



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE BÁSCULA ELECTRÓNICA LLENADORA DE
ENVASES, POR MEDIO DE MICROCONTROLADOR Y
CONTROLADOR DIGITAL DE PESO**

Bryan Antonio Díaz López

Asesorado por el Ing. Guillermo Antonio Puente Romero

Guatemala, octubre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE BÁSCULA ELECTRÓNICA LLENADORA DE
ENVASES, POR MEDIO DE MICROCONTROLADOR Y
CONTROLADOR DIGITAL DE PESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

BRYAN ANTONIO DÍAZ LÓPEZ
ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO ANTONIO PUENTE
ROMERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Ramírez Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Manuel Antonio Rivera Gómez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Guzmán Rivas.
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

Diseño de báscula electrónica llenadora de envases, por medio de microcontrolador y controlador digital de peso,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 17 de enero de 2008.

Bryan Antonio Díaz López

Guatemala, 11 de agosto de 2008

Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Solares:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **“DISEÑO DE BASCULA ELECTRÓNICA LLENADORA DE ENVASES POR MEDIO DE MICROCONTROLADOR Y CONTROLADOR DIGITAL DE PESO”**, desarrollado por el estudiante **Bryan Antonio Díaz López**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,



Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 19 de agosto de 2008

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **"DISEÑO DE BASCULA ELECTRONICA LLENADORA DE ENVASES POR MEDIO DE MICROCONTROLADOR Y CONTROLADOR DIGITAL DE PESO"**, desarrollado por el estudiante **Bryan Antonio Díaz López**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE BÁSCULA ELECTRÓNICA LLENADORA DE ENVASES POR MEDIO DE MICROCONTROLADOR Y CONTROLADOR DIGITAL DE PESO**, presentado por el estudiante universitario **Bryan Antonio Díaz López**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, octubre de 2008



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

- DIOS** Por haberme permitido culminar este trabajo, dándome la fuerza y el entendimiento necesario.
- MI MADRE** Dilia Esperanza López de López, quien me apoyó y me dio la ayuda necesaria para terminar el presente trabajo de graduación.
- MI PADRE** Julio Cesar López Rizzo, por ser mi ejemplo a seguir.
- MIS ABUELOS** Francisco Mario López Ortega y Felipa Marroquín Álvarez, a quienes agradezco su apoyo.
- MIS HERMANOS** Gabriel Alejandro Díaz López y Luis Fernando López López, a quienes agradezco su comprensión y ayuda.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
REUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. EQUIPOS DE PESAJE	1
1.1. Fundamentos de equipos de pesaje.....	1
1.2. Componentes de equipos de pesaje.....	1
1.2.1. Celda de carga.....	3
1.2.1.1. Transductores.....	3
1.2.1.2. Tecnologías de celda de carga.....	4
1.2.1.3. Tecnología m.....	4
1.2.1.4. Tecnología k.....	13
1.2.1.5. Celda de carga digital.....	18
1.2.2. Caja de unión.....	19
1.2.3. Indicador de peso.....	20
1.2.3.1. Microprocesador.....	27
1.2.3.2. Memória.....	28
1.2.3.3. Canales de comunicación.....	30
1.2.3.4. Puertos.....	33
1.2.3.5. Accesorios.....	33

2.	NORMAS NACIONALES VIGENTES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE PESAJE.....	35
2.1.	Norma de vocabulario y fundamentos generales de metrología.....	35
2.1.1.	Magnitudes y unidades.....	35
2.1.2.	Mediciones y metrología.....	36
2.1.3.	Resultados de las mediciones.....	37
2.1.3.1.	Exactitud.....	38
2.1.3.2.	Repetibilidad.....	38
2.1.3.3.	Reproducibilidad.....	38
2.1.3.4.	Desviación estándar.....	39
2.1.3.5.	Incertidumbre.....	39
2.1.4.	Instrumentos de medición.....	40
2.1.5.	Características de los instrumentos de medición.....	41
2.1.5.1.	Alcance nominal.....	41
2.1.5.2.	Intervalo de medición.....	42
2.1.5.3.	Condiciones óptimas de funcionamiento.....	42
2.1.5.4.	Sensibilidad.....	42
2.1.5.5.	Resolución.....	42
2.1.5.6.	Tiempo de respuesta.....	43
2.1.6.	Patrones de medición.....	43
2.1.6.1.	Patrón internacional.....	44
2.1.6.2.	Patrón nacional.....	44
2.1.6.3.	Patrón primario.....	44
2.1.6.4.	Patrón secundario.....	44
2.1.6.5.	Patrón de referencia.....	45
2.1.6.6.	Patrón de trabajo.....	45
2.2.	Norma de verificación de básculas no automáticas.....	45
2.2.1.	Características metrológicas de las básculas.....	46
2.2.1.1.	Capacidad de pesaje.....	46

2.2.1.2.	Intervalo de pesaje.....	46
2.2.1.3.	División de escala.....	47
2.2.1.4.	Tiempo de calentamiento.....	47
2.2.2.	Errores de básculas.....	47
2.2.2.1.	Error de indicación.....	48
2.2.2.2.	Error intrínseco.....	48
2.2.2.3.	Error máximo permitido.....	48
2.2.3.	Representación gráfica de errores.....	49
2.2.4.	Unidades de medición.....	50
2.2.5.	Clasificación de básculas.....	52
2.2.6.	Procedimientos de ensayo.....	52
2.2.6.1.	Examen inicial.....	53
2.2.6.2.	Ensayos de funcionamiento.....	53
2.2.6.2.1.	Linealidad.....	54
2.2.6.2.2.	Repetibilidad.....	54
2.2.6.2.3.	Excentricidad.....	55
2.2.6.2.4.	Discriminación.....	55
2.2.6.3.	Factores de influencia.....	56
2.2.6.3.1.	Tiempo de calentamiento.....	56
2.2.6.3.2.	Inclinación.....	57
2.2.6.3.3.	Temperatura.....	57
3.	APLICACIONES DE LOS EQUIPOS DE PESAJE.....	59
3.1.	Conteo de piezas por peso.....	60
3.2.	Pesaje de cargas vivas.....	62
3.3.	Entrada y salida de vehículos.....	65
3.4.	Pesaje en básculas colgantes.....	68
3.5.	Comprobadores de peso.....	70
3.6.	Determinación de humedad.....	72

4.	DISEÑO DE BÁSCULA ELECTRÓNICA LLENADORA DE ENVASES, POR MEDIO DE MICROCONTROLADOR Y CONTROLADOR DIGITAL DE PESO	75
4.1.	Llenado de envases	75
4.1.1.	Llenado manual	76
4.1.2.	Llenado semiautomático	77
4.1.3.	Llenado automático	79
4.2.	Diseño propuesto de báscula llenadora	80
4.2.1.	Componentes del sistema	80
4.2.1.1.	Celda de carga y plataforma	80
4.2.1.2.	Controlador de peso digital	87
4.2.1.3.	Lenguaje de programación y simulación	91
4.2.1.4.	Conexión física, controlador y <i>pic</i>	97
4.2.1.5.	Comandos de comunicación	97
4.2.1.6.	Fotosensor	98
4.2.1.7.	Interruptores electrónicos	99
	CONCLUSIONES	101
	RECOMENDACIONES	103
	BIBLIOGRAFÍA	105
	ANEXOS	107
	APÉNDICES	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Partes de una báscula	2
2	Galga extensiométrica	4
3	Celda de carga tecnología m	5
4	Celda de carga tipo s y su aplicación	7
5	Celda de carga tipo simple y su aplicación	8
6	Celda de carga tipo cilindro y su aplicación	9
7	Celda de carga tecnología k y su aplicación	14
8	Celda de carga digital y su aplicación	19
9	Controlador digital de peso	21
10	Diagrama de bloques de controlador digital de peso	21
11	Convertidor analógico digital usando técnica de doble pendiente	22
12	Diagrama de dependencia de tiempo	23
13	Alternativa de conversión analógica digital de doble pendiente	24
14	Compensación de fuerza electromagnética con lazo	25
15	Diagrama de bloques compensación de fuerza electromagnética	26
16	Microprocesador <i>intel Pentium</i>	27
17	Memorias tipo <i>eeeprom</i> y <i>eprom</i>	29
18	Estructura de buses en un microprocesador	31
19	Opciones de conexión para diferentes aplicaciones	34
20	Curva característica de diferentes tipos de errores	50
21	Visualización de los cuadrantes en diferentes tipos de plataformas	55
22	Secuencia de conteo de piezas	61

