10	Bueno
BUS # 13	07-0463	Neu. 1	6.55	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.68	06-10	Bueno
BUS # 14	07-0428	Neu. 1	1.67	1-2.99	Malo
		Neu. 2	1.58	1-2.99	Malo
BUS # 15	07-0450	Neu. 1	4.30	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.18	3-5.99	Medio
BUS # 16	07-0402	Neu. 1	7.36	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.24	06-10	Bueno
BUS # 17	07-0459	Neu. 1	6.41	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.29	06-10	Bueno
BUS # 18	07-0438	Neu. 1	1.50	1-2.99	Malo
		Neu. 2	1.62	1-2.99	Malo
BUS # 19	07-0426	Neu. 1	3.57	3-5.99	Medio
		Neu. 2	3.68	3-5.99	Medio
BUS # 20	07-0392	Neu. 1	8.20	06-10	Bueno
		Neu. 2	8.06	06-10	Bueno
BUS # 21	07-0381	Neu. 1	2.23	1-2.99	Malo
		Neu. 2	2.11	1-2.99	Malo
BUS # 22	07-0430	Neu. 1	4.00	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.16	3-5.99	Medio
BUS # 23	07-0412	Neu. 1	6.33	06-10	Bueno
		Neu. 2	6.41	06-10	Bueno
BUS # 24	07-0417	Neu. 1	8.20	06-10	Bueno
		Neu. 2	5.01	3-5.99	Medio
BUS # 25	07-0429	Neu. 1	4.75	3-5.99	Medio
		Neu. 2	6.67	06-10	Bueno
BUS # 26	07-0376	Neu. 1	5.25	3-5.99	Medio
		Neu. 2	5.19	3-5.99	Medio
BUS # 27	07-0435	Neu. 1	1.99	1-2.99	Malo
		Neu. 2	1.81	1-2.99	Malo
BUS # 28	07-0461	Neu. 1	7.14	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.23	06-10	Bueno
BUS # 29	07-0437	Neu. 1	7.35	06-10	Bueno
		Neu. 2	7.56	06-10	Bueno
BUS # 30	07-0400	Neu. 1	4.38	3-5.99	Medio
		Neu. 2	4.51	3-5.99	Medio

Tabla 4.5 Medidas de los neumáticos posteriores externos.

FUENTE LOS AUTORES.

En la tabla 4.5, se puede observar que los resultados obtenidos en esta posición son muy parecidos a los de los neumáticos delanteros, como se puede ver en la figura 4.45 el porcentaje del estado bueno de la banda de rodadura aumenta, lo cual nos indica que al ser los neumáticos externos y los delanteros los más expuestos a la visibilidad de las autoridades, los propietarios de

las unidades de transporte toman la iniciativa de mantener en un buen estado los neumáticos colocados en estas dos posiciones.

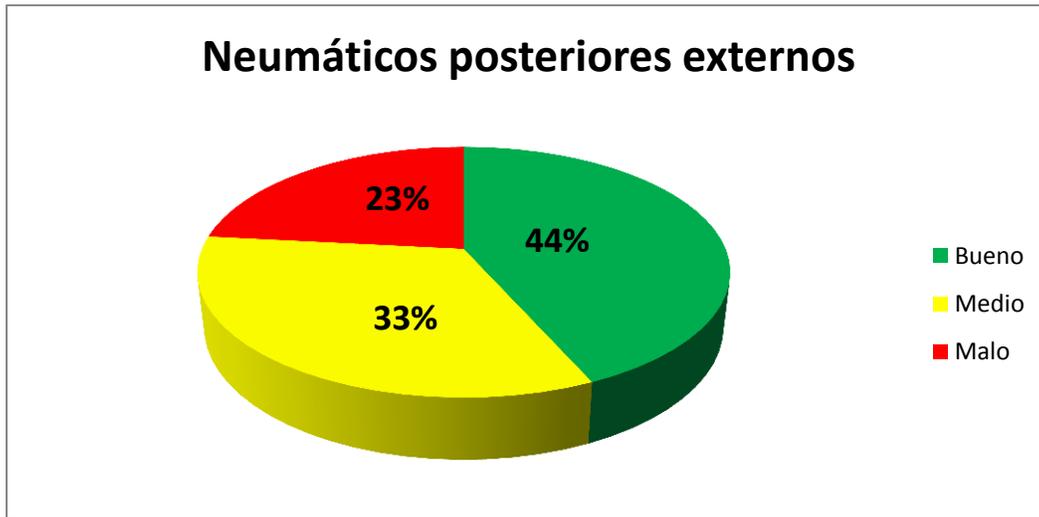


Figura 4.45 Análisis de resultados en los neumáticos posteriores externos.

FUENTE LOS AUTORES.

En la figura 4.46 se observa la medición de los neumáticos exteriores, los mismos que esta se encuentra en un estado aceptable su uso.



Figura 4.46 Medición de los neumáticos posteriores externos.

FUENTE LOS AUTORES

4.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al término de las pruebas de campo, se obtuvieron las mediciones de los diferentes neumáticos utilizados en las unidades de transporte, para lo cual es necesario realizar un análisis estadístico con una muestra de 30 unidades de transporte, teniendo en cuenta que el tamaño de la muestra se duplica para cada posición de neumáticos, ya que por cada posición existen dos. Dicho análisis se explicará a continuación en base a los resultados obtenidos y presentados en las tablas anteriores.

4.7.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS GENERALES

Al terminar de hacer un análisis de resultados de cada posición de los neumáticos se procede a realizar un análisis general, con el que nos proveerá información acerca de cuáles son los neumáticos que tienen mayor porcentaje dependiendo del estado de la banda de rodadura.

Con la realización de este análisis se podrá determinar si la mayoría de las unidades de transporte tiene los neumáticos en un buen estado, indicando que las mismas pueden o no seguir circulando.



