



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 05 de abril de 2017

Señores
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Yuli Andrea Perdomo Perdomo, con C.C. No. 1075.254.507 de Neiva, autor del trabajo de grado Titulado “Diseño e implementación de sistema de pesaje a bordo para carro FANALCA G300 F25” presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE

Firma: Yuli A. Perdomo

Vigilada Mineducación



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Diseño e implementación de sistema de pesaje a bordo para carro FANALCA G300 F25.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Perdomo Perdomo	Yuli Andrea

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Mosquera Cerquera	Vladimir

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Electrónico.

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Electrónica

CIUDAD: Neiva AÑO DE PRESENTACIÓN: 2017 NÚMERO DE PÁGINAS: 57

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías___ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___
Tablas o Cuadros___



SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

Adobe Reader

MATERIAL ANEXO:

No se tienen anexos.

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Pesaje	Weighing	6. _____	_____
2. Capacidad	Capacity	7. _____	_____
3. Celdas	Cells	8. _____	_____
4. Sensores	Sensors	9. _____	_____
5. Peso	Weight	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El proyecto Sistema de Pesaje a bordo para carro compactador de residuos sólidos es un sistema electrónico con la capacidad de censar la variable peso y darle a conocer al usuario el valor en tiempo real de la cantidad que está transportando. El proceso de pesaje hace uso de las celdas de carga, sensores exitosos en la industria del pesaje, orientados a medir la variable peso generando datos verídicos y seguros en el momento de realizar esta acción. El anterior se implementó en un prototipo diseñado con características que permitieran simular el funcionamiento de un carro real y verificar la confiabilidad del sistema.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The project on-board weighing system for a solid waste compactor truck, is an electronic system with a capacity to census the measure of weight and to notify instantly the user about all the quantity can be transported. The weighing process can take and use all load cells, usually they are known as successful sensors in the weighing industry, oriented to measure the variables of weight, generating reliable and safe data on the moment of



action. The prototype was previously implemented and designed with characteristics that allowed all simulations on the operation of a real car to verify the reliability of the system.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Faiber Ignacio Robayo

Firma:

Nombre Jurado: Agustín Soto Otálora

Firma:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE PESAJE A BORDO PARA CARRO
FANALCA G300 F25**

YULI ANDREA PERDOMO PERDOMO

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA HUILA
2017**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE PESAJE A BORDO PARA CARRO
FANALCA G300 F25**

YULI ANDREA PERDOMO PERDOMO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

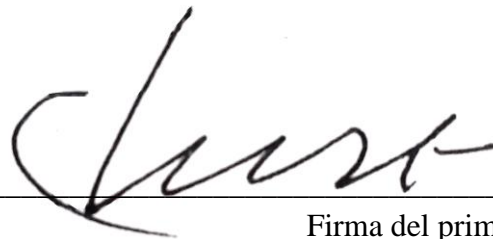
**Director:
VLADIMIR MOSQUERA CERQUERA
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA HUILA
2017**

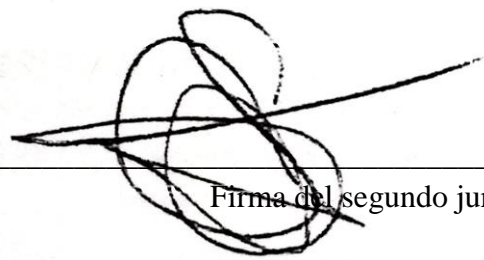
Nota de aceptación:

Vladimir Mosquera C.

Firma del director del proyecto



Firma del primer jurado



Firma del segundo jurado

Neiva, Abril de 2017

DEDICADO A

*“A Dios que me ha dado voluntad y sabiduría.
A mis abuelos Flaminio, Alicia y Doris que me apoyan incondicionalmente para que sea la
persona que soy.*

*A mis padres Martha y Jesús que son la raíz de lo que soy y tengo.
A mi tío José Hernando que ha sido un apoyo total y un segundo padre.
A mi hermano Cristian y mi sobrino Samuel quienes con su ternura y constancia me
ayudaron a lograr el objetivo. ”*

YULI ANDREA PERDOMO PERDOMO

Abstract

El proyecto Sistema de Pesaje a bordo para carro compactador de residuos sólidos es un sistema electrónico con la capacidad de censar la variable peso y darle a conocer al usuario el valor en tiempo real de la cantidad que está transportando. El proceso de pesaje hace uso de las celdas de carga, sensores exitosos en la industria del pesaje, orientados a medir la variable peso generando datos verídicos y seguros en el momento de realizar esta acción. El anterior se implementó en un prototipo diseñado con características que permitieran simular el funcionamiento de un carro real y verificar la confiabilidad del sistema.

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien es la luz que guía mi camino y después de mucho tiempo me permitió realizar este proyecto.

A mis padres, tíos, abuelos y demás familiares que me han visto crecer personal y profesionalmente y han forjado mi vida para adquirir conocimientos y este gran logro.

A mi director de proyecto de grado Vladimir Mosquera y todos los ingenieros del programa de Electrónica que enriquecieron mis conocimientos y capacidades para hacer posible la realización de este proyecto, orientando y materializando los deseos de llevar a cabo un trabajo investigativo que aportó a mi vida profesional.

Al doctor Luis Huguet, Gerente de la Empresa Ciudad Limpia del Huila, que abrió las puertas de su empresa y que pese a los percances apoyo la realización de este proyecto en compañía del personal que allí labora.

A Luis Felipe Pantoja, que con sus conocimientos adquiridos durante su pregrado y dedicación por aprender, me orientó en el desarrollo de este proyecto.

De corazón, mil gracias.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
OBJETIVOS.....	13
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1 ANTECEDENTES.....	14
1.1 RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL CARRO COMPACTADOR DE BASURA.....	14
1.2 PRIMERA PROPUESTA DE SOLUCIÓN: USO DE CELDAS DE CARGA	15
1.2.1 Estudio de la estructura de la caja compactadora y del carro para ubicación de las celdas de carga.	15
1.2.2 Elección del tipo de celdas de carga adecuado para el sistema a implementar.	17
1.2.3 Cotización de las celdas de carga	18
1.3 SEGUNDA PROPUESTA: TOMAR LA VARIABLE PESO CON SENSORES DE BAJO COSTO.....	19
1.3.1 Diseño de sensor con galgas extensiométricas	19
1.3.2 Implementación de sensor de distancia por ultrasonido.....	20
1.3.3 Implementación de sensor de efecto hall.....	21
1.3.4 Implementación de potenciómetro industrial de 100kΩ lineal 10 vueltas.	22
2 MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 PESAJE A BORDO.....	24
2.2 SENSORES UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE PESAJE	25
3 DISEÑO	28
3.1 MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN	28
3.1.1 Instrumentación	29
3.1.2 Adecuación de las señales	29
3.1.3 Adquisición y procesamiento de datos	30
3.1.4 Transmisión remota de datos.....	31
3.2 MÓDULO DE VISUALIZACIÓN	31
3.2.1 Receptor de datos.....	31

3.2.2	Dispositivo de visualización de datos.....	32
3.3	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	32
4	IMPLEMENTACIÓN.....	33
4.1	MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN	33
4.1.1	Instrumentación	33
4.1.2	Adecuación de las señales e implementación.....	34
4.1.3	Adquisición y procesamiento de datos	39
4.1.4	Transmisión remota de datos.....	42
4.2	MÓDULO DE VISUALIZACIÓN	43
4.2.1	Receptor de datos.....	43
4.2.2	Visualización de datos:.....	45
4.3	FUENTE	49
4.4	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PROTOTIPO	50
4.4.1	Diseño Previo del Prototipo del carro compactador de basura.....	50
4.4.2	Diseño definitivo del Prototipo para el carro compactador de basura.....	51
4.5	TARJETAS ELECTRÓNICAS	52
5	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	54
6	TRABAJO FUTURO.....	56
	BIBLIOGRAFIA	57
	ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Reconocimiento del carro.	14
Figura 2. Sistema de descarga de residuos sólidos.	15
Figura 3. Sin tener en cuenta los puntos de apoyo.	16
Figura 4. Seis puntos de apoyo para la instalación de las celdas de carga.	17
Figura 5. Celda de carga Shear Beam.....	18
Figura 6. Galga extensiométricas.	19
Figura 7. Extremos de medición.....	20
Figura 8. Circuito implementado con sensor de distancia por ultrasonido.	21
Figura 9. Pegante Acryl, sensor efecto hall e imán	22
Figura 10. Potenciómetro con brazo mecánico instalado en el carro compactador de basura	23
Figura 11. Implementación del potenciómetro de prueba.	23
Figura 12. Esquema General del Sistema.....	25
Figura 13. Sistema de Pesaje a Bordo para Carro Compactador de Residuos Sólidos	28
Figura 14. Módulo de Instrumentación	29
Figura 15. Adecuación de las señales.....	30
Figura 16. Módulo de Visualización	31
Figura 17. Celda de carga single point – monobloque	33
Figura 18. Amplificador ina128p	34
Figura 19. Amplificador Operacional TL082.....	35
Figura 20. Circuito sumador.....	35
Figura 21. Filtro pasa bajas.....	37
Figura 22. Filtro Digital tipo promedio móvil.....	38
Figura 23. Circuito limitador implementado.	38
Figura 24 Imagen PIC16F877A	39
Figura 25 Voltaje amplificado vs Peso en prueba realizada.....	40
Figura 26 Diagrama de Flujo microcontrolador.....	41
Figura 27 Módulo RF Transmisor/Receptor 315 MHz	42
Figura 28. Arduino Uno	43

Figura 29 Diagrama de flujo de la lógica de programación implementada en el Arduino...	44
Figura 30. Pantalla LCD 16x2.....	45
Figura 31. Modulo Bluetooth Slave HC-06	46
Figura 32. Diagrama de Flujo Aplicación para Android.....	47
Figura 33. Primera imagen del Android	48
Figura 34. Segunda y Tercera imagen de la APP	48
Figura 35. Fuente de Alimentación Conmutada.....	50
Figura 36. Diseño Previo del prototipo	51
Figura 37. Estructura del prototipo del carro Compactador	52
Figura 38. Vista superior e inferior de la tarjeta 1	52
Figura 39. Vista superior e inferior de la tarjeta 2.....	53

INTRODUCCIÓN

Según historiadores, 3500 años antes de Cristo, en Egipto los grandes comerciantes se vieron forzados a pesar los productos destinados a la venta, por tal motivo diseñaron la balanza conocida como balanza egipcia. Tiempo después, 200 años antes de Cristo, la balanza contaba con un sistema similar a la balanza egipcia pero con un diseño más moderno y fácil de usar implementado por los romanos. En el año 1500 fue inventada la balanza graduada. Ya en 1875 junto a la revolución industrial se vio la necesidad de tener unidades de medidas universales y hasta 1980 la balanza termino de evolucionar de la mano de la electrónica con la aparición de los microprocesadores; la balanza electrónica fue básicamente disponer de un sensor y un circuito electrónico capaz de traducir la información generada por el sensor y representarla en un display con una unidad de peso conocida como el kilogramo. Hoy en día se conocen balanzas para uso analítico en laboratorios, para pesar cuerpos del orden de miligramos y hasta para pesar la carga de camiones de varias toneladas.¹

Para pesar la carga de camiones, tractomulas y todo tipo de carro transportador de materiales sólidos, líquidos o gaseosos se hace uso de la báscula más un sistema electrónico, llamado un sistema de pesaje.

Con el pasar de los años la tecnología ha avanzado hasta el punto de llegar a utilizar los llamados sistemas de “pesaje a bordo”, es decir, la instrumentación en el propio carro mediante sensores para que se convierta en una báscula permanente de la carga que transporta,² se están haciendo más imprescindibles a medida que las reglamentaciones para el control de sobrecargas se hacen más estrictas.³

Ciudad Limpia es una organización con experiencia y reconocimiento en el manejo y disposición final de residuos sólidos, ofrece servicios en la ciudad de Bogotá, Cali y Neiva. Ciudad Limpia Neiva S.A, presta servicios a Empresas Públicas de Neiva (E.P.N), dicha empresa cuenta con personal competente y equipos adecuados para satisfacer oportunamente las necesidades del cliente basados en el mejoramiento continuo de los procesos, está comprometido con la minimización de riesgos factibles de controlar que puedan afectar la salud y seguridad de sus trabajadores y de la comunidad⁴. Esta empresa

¹ <http://servicenternet.com.ar/info-util/80-biblioteca/84-historia-balanza-servicenter>

² http://www.tyssatransito.com/pag_15.htm

³ Tomado del Manual de Calidad Ciudad Limpia del Huila

⁴ <http://www.ciudadlimpianeiva.com.co/>

con el pasar de los años ha presentado inconvenientes en el transporte de desechos como lo son las pérdidas de tiempo en rutas, carros con sobrecarga, daños en los carros por sobrepeso; analizando la situación se ha llegado a la conclusión que la raíz del problema es el desconocimiento del peso que transportan. Por tal motivo y para mejorar el servicio en el proceso de recolección de residuos sólidos, Ciudad Limpia Neiva en convenio con la Universidad Surcolombiana busca diseñar e implementar un sistema de “pesaje a bordo” para detectar el peso de la carga de los carros compactadores de basura; el disponer de un carro instrumentado para pesar por sí mismo la carga transportada, permite optimizar el uso del carro compactador de basura en beneficio económico.