23	Pendiente en conteo	62
24	Comportamiento de señal de celda	63
25	Secuencia de pesaje en vivo	64
26	Tiempo de estabilización de señal	65
27	Secuencia de entrada/salida	67
28	Ilustración de entrada/salida	67
29	Ilustración de colgantes	69
30	Secuencia de colgantes	69
31	Ilustración de comprobador de peso	71
32	Secuencia de comprobadores de peso	71
33	Ilustración de determinación de humedad	72
34	Secuencia de determinación de humedad	73
35	Diagrama de flujo de llenado manual	76
36	Diagrama de flujo de llenado semiautomático	78
37	Equipo industrial automático de llenado de envases	79
38	Celda de carga funcional	81
39	Pendiente de la señal ideal con diferentes excitaciones	82
40	Pendiente de la señal ideal	84
41	Plataforma 20 x 30 cm	85
42	Indicador digital de peso	87
43	<i>Pcb main borad</i>	88
44	<i>Jumpers pcb main borad</i>	89
45	Conector de celda <i>pcd main borad</i>	89
46	Conector <i>db9</i> hembra	90
47	Vista del pic en el programa	92
48	Indicación de encendido en pantalla	93
49	Programación de peso	94
50	Peso objetivo y tolerancia	94
51	Realizando las corridas	95

52	Realizando corridas <i>under</i>	95
53	Realizando corridas listo	96
54	Realizando corridas <i>over</i>	96
55	Conexión de puerto serial	97
56	Fotosensor <i>Allen Bradley</i> serie 9000	99
57	Opto 22 de entrada	100
58	Opto 22 de salida	100

TABLAS

I	Código de colores para celda de 7 cables	6
II	Código de colores para celda de 5 cables	7
III	Unidades y símbolos del sistema internacional	51
IV	Unidades y símbolos del sistema imperial	51
V	Clasificación de la clase de básculas	52
VI	Temperaturas de operación según clase de básculas	57
VII	Piezas versus peso	62
VIII	Tiempo versus indicación	65
IX	Voltaje de excitación vrs señal de salida	82
X	Carga vrs señal de salida	84
XI	Posibles combinaciones de programación	91
XII	Descripción de comandos para puerto serial	98

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
±	Mas menos
≤	Menor o igual que
A/D	Convertidor analógico digital
B	Campo Magnético
B	Peso bruto
CGS	Sistema inglés de medidas
cm	Centímetro
F	Fuerza
G	Aceleración de la gravedad en la tierra
G	Peso grueso
<i>I</i>	Corriente
kg	Kilogramo
lb.	Libra
m	Metro
mV / V	Milivoltio sobre voltio
N	Número de vueltas
N	Peso neto
R	Radio
RS-232	Protocolo de comunicación serial
RS-485	Protocolo de comunicación serial
SI	Sistema internacional de medidas

T Peso tara
 Ω Ohmio

GLOSARIO

Aceleración gravitacional	Aceleración de un cuerpo que cae libremente
Amplificador	Dispositivo electrónico destinado a incrementar la magnitud de una señal eléctrica en su entrada
Báscula	Dispositivo eléctrico o mecánico que muestra la fuerza aplicada por una carga
Bobina	Dispositivo eléctrico formado por vueltas de alambre conductor que almacena energía en forma de campo magnético
Campo magnético	Campo formado por la circulación de una corriente eléctrica en un conductor
Capacitor	Dispositivo eléctrico formado por dos láminas conductoras separadas por un elemento dieléctrico que almacena energía en forma de campo eléctrico
Circuito rc	Circuito eléctrico formado por elementos pasivos, exclusivamente resistencias y capacitores

Coefficiente de temperatura	Cambio porcentual de un voltaje por el aumento o disminución de la temperatura
Filtro pasivo	Dispositivo eléctrico destinado a eliminar señales no deseadas, por medio de dispositivos pasivos como capacitores y bobinas
Fuerza electromagnética	Fuerza ejercida por un campo eléctrico conjuntamente con un campo magnético
Galga extensiométrica	Pequeña resistencia variable en forma de calcomanía que se adhiere a una superficie y cambia su valor conforme la superficie se deforma
Histéresis	Fenómeno físico de no linealidad atribuido al uso de los componentes eléctricos y mecánicos
Imán permanente	Material con propiedades magnéticas naturales que cuenta con un campo y fuerza magnética
Inductor	Bobina por la cual pasa una corriente eléctrica capaz de inducir una corriente
Memoria	Dispositivo electrónico capaz de almacenar información y poder recuperarla
Microcontrolador	Dispositivo electrónico formado internamente por un microprocesador, bloque de memoria y canales de comunicación que puede ser programado para funcionar independientemente.

Plataforma	Plancha de acero inoxidable en donde se coloca la carga a pesar con forma y área definida
Puente de <i>whinstone</i>	Conexión de cuatro resistencias, tres fijas y una variable utilizada mayormente en el área de medición electrónica.
Resistencia	Dispositivo eléctrico lineal que se opone al paso de la corriente y disipa energía en forma térmica
Señal analógica	Señal eléctrica continua con amplitudes variables y períodos de tiempo indefinidos
Señal digital	Señal eléctrica discreta en amplitud, y períodos de tiempo definidos
Voltaje de excitación	Voltaje aplicado a un dispositivo para su funcionamiento

RESUMEN

El primer capítulo trata sobre los equipos de pesaje, sus fundamentos, los componentes principales como lo son el indicador digital, la celda de carga, la caja de unión. También se expone las diferentes tecnologías que se han desarrollado a lo largo del tiempo y los diferentes aditamentos que se pueden manipular con estos para extender las posibilidades del equipo.

El segundo capítulo trata sobre la parte metrológica de los equipos de pesaje, la primera parte da una perspectiva del vocabulario utilizado y conceptos básicos que son fundamentales. La segunda parte muestra los aspectos a tomar en cuenta para clasificar una báscula y realizarle a ésta una serie de pruebas que puedan comprobar el buen funcionamiento de la misma y asegurar los resultados obtenidos.

El tercer capítulo trata sobre las diferentes aplicaciones que se les dan a los equipos de pesaje desde las aplicaciones que se utilizan en una bodega hasta aplicaciones muy especializadas como en algún proceso de un laboratorio. Además de la descripción de las aplicaciones se formulan pasos para implementar las mismas.

El cuarto capítulo es el más importante de todos, pues es en este donde se formula un problema concreto de la industria de llenado de envases, y para darle una solución viable, económica y confiable se empieza por la planeación de un diagrama lógico de secuencia, luego se sigue con la propuesta del diseño y desarrollándola paso a paso hasta llegar a un diagrama final.