Figura 4.47 Análisis general de los neumáticos.

FUENTE LOS AUTORES.

Como se puede ver en la figura 4.47, al menos la mitad de las unidades de transporte en las que se realizó la medición, están en un estado bueno de la banda de rodadura, pero a pesar de esto, ya que en base a las medidas establecidas en la norma de regulación de desgaste de neumáticos, el 76 % están aptos para seguir siendo utilizados en sus respectivas unidades de transporte. Este porcentaje es el resultado de sumar los neumáticos que tienen un buen estado y un estado medio de la banda de rodadura que, como conclusión en este sentido, podemos indicar que hoy en día los neumáticos que utilizan los medios de transporte se encuentran dentro de la norma de

regulación y se puede garantizar la seguridad de los usuarios de transporte público y de la seguridad activa de los vehículos.

4.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar este análisis se tomó una muestra de 30 mediciones del dispositivo a diferentes distancias (dispositivo-neumatico) y se comparó con la medida real, obteniendo el error de cada medición, los datos se pueden observar en la siguiente tabla.

Distancia cm	Medida del Dispositivo (mm)	Medida Real(mm)	Error (mm)
15	9,31	6,49	2,82
15	9,33	6,49	2,84
15	9,61	6,49	3,12
15	9,32	6,49	2,83
15	9,45	6,49	2,96
15	9,29	6,49	2,8
15	9,56	6,49	3,07
15	9,42	6,49	2,93
15	9,66	6,49	3,17
15	9,42	6,49	2,93
20	6,53	6,49	0,04
20	6,51	6,49	0,02
20	6,46	6,49	-0,03
20	6,48	6,49	-0,01
20	6,55	6,49	0,06
20	6,42	6,49	-0,07
20	6,39	6,49	-0,1
20	6,45	6,49	-0,04
20	6,61	6,49	0,12
20	6,57	6,49	0,08
25	4,48	6,49	-2,01
25	4,51	6,49	-1,98
25	4,44	6,49	-2,05
25	4,59	6,49	-1,9
25	4,48	6,49	-2,01
25	4,43	6,49	-2,06
25	4,6	6,49	-1,89
25	4,39	6,49	-2,1
25	4,49	6,49	-2
25	4,73	6,49	-1,76

Tabla 4.6 Error entre la medida del dispositivo y la medida real

FUENTE LOS AUTORES

4.8.1 ANÁLISIS ANOVA

”El análisis de varianza ANOVA es la técnica central en el análisis de datos experimentales. La idea general de esta técnica es separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento.”³⁵

El análisis se lo va a realizar con la ayuda del software MINITAB®, ingresando en el programa los datos mostrados en la tabla 4.6, además de un nivel de confianza del 95.0, con este análisis se intenta demostrar si la distancia a la que se coloca el dispositivo afecta o no a la medición final y determinar cual de las 3 distancias sometidas al análisis es la óptima para el funcionamiento del dispositivo.

A continuación observamos los resultados obtenidos.

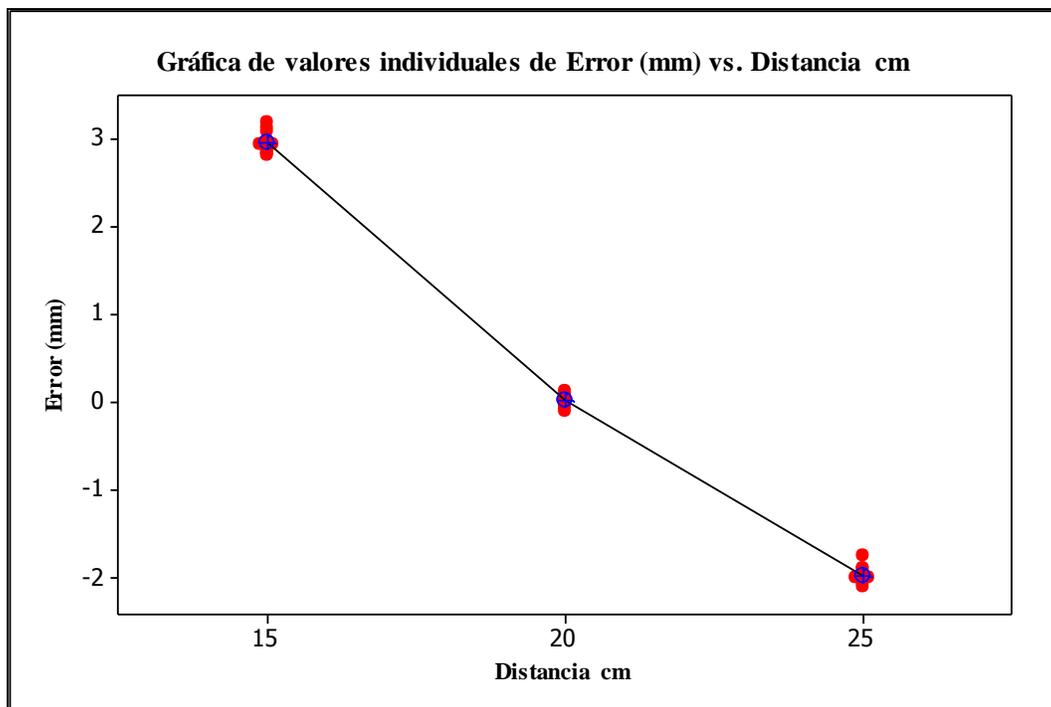


Figura 4.48 Gráfica Comparativa Distancia-Error

FUENTE LOS AUTORES

³⁵ GUTIÉRREZ, H (2012).-Análisis y Diseño de Experimentos. Tercera edición. Mc Graw-Hill/interamericana editores, S.A. de C.V.