El presente documento se fundamenta en la incorporación del trabajo realizado para el diseño e implementación de un sistema de pesaje presentando una solución a la empresa Ciudad Limpia del Huila S.A., innovando como estrategia en el mejoramiento y control del transporte de carga y aportando un granito de arena en el desarrollo tecnológico en la región y abriendo puertas para futuros proyectos orientados a la metrología y pesaje de carga pesada y en movimiento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de pesaje abordo en un prototipo de los carros compactadores de la empresa Ciudad Limpia para optimizar el proceso de recolección y transporte de basuras, de esta forma la Empresa tiene un mejor control de sus carros compactadores sin sobrepasar los límites establecidos en los reglamentos vigentes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar la infraestructura y condiciones de uso del carro compactador de basura FANALCA G300 F25, para elegir el tipo de instrumentación apropiada para el desarrollo del sistema de pesaje a bordo.
- Instrumentar el prototipo de la caja compactadora del carro compactador de basura para obtener la variable de peso de la carga del carro.
- Diseñar e implementar el sistema de adquisición de datos en el sistema de pesaje a bordo.
- Diseñar e implementar el sistema de transmisión remoto de datos al sistema de procesamiento.
- Diseñar e implementar el sistema de visualización de los datos.
- Diseñar e implementar una aplicación móvil para que el usuario tenga acceso a la información del sistema a través del dispositivo móvil.
- Realizar las pruebas necesarias para comprobar el buen funcionamiento del Sistema de Pesaje a Bordo previamente diseñado e implementado.

1 ANTECEDENTES

Al visitar a la empresa Ciudad Limpia Neiva, se detecta la necesidad de instrumentar los carros compactadores para optimizar su uso, mejorar la preservación de los mismos y garantizar el cumplimiento de la normatividad en el transporte de cargas pesadas para evitar multas.

La necesidad encontrada es la implementación de un sistema de pesaje a bordo en los carros compactadores de basura de la Empresa.

1.1 RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL CARRO COMPACTADOR DE BASURA.



Figura 1. Reconocimiento del carro.

Fuente: Autor.

Para plantear propuestas sobre el diseño del sistema de pesaje a bordo, fue necesario realizar un reconocimiento de la estructura del carro y de la caja compactadora, observar y entender claramente la forma de almacenamiento, transporte y descargue de los residuos sólidos (basura) en la caja compactadora y el manejo del lixiviado en el carro como se observa en la Figura 1.



Figura 2. Sistema de descarga de residuos sólidos.

Fuente: Autor.

Por lo anterior, fue necesario realizar una visita técnica al relleno ya que el vehículo al que se le instalara el sistema se encontraba estacionado en ese momento de manera permanente en el relleno, aclarando que el vehículo estaba en perfecto estado para transportar residuos sólidos. La justificación de no estar en circulación es la llegada de mejores carros para el transporte de basura a la ciudad de Neiva.

En el momento de observar la estructura mecánica del carro, se determina que la caja compactadora FANALCA⁵ esta soportada y atornillada en un chasis FREIGHTLINER⁶, de esta manera se concluye que la caja no se levanta para expulsar los residuos sólidos. Estas cajas a diferencia de los antiguos carros poseen una placa metálica en el fondo que expulsa la basura hacia afuera como se observa en la Figura 2.

1.2 PRIMERA PROPUESTA DE SOLUCIÓN: USO DE CELDAS DE CARGA

En el pasado las básculas mecánicas eran usadas para medir el peso. En la actualidad las celdas de carga basadas en galgas extensiométricas son usadas para medir el peso ya que no necesitan la calibración y mantenimiento que requerían las básculas.

Por lo anterior, se propone el uso de celdas de carga para la implementación del sistema de pesaje a bordo.

1.2.1 Estudio de la estructura de la caja compactadora y del carro para ubicación de las celdas de carga.

⁵ FANALCA. Fábrica Nacional de Carrocerías. Son los fabricantes de las cajas compactadoras de basura.

⁶ FREIGHTLINER, Marca de vehículos. Lidera el mercado de los camiones de carga pesada y ocupa el segundo lugar en vehículos de carga media en Norteamérica.

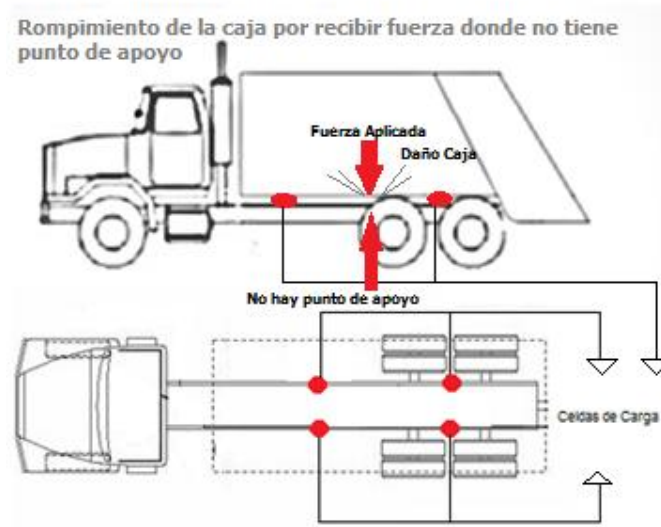


Figura 3. Sin tener en cuenta los puntos de apoyo.

Fuente: Autor.

Al conocer el funcionamiento general del carro compactador de basura, se observó que la ubicación de las celdas de carga depende estrictamente de la estructura mecánica del carro. Si se ubican las celdas como se observa en la Figura 3, la caja se rompe y los daños en el carro son mayores. Es importante aclarar que en los carros compactadores de basura, la carga no está distribuida de manera uniforme generando los daños por fractura explicados.

Analizando la situación anterior se concluye que es necesario usar seis (6) celdas de carga⁷ ubicándolas en los extremos y centro de cada lado de la caja como muestra la Figura 4, de esta manera si la fuerza aplicada en la caja está mal distribuida, la caja compactadora no sufrirá ningún riesgo de daño. Es importante decir que estas celdas están ubicadas debajo de la caja, encima del chasis y fuertemente atornilladas para evitar daños en ellas.

⁷ CELDA DE CARGA. Transductor que es utilizado para convertir una fuerza en una señal eléctrica

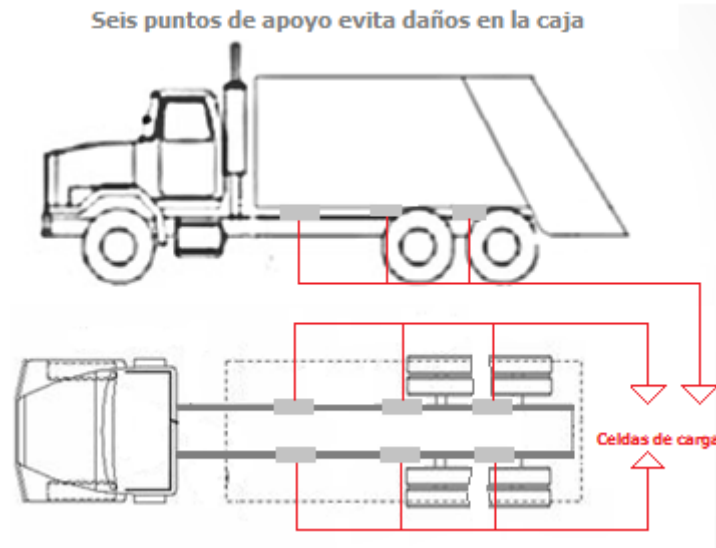


Figura 4. Seis puntos de apoyo para la instalación de las celdas de carga.

Fuente: Autor.

1.2.2 Elección del tipo de celdas de carga adecuado para el sistema a implementar.

Para elegir el tipo de celda de carga adecuada es importante tener en cuenta el campo en el que se va a usar (uso en laboratorio o uso industrial), la cantidad de peso que se va a manejar y si se van a utilizar en de manera dinámica o estática.

Aclarado lo anterior y afirmando que es una aplicación industrial se procede a calcular la capacidad de las celdas de carga. Para realizar el cálculo es necesario conocer el peso muerto (peso del contenedor) y el peso vivo (peso de la carga) y sumarlos para obtener el peso total. Una vez se tiene el peso total se procede a usar la recomendación por Basipesa⁸ la cual tiene en cuenta el tipo de pesaje, es decir, que el pesaje sea estático o dinámico. Si se trata de un pesaje estático se debe multiplicar el peso total por dos (2), de lo contrario si es un pesaje dinámico se debe multiplicar el peso total por tres (3). Esta recomendación se aplica con el fin de prevenir daños pronto en las celdas de carga, es decir, en caso de que exista una fuerza ajena a la carga que supere la capacidad requerida esta sobrecarga no afecte el estado de las celdas.

Por ejemplo, considerando que el peso del contenedor es 9 toneladas y el peso del producto es 15 toneladas, el peso total es 24 toneladas. Si el pesaje es estático, las celdas deben tener capacidad total de 48 toneladas. Es decir, se deben usar seis (6) celdas de 8 toneladas. Por el contrario si el pesaje es dinámico, estas deben tener capacidad total de 72 toneladas. Es decir, se deben usar seis (6) celdas de 12 toneladas. Con esta información y teniendo en

⁸ BASIPESA. es una empresa con casi 2 décadas de experiencia en el mercado del pesaje electrónico y durante este período ha sido pionera en el desarrollo de soluciones automatizadas en el área.

cuenta que el sistema a implementar es el caso de un pesaje dinámico, se calcula que la capacidad de cada celda debe ser 12 toneladas o un valor cercano a este.

Calculada la capacidad de las celdas de carga y confirmado el tipo de aplicación se procede a ver el tipo de celda adecuada. Esta selección es necesaria porque existen muchos tipos de celdas de carga, pues cada tipo está diseñado dependiendo de los requerimientos que se hagan a la hora de realizar el proceso de pesaje. Entre ellos se encuentran celdas de carga tipo viga, tipo S, tipo botella, tipo botón, de bajo perfil, el tipo shear beam, entre otros.

Por recomendaciones de Basipesa, se elige la celda de carga tipo shear beam mostrada en la Figura 5, ya que este es un modelo en acero niquelado electrolíticamente para básculas de alta capacidad y está diseñada para su uso industrial, puede usarse en exteriores donde la hermeticidad de IP67⁹ protege a la celda de lavados y otras actividades severas.



Figura 5. Celda de carga Shear Beam.

Fuente: <http://www.basipesa.com/producto.aspx?id=27>

1.2.3 Cotización de las celdas de carga

En Colombia es difícil encontrar empresas o compañías que distribuyan celdas de carga industriales de alta capacidad como las requeridas para el sistema a implementar.

Gracias a la investigación realizada y a las muchas páginas visitadas, la empresa Basipesa puede ser el proveedor de las celdas requeridas. La empresa Basipesa es reconocida a nivel mundial por la experiencia obtenida a lo largo de los años en la industria de pesaje electrónico. La empresa está ubicada en México, por consiguiente se debe tener en cuenta el precio de importación de los sensores ya que es una compañía ubicada al exterior.

La compañía a solicitud de los gestores del proyecto envía la siguiente cotización: el costo de la celda de carga Shear Beam de capacidad de 20 kLb¹⁰ (10 toneladas) es de US 480.00 cada una, es decir que si se requieren seis (6) el costo total es US 2880.00

⁹ IP67. IP Grado de Protección, seis (6) protección frente a objetos sólidos, siete (7) protección frente a objetos líquidos.

¹⁰ KLb. En el sistema de medidas inglés, la Libra es una unidad de fuerza. 1kilolibra equivale a 1000libras. Una Libra inglesa es igual a 454 kilogramos.

aproximadamente \$7'200.000 en pesos colombianos, estando a la fecha el dólar en \$2500 pesos y sin contar los gastos de importación y envío.

1.3 SEGUNDA PROPUESTA: TOMAR LA VARIABLE PESO CON SENSORES DE BAJO COSTO.

Por al alto costo de las celdas de carga para la implementación del sistema, la empresa Ciudad Limpia Neiva, a través del jefe de mantenimiento Cesar Lara y el Gerente Luis Alberto Huguet, consideró que no era rentable la implementación del sistema para 300 vehículos si sería tan costoso, por esa razón se propone la implementación de sensores alternativos que sean de bajo costo y que a su vez tomen la variable peso.

1.3.1 Diseño de sensor con galgas extensiométricas

La idea de las galgas extensiométricas¹¹ no se aleja mucho de las celdas de carga. Las celdas de carga están compuestas por galgas extensiométricas, siendo estas las que miden la deformidad de un material. Se observa la imagen de una galga extensiométricas en la Figura 6.

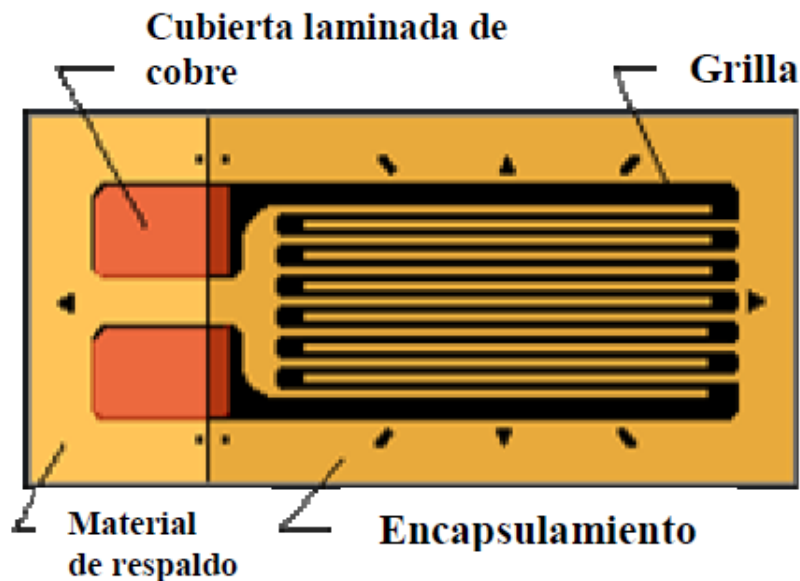


Figura 6. Galga extensiométrica.¹²

Fuente: <https://www.google.com.co/search?q=galga+extensiométrica>.

¹¹ GALGA EXTENSIOMÉTRICA. es un sensor, para medir la deformación, presión, carga, torque, posición, entre otras cosas, que está basado en el efecto piezorresistivo.