OBJETIVOS

❖ General:

Realizar el diseño de una báscula electrónica llenadora de envases por medio de microcontrolador y controlador digital de peso.

❖ Específicos:

1. Exponer el principio de funcionamiento de un equipo de pesaje, las partes que lo componen y su vocabulario.
2. Dar a conocer aspectos generales de metrología y su aplicación a los equipos de pesaje para determinar el tipo adecuado para una aplicación en particular.
3. Mostrar las aplicaciones más utilizadas en la industria de nuestro país y como implementarlas.
4. Realizar el diseño de una báscula electrónica llenadora de envases por medio de microcontrolador y controlador digital de peso.

INTRODUCCIÓN

Los equipos de pesaje son instrumentos de medición. Están diseñados para medir la magnitud de masa y se valen de diferentes técnicas para lograr su cometido, a su vez deben de cumplir con especificaciones metroológicas cuando estas son utilizadas para realizar una transacción comercial.

Una bascula llenadora de envases es un sistema de pesaje semiautomático que con la ayuda de sensores puede detectar cuando un envase es colocado en la plataforma de pesaje y llenarlo hasta que el envase tenga el peso especificado, detectar cuando el envase sea retirado y empezar el proceso nuevamente cuando se coloque otro envase vacío.

Los equipos de pesaje se dividen en 2 ramas principales que son mecánicos y electrónicos existe un tercer grupo que son los híbridos, la unión entre mecánicos y electrónicos. El funcionamiento básico de un equipo de pesaje es la comparación de 2 objetos un patrón con valor conocido y un objeto con valor no necesariamente conocido, de esta comparación se obtiene una diferencia existente entre el patrón y el objeto, para saber cuál es el peso del objeto la diferencia debe ser igual a cero. El procedimiento es sencillo de realizar en un equipo de pesaje moderno porque dan una indicación directa de peso, y hacen el procedimiento más sencillo como el descrito anteriormente.

Con la creación del transistor surgieron los primeros equipos de pesaje electrónicos, mas tarde los circuitos integrados a gran escala se fueron creando diferentes tecnologías para la captura e interpretación de los datos. A lo largo del tiempo estos equipos han ido evolucionando y optimizando sus procesos haciéndolos más rápidos y más compactos. Existe una gran variedad de equipos y aplicaciones de pesaje electrónicos como equipos analíticos electrónicos que pueden pesar cantidades tan pequeñas como un microgramo hasta equipos de alto alcance que pueden pesar hasta cien toneladas así como equipos electrónicos complejos utilizados en la industria para ensacado de producto y mediciones de flujo que se han creado según la necesidad del proceso. La ventaja de estos equipos es su fiabilidad, tiempo de respuesta, exactitud, precisión, y poco mantenimiento. La desventaja es que no pueden funcionar sin una fuente de energía y su costo siempre es mayor.

La metrología es la ciencia de las mediciones. Toda cosa que exista está susceptible a ser medida, entonces si algo existe se puede medir. La metrología se divide en tres partes que son:

- Metrología Científica.
- Metrología Legal.
- Metrología Industrial

La metrología científica se ocupa de la investigación científica para la mejora de los procedimientos y patrones de medición, además de tener como uno de sus fines salvaguardar la integridad de los patrones nacionales.

La metrología legal se ocupa de todos los controles metrológicos que el estado debe realizar, resguardándose en las leyes que para tal efecto e dictaminen, con la finalidad de proteger a los consumidores.

La metrología industrial se ocupa del aseguramiento metrológico en las empresas, con la finalidad de asegurar los datos de los equipos de medida y control, basándose en normas que para tal efecto se desarrollan nacional e internacionalmente.

Los patrones de medición que son una medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud para utilizarse como referencia. En el caso que se está tratando el patrón de masa que está representada por un cilindro de platino iridio de diámetro y altura iguales (39 mm). El kilogramo es la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo.

La trazabilidad es la propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones, teniendo todas, incertidumbres determinadas.

La calibración es un conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones.

Por último, el ajuste es la operación que lleva a un instrumento de medición a un estado de funcionamiento adecuado para su uso.

1. EQUIPOS DE PESAJE

1.1. Fundamentos de equipos de pesaje

Los equipos de pesaje o básculas electrónicas dan una indicación del peso de una carga colocada en su plataforma. Para realizar esta operación, la báscula cuenta con un transductor de tipo celda de carga que genera una señal analógica del rango de los milivoltios. Esta señal se filtra y posteriormente se convierte en una señal digital que procesa un microcontrolador, para calcular el valor del peso en función de la señal que genera el transductor. Posteriormente, el microcontrolador envía una señal digital que corresponde al peso de la carga en cuestión a un visor electrónico para presentar a el usuario de la báscula, el valor del peso que corresponde a la carga y/o enviarla a una computadora, impresora o activar algún tipo de alarma.

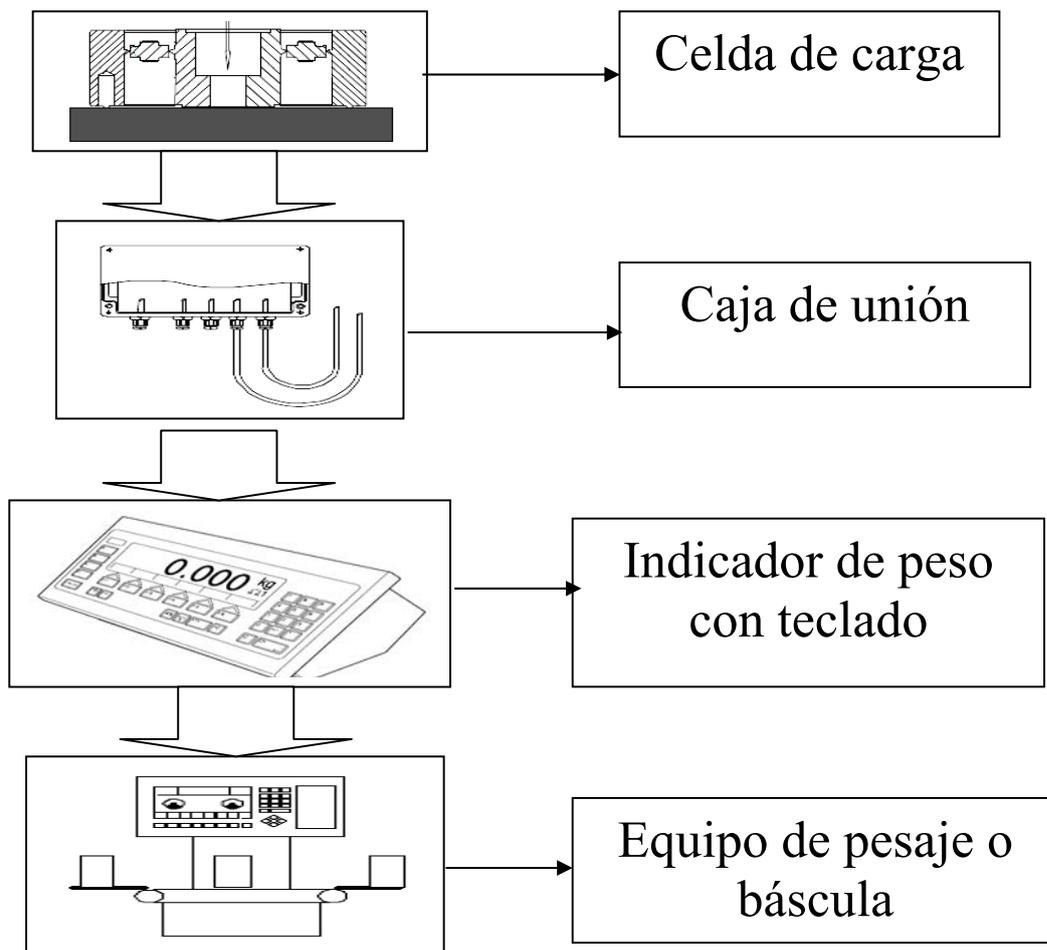
1.2. Componentes de equipos de pesaje

Generalmente, los equipos de pesaje están conformados por los siguientes componentes básicos:

- Celda de carga
- Indicador visual de peso
- Caja de unión (si se utiliza mas de una celda de carga)

La figura 1 muestra la relación que existe entre los componentes de una báscula.