En la figura 4.48 podemos observar que en las mediciones a la distancia de 20 cm. es la que menor error tiene ya que los puntos se encuentran dispersos en menor medida que en las 2 distancias restantes.

Ahora en figura 4.49 podemos observar claramente que el menor error en las mediciones es en la distancia de 20 cm, lo que indica que los datos tienen un menor índice de dispersión.

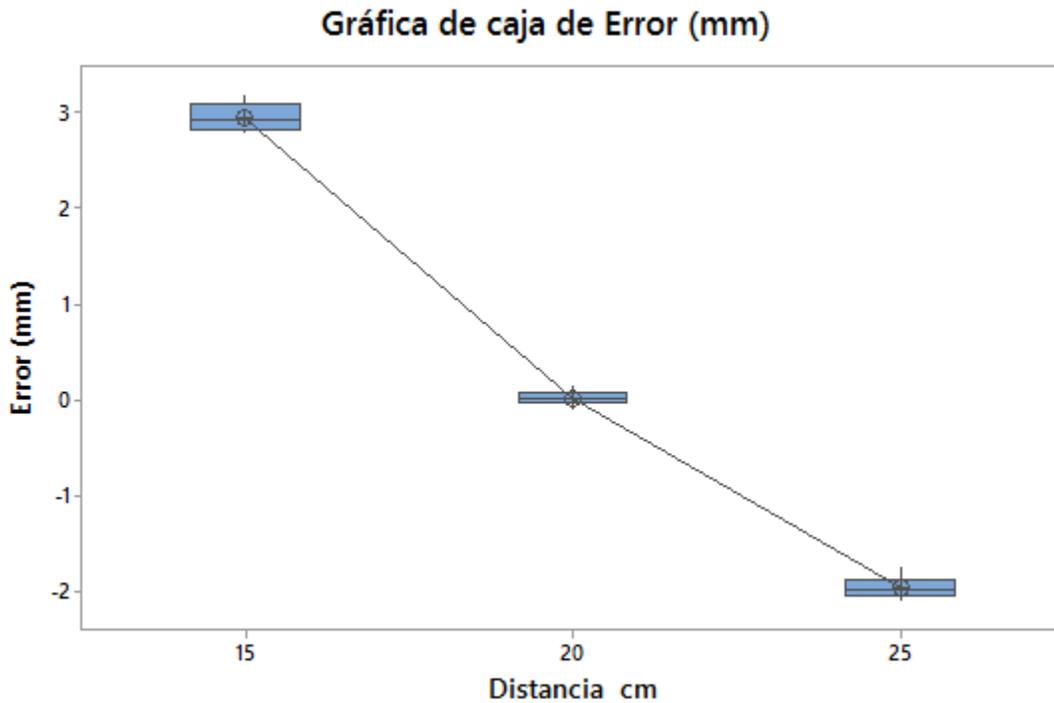


Figura 4.49 Diagrama de Cajas (error-distancia)

FUENTE LOS AUTORES

El método de Tukey indica que al variar cualquiera de los factores en la toma de una muestra el error no debería cambiar, en nuestro caso al variar el factor distancia las medias del error aumentan, como se ve en la figura 4.50 Las medias de error más cercanas a 0 se producen en el intervalo de distancia de 20 a 25.

ICs simultáneos de 95% de Tukey Diferencias de las medias para Error (mm)

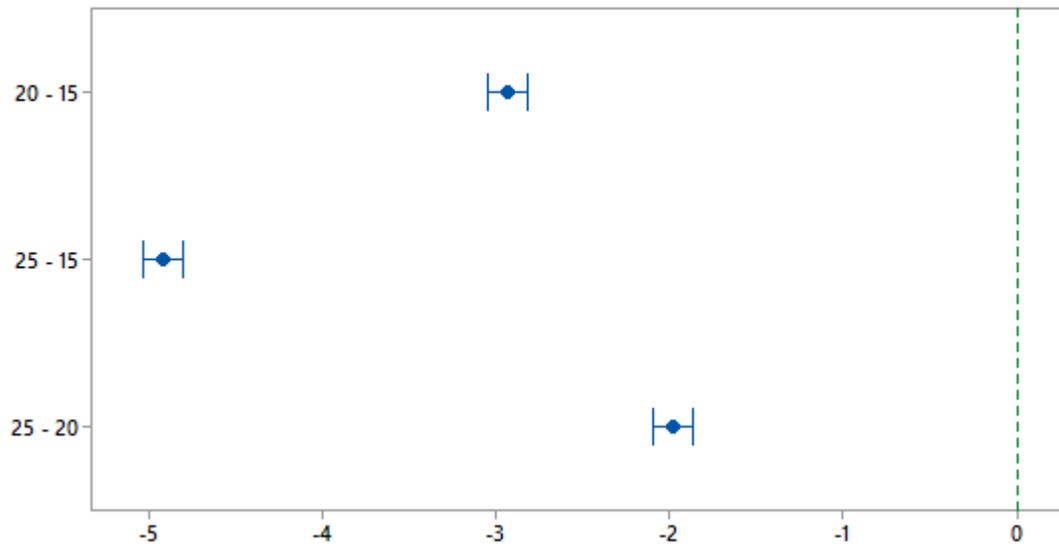


Figura 4.50 Comparación de las medias del error con las distancias de medición.

FUENTE LOS AUTORES

Además tenemos como resultado que el valor de la significancia $p=0,000$, por ende $p \leq 0.05$, esto nos indica que al variar la distancia de medición afecta significativamente en el resultado final que nos da el dispositivo.