¹² Imagen tomada de: Conceptos Básicos Tutorial. <http://www.unet.edu.ve/~ielectro/GALGAS1.HTM>

Para utilizar las galgas es indispensable usarlas acopladas a un material elástico, que se deforme al aplicar el peso vivo (la carga de la caja) y al retirar el peso regrese al estado inicial de deformación.

Materiales elásticos existen muchos, la dificultad encontrada son las condiciones a las que debe ser sometido el material para aplicar esta propuesta. El material debe ser lo suficientemente rígido para soportar una deformación causada por un peso de 16 toneladas sin superar el límite de elasticidad y romperse, debe tener protección contra el polvo, agua y el lixiviado¹³. Esta propuesta no se implementa, debido a la dificultad de tener un material con esas características que sea viable de acuerdo al presupuesto.

1.3.2 Implementación de sensor de distancia por ultrasonido.

Se observa en el carro que al llenar de residuos sólidos la caja compactadora de basura, el chasis se va acercando al suelo. A raíz de esa observación surge la idea de utilizar un sensor de distancia para tomar la variable peso de manera indirecta. Los extremos de medición son el chasis y el suelo como se observa en la Figura 7.

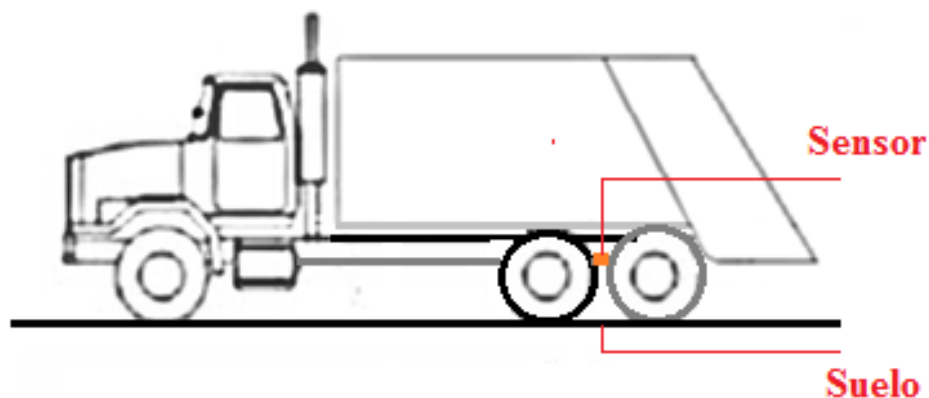


Figura 7. Extremos de medición.

Fuente: Autor.

Se implementa un pequeño sistema con la tarjeta de desarrollo Arduino¹⁴ y el sensor de distancia por ultrasonido HCSR04¹⁵ como se muestra en la Figura 8.

¹³ LIXIVIADO. Líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido.

¹⁴ ARDUINO. Es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

¹⁵ HCSR04. Es un sensor de distancias por ultrasonidos capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 2 a 450 cm.

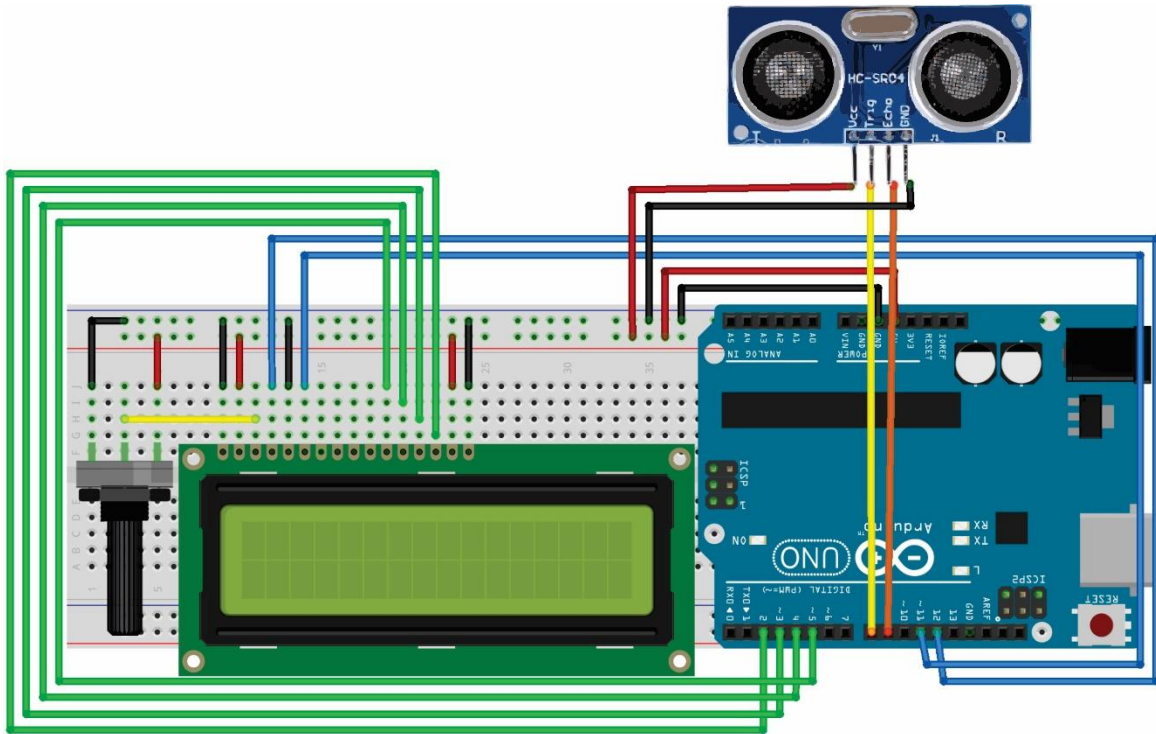


Figura 8. Circuito implementado con sensor de distancia por ultrasonido.

Fuente: Autor.

El circuito que se observa en la Figura 8, se implementó y probó en los carros compactadores de basura. Esta prueba se realizó en el relleno sanitario Los Ángeles en compañía del ingeniero Cesar Lara.

Terminado el proceso medición en los carros se concluye lo siguiente: el sensor HCSR04 aunque pose una resolución de 3mm, es muy inestable a la hora de generar una medición, es posible que esa inestabilidad sea dada gracias a las condiciones en las que se toma la medición, pues el rebote de la onda no siempre será sobre el pavimento, se puede encontrar con piedras, charcos, pasto, entre otros que provocan una inestabilidad en la medida. Considerando que el rango de medición es de 5 cm, el error introducido por las condiciones adversas en las que es tomada la medición es grande.

Al finalizar el análisis se concluye que el sensor y el punto de medida no satisfacen las condiciones necesarias para lograr la implementación y el buen funcionamiento del sistema.

1.3.3 Implementación de sensor de efecto hall.

Visita del Ingeniero Vladimir a la base de mantenimiento de Ciudad Limpia Neiva. Al realizar un análisis de la estructura mecánica del carro, se concluye que entre la ballesta¹⁶ y el chasis es un buen punto para una toma de medida y se propone el sensor de efecto hall¹⁷ ya que este puede generar la señal requerida para medir la variable peso.

Para la implementación del sensor se utilizó Acryl¹⁸, con este pegante se fijó el sensor en un extremo (Chasis) y del otro extremo (Ballesta) el imán para poder medir el campo magnético¹⁹. En la Figura 9, se observan los elementos usados en la implementación.



Figura 9. Pegante Acryl, sensor efecto hall e imán

Fuente: Autor.

Se realizó la implementación del sensor en el carro. Pocos días después cuando se procede a realizar la toma de datos, se observó que tras realizar algunas de las rutas diarias del vehículo, el sensor quedó totalmente dañado debido al esfuerzo externo al que es sometido el carro. De esta manera se descarta por completo la utilización del sensor de efecto hall.

1.3.4 Implementación de potenciómetro industrial de 100kΩ lineal 10 vueltas.

Aunque el carro haya dañado el sensor de efecto hall, el punto de instalación era estratégico para la toma de los datos. Generando soluciones al problema, se propone la implementación de un potenciómetro industrial con un brazo mecánico como se observa en la Figura 10.

¹⁶ BALLESTA. Es un tipo de muelle compuesto por una serie de láminas de acero, superpuestas, de longitud decreciente. Actualmente, se usa en camiones y automóviles pesados. La hoja más larga se llama maestra y entre las hojas se intercala una lámina de cinc para mejorar su flexibilidad

¹⁷ SENSOR EFECTO HALL. Es un sensor que se sirve del efecto Hall para la medición de campos magnéticos o corrientes o para la determinación de la posición.

¹⁸ ACRYL. Es un pegante muy robusto que permite la fabricación de piezas acrílicas.

¹⁹ CAMPO MAGNÉTICO. Magnitud vectorial que representa la intensidad de la fuerza magnética.

Para prevenir el daño del instrumento se decide instalar un potenciómetro de laboratorio, que es de muy bajo costo, como prueba de resistencia al funcionamiento y esfuerzo externo al que es sometido el carro. Se puede observar en la Figura 11, el potenciómetro de prueba instalado.

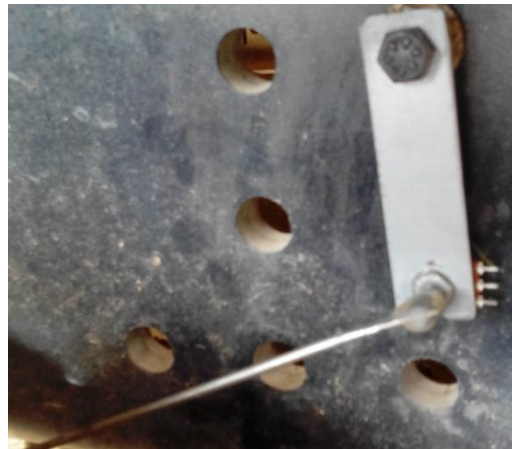


Figura 10. Potenciómetro con brazo mecánico instalado en el carro compactador de basura
Fuente: Autor.

Tras varios días en funcionamiento se observó que el potenciómetro seguía en buen estado. Comprobado el estado del instrumento, se procede compra el potenciómetro industrial para instalar y realizar la toma de datos reales.



Figura 11. Implementación del potenciómetro de prueba.

Fuente: Autor.

2 MARCO TEÓRICO

Después de implementadas y experimentadas las alternativas de solución expuestas en el capítulo de antecedentes sin lograr el objetivo trazado en este proyecto, se propone la implementación de un prototipo utilizando celdas de carga para censar la variable de proceso; debido a que las celdas de cargas son sensores de alto costo en la escala real de este proyecto, si minimizó la escala.

Una vez aclarado lo anterior, se procede a realizar una breve descripción del transporte de carga pesada y de las herramientas utilizadas para realizar el respectivo control de este.

2.1 PESAJE A BORDO.

En el desarrollo de sistemas de pesaje se han realizados diversos proyectos con el propósito de conocer el peso de los vehículos, sin acudir a básculas estáticas. Con el pasar de los años y los diversos proyectos realizados, de acuerdo a los principios de medición utilizados han variado los dispositivos en cuanto a adecuaciones estructurales, forma de los instrumentos y capacidad de los mismos. Lo anterior responde a la necesidad presentada por las diversas empresas que poseen vehículos de transporte de cargas pesadas.

Hoy en día en la industria de transporte de cargas pesadas se hace referencia al pesaje a bordo, el sistema electrónico industrial que se ha venido implementando algunos años atrás y que promete ser la solución ideal para registrar el peso real del vehículo y contenido al instante, con ello se busca solucionar problemas como daños en los vehículos por sobre carga, pérdida de la carga durante largos trayectos y evitar multas por sobre peso durante cortas y largas trayectorias. Son utilizados los sistemas de pesajes, por los operadores en el campo del transporte, para conocer el peso transportado de materiales como alimentos, basuras, líquidos, etc.

Los sistemas de pesaje a bordo son producto de múltiples estudios realizados durante el transcurso de la historia y desde la detección de los problemas que se pretenden mitigar con la implementación de estos. Los ingenieros dedicados al diseño e implementación de estos sistemas de pesaje, no solo han tenido que estudiar las distintas formas de realizar la medición de la variable aquí presente como lo es el peso, si no que han tenido que idealizar y diseñar instrumentos capaces de detectar única y exclusivamente la variable peso, sin que la respuesta esperada por estos sea afectada por las condiciones y las demás variables presentes en el medio donde se realice la medición.

Una vez obtenido el concepto de Sistema de pesaje a bordo, en la Figura 12, se presenta el esquema general que se desea realizar para este proyecto. Esta figura muestra gráficamente lo que se pretende realizar para cumplir el objetivo general trazado.

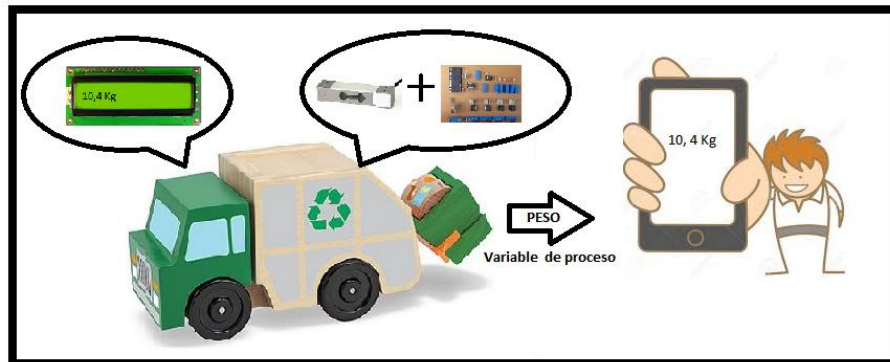


Figura 12. Esquema General del Sistema

Fuente: Autor.