Figura 1. Partes de una báscula



La celda de carga y el indicador se encuentran en todas las básculas que tienen una plataforma pequeña y la caja de unión se encuentra en básculas de plataforma mediana y grande. Esto se debe a que el área de la plataforma de pesaje es directamente proporcional a las dimensiones de la celda de carga, y en básculas que tienen una plataforma pequeña esta relación es práctica pero a medida que la plataforma va incrementando sus dimensiones ya no lo es, entonces la báscula se equipa con más de una celda de carga que se interconectan a través de la caja de unión.

1.2.1. Celda de carga

La celda de carga es un transductor que convierte una fuerza aplicada a ella en corriente eléctrica para poder ser procesada. En la báscula ésta es la encargada de transformar el peso de la carga colocada en la plataforma en una señal eléctrica con la cual pueda trabajar el indicador de peso.

1.2.1.1. Transductores

Un transductor es un dispositivo que es capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente de salida. La celda de carga que utilizan las básculas transforma el peso en una corriente eléctrica por medio de una galga extensiométrica que se muestra en la figura 2 aumentada 20 veces.

Figura 2. Galga extensiométrica



Fuente: *Christoph Berg, Goettingen The fundamentals of weighing technology*. Pág. 4

1.2.1.2. Tecnologías de celda de carga

Existen varias tecnologías de celdas de carga que tienen diferentes características, aplicaciones y exactitudes de medición. Las más utilizadas son las siguientes:

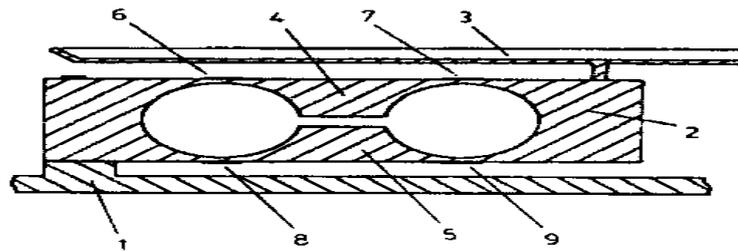
- Tecnología m
- Tecnología k
- Celda de carga digital

1.2.1.2.1. Tecnología m

Esta tecnología es de las más utilizadas, sus aplicaciones abarcan básculas de precisión, de tipo industrial de mediano y alto alcance hasta llegar a básculas para pesar camiones. Esta basada en galgas extensiométricas configuradas en puente de *Whinstone*.

Las galgas extensiométricas son pequeñas películas de resistencias con dimensiones pequeñas parecidas a una calcomanía que van fijadas, al cuerpo de la celda y su resistencia cambia a medida que se van estirando o comprimiendo por la fuerza aplicada a la celda, estas se colocan en una configuración de puente de *Whinstone* que es utilizado por todas las celdas de este tipo, en la figura 3 se muestra el cuerpo de una celda y las partes que la conforman.

Figura 3. Celda de carga tecnología m



Fuente: *Christoph Berg, Goettingen The fundamentals of weighing technology*. Pág. 4

1. Base del plato
2. Receptor de carga y cuerpo de celda
3. Plato de pesaje
4. Guías (4 y 5)
5. Galgas extensiométricas (6, 7, 8 y 9)

Físicamente las celdas de carga pueden presentarse de varias formas y su uso depende exclusivamente de la aplicación que se tenga.

Eléctricamente una celda de carga se diferencia de otra por los parámetros de sensibilidad e impedancia, el comportamiento lineal es el mismo y solo depende de la capacidad de carga y el voltaje de excitación que se le aplique. Otra diferencia significativa es el número de cables ya que pueden estar configuradas con 7 ó con 5, estas diferencias son debidas a que las celdas de 7 cables tienen internamente una resistencia compensadora de temperatura que sirve para compensar el voltaje por el cambio de temperatura en el cuerpo de la celda, y en las celdas de 5 cables el voltaje es compensado con la resistencia que forma la longitud del cable.

Existen varios códigos de colores reconocidos internacionalmente para la conexión de las celdas, la tabla I muestra el código de color para una celda de 7 cables.

Tabla I. Código de colores para celda de carga de 7 cables

Color	Descripción
Rojo	Señal (+)
Blanco	Señal (-)
Verde	Excitación (+)
Azul	Senso (+)
Negro	Excitación (-)
Café	Senso (-)
Amarillo	Tierra

Fuente: Flexar.com.ar **Reacción**

La tabla II muestra el código de color para una celda de 5 cables. En esta tabla se observa que se mantienen los colores y las señales aunque exista la ausencia de los cables color café y azul.

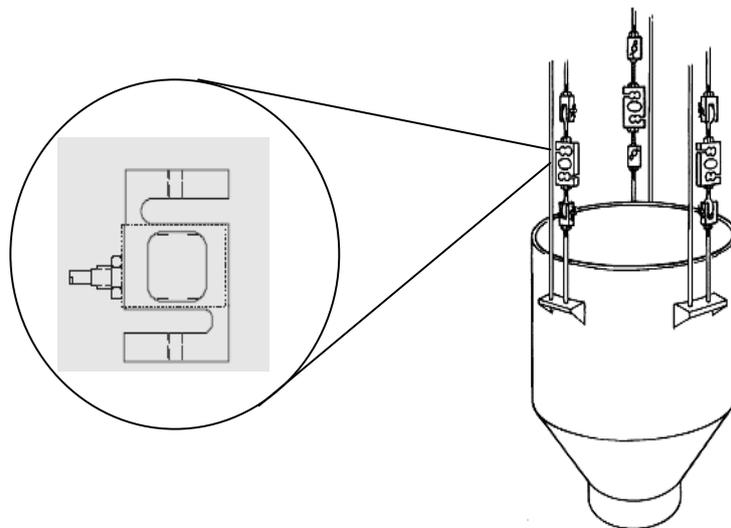
Tabla II. Código de colores para celda de 5 cables

Color	Descripción
Rojo	Señal (+)
Blanco	Señal (-)
Verde	Excitación (+)
Negro	Excitación (-)
Amarillo	Tierra

Fuente: Flexar.com.ar **Reacción**

En la figura 4 se muestra una celda de carga tipo S, este tipo de celda es utilizado en tolvas que están suspendidas por debajo de una estructura que utiliza 3 puntos de apoyo.