Mediante las gráficas anteriores y el análisis del valor de p , podemos concluir que la distancia (dispositivo-neumático) de 20 cm. es la más indicada para el funcionamiento del dispositivo ya que a esta distancia se obtiene una menor variación entre mediciones y además el rango de error entre la medición del dispositivo y la real es mucho menor que en las otras distancias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Basados en el análisis ANOVA tenemos que el funcionamiento óptimo del dispositivo se da a una distancia de 20 cm. del neumático, ya que el error entre la medida real y la medida que se obtiene con el dispositivo es del 5 %.
- Al finalizar este proyecto, se puede concluir que el método empleado por el dispositivo, para realizar la medición es bueno y confiable al momento de interpretar los resultados obtenidos, obteniendo un menor rango de error.
- El dispositivo, tiene la ventaja de poder ser utilizado en cualquier tipo de neumático, sin importar el dibujo de la banda de rodadura, ni su tamaño.
- Al ser un prototipo se emplearon elementos de bajo costo, que reemplazarán a los de mayor precisión y alto costo, cumpliendo con las necesidades y requerimientos de los posibles clientes.
- El dispositivo puede ser utilizado para realizar un análisis estadístico del estado de los neumáticos, después de realizar la medida en los mimos, también nos dará a conocer que tan buena es la seguridad activa de los medios de transporte público.
- Con el análisis se puede tener mayor o menor confianza en las unidades de transporte, en las mismas que día a día muchas personas utilizan para trasladarse de un lugar a otro, a sus trabajos, a sus lugares de estudio, etc.
- Es necesario emplear todos los conocimientos adquiridos, para diseñar el dispositivo que cumplan con las mejores características, entender a los clientes cumpliendo con los requerimientos y necesidades que ellos presenten, aplicar las debidas técnicas y métodos para el ensamble y acoplamiento de los elementos utilizados.
- Los resultados obtenidos indican que la mayoría de los neumáticos, están dentro de la medida aceptada por la normativa de regulación y control del estado de la banda de rodadura, demostrando que cada vez los propietarios y choferes están tomando conciencia sobre el correcto uso de los neumáticos.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable hacer uso de elementos de mayor precisión y mas compactos, con los cuales se podrá reducir el tamaño del dispositivo, así como también el sistema de alimentación puede ser mediante baterías, logrando así que el dispositivo sea portátil y no estático como en su inicio.
- Hacer uso del dispositivo para realizar un análisis y seguimiento, de las unidades de transporte para determinar el tiempo que transcurre desde el cambio de los neumáticos hasta llegar al límite de medida permitido.
- Determinar y analizar en qué posición los neumáticos están sometidos a mayor desgaste de la banda de rodadura.
- Realizar mejoras tanto en hardware como en software, que permitan una entrega de resultados de forma impresa instantes después que se a realizado la medición.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- R. Bosch, Manual de la Técnica del Automovil, Bosch, 2005.
- K. T. Ulrich, Diseño y Desarrollo de Productos, McGrawHill, 2013.
- Aparicio, Teoría de los Vehículos Automóviles, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2001
- Gutiérrez, Análisis y Diseño de Experimentos, Mexico, McGrawHill, 2012.

Tesis:

- G. S. Correa, «udlap,» 2005. [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/sandre_c_g/capitulo5.pdf. [Último acceso: 2014].

Documentos Electrónicos:

- «Ley Orgánica de Transporte Terrestre,,» Quito, 2014.
- D. d. T. CONAE, «ManualL de Información Técnica de Neumáticos,» Mexico DF, 2013.
- INEN, «Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 011 (1R),» Quito, 2011.

Sitios Web:

- «Ecuador-vial,» 2013. [En línea]. Available: <HTTP://WWW.ECUADOR-VIAL.COM/ECUADOR-CON-NUEVAS-MULTAS-POR-INFRACCIONES-DE-TRANSITO>. [Último acceso: 2014].
- «Ecuador-vial,» 1014. [En línea]. Available: <HTTP://WWW.ECUADOR-VIAL.COM/ECUADOR-CON-NUEVAS-MULTAS-POR-INFRACCIONES-DE-TRANSITO>. [Último acceso: 2014].
- «Ecuador-vial,» 2014. [En línea]. Available: <HTTP://WWW.ECUADOR-VIAL.COM/ECUADOR-CON-NUEVAS-MULTAS-POR-INFRACCIONES-DE-TRANSITO>. [Último acceso: 2014].
- «El Mercurio,» 2014. [En línea]. Available: <://WWW.ELMERCURIO.COM.EC/400432-400432/#.UYMLL6IRDVK>. [Último acceso: 2014].