2.2 SENSORES UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE PESAJE

La instrumentación juega un papel importante en los diferentes sistemas donde se pretende adquirir datos a partir de una variable de proceso. La medición de deformación, compresión, presión, deformación y torsión son un puente para adquirir información, medidas, diagnósticos, entre otros. Existe diversidad de sensores que me permiten medir variables físicas.

Galga extensiométrica: Es un dispositivo que se basa en el efecto piezorresistivo, el cual es una propiedad de algunos materiales, que cambian la resistencia eléctrica cuando son sometidos a un esfuerzo o deformación. En el mercado se encuentran galgas extensiométricas para realizar mediciones en biología, medir tensiones. Las más comunes son las galgas de mercurio en caucho, las galgas en lámina metálica y las galgas de semiconductor, estas últimas son generalmente más costosas.

Las celdas de carga: La celda de carga utilizada como el sensor de peso, es un transductor que mide fuerza mecánica y cambia linealmente su salida en un voltaje proporcional a esta fuerza aplicada. Es acondicionada en unidad de peso, gramos, kilogramos y toneladas (libras en el caso de ser hechas en Estados Unidos de América), y estará midiendo desde cero hasta la capacidad a la que fue hecha.²⁰

El cuerpo de la celda de carga (usualmente acero, acero inoxidable o aluminio) es forjado para asegurar que la sección donde la galga extensiométrica es montada esté puesta bajo el

²⁰ Concepto tomado del trabajo de grado Báscula electrónica controlada con PIC16F873.

mayor estiramiento mecánico, teniendo en cuenta la información básica que a continuación se incluye:

- **Capacidad:** Es la capacidad total de la celda de carga.
- **Sobrecarga:** El máximo porcentaje de carga completa que la celda de carga puede soportar antes de que sufra de daños irreparables. (Este es típicamente de 150%).
- **Precisión:** Puede ser expresada en términos de linealidad, repetición, deslizamiento y rapidez. Estas condiciones son todas expresadas como un porcentaje de la capacidad total de la celda de carga. Por ejemplo, una celda de carga de 100 kg. Tiene una precisión total figurada en un $\pm 0.03\%$. Esto significa que la celda de carga medirá cargas entre 0 y 100 kg con ± 30 gramos de precisión, pero si la carga comienza en 5 kg. y termina en 95 kg.
- **Sensibilidad:** La sensibilidad de una celda de carga se determina con el voltaje actualizado de salida que se obtendría cuando se pone la carga completa. Estos valores son expresados todos en mV/V. Por ejemplo, si tiene 3 mV/V de salida y el voltaje de excitación es de 10 Vdc, entonces la salida con carga completa será de 30 mV.
- **Sensibilidad Térmica:** Indica que tanto la salida cambiará con la temperatura, y es comúnmente expresada en porcentaje de carga completa/ $^{\circ}$ C. f) Tamaño de la plataforma: Para celdas de carga de punto sencillo (single point), algunas veces llamado centro de gravedad de la celda; esto nos dice el máximo tamaño de la plataforma que puede ser fijada sobre la celda de carga.

TIPOS DE CELDAS DE CARGA

Hay una gran variedad de transductores que se pueden utilizar ya sea para medir variables físicas como torsión, presión, presión diferencial, compresión. La utilizada en este proyecto es el transductor de compresión comúnmente llamado celda de carga, y dentro de estas se encuentran diferentes tipos. La más utilizada es la de punto sencillo (single point), que es la que se aplicó en la báscula. A continuación se describen algunas de ellas:

Celdas de carga de punto sencillo (single point): Probablemente cuentan con el más grande porcentaje de todas las celdas existentes en todo el mundo; son el corazón de la mayoría de las pequeñas básculas escalables y son usadas también en un alto rango de aplicaciones. Punto sencillo es un nombre malo para estas celdas y debería de ser usado el nombre de “plataforma” el cual es mucho más aplicable. Lo que hace que este tipo sea diferente de todas, es que la carga no necesita ser aplicada en el punto donde la celda es

montada, puede aceptar una plataforma de dimensiones especificadas que puede ser sobrepuesta. Por tal motivo, el peso entonces es aplicado en algún punto en la plataforma y la celda medirá de un modo preciso. La capacidad viene desde 600 gr. hasta 2,000 kg.

Celda de carga tipo S: Es más comúnmente utilizada en tensión (también puede ser usada en compresión). Puede ser fijada de modo que la fuerza aplicada pase perpendicularmente hasta el centro de la celda de carga. Para asegurar que esto pase, muchos de los usuarios colocan tornillos para el movimiento de la celda, lo cual coopera con fuerzas de expansión y otras pérdidas de alineamiento. Son usadas para peso de Vessel, probadores de extensión, dominio de torque y otras aplicaciones. Pueden conseguirse para capacidades desde 20 kg. hasta 10,000 kg.

Celdas de carga de Compresión: Vienen en gran variedad de diseños. Generalmente el bajo perfil del tipo de gato hidráulico ofrece una baja precisión, por lo que vale la pena utilizar el tipo cilíndrico o de botella que ofrece alta precisión. Estas son, generalmente usadas o acondicionadas con una armazón, fondo redondeado donde la carga es aplicada. Frecuentemente son utilizadas en equipos de prueba.

3 DISEÑO

Este capítulo presenta las condiciones de diseño y los parámetros que se deben tener en cuenta al momento de implementar el Sistema de Pesaje a bordo en el prototipo del carro compactador de residuos sólidos, dentro de los cuales se encuentra principalmente el acondicionamiento de la señal peso, la adquisición de datos, la transmisión y recepción de datos y la visualización.

El Sistema de Pesaje a Bordo para carro compactador de residuos sólidos consta de dos módulos, el Módulo de Instrumentación (MI) y el Módulo de Visualización (MV) comunicados inalámbricamente entre sí, como se observa en la Figura 13.

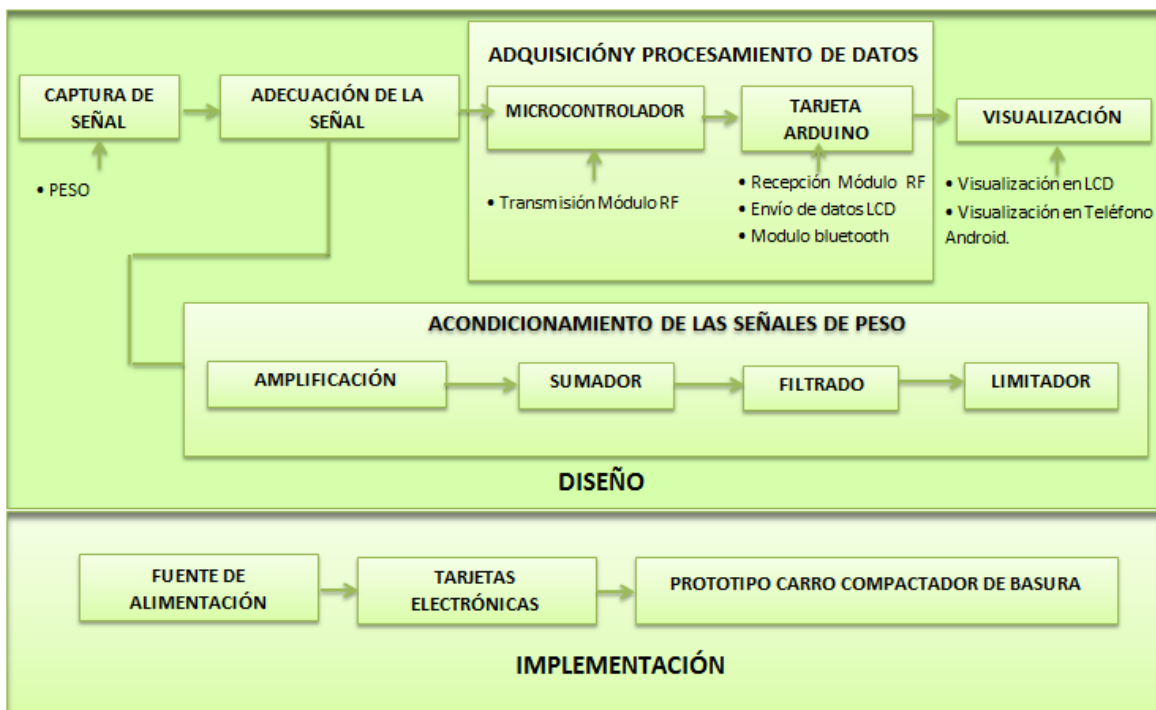


Figura 13. Sistema de Pesaje a Bordo para Carro Compactador de Residuos Sólidos

3.1 MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN

El Módulo de Instrumentación la Figura 14, es el encargado de la adecuación, adquisición y procesamiento de la variable de proceso.

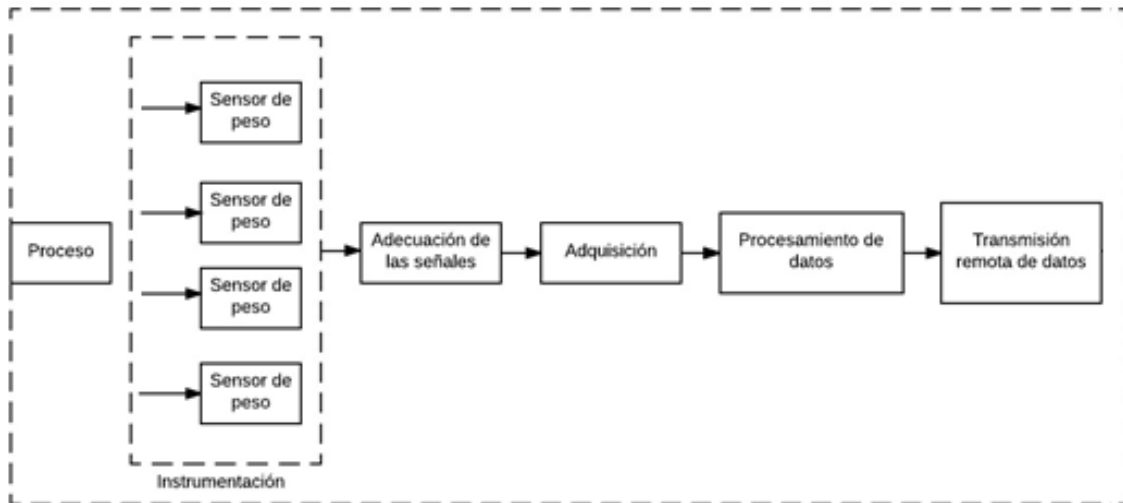


Figura 14. Módulo de Instrumentación

Fuente: Autor

Una vez ilustrado el módulo de Instrumentación, se observa que después de obtener las magnitudes de la variable de proceso, a través de sensores, estas pasan a la etapa de adecuación donde se lleva a cabo el acondicionamiento de tal forma que las magnitudes son escaladas a niveles de tensión adecuados para la etapa de adquisición. A continuación se describirá en breves palabras las etapas necesarias para obtener los niveles de tensión adecuados.

3.1.1 Instrumentación

Para la lectura de señales, se consideró necesario realizar un estudio previo tomando como criterios, la variable a medir, el medio en el que se va a realizar la medición y demás características influyentes en esta etapa para definir las características del tipo de sensor a utilizar para el desarrollo de este proyecto.

3.1.2 Adecuación de las señales

La señal de salida del sensor de un sistema de medición en general de una u otra forma debe ser procesada para poder avanzar a una siguiente etapa de operación; es decir, que se puede tener una señal muy pequeña, por tanto esta necesariamente debe ser amplificada, o se puede obtener una señal con mucho ruido (interferencia) que debe ser filtrada; en fin todas las modificaciones que se deban realizar a la señal se le denomina acondicionamiento de la señal. Por lo anteriormente escrito se implementaron las etapas que se observan en la Figura 15, para el acoplamiento de las señales entregadas por las celdas de carga.

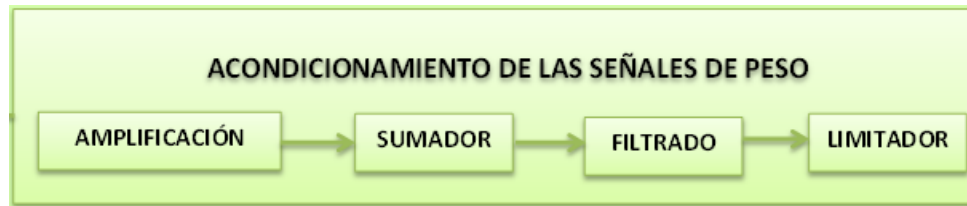


Figura 15. Adecuación de las señales

Fuente: Autor.

En consecuencia a lo anteriormente expuesto, se hace una breve descripción de cada etapa y el por qué es necesaria la implementación para el funcionamiento del Sistema que se documenta en este libro.

Etapa de amplificación: Como su nombre lo indica, esta etapa es la encargada de amplificar la señal entregada por los sensores, por tanto la implementación de esta etapa es necesaria porque las señales entregadas por las celdas de carga son muy pequeñas y el microcontrolador requiere para sus entradas analógicas niveles de voltajes superiores.

Circuito -sumador: Este circuito es muy útil, ya que permite combinar varias señales de entrada, en otras palabras, suma algebraicamente dos o más señales (en este caso 4) evitando que cualquier cambio que se realice en una de las señales, afecte alguna de las otras señales de entrada. Esta etapa se implementa en el sistema con el objetivo de obtener una señal consolidada.

Etapa de filtrado: el circuito de filtrado se encarga de disminuir el rizado de la señal, proporcionando una señal eléctrica cuyo ruido supuesto es reducido. El filtro que se utilizó para este sistema fue un filtro de primer orden ya que en las condiciones que se trabaja el prototipo la señal no está muy contaminada. Para la segunda etapa de filtrado se hace uso de un filtro tipo promedio móvil, el cual permite atenuar las señales brusca de la señal originando un suavizado de la señal censada.

Circuito limitador: Se implementó para proteger las entradas analógicas del microcontrolador cuando se presenten sobrecargas de voltajes que excedan la máxima capacidad del sistema.