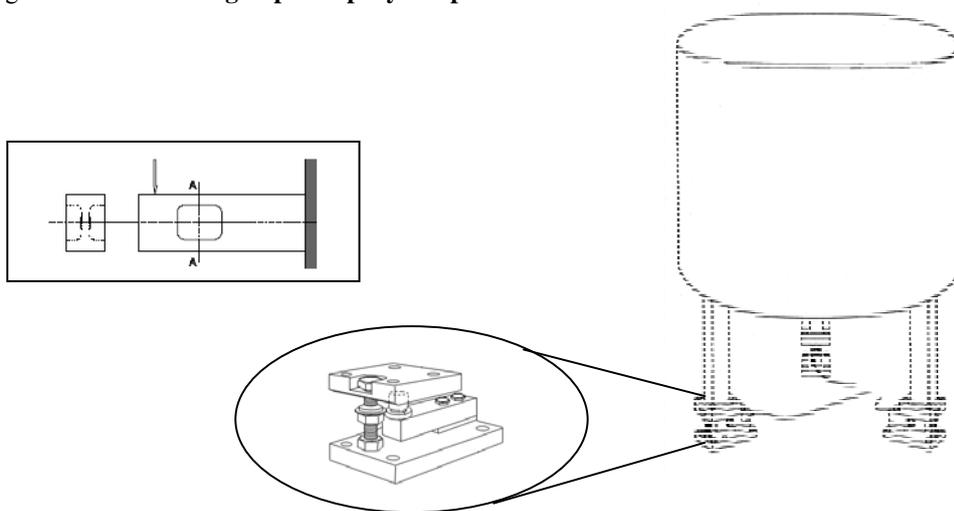
Figura. 4 Celda de carga tipo s y su aplicación



Fuente: A. Wirth, J. Wirth, M. Gallo *Introducing a new industrial weighing system*. Pág. 120

En la figura 5 se muestra otro tipo de celda de carga llamado Simple, esta es utilizada para pesar cargas relativamente grandes, por lo general estas producen fuerzas laterales que tienen un gran impacto en la fuerza resultante aplicada a la celda. Las aplicaciones varían y siempre se colocan más de 2 celdas de carga.

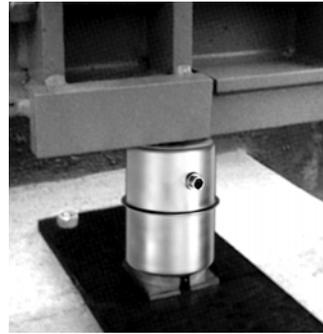
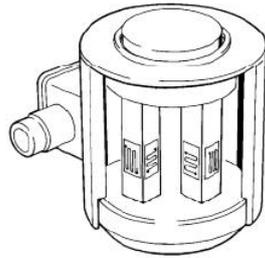
Figura. 5 Celda de carga tipo simple y su aplicación



Fuente: A. Wirth, J. Wirth, M. Gallo *Introducing a new industrial weighing system*. Pág. 127

Otro tipo de celda es la de Cilindro, esta es un cilindro que en su interior contiene barras con galgas extensiométricas ya sea una o dos, se utiliza para cargas muy grandes y son llamadas también de compresión. En la figura 6 se muestra una celda que contiene 2 barras donde van colocadas las galgas extensiométricas y las resistencias compensadoras de temperatura.

Figura. 6 Celda de carga tipo cilindro y su aplicación



Fuente: A. Wirth, J. Wirth, M. Gallo *Introducing a new industrial weighing system*. Pág. 167

Las características más importantes de esta tecnología son:

- Resistencia de entrada
- Resistencia de salida
- Voltaje de excitación máximo
- Carga máxima
- Carga máxima segura
- Sobre carga máxima
- Número máximo de incrementos
- Sensibilidad
- Clasificación metrológica
- Nivel de protección
- Número de cables

La resistencia de entrada, se refiere a la resistencia de entrada del puente y es por lo regular de $350 \Omega \pm 2 \%$ se mantiene constante independientemente de la carga que se le aplique a la celda.

La resistencia de salida, se refiere a la resistencia de salida del puente y es por lo regular de $380 \Omega \pm 2 \%$ se mantiene constante independientemente de la carga que se le aplique a la celda.

El voltaje de excitación máximo, se refiere al máximo voltaje con el que se puede excitar la celda, puede ser de 5, 10, hasta 15 voltios.

La carga máxima, se refiere a la máxima carga para la cual fue diseñada la celda por lo regular esta dada en g, kg, lb.

La carga máxima segura, se refiere a la máxima carga que se puede aplicar a la celda sin que se vean afectados los parámetros para los cuales fue diseñada.

La sobrecarga máxima, se refiere a la máxima carga que se puede aplicar a la celda sin que le ocasione algún daño físico permanente, por lo regular esta dado en un porcentaje de 300% de la carga máxima.

El número máximo de incrementos, se refiere al número máximo de lecturas que se consideran estables cuando se carga la celda, este tipo de tecnología establece entre 3,000 y 5,000 divisiones.

La sensibilidad, se refiere a la respuesta que tendrá la celda a una excitación en particular, estas vienen en valores de 2 mV/V y 3 mV/V, pero existen casos especiales en los que pueden ser de 1 mV/V hasta 4,5 mV/V.

La clasificación metrológica esta dada por la aplicación que se le da, esta se encuentra en la clasificación III.

El nivel de protección, se refiere al tipo de ambiente en el que puede trabajar la celda entre los cuales se tienen los siguientes:

- IP65
- IP66
- IP67
- IP68

La IP65 protege contra chorros de agua de baja presión desde cualquier dirección.

La IP66 protege contra chorros de agua de alta presión.

La IP67 protege contra los efectos de inmersión entre 15 cm y 1 m.

La IP68 protege contra largos períodos de inmersión y efectos de presión.

El número de cables, se refiere a la configuración de la celda puede haber de 5 ó 7 cables. Para fines prácticos no importa realmente que tipo de celda se utilice salvo en los casos en que tenga que colocarse a una distancia muy grande del indicador o de la caja de unión, ya que en este caso es necesario utilizar celda con 7 cables.

Es importante considerar los errores que se pueden llegar a tener al utilizar esta tecnología. A continuación se presentan los posibles errores:

Variable medida

Posible error de conversión

Masa



Dependencia de la aceleración gravitacional en el lugar de instalación; turbulencia de aire.

Fuerza



Cambio en el módulo de elasticidad (coeficiente de temperatura, cambios estructurales), histéresis mecánica, sensibilidad a fuerzas laterales, fuerzas de choque.