- «Gobierno del Azuay,» 2014. [En línea]. Available: [HTTP://WWW.AZUAY.GOB.EC/NOTICIAS/DETALLES/PREFECTURA-PLANEAREASFALTADO-DE-DOS-VAS-QUE-TIENEN-PEAJE-\(TOMADO-DE-DIARIO-EL-MERCURIO-06--03---2013\)/164/](http://WWW.AZUAY.GOB.EC/NOTICIAS/DETALLES/PREFECTURA-PLANEAREASFALTADO-DE-DOS-VAS-QUE-TIENEN-PEAJE-(TOMADO-DE-DIARIO-EL-MERCURIO-06--03---2013)/164/). [Último acceso: 2014].
- Arduino, «Arduino Mega,» 2014. [En línea]. Available: FUENTE [HTTP://ARDUINO.CC/EN/PMWIKI.PHP?N=MAIN/ARDUINOBOARDMEGA](http://ARDUINO.CC/EN/PMWIKI.PHP?N=MAIN/ARDUINOBOARDMEGA). [Último acceso: 2014].
- Consulvial Ecuador, «Nuevos Valores de Multas,» 2014. [En línea]. Available: [://CONSULVIAL-ECUADOR.BLOGSPOT.COM/2014/01/NUEVOS-VALORES-DE-MULTAS-DE-TRANSITO-EN.HTML](http://CONSULVIAL-ECUADOR.BLOGSPOT.COM/2014/01/NUEVOS-VALORES-DE-MULTAS-DE-TRANSITO-EN.HTML). [Último acceso: 2014].
- Elecfreaks, «Laser Rangefinder Sensor,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.elecfreaks.com/store/laser-rangefinder-sensor-p-770.html>. [Último acceso: 2014].
- «Agencia Nacional de Tránsito,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/file/2348-siniestros-junio-2014>. [Último acceso: 2014].
- Wikipedia, «Programación Python,» 2014. [En línea]. Available: <http://es.wikipedia.org/wiki/Python>. [Último acceso: 2014].
- Google, «Triangulación Óptica,» 2014. [En línea]. Available: [HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/SITE/TODDDANKO/HOME/WEBCAM_LASER_RANGER](https://sites.google.com/site/todddanko/home/webcam_laser_ranger). [Último acceso: 2014].
- Wikipedia, «Data Fusión,» 2014. [En línea]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Data_fusion. [Último acceso: 2014].
- Monroe, «Tire-Wear,» 2014. [En línea]. Available: [HTTP://WWW.MONROE.COM/ES-US/SUPPORT/SYMPTOMS/TIRE-WEAR](http://WWW.MONROE.COM/ES-US/SUPPORT/SYMPTOMS/TIRE-WEAR). [Último acceso: 2014].
- Monografias, «Lenguaje c,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos4/lenguajec/lenguajec.shtml>. [Último acceso: 2014].
- Neumamerica, «Conozca Más,» 2014. [En línea]. Available: [HTTP://WWW.NEUMAMERICA.CL/MAS/CONOZCA-MAS.HTML](http://WWW.NEUMAMERICA.CL/MAS/CONOZCA-MAS.HTML). [Último acceso: 2014].
- Raspberry, «Raspberry PI,» 2014. [En línea]. Available:

[HTTP://WWW.RASPBERRYSHOP.ES/](http://WWW.RASPBERRYSHOP.ES/). [Último acceso: 2014].

- Wikipedia, «Iluminación Fptográfica,» 2014. [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Iluminaci%C3%B3n_en_fotograf%C3%ADa. [Último acceso: 2014].
- Robotshops, «Lasers y Escaners,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.robotshop.com/en/laser-scanners-rangefinders.html>. [Último acceso: 2014].
- Taringa, «Un Llamado a la Conciencia,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.taringa.net/posts/salud-bienestar/10182028/Un-llamado-a-la-conciencia-Usemos-la-razon.html>. [Último acceso: 2014].
- Wikipedia, «Open CV,» 2014. [En línea]. Available: <http://es.wikipedia.org/wiki/OpenCV>. [Último acceso: 2014].
- Wikipedia, «Llenguaje de Programación C,» 2014. [En línea]. Available: [http://es.wikipedia.org/wiki/C_\(lenguaje_de_programaci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/C_(lenguaje_de_programaci%C3%B3n)). [Último acceso: 2014].

ANEXOS

ANEXO 1

Anexo A.1. Encuesta Realizada.



Esta encuesta esta realizada con el fin de determinar cuáles son los neumáticos más utilizados en los vehículos pesados de transporte de pasajeros, los datos obtenidos serán utilizados por parte de los encuestadores para el debido análisis en su proyecto de fin de carrera para la obtención de un título universitario.

Nombre del encuestado:	Fecha:
Cooperativa a la que pertenece:	Placas:

1. ¿Cuál es la marca de su vehículo?

- Volvo
- Mercedes Benz
- Volks Wagen
- Otros.....

2. ¿Qué tipo de servicio brinda con su vehículo?

- Interprovincial
- Intercantonal
- Interparroquial
- Urbano
- Otros.....

3. ¿Qué marca de neumáticos usa o prefiere?

- General
- Goodyear
- Maxxis
- Kumo
- Otras.....

4. ¿Cuál es la medida del aro (ring) de su vehículo?

- 20

- 21
- 22
- Otros.....

5. ¿Qué tipo de cámara tiene su neumático?

- Cámara alta
- Cámara baja

6. ¿Por qué razón Ud. emplea este tipo de neumáticos?

- Precio
- Duración
- Por el labrado del neumático
- Otros.....

7. ¿Con que frecuencia (Km.) Ud. cambia los neumáticos de su vehículo?

- 15000 a 20000
- 20000 a 25000
- 25000 a 30000
- Otros.....

8. ¿Cuál es la causa principal por la q Ud. cambia los neumáticos de su vehículo?

- Desgaste de la banda de rodadura
- Deformaciones en el neumático
- Otros.....

9. ¿Está Ud. de acuerdo en la manera que se realiza el control del estado de los neumáticos?

- Si
- No

Porque.....
.....

10. ¿Le interesaría que se realice un control automatizado en el control del estado de los neumáticos?