3.1.3 Adquisición y procesamiento de datos

En el sistema de procesamiento del módulo de instrumentación en la etapa de adquisición se realiza la conversión análoga/digital, con el objetivo de realizar el procesamiento de los valores entregados por la etapa de acondicionamiento. Una vez los datos son adquiridos se procede a procesar los datos donde los valores reales de la variable de proceso son

calculados y posteriormente empaquetados en una única trama la cual será transmitida de manera serial por medio de los diferentes dispositivos RF utilizados en este proyecto.

El sistema de procesamiento debe contar con un elemento fundamental, un módulo de conversión análogo a digital con las suficientes entradas analógicas como para adquirir la variable de proceso que se requiere digitalizar. Por otro lado se debe establecer la comunicación inalámbrica con el módulo de visualización para el envío de los datos.

3.1.4 Transmisión remota de datos

El medio de transmisión es el camino físico por el cual viaja la información y que se encuentran divididos en guiados (por cable) y no guiados (sin cable). Dentro de los objetivos de la transmisión de datos se encuentra el reducir el tiempo y esfuerzo, aumentar la velocidad de entrega de la información, reducir el costo de operación. Aumentar la calidad y cantidad de la información. En este proyecto se requiere utilizar un sistema de transmisión sin cable que permita la facilidad de manipulación del instrumento, que sea eficaz en la entrega de datos y que sea de bajo costo.

3.2 MÓDULO DE VISUALIZACIÓN

El módulo de visualización tiene como función primordial el establecimiento de la comunicación inalámbrica con el módulo de instrumentación para la recepción de datos y la visualización de la variable de proceso.

En la Figura 16, se presenta con mayor detalle la funcionalidad y estructura del MV.

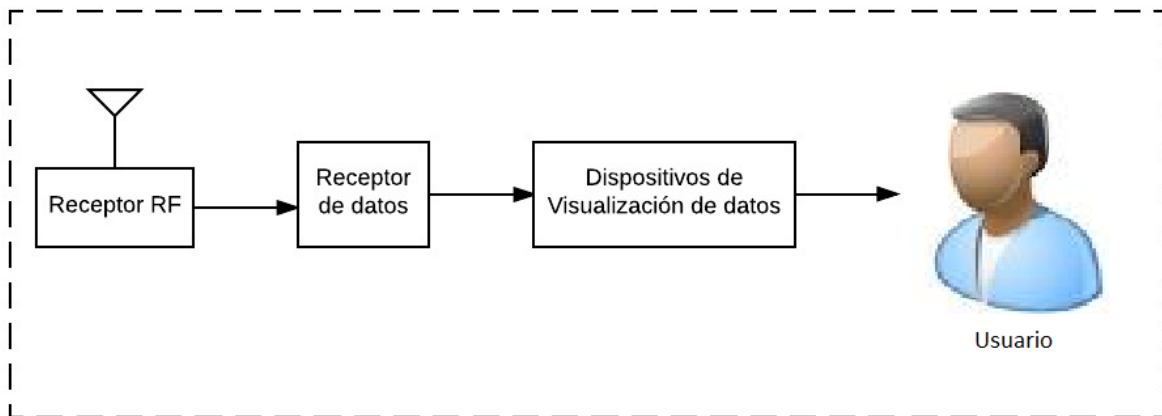


Figura 16. Módulo de Visualización

Fuente: Autor.

El módulo de visualización para el Sistema de Pesaje a Bordo, no es más que la visualización de los datos adquiridos de la variable de proceso.

3.2.1 Receptor de datos

Al sistema receptor de datos del módulo de visualización se le ha asignado el manejo de la recepción inalámbrica, por lo que es necesario que este cuente con una memoria interna de datos para almacenar y enviar de forma ágil la información de la variable de proceso que llega desde el módulo de instrumentación, con el objetivo de obtener un monitoreo continuo y exitoso de pesaje a bordo. Es importante tener en cuenta el sistema de comunicación inalámbrica que se va a emplear para tomar una decisión acertada acerca de las características específicas del dispositivo de visualización y recepción de datos que se requiera emplear.

3.2.2 Dispositivo de visualización de datos

Los datos a visualizar es la variable de proceso que ha sido enviada desde el Módulo de Instrumentación mostrado en la Figura 14, la cual corresponde al voltaje generado por la acción de la variable física, en este caso peso, sobre los sensores, obviando que este debe presentarse al usuario con su respectiva unidad de medida en forma ordenada, clara y legible. Además se debe crear una pequeña y simple interfaz que le permita al usuario identificar el valor censado en tiempo real por el sistema y que le permita al usuario monitorear desde el dispositivo móvil el mismo.

Por lo anterior es claro que se necesita un dispositivo de visualización, que brinde la posibilidad de mostrar la información que concierne a la variable de proceso de forma simultánea con el fin de conocer el valor todo el tiempo, siempre y cuando el sistema esté en funcionamiento.

3.3 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Para el Sistema de Pesaje a Bordo para carro compactador de residuos sólidos, la comunicación inalámbrica que se desea establecer se realizará solo entre dos dispositivos, el módulo de instrumentación y el módulo de visualización, y se hará de forma unidireccional ya que solo uno de los módulos (módulo de instrumentación) tiene la necesidad de enviar y solo uno de los dos (módulo de visualización) la necesidad de recibir.

De las tantas tecnologías de transmisión inalámbrica de datos que se encuentran disponibles en el mercado, se ha decidido emplear los transmisores RF debido al poco requerimiento que se plantea para la comunicación inalámbrica. Por lo anterior utilizar un tipo de tecnología de bajo costo pero que posea un conjunto de prestaciones moderado que se ajuste al cumplimiento de las exigencias realizadas, será una experiencia significativa evitando que se desperdicien recursos tecnológicos y económicos por el uso de algún dispositivo sobre calificado en la realización de tal función.

IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se lleva a cabo el proceso de selección de los dispositivos electrónicos, tales como sensores, microprocesadores, amplificadores, y demás elementos que serán utilizados para implementar el Sistema de Pesaje a Bordo para carro compactador de residuos sólidos. Teniendo en cuenta lo planteado en el capítulo anterior, además se incluyen los diferentes procedimientos y cálculos que fueron necesarios durante las diferentes etapas del proyecto con el fin de cumplir el objetivo trazado al inicio del mismo.

3.4 MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN

3.4.1 Instrumentación

Para el acondicionamiento de las señales de peso de la caja fue necesario diseñar etapas que permiten la integración de diferentes elementos para obtener un valor del peso confiable.

Teniendo en cuenta que la variable a medir es el peso y después de varias pruebas realizadas (Obsérvese en antecedentes), se eligió como sensor cuatro (4) celdas de carga single point - monobloque Plataformas 30x30 cm, 5 Kg, con protección IP65, alimentación de 10 a 15 VDC. Se observa en la Figura 17, la estructura de la celda de carga.

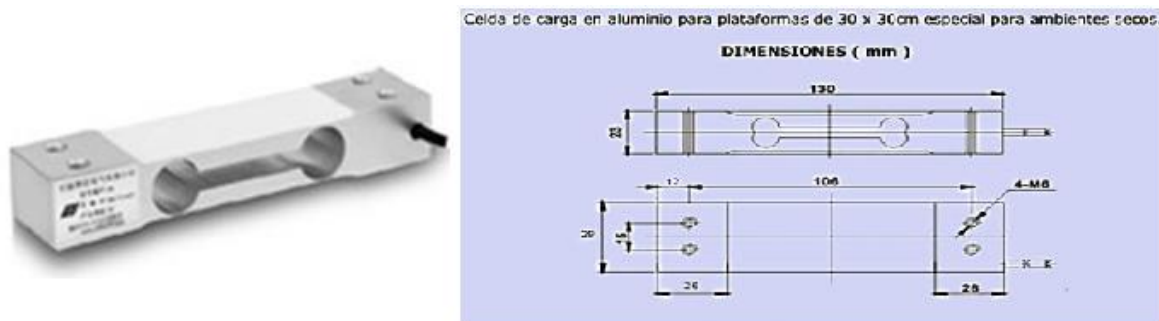


Figura 17. Celda de carga single point – monobloque

Para iniciar y determinar lo necesario para esta etapa, se dará a conocer en primera instancia las características principales de las celdas de carga:

Sensibilidad: 1.8mV/V

Voltaje máximo de alimentación: 15V

Se determina que 12V de alimentación para cada celda de carga proporciona un rango de la señal de 0V y 21,6mV ya que la sensibilidad de estas determina el voltaje máximo de salida. Este factor es decisivo al momento de calcular la ganancia de amplificación.

3.4.2 Adecuación de las señales e implementación

8-Pin DIP and SO-8

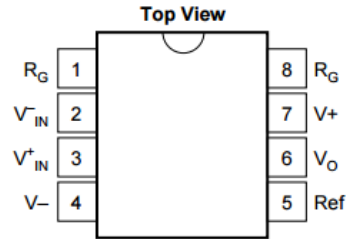


Figura 18. Amplificador ina128p

Fuente: WWW.ALLDATASHEET.COM

Amplificación: en esta etapa se usó el amplificador de instrumentación de alto rendimiento ina128p observado en la Figura 18, que requiere de un solo resistor externo (R_g) para conseguir una ganancia de 1 a 10000. La selección de la ganancia está dada por la Ecuación 1.

$$G = 1 + \frac{50K\Omega}{R_g} \quad \text{Ecuación 1.}$$

El rango de voltaje de alimentación para el ina128p es de ± 2.25 V a ± 18 V. Para este diseño se estableció como voltaje alimentación ± 12 V. El bajo ruido y voltaje de offset de máximo 50μ V favorece las señales de salida de las celdas de carga.

Se determinó como capacidad máxima a censar 16kg, utilizando 4 celdas de carga con capacidad máxima de 5kg por celda, dejando un margen de protección de 4kg previniendo daños por sobrecarga.

Para calcular la ganancia de amplificación sin afectar al microcontrolador y teniendo en cuenta que a una tensión de 12V el voltaje máximo de salida es 21.6mV por cada celda de carga se determina un voltaje de 1.1V como criterio de diseño en la salida del amplificador de instrumentación para un total de 4.4V a plena carga. Usando la Ecuación 2, se calculó la ganancia de amplificación para cada amplificador de instrumentación.

$$\text{Ganancia} = \frac{1,1V}{0,0216V} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\text{Ganancia} = 50,93$$

Se calculó R_g usando la ecuación 1 obteniendo:

$$R_g = 1001,4\Omega$$

Circuito sumador: Este circuito se encarga de tomar las cuatro señales y sumarlas con el propósito de obtener una única señal que será utilizada por el microcontrolador y posteriormente convertida en peso.

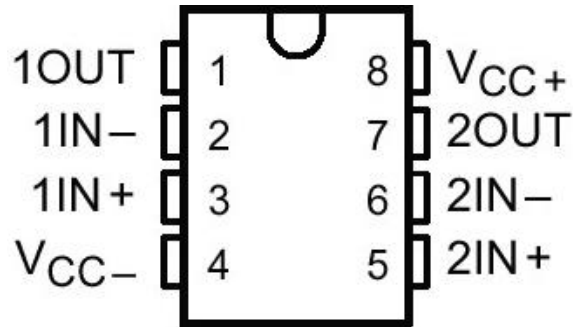


Figura 19. Amplificador Operacional TL082

Para la implementación de este circuito se utilizó el AO TL082, que se observa en la Figura 19, este dispositivo es de bajo costo, de alta velocidad y de muy buen rendimiento; ideal para el circuito encargado de realizar la suma de las señales como se observa en la Figura 20.

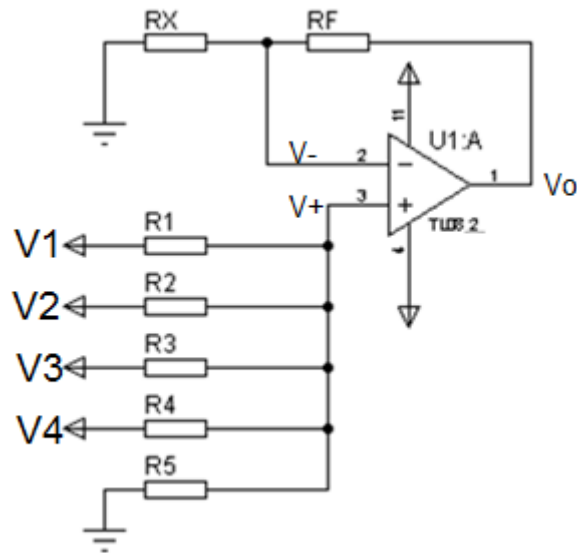


Figura 20. Circuito sumador

Fuente: Autor.

Para diseñar este circuito se parte de las siguientes condiciones:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_f = R = 12K\Omega$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_i = 1V$$

En un sumador no inversor la señal de salida está dada por la ecuación 3.

$$V_- = \frac{R_x}{R_x + R_f} V_o \quad \text{Ecuación 2}$$

Despejando la ecuación se obtiene que:

$$V_o = V_- \left(1 + \frac{R_f}{R_x}\right) \quad \text{Ecuación 3}$$

Y la ecuación:

$$V_+ = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_4}{R_4}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Despejando la Ecuación 5, se reduce a:

$$V_+ = V_i \frac{4}{5} \quad \text{Ecuación 5}$$

Para calcular la variable restante del diseño, R_x , y sabiendo que $V_- = V_+$, se reemplaza la Ecuación 6, en la Ecuación 4, obteniendo lo siguiente:

$$R_x = \frac{R_f}{4}$$

Reemplazando $R_f = 12K\Omega$, tenemos

$$R_x = 3K\Omega$$

Etapa de filtrado: para reducir el ruido de la señal proveniente del circuito sumador se hace un prefiltrado mediante un filtro pasa bajas de primer orden no inversor, el cual atenuara la mayor parte de las señales en alta frecuencia, sin reducir considerablemente el tiempo de respuesta a la salida del filtro.