Compensación de cuerpo de celda

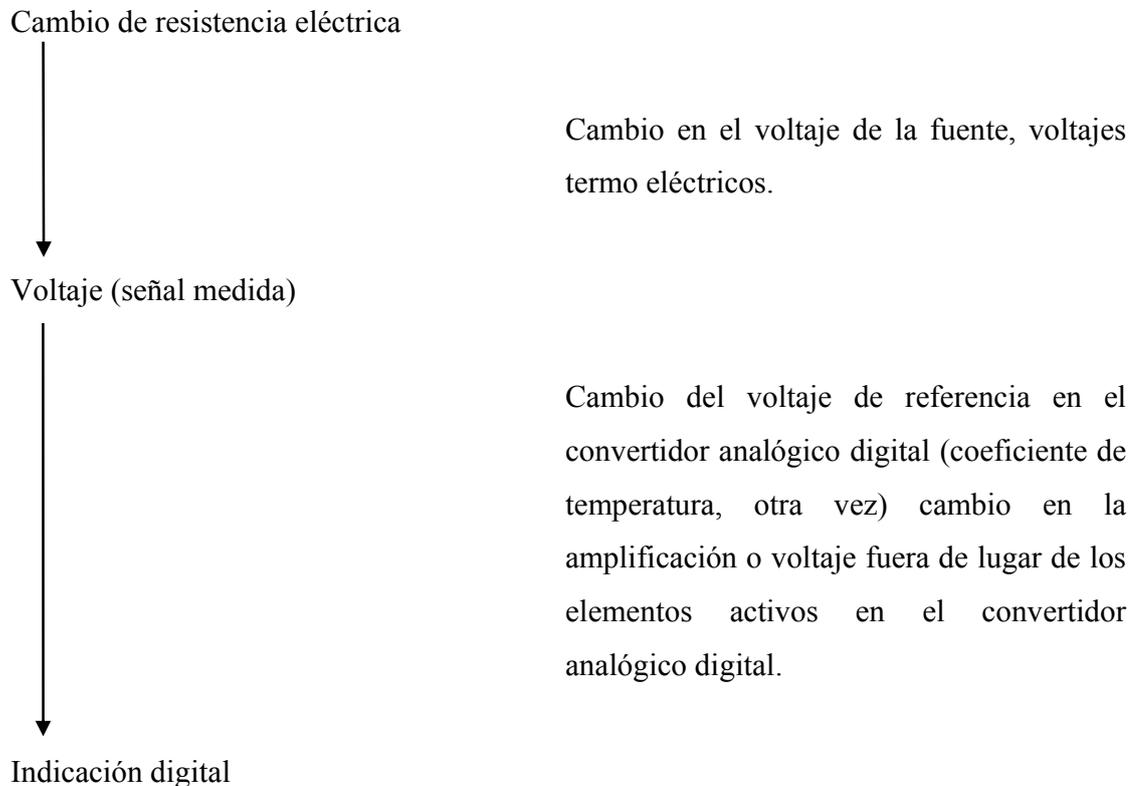


Flujo de la adhesión.

Compresión de la galga extensiométrica



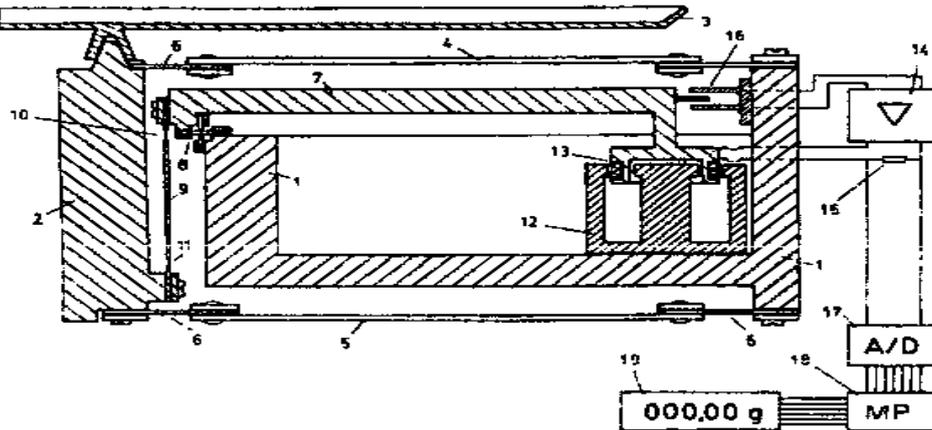
Coficiente de temperatura, cambios estructurales.



1.2.1.2.2. Tecnología k

Esta tecnología es muy utilizada en básculas de capacidades pequeñas con exactitudes muy elevadas, su costo es elevado pero se gana mucho en la exactitud de las mediciones y esta característica en particular hace que se encuentre en la totalidad de básculas analíticas que se encuentran en todos los laboratorios. Está basada en la compensación de fuerza electromagnética, esto se logra al tener una fuerza aplicada en la celda para generar una fuerza contra electromagnética. En la figura 7 se muestra la sección transversal de una celda de carga de tecnología k y los componentes que la acompañan.

Figura 7. Celda de carga tecnología k y su aplicación



Fuente: Christoph Berg, Goettingen *The fundamentals of weighing technology*. Pág. 6

1. Soporte del sistema
2. Receptor de carga
3. Plato de pesaje
4. Guías con juntas flexibles
5. Guías con juntas flexibles
6. Guías con juntas flexibles
7. Brazo transmisor de fuerza
8. Junta en cruz del brazo transmisor
9. Junta flexible con partes finas
10. Junta flexible con partes finas
11. Junta flexible con partes finas
12. Imán permanente
13. Bobina y cascarón de bobina

14. Servo amplificador
15. Resistencia de precisión
16. Sensor de posición
17. Convertidor analógico digital
18. Microprocesador
19. Pantalla digital

Cuando se utiliza este tipo de celda se compara el peso a ser determinado con una fuerza contra electromagnética generada.

El plato de pesaje esta soportado por la parte superior del receptor de carga, el cual está conectado por dos guías paralelas a un sistema de soporte que está sostenido al cuerpo de la celda. Una carga en el plato es transferida por finas ligas a la parte mas corta del brazo transmisor de fuerza. Este descansa sobre un pivote flexible y un cojinete montado en el sistema de soporte. Pegado a la parte larga del brazo transmisor de fuerza esta la bobina y el sensor de posición (capacitivo, inductivo u óptico). La bobina está colocada en la parte interior de un imán permanente. El flujo de corriente que se genera en la bobina genera una fuerza F así:

$$F = B \times I \times n \times 2\pi \times r$$

Donde B es la intensidad del campo magnético que pasa en el imán permanente, r es el radio de la bobina y n es el número de vueltas de la bobina.

La corriente I es regulada por un servo amplificador de tal manera que la fuerza electromagnética generada F y la fuerza del peso aplicado ($m \times g$, g = aceleración gravitacional) del objeto a ser pesado en el brazo transmisor estén exactamente equilibrados. Manteniendo este equilibrio de fuerza toma el control el sensor de posición. Si por ejemplo, se añade peso al plato de pesaje este desestabilizará el estado de equilibrio y la carga de sobre peso causará que el brazo transmisor de fuerza se mueva hacia arriba en el rango de posición del sensor. Esto genera una señal de entrada al servo amplificador, causando un incremento de corriente en la bobina y esto a su vez incrementa la fuerza contra electromagnética hasta que el equilibrio sea restaurado nuevamente.

La corriente I es conducida por la bobina y fluye a través de un resistor que provoca una caída de voltaje proporcional a ella misma. Este voltaje de caída es digitalizado en un convertidor analógico digital para ser procesado por un microcontrolador y ser mostrada en una pantalla digital.

Todas las operaciones de procesamiento comunes como una conversión en diferente unidad de masa, función de tara, cálculo de porcentaje, determinación de diferencias o monitoreo de límites, son posibles con la unidad de procesamiento digital o microcontrolador.

La compensación de fuerza electromagnética es usada en la mayoría de básculas de alta exactitud (resolución de 1 parte en 10 000 ... 10 000 000) y por básculas con una capacidad de pesaje baja, (≤ 100 g) unos pocos componentes influyen en la exactitud como el imán permanente y unos cuantos componentes del convertidor analógico digital.

Es importante considerar varios tipos de errores que se pueden llegar a tener al utilizar esta tecnología, a continuación se presentan los posibles errores:

Variable medida

Posible error de conversión

Masa



Dependencia de la aceleración de la gravedad en el lugar de instalación, fuerzas adicionales del cojinete, otras fuerzas adicionales como carga electrostática y perturbaciones de aire.

Fuerza



Cambio del campo magnético (errores de fuerzas externas, cambio del coeficiente de temperatura del imán) cambio de la posición de la bobina en el campo magnético.

Corriente eléctrica



Cambio de la resistencia medidora (cambio del coeficiente de temperatura) voltaje termo eléctrico.

Voltaje (señal medida)



Cambio del voltaje de referencia en el voltaje del convertidor analógico digital (cambio del coeficiente de temperatura)



cambio en la amplificación o voltaje fuera de lugar o elementos activos del convertidor analógico digital.