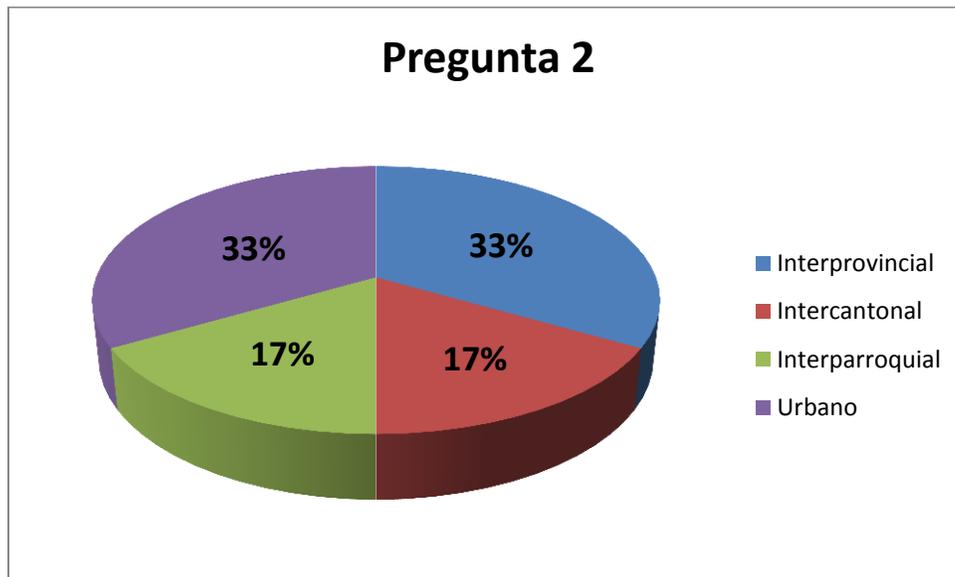
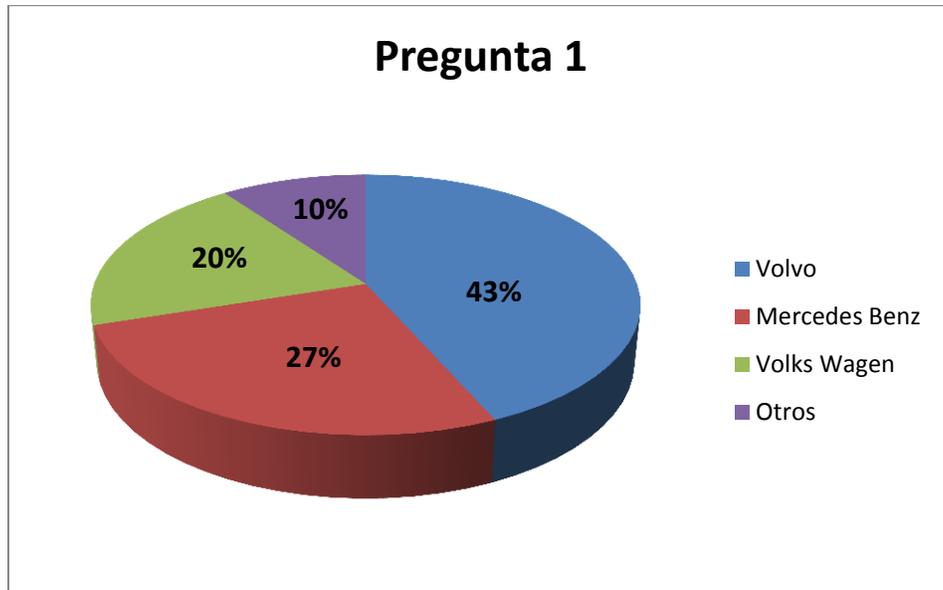
- Si
- No

Porque.....
.....

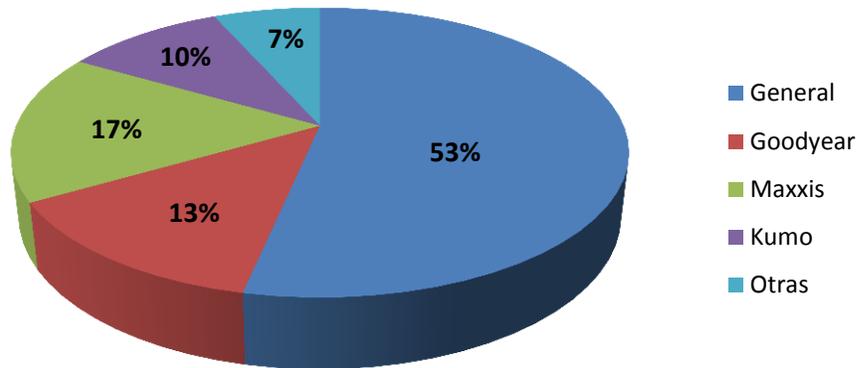
Gracias por su colaboración

ANEXO 2

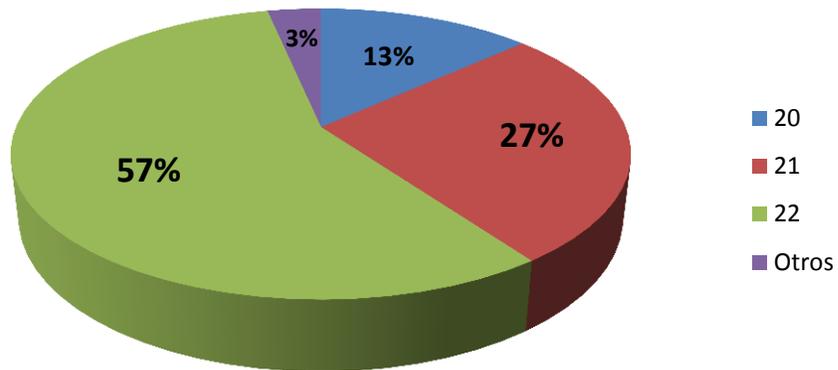
Anexo A.2. Resultados de la Encuesta.