Diseño filtro análogo: para diseño de este filtro se tomaron las siguientes condiciones de diseño:

Frecuencia de 0.5Hz

Resistencia de 33K Ω .

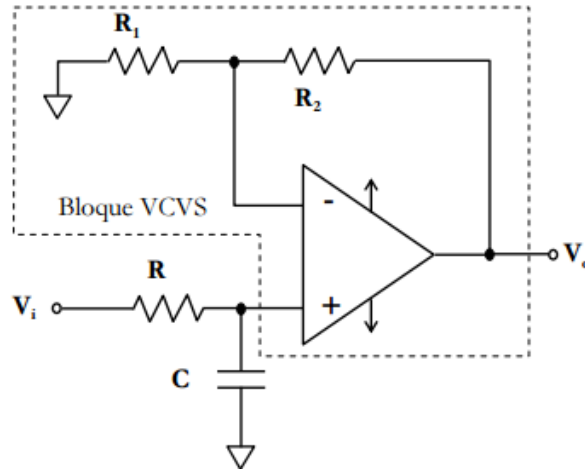


Figura 21. Filtro pasa bajas

Para el filtro pasa bajas de la Figura 21, se tiene las siguientes ecuaciones:

$$H(s) = \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{1 + rc_s} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$H_0 = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$w_0 = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC} \quad \text{Ecuación 8}$$

Despejando la Ecuación 9 y teniendo en cuenta las condiciones de diseño, se halla el valor del capacitor.

$$C = \frac{1}{Rw_0} = \frac{1}{R2\pi f} = 10\mu F$$

Filtro digital: posteriormente el ruido remanente se atenúa a través de un filtro digital de quinto orden del tipo promedio móvil, el cual permite atenuar las señales brusca de la señal originando un suavizado de la señal censada, los coeficientes para este tipo de filtro varía entre 0 y 1, por ser un filtro digital del tipo promedio $K=0,2$. Obsérvese el filtro en la Figura 22, el funcionamiento de este filtro se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$Y[n] = \frac{X[n] + X[n-1] + X[n-2] + X[n-3] + X[n-4] + X[n-5]}{5}$$

Ecuación 9

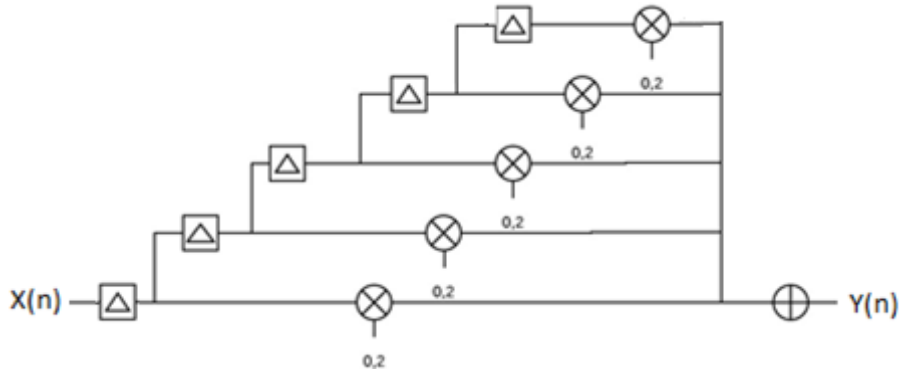


Figura 22. Filtro Digital tipo promedio móvil

Fuente: Autor.

Limitador: para evitar daños en el microcontrolador se elaboró un limitador de voltaje que regula la señal de salida del filtro, con el objetivo de que la señal no supere los 5V. Se utilizó un diodo zener de 5.1V y por información suministrada del fabricante se sabe que la corriente max del diodo zener utilizado es 50mA, por tanto se halla el valor de la resistencia con la Ecuación 11. En la Figura 23, se ilustra el circuito limitador.

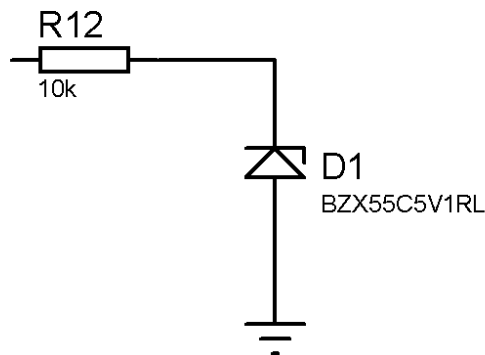


Figura 23. Circuito limitador implementado.

Fuente: Autor.

$$R = \frac{V_i}{I_d} = \frac{5V}{50mA} = 10k\Omega \quad \text{Ecuación 10}$$

El acoplamiento realizado demostró un comportamiento satisfactorio, cumpliendo los requerimientos de diseño, bajos niveles de ruido y una clara lectura en el microcontrolador.

3.4.3 Adquisición y procesamiento de datos

Para la adquisición y el procesamiento de los datos se hace uso del microcontrolador, quien se encarga de recibir la señal de las salidas de los sensores para optimizar y gestionar la conversión análoga/digital y realizar la transmisión de datos.

El sistema de procesamiento de datos, está encargado de las principales funciones tales como la adquisición, procesamiento de datos, configuración de la comunicación y control, de ahí debe contar con las entradas y salidas tanto digitales como análogas para poder desarrollar dichas funciones.

En el mercado es posible encontrar diversos microcontroladores cada uno con sus respectivas características, pero debido a la experiencia en la programación y elaboración de aplicaciones con microcontroladores de la familia PIC de Microchip, se opta por seleccionar uno de estos que se adapte a los requerimientos dados.

La adquisición de la señal de peso se realizó mediante el microcontrolador 16F877A, ya que este cuenta con un convertidor ADC integrado de 10 bits, que permite transformar señales análogas a digitales para posterior procesamiento. Se puede observar en la Figura 24, el microcontrolador seleccionado para el desarrollo de este sistema, es importante recordar que este microcontrolador trae incorporado el ADC por tanto facilita el trabajo en el procesamiento de la señal peso.

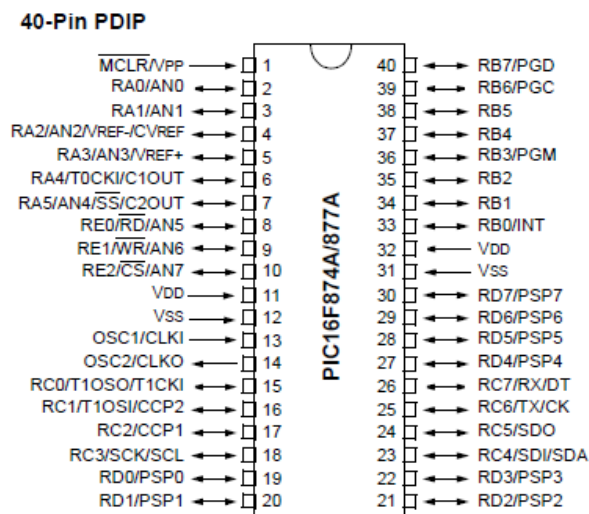


Figura 24 Imagen PIC16F877A

Fuente: <http://www.circuitoselectronicos.org/>

Con la señal filtrada, se elaboró una prueba para determinar las ecuaciones que describen el peso en función del voltaje en la salida del filtro. En la Tabla 1, se observa la información correspondiente a dicha prueba. Es importante tomar como condición inicial el peso de la caja, que genera un voltaje de 0.812V.

Voltajes generados	
Peso (Kg)	Voltaje (Voltios)
0	0,812
1	1,04
3	1,47
5	1,92
7	2,36
9	2,79
11	3,23
13	3,67
15	4,11
16	4,32

Tabla 1. Voltajes obtenidos para diferentes masas.

Fuente: Autor

En la Figura 25, se observan las ecuaciones que describen el peso en función del voltaje en la salida del filtro, esta información es usada para el diseño de posteriores etapas.

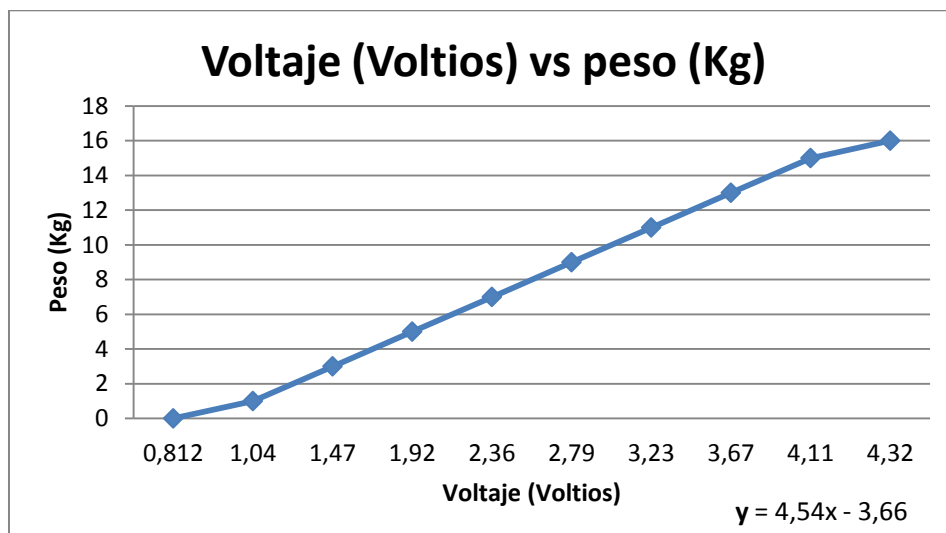


Figura 25 Voltaje amplificado vs Peso en prueba realizada.

Fuente: Autor.

La configuración usada en el microcontrolador fue lectura ADC a 10bits, frecuencia de instrucción 48MHz, 1 canal ADC habilitado, transmisión serial habilitada a una velocidad de 9600 baudios.

Para realizar la conversión, se tuvo en cuenta los siguientes criterios.

$$1bit = 4,88mV$$

$$V_i = \frac{V_d * 5Voltios}{2^n} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde V_i es el valor de entrada al convertidor de analógico a digital, V_d es el valor digital y n , es la resolución usada que en este caso, son 10 bits.

De acuerdo a la relación encontrada en la Ecuación 12, y usando la ecuación de la Figura 25, se obtiene que $Peso=4,54V_i-3.66$, donde 3,66 es el peso de la caja del prototipo que descansa sobre los sensores.

Por tanto la ecuación utilizada en el microcontrolador es la siguiente:

$$Peso = 4,54\left(\frac{V_d * 5Voltios}{2^n}\right) - 3,66 \quad \text{Ecuación 12}$$

En la Figura 26; se describe la lógica de programación que realiza el microcontrolador. Al observar esta figura, se maneja un umbral de cambio de 50g, para evitar permutaciones no deseadas por vibraciones del carro.

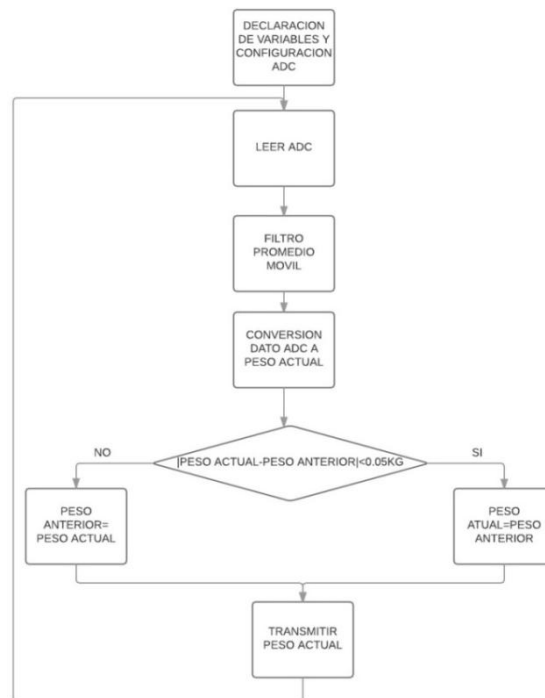


Figura 26 Diagrama de Flujo microcontrolador

Fuente: Autor.

3.4.4 Transmisión remota de datos

La transmisión de datos de este sistema se realizó con un módulo de radiofrecuencia de bajo costo y sumamente poderoso, y que es totalmente compatible con Arduino, microcontroladores, entre otros. Este módulo solo transmite datos digitales y tiene la capacidad de capturar señales débiles, por tanto será una medida directa del alcance del sistema.

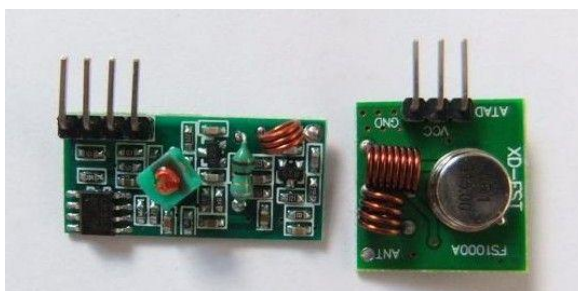


Figura 27 Módulo RF Transmisor/Receptor 315 MHz

Fuente: <http://www.instructables.com/id/RF-315433-MHz-Transmitter-receiver-Module-and-Ardu/step3/Arduino-Virtual-Wire-Library/>

El módulo utilizado en este proyecto es un RF Transmisor/Receptor 315 MHz, el cual presenta las siguientes características:

Modulación:	ASK
Salida de datos del receptor:	Nivel alto - 1/2 Vcc, Nivel bajo - 0.7V
Voltaje de alimentación del transmisor:	3-12V (a mayor voltaje, mayor potencia de transmisión)
Alcance (5V):	40m interior, y 100m exterior.

Una vez enviada la información desde el microcontrolador, la tarjeta de desarrollo Arduino a través del módulo RF, se prepara para recibir, visualizar datos en una pantalla de cristal líquido y establecer comunicación con el dispositivo móvil para enviar datos.