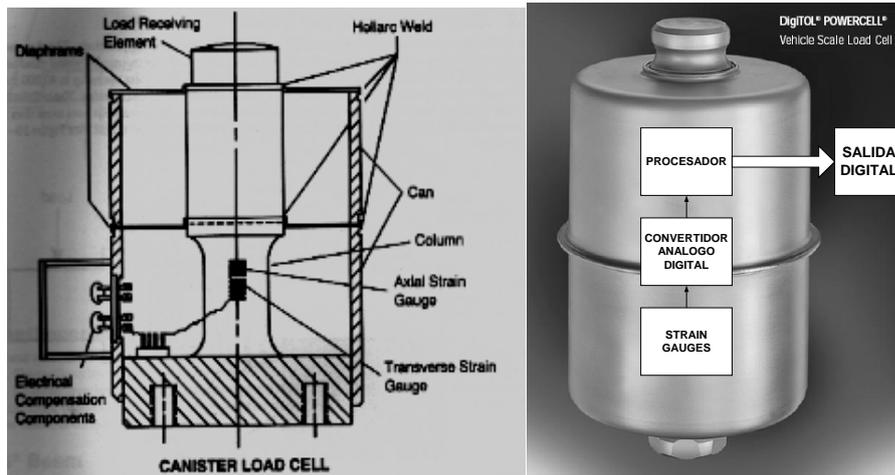
Indicación digital

1.2.1.2.3. Celda de carga digital

Esta tecnología es utilizada exclusivamente para básculas de alto alcance que sirven para pesar camiones de carga. Esta basada en el mismo principio de la tecnología m pero llevada a un nivel digital. Internamente cuenta con galgas extensiométricas configuradas en puente de *Whinstone*, un convertidor analógico digital y un microprocesador.

A diferencia de las tecnologías de celdas de carga descritas anteriormente, esta celda de carga tiene una salida discreta compuesta por 1 y 0 que generalmente se transmite en un protocolo de comunicación *RS-485* que es una adaptación del protocolo *RS-232* aunque varía de fabricante en fabricante y su diferencia más significativa es que al utilizar el protocolo *RS-485* puede recorrer una distancia mayor y ser más inmune a los efectos de ruido en la señal. Esta tecnología está diseñada especialmente para aplicaciones al aire libre y de alto alcance, su capacidad de carga nominal es de 50,000 lb.

Figura 8. Celda de carga digital y su aplicación



Fuente: A. Wirth, J. Wirth, M. Gallo *Introducing a new industrial weighing system*. Pág. 167

1.2.2. Caja de unión

La caja de unión es también conocida como caja sumadora, su función es tomar la señal de varias celdas para sumarlas y entregarlas en una señal de salida. Por lo regular estas cajas de unión manejan un máximo de cuatro celdas de carga cuando la aplicación es una plataforma de pesaje de mediano alcance. Hay aplicaciones como en las básculas de gran alcance en las que pueden utilizar dos y hasta tres cajas de unión.

Una ventaja en el uso de este componente, es el ajuste que se le puede dar a la señal de cada celda por medio de unos potenciómetros ajustables, puesto que todas las celdas de carga tienen características que las hacen únicas aunque sean de idénticas capacidades, tecnologías y dimensiones esto hace que sean necesarios los ajustes para que la señal que entreguen sea la mas parecida posible con las demás y de esta forma tener una uniformidad en la aplicación que se este implementando.

1.2.3. Indicador de peso

Este dispositivo es el que transforma la señal de corriente eléctrica proveniente de la celda en un valor digital que es codificado y utilizado para dar una representación numérica o gráfica de la carga que se este aplicando a la plataforma de pesaje. En este componente de la báscula es donde se encuentra prácticamente el 90% de los componentes electrónicos y en el se pueden hacer cambios y ajustes por medio de los programas que vienen cargados de fábrica.

Al igual que las celdas de carga estos también cuentan con niveles de protección dependiendo del ambiente en donde este funcionara, en la figura 9 se muestra un indicador de peso de uso general con un tipo de protección baja para trabajo en ambientes secos.

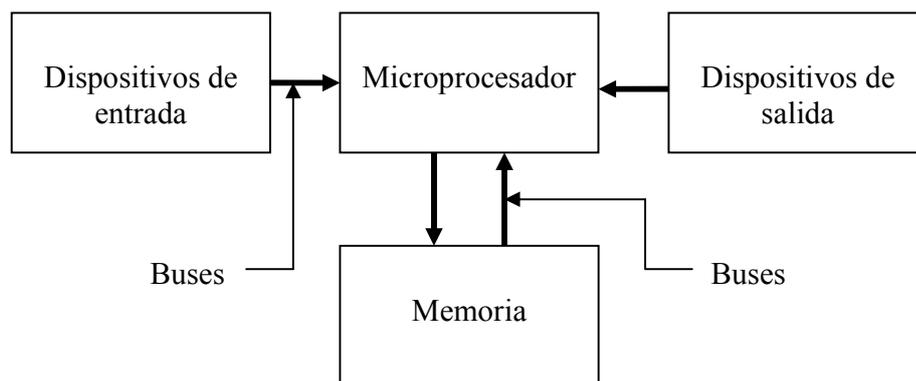
Figura 9. Controlador digital de peso



Fuente: Mettler Toledo **ID7 technical manual**. Pág. 13

En la figura 10 se muestra la estructura básica de un indicador de peso.

Figura 10. Diagrama de bloques de controlador digital de peso

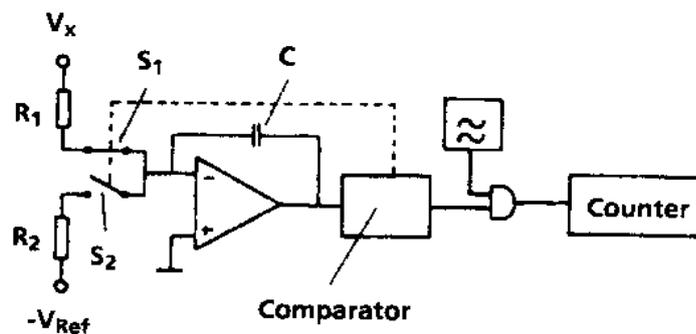


Los dispositivos de entrada son los encargados de recibir información para que pueda ser procesada, pueden ser el teclado en el indicador, los bornes de conexión de la celda de carga y el puerto serial que es estándar en este tipo de equipos para comunicación con una computadora personal.

El elemento mas importante de un indicador es el convertidor analógico digital. Las características más importantes que se toman en cuenta son la resolución y la inmunidad al ruido ya que trabajará con voltajes en el rango de los mili voltios y mientras el voltaje sea menor su inmunidad al ruido es mayor.

Existen varias técnicas utilizadas para la conversión de una señal analógica en digital como por ejemplo, la técnica de doble pendiente. En la figura 11 se muestra el diagrama esquemático el circuito de la técnica de doble pendiente que se expondrá.

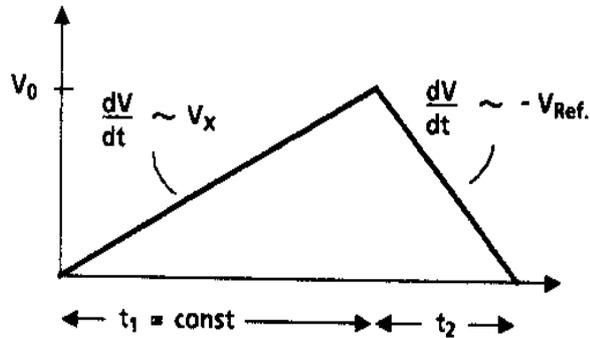
Figura 11. Convertidor analógico digital usando técnica de doble pendiente



Fuente: Christoph Berg, Goettingen *The fundamentals of weighing technology*. Pág.11

La figura 12 muestra los dos tipos de pendientes típicas en esta técnica y su relación con el tiempo. Son funciones lineales con pendiente constante creciente y decreciente que describen el procedimiento de carga y descarga del capacitor C utilizado.