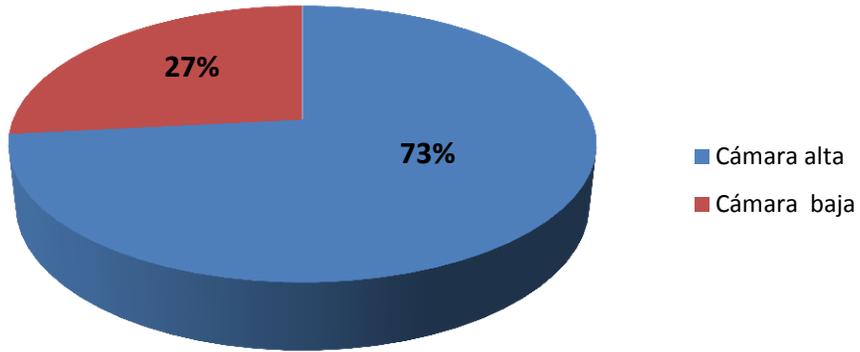
Pregunta 3



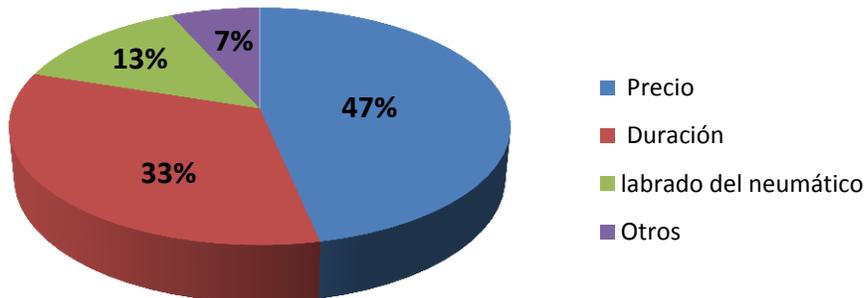
Pregunta 4



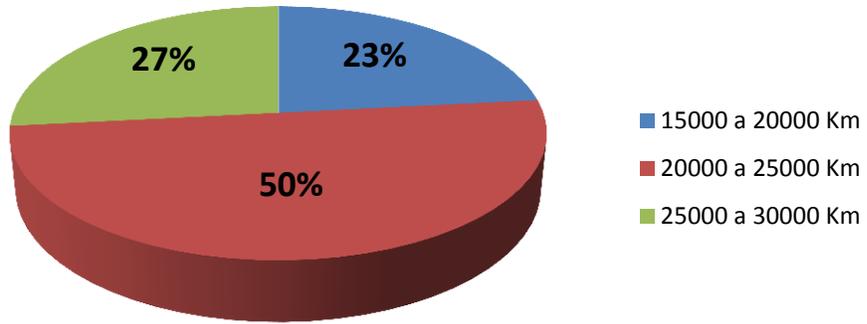
Pregunta 5



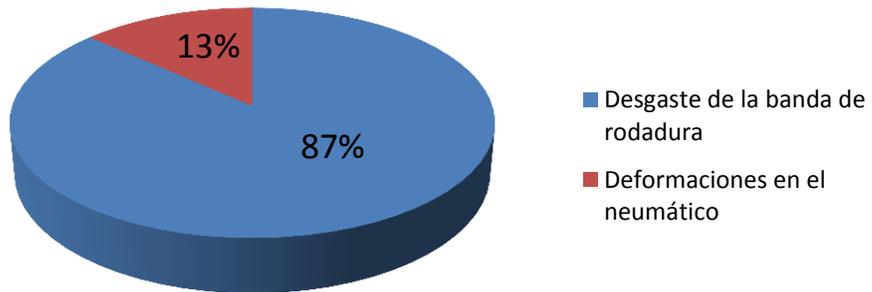
Pregunta 6



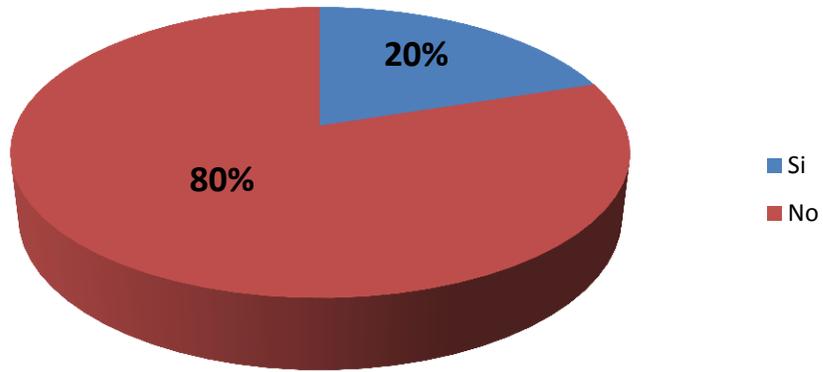
Pregunta 7



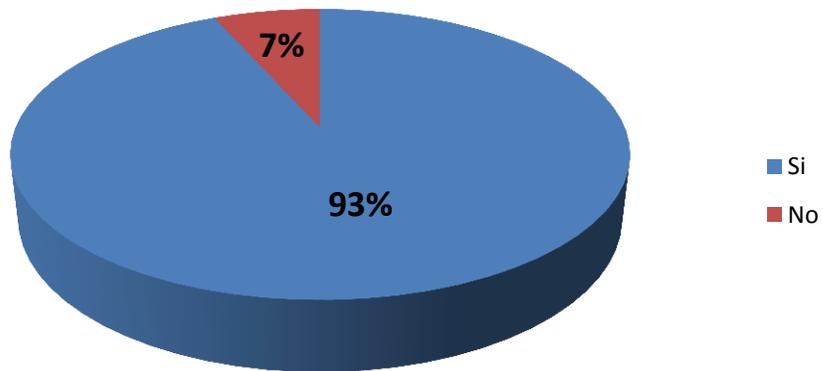
Pregunta 8



Pregunta 9



Pregunta 10



ANEXO 3

Anexo A.3. Programación Empleada para la Medición.

```
import cv2.cv as cv

import serial

%cv.NamedWindow("TESIS", 1)

capture =cv.CaptureFromCAM(0)

%capture = cv.VideoCapture(0)

%font =cv.CV_FONT_HERSHEY_SIMPLEX

Sensor = serial.Serial('/dev/ttyACMO',9600)

while True:

    %retval, img = capture.read ()

    Sensor.write ('H')

    Img = cv.QueryFrame(capture)

    im_gray = cv.CreateImage(cv.GetSize(img), cv. IPL_DEPTH, BU,1)

    cv.CvtColor (img, im_gray, cv. RGB2GRAY)

    % Sobel operator

%%     dstSobel = cv.CreateMat(im_gray.height, in_gray.width, cv.CV_32FC1)

%%     %Sobel (src, dst, xorder, yorder, apertureSize = 3)

%%     cv. Sobel (im_gray,dstSobel,1,1, 3)

%%     cv.ShowImage('camera', dstSobel)

%I image smoothing and subtraction
```

```