Para el envío de datos al dispositivo móvil, se utilizó el módulo USART asíncrono, configurado a 9600 baudios, el cual es una forma de comunicación serial entre dispositivos, donde los datos son enviados en grupos de 8 o 9 bits. En este caso la variable peso se envía en 2 bytes, correspondiente a la parte entera y a la parte decimal y mediante un CHECKSUM se verifica la integridad de los datos enviados, con el fin de prevenir errores.

3.5 MÓDULO DE VISUALIZACIÓN

3.5.1 Receptor de datos

El Arduino en un concepto global es una plataforma de hardware de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es un dispositivo que conecta el mundo físico con el mundo virtual, o el mundo analógico con el digital²¹. En este proyecto se hizo uso del Arduino específicamente para la facilidad del usuario final. Para la implementación del sistema se utilizó el ARDUINO UNO, que se observa en la Figura 28.



Figura 28. Arduino Uno

Fuente: <https://www.arduino.cc>

Para la puesta en marcha del trabajo realizado por el Arduino se realizaron varios subprocesos que a continuación se enumeran y que están plasmados en la Figura 29.

1. Recepción de datos: en la tarjeta de desarrollo Arduino se reciben los tres datos enviados por el microcontrolador mediante el módulo RF, la parte entera, la parte decimal y el CHECKSUM; con este último se verifica la integridad de los datos.

2. Registro histórico de datos: Una vez recibidos los datos en la tarjeta de desarrollo Arduino, mediante un timer se crea un tarea encargada de guardar datos, un dato cada dos

²¹ Texto tomado de <https://proyectoarduino.wordpress.com/%C2%BFque-es-arduino/>

minutos en la memoria EEPROM, datos que posteriormente pueden ser consultados por la aplicación móvil y enviados al correo electrónico del usuario para llevar un registro de datos en cada ruta realizada por el carro compactador.

3. Visualización de datos en Pantalla LCD: Recibidos los datos en la tarjeta de desarrollo Arduino y utilizando la librería de control del panel de LCD, que viene incluida en la tarjeta de desarrollo Arduino, se inicia la visualización de los datos que están siendo censados en tiempo real por las celdas de carga y después de todo el proceso anteriormente documentado.

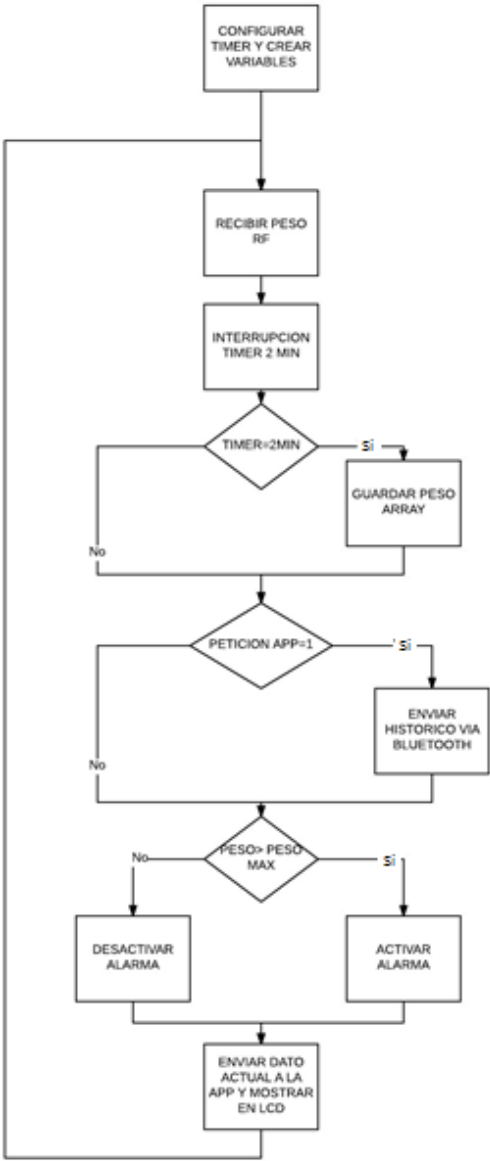


Figura 29 Diagrama de flujo de la lógica de programación implementada en el Arduino

Fuente: Autor.

3.5.2 Visualización de datos:

Los datos a visualizar son los generados por las celdas de carga, adquiridos, procesados y enviados por el microcontrolador y recibidos en la tarjeta de desarrollo Arduino para posteriormente visualizarlos en una pantalla LCD de 16x2, como se observa en la Figura 30. De lo anterior es importante reconocer que al usuario se debe presentar los datos en unidades de ingeniería, en forma ordenada, clara y legible. Además se debe tener una pequeña interfaz.



Figura 30. Pantalla LCD 16x2

Fuente: <http://bot-boss.com/libreria-lcd-python-raspberry-pi-2/>

De manera complementaria y pensando en la comodidad y requerimientos del usuario, se implementó una pequeña aplicación para celulares Android en la conocida herramienta de desarrollo Android Studio; esta aplicación establece comunicación con la tarjeta de desarrollo Arduino mediante un módulo Bluetooth, recibe los datos para mostrarlos en tiempo real, grafica el comportamiento y los envía por vía correo electrónico.

Se manejó el módulo Bluetooth, es muy utilizado en aplicaciones con microcontroladores y Arduino. Es de bajo costo y muy útil gracias a sus puertos TxD y RxD ya que permiten realizar comunicaciones inalámbricas de hasta 10mts, son fáciles de manejar gracias a su SPP (Serial Port Protocolo) de bajo consumo ya que trabajan a 3.3V. Para este Sistema se utilizó el módulo HC-06 observado en la Figura 31, y que a diferencia del HC-05, este solo opera en modo esclavo, es decir que solo recibe conexiones.



Figura 31. Modulo Bluetooth Slave HC-06

Fuente: <http://botscience.net/>

Android Studio, conceptualmente se conoce como un ambiente de desarrollo de aplicaciones, que posee potentes herramientas de edición de código. Se puede decir que en cuanto al análisis de código el mismo detecta errores de forma inmediata, para así dar una solución rápida a estos. Como herramientas integradas para el desarrollo o construcción de programas en Android, contiene una interfaz de usuario que es construida o diseñada previamente, con variados modelos de pantalla, donde en ella los elementos existentes pueden ser desplazados²².

Comunicación Arduino/APP: Para la puesta en marcha de la comunicación inalámbrica entre el Arduino y la Aplicación para celulares Android, se establece la transmisión serial, haciendo uso del módulo bluetooth HC-06. Los pasos para el establecimiento de la comunicación son los siguientes.

Paso 1. Configuración del protocolo de comunicación: se hace uso de la librería serial.h, el cual permite enviar datos asíncronos de forma serial, a este tipo de transmisión se le denomina UART²³.

Paso 2. Establecer un modelo de comunicación: se utilizó un modelo con características similares al TCP, puesto que en dicha transmisión se hace uso de la enumeración de paquetes y de la bandera ACK²⁴, con estas herramientas se puede garantizar que la comunicación sea fiable y no halla perdida de información.

Paso 3. Caracteres especiales en la comunicación: con el objetivo de tener control de los datos que la aplicación desea recibir, se hace uso de algunos caracteres especiales únicamente dedicados a esta función, como,

²² Tomado del blog.desdelinux.net

²³ UART: son las siglas en inglés de *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*, en español: **Transmisor-Receptor Asíncrono Universal**, es el dispositivo que controla los puertos y dispositivos serie. Se encuentra integrado en la placa base o en la tarjeta adaptadora del dispositivo.

²⁴ ACK: Acuse de recibo o asentamiento.

- ASQUI97 que se encarga de solicitar al ARDUINO el histórico de datos almacenado en la memoria EEPROM.
- ASQUI02 este se encarga de identificar la cabecera de la información.
- ASQUI03 determina la cola o el fin de la información.

Por medio de los pasos anteriores es posible ya establecer una comunicación entre los dos módulos.

Una vez establecida la conexión, es decir, emparejado el sistema con el celular Android, se inicia la recepción de datos generando el ciclo que se observa en el diagrama de flujo de la Figura 32.

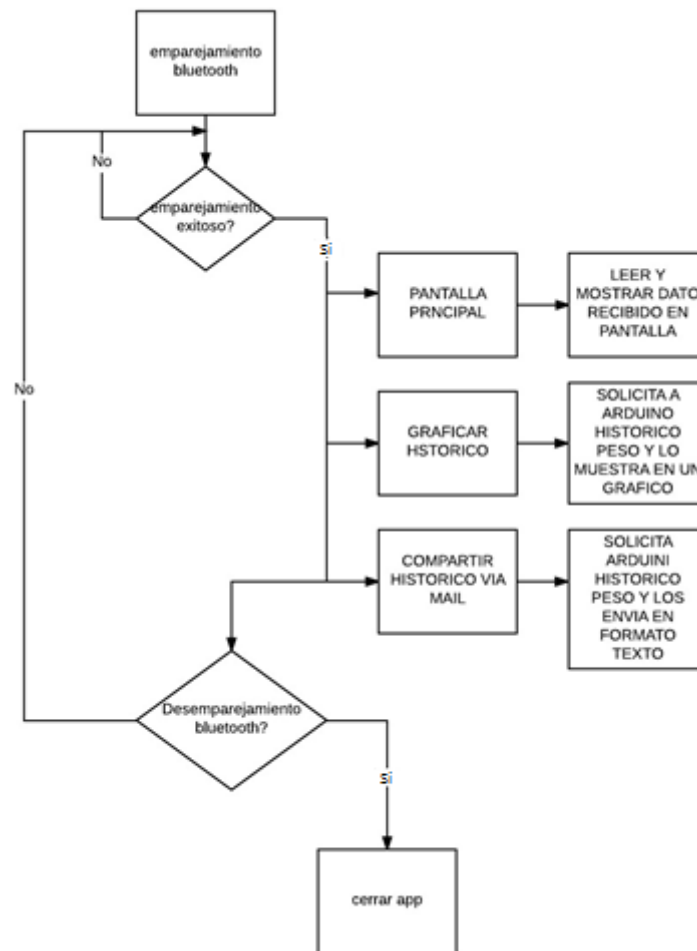


Figura 32. Diagrama de Flujo Aplicación para Android

Fuente: Autor.

Al iniciar la aplicación móvil en un celular Android, el usuario se encuentra con las Ventanas de trabajo que fueron desarrolladas, la primera encargada de escanear o

identificar los diferentes dispositivos bluetooth visibles en el entorno para el posible emparejamiento como se observa la Figura 33; la segunda ventana de trabajo que hace las veces de pantalla principal o el conocido home, que se encarga de mostrar el dato censado por las celdas de carga; y la tercera ventana, grafica el histórico de datos recibidos durante la ruta realizada por el carro. De manera simultánea, se puede realizar el envío del histórico de datos por vía mail o hacia otras aplicaciones que manejen archivos de texto. Se observan en la Figura 34, la descripción de la segunda y tercera ventana de trabajo.

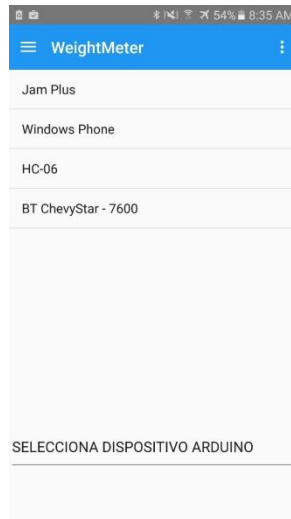


Figura 33. Primera imagen del Android

Fuente: Autor.

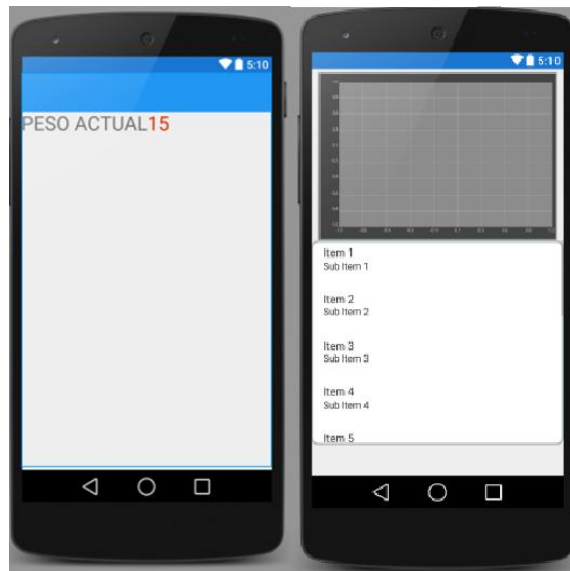


Figura 34. Segunda y Tercera imagen de la APP

Fuente: Autor.

Dentro de las acciones realizadas por la aplicación para celulares Android, es importante mencionar las siguientes:

Emparejamiento módulo bluetooth en la APP: para establecer la comunicación entre el Arduino y la APP se hizo uso de un API proporcionado por el sistema operativo Android, que entre muchas funciones permite la transferencia de datos hacia otros dispositivos, buscar diferentes dispositivos y conectarse a sockets específicos entre diferentes dispositivos.

Grafica de datos: Para establecer la gráfica de los datos en la aplicación Android, se utilizó la librería Androidplot, es una biblioteca para la creación de gráficos dinámicos y estáticos en su aplicación para Android. Está diseñado desde cero para Android, compatible con Android 1.6 en adelante y es utilizado por más de 1.000 aplicaciones en Google Play.

Después de tener el diseño completo para el prototipo del Sistema de pasaje a bordo, se implementó y ensambló en las tarjetas electrónicas, seguidamente de la estructura del prototipo de carro compactador de basura.

3.6 FUENTE

Como suministro de energía para el sistema de pesaje a bordo, se adquirió una fuente con salidas de voltaje duales debido a los requerimientos de alimentación de algunos dispositivos. Se usaron fuentes conmutadas debido a que su tamaño es reducido ya que funcionan a frecuencias altas lo que hace que el tamaño de sus componentes pueda ser menor.