imageBlur = cv.CreateImage(cv.GetSize(im_gray), im_gray.depth, im_gray.nChannels)

%filtering the original image

% Smooth(src, dst, smoothtype=CV_GAUSSIAN, param1=3, param2=0, param3=0,
param4=0)

cv.Smooth(im_gray, imageBlur, cv.CV_BLUR, 11, 11)

diff = cv.CreateImage(cv.GetSize(im_gray), im_gray.depth, im_gray.nChannels)

% subtraction (original - filtered)

cv.AbsDiff (im_gray, imageBlur, diff)

tread =cv.Avg(diff)

str2img = 'RODADURA = ' + str (tread)

%cv.PutText ( diff, str2img, (10,100), font, (255, 255, 255))

print str2img

sensor.write('L')

cv.ShowImage ('TESIS, diff')

%cv . ReleaseCapture (capture)

char = 0

while not (char == 0X60 or char == 0:71):

    char = cv.WaitKey(5)

if char == 0:71:

    break

%pause(100)

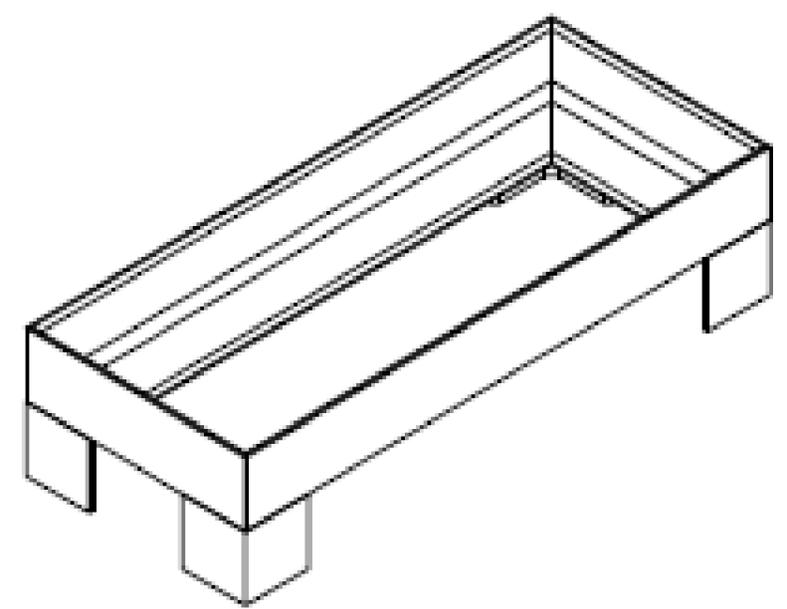
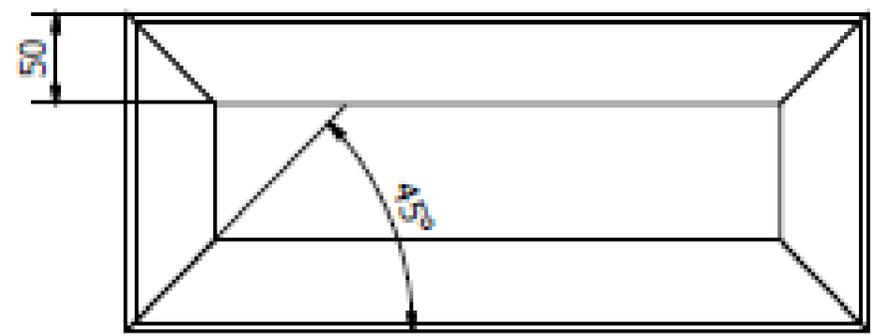
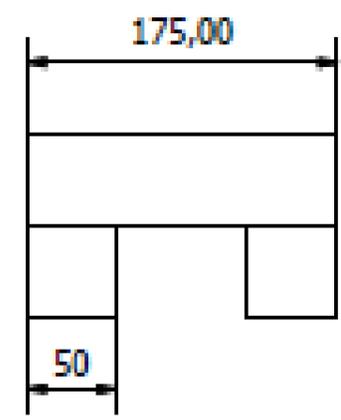
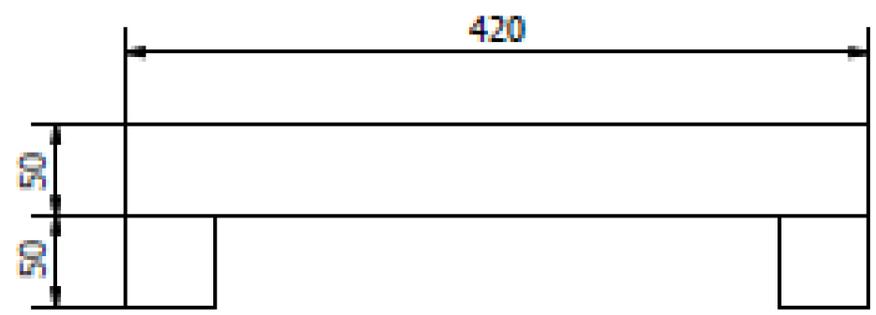
cv.DestroyWindowI("TESIS")

exit

```

ANEXO 4

Anexo A.4. Plano para la Construcción de la Base del Dispositivo.



Dibujado Nivicela - Pangol	Revisado	Aprobado	Fecha	Fecha 26/05/2015	
Universidad Politécnica Salesiana			Assembly_Nivicela		
			Edición	Hoja 1 / 1	