En la Figura 35, se observa una fuente con 4 salidas DC de 5V (5.5A), 12V (2A), -5V (0.5A), -12V (0.5A), esta fuente usada tiene entrada AC Full Range, protecciones contra corto circuito, sobre carga y sobre tensión, LED indicador de encendido y frecuencia de switcheo fija a 35KHz.



Figura 35. Fuente de Alimentación Conmutada

Fuente: [http://www.sigmaelectronica.net/images/ADD55A%20\(1\).jpg](http://www.sigmaelectronica.net/images/ADD55A%20(1).jpg)

3.7 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PROTOTIPO

Con el ánimo de iniciar el diseño de un prototipo para el carro compactador de basura, lo primero que se tuvo en cuenta como criterio de selección fue la manera en cómo se implementaría el sistema en el carro.

3.7.1 Diseño Previo del Prototipo del carro compactador de basura

Para la implementación del Sistema de pesaje se prioriza la parte trasera del carro, ya que es ahí donde se va a tomar la variable a medir, así que se hace un diseño de la caja, chasis y sistema de amortiguamiento, teniendo en cuenta que no se pueden poner llantas porque de esta manera no se podría observar la ecualización del carro en movimiento.

Se propone utilizar resortes que no sean muy elásticos para que no se compriman con la fuerza que se aplica sobre ellos, pero que al tiempo simulen las fluctuaciones que presenta el carro en movimiento. El diseño previo se observa en la Figura 36.

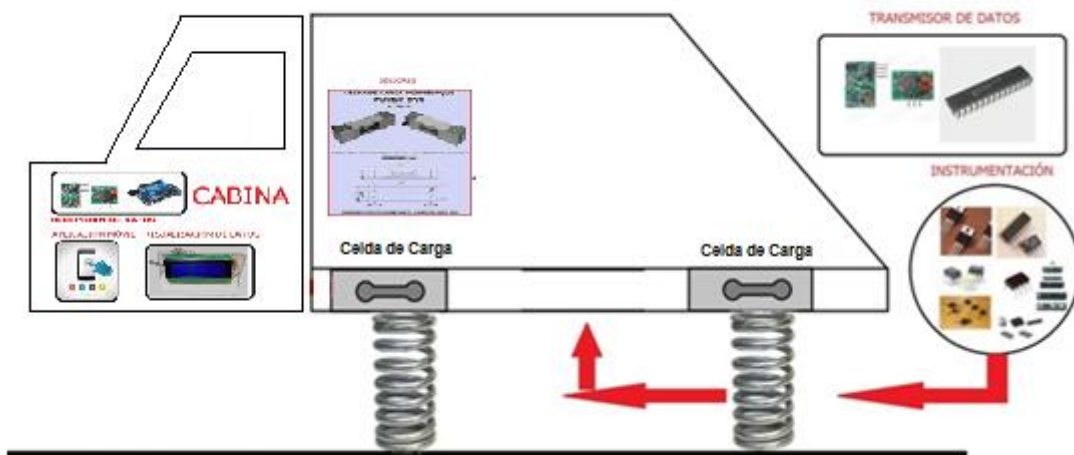


Figura 36. Diseño Previo del prototipo

Fuente: Autor.

En la figura se puede observar que se propone instalar las celdas de carga en la parte trasera del prototipo, donde se va aplicar la carga para realizar las pruebas del diseño, además la ubicación del Modulo de Instrumentación descrito en el Capitulo 3 y observado en la Figura 14. En la Cabina se propone instalar el Módulo de Visualización anteriormente descrito en el Capitulo 3 y dibujado en la Figura 16.

3.7.2 Diseño definitivo del Prototipo para el carro compactador de basura

Con la orientación y ayuda de los ingenieros Mecánicos de la Empresa Ciudad Limpia Neiva, y precedido de un diseño previo, se fabricó el prototipo del carro compactador de basuras con los materiales expuestos a continuación.

Se utilizó lámina metálica para realizar la estructura rectangular de la caja y la estructura de la cabina como se observa en la Figura 37. Se utilizó cuatros resortes suficientemente rígidos para soporta el peso aplicado sobre el chasis.

Se utilizó un motor muy potente, que en pruebas realizadas en el laboratorio, no funciona con la fuente pese a la cantidad de corriente que necesita. Este motor se utilizó con el fin de simular el movimiento del carro y el ruido que puede adquirir el circuito cuando el carro está en movimiento.



Figura 37. Estructura del prototipo del carro Compactador

Fuente: Autor.

3.8 TARJETAS ELECTRÓNICAS

Las tarjetas de circuito impreso finales son dos, la primera mostrada en la Figura 38, correspondiente al acondicionamiento, adquisición y procesamiento de la señal peso; y la segunda tarjeta corresponde al Módulo de Visualización de los datos, en ella se encuentra presente el módulo RF receptor, la tarjeta de desarrollo Arduino, el módulo bluetooth y la LCD como se observa en la Figura 38.

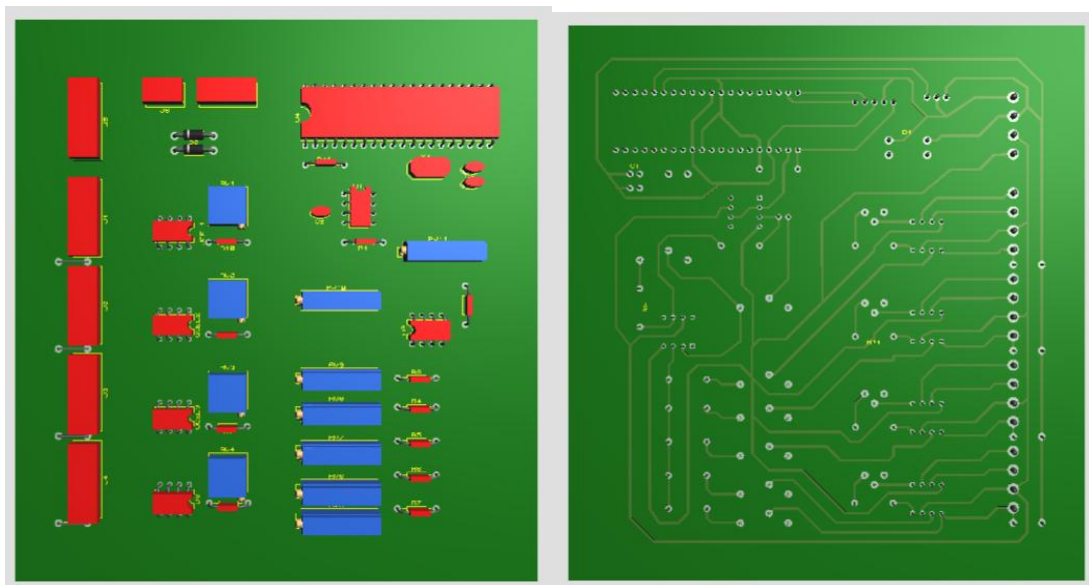


Figura 38. Vista superior e inferior de la tarjeta 1

Fuente: Autor.

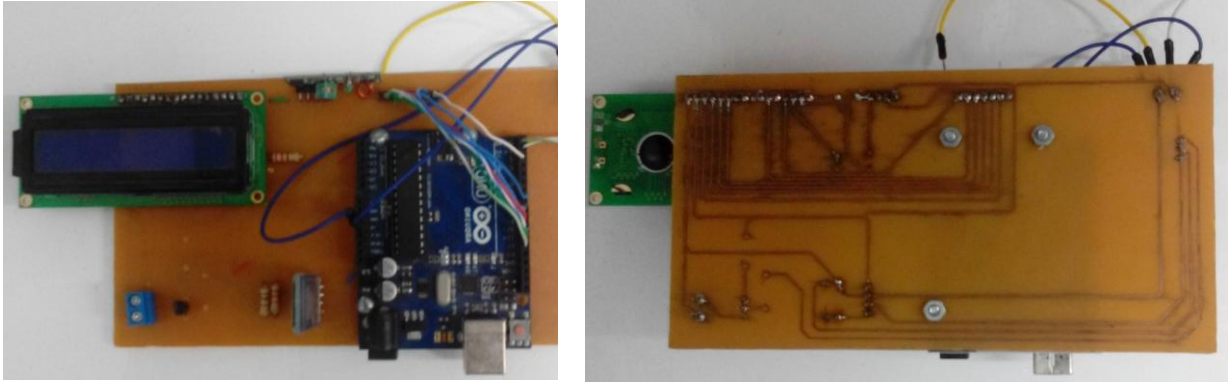


Figura 39. Vista superior e inferior de la tarjeta 2

Fuente: Autor.

4 CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En el desarrollo del proyecto fue posible llevar a cabo una observación y un análisis cualitativo del funcionamiento del sistema de pesaje a bordo lo cual dejo como resultado una herramienta electrónica que permite mejorar el rendimiento de los carros en el transporte de las cargas pesadas, este rendimiento no se refleja solo en la preservación mecánica de los carros si no también en la seguridad y cumplimiento de las normas que rigen el transporte de carga pesada.

Se diseñó e implementó un sistema de pesaje a bordo para el prototipo del carro compactador de basura, el cual está compuesto por dos módulos Instrumentación y Visualización quienes comprenden las etapas necesarias para la lectura, procesamiento y presentación de la variable peso. Lo anterior se hizo con el objetivo de registrar por medio de un sensor una señal producida por la fuerza o peso aplicado, transformar esa señal y visualizarla con la unidad de medida para el peso, en este caso el Kilogramo.

Los sensores utilizados en el desarrollo del proyecto son las celdas de carga, quienes mediante varias pruebas realizadas previamente al diseño de este sistema, fueron las más apropiado para la lectura de la variable peso; características como el rango de trabajo y la capacidad de cada uno de estos sensores, fueron elegidos de manera proporcional para evitar daños en las celdas y errores en las lecturas de datos.

En cuanto a la adquisición y procesamiento de la variable, se procuró elegir un microcontrolador propicio que facilitara el trabajo y se efectuara de la mejor manera posible con el objetivo de tener una señal bien preparada para ser transmitida por comunicación inalámbrica.

La transmisión se realizó por un módulo de radio frecuencia de bajo costo pero que presenta un excelente rendimiento transmitiendo datos por comunicación serial. De la misma manera la recepción de datos efectuada por el módulo en compañía de la tarjeta de desarrollo Arduino, se implementó con la seguridad de que los datos deben llegar completos o de lo contrario deben ser rechazados.

Para el proceso de visualización con herramientas como la tarjeta de desarrollo Arduino, el módulo bluetooth HC-06 y Android Studio, se logró visualizar los datos en una LCD 16x2 y en un dispositivo móvil Android, por medio de una aplicación bastante sencilla que le permite al usuario por comunicación bluetooth visualizar los datos censados en tiempo real y recibir un historio de datos vía mail.

RECOMENDACIONES

La comunicación Arduino/APP se puede mejorar implementando un algoritmo para detección y corrección de errores, con el ánimo de certificar la veracidad de los datos que son transmitidos por esta comunicación.

Para este sistema se utilizó un filtro de primer orden, teniendo en cuenta las características y el medio en el que está funcionando, para una implementación futura en el carro real, conociendo que ha presencia de vibraciones, por tanto bastante ruido, se recomienda reconsiderar la etapa de filtrado con el objetivo de obtener un buen rendimiento en el sistema.

5 TRABAJO FUTURO

Sería interesante que en un futuro se realizara un trabajo de grado en un carro real, con la propuesta *“Implementación de potenciómetro industrial de 100k Ω lineal 10 vueltas”*, presentada en el Capítulo 1, de este documento, en mi concepto se puede lograr un muy buen sistema y de muy bajo costo comparado con el costo que representa implementar el sistema con las celdas de carga. La parte tediosa de este proyecto es tomar los datos para realizar la gráfica de relación peso y voltaje (salida del potenciómetro lineal) , ya que se debe tener el carro encendido (para que presente vibraciones) sobre una bascula e ir aplicando peso tomar el valor que genera la bascula y el valor de la salida del potenciómetro.

Implementar el sistema de pesaje propuesto en este proyecto de grado en un carro real que transporte carga pesada, implementar y diseñar la fuente de alimentación para el sistema a partir de la batería del carro.

Una vez implementado el sistema de pesaje en un carro real sería interesante adicionarle a este proyecto una impresora portátil, de manera que empresas como Ciudad Limpia, y transportadoras de encomiendas, generen un pequeño recibo con tarifas establecidas a la hora de recoger (para el caso de las basuras) o entregar para el caso de las encomiendas; lo anterior permitirá al usuario tal vez ahorrar y dejar de pagar tarifas exageradas por algo que no consume o genera, o lo concientizará de reciclar para pagar menos por el transporte de los residuos que desecha.

BIBLIOGRAFIA

Hernández, J.R; M.J. Fabela. (2004). *Diseño y construcción de un prototipo para determinar el peso de vehículos ligeros en movimiento*. Obtenido de la biblioteca IMT: <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt247.pdf>.

Pallás, R. (1994). *Sensores y acondicionadores de señal*. 2ª Ed. MARCOMBO, S.A.

Martínez, M. (2013). *Desarrollo de una red inalámbrica MIWI para explotaciones agrícolas*. Logroño: Universidad de la Rioja.

Mercado; C.A, J. Esparza, V. Romero. (2006). *Báscula electrónica controlada con PIC16F873*. México: Universidad autónoma de Zacatecas.

CLERARL. (Sin fecha). *Sistemas de pesaje a bordo para camiones*. Chile: Soluciones Tecnológicas para el Transporte Terrestre y la Minería.

Manual de microcontroladores PIC. <http://www.unioviedo.es/ate/alberto/manualPic.pdf>

Microchip Technology, Inc. <http://www.microchip.com/> Sitio del fabricante de los microcontroladores PIC.