Figura 12. Diagrama de dependencia de tiempo



Fuente: Christoph Berg, Goettingen *The fundamentals of weighing technology*. Pág.11

Analizando el circuito de la figura 11 con las pendientes de la figura 12, se puede ver que durante el intervalo de tiempo t_1 , el valor del voltaje V_x carga el capacitor C cuando el interruptor S_1 esta cerrado. Después de que t_1 ha finalizado, el voltaje V_0 almacenado en el capacitor C es:

$$V_0 = \frac{V_x}{R_1} \times \frac{1}{C} \times t_1$$

En el intervalo de tiempo t_2 , el interruptor S_1 se abre y el interruptor S_2 se cierra y, por lo tanto, el voltaje V_0 en el capacitor es descargado a cero por el voltaje de referencia negativa. El comparador de voltaje conectado posteriormente es usado como un detector de voltaje cero. Después se tiene la siguiente ecuación:

$$V_0 = \frac{-V_{ref}}{R_2} \times \frac{1}{C} \times t_2$$

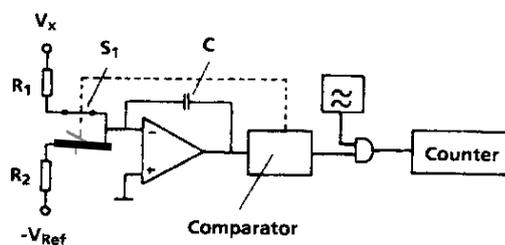
Con el valor de t_2 así:

$$t_2 = V_0 \times \frac{R_2}{-V_{ref}} \times C = \frac{V_x}{-V_{ref}} \times \frac{R_2}{R_1} \times t_1$$

La duración del tiempo t_2 es determinado por los pulsos de un circuito oscilador que representa el tiempo base del resultado digital. Si t_1 se deriva del mismo circuito oscilador la exactitud del conversor no se ve afectada. Debe de tomarse en cuenta que, la relación R_2/R_1 debe de ser constante aunque los valores individuales de R_1 y R_2 podrían variar un poco. El valor absoluto del capacitor C tampoco tiene impacto significativo.

Hay otros desarrollos sobre esta técnica de doble pendiente, uno con un tercer paso parcial, en el cual el voltaje de fuera de lugar del integrador es compensado cuando la entrada se coloca en corto circuito, y otra variante sin el interruptor S_1 que se muestra en la figura 13.

Figura 13. Alternativa de conversión analógica digital de doble pendiente



Fuente: Christoph Berg, Goettingen *The fundamentals of weighing technology*. Pág.13

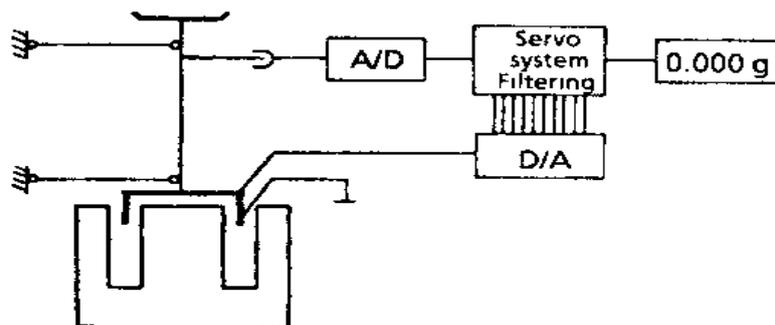
La exactitud del convertidor esta limitada por el voltaje de referencia, todos los voltajes de entrada deben de ser menores que este voltaje. Los valores de los voltajes de entrada contenidos son aproximadamente:

$$1 \cdot 10^{-6} \dots 1 \cdot 10^{-7} .$$

Además del lazo de control análogo conectado posteriormente en el convertidor también hay otras técnicas en las cuales la conversión es incluida en un lazo de servo control.

En la figura 14 se muestra un diagrama de lazo con servo control.

Figura 14. **Compensación de fuerza electromagnética con lazo**

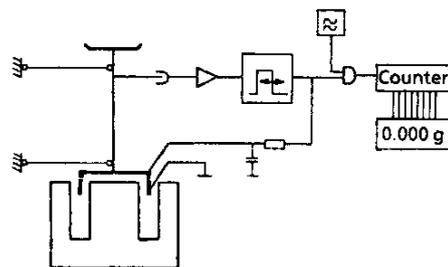


Fuente: *Christoph Berg, Goettingen The fundamentals of weighing technology*. Pág.14

En el circuito de lazo con servo control la señal que resulta de colocar una carga es convertida de analógica a digital y enviada a la unidad de control que contiene un servo mecanismo y un filtro, luego se convierte el valor digital en un valor analógico para compensar fuerza electromagnética generada por la carga.

Otra técnica es la compensación de fuerza con pulsos de corriente que se muestra en la figura 15.

Figura 15. Diagrama de bloques compensación de fuerza electromagnética



Fuente: *Christoph Berg, Goettingen The fundamentals of weighing technology*. Pág.15

El controlador análogo y el sensor de posición controlan el ancho del pulso o la repetición de los pulsos, por otro lado, la fuerza electromagnética generada por la carga genera pulsos por medio del circuito RC, luego estos pulsos se diferencian y el ancho del pulso resultante puede ser fácilmente determinado digitalmente, se requiere una gran exactitud en la constancia de la amplitud de los pulsos y en los picos y valles de los mismos.

1.2.3.1. Microprocesador

Es el dispositivo que procesa información y la administra en base a un programa residente en la memoria. Se encarga de indicar cuando hay que mandar información a la impresora, llevar control de la memoria disponible y la utilizada, de aceptar e interpretar los datos, etc.

En forma muy general, se pueden listar las funciones que realiza un microprocesador en las siguientes:

- Interpreta y ejecuta secuencias de instrucciones
- Manipula los datos de acuerdo a lo especificado por las instrucciones
- Proporciona señales de reloj o sea de tiempo bajo los cuales se desarrollan todas las actividades dentro del complejo de una computadora

En la figura 16 se muestra un microprocesador de uso comercial.

Figura 16. **Microprocesador intel pentium**



Fuente: Microprocesador *intel pentium Intel inc.*

Todos los microprocesadores funcionan bajo los mismos principios y el mismo esquema básico, la única diferencia que presentan son las características específicas de cada uno las cuales se mencionan a continuación:

- Flexibilidad en la programación
- Paquete de instrucciones
- Velocidad de respuesta
- Longitud de palabra
- Capacidad de direccionamiento
- Niveles de Interrupción
- Tecnología de fabricación
- Voltaje de alimentación
- Numero de terminales del circuito integrado

1.2.3.2.Memoria

La memoria es la unidad de almacenamiento de la información de una computadora.

En una computadora existen dos tipos de memorias:

- Memoria primaria
- Memoria secundaria o auxiliar

La memoria primaria está formada por circuitos integrados, que con base al funcionamiento del sistema se utilizan para guardar o rescatar la información dentro de ellos. Se llama memoria primaria porque es la memoria básica de una computadora, a su vez, la memoria interna de la computadora se divide en:

- ROM (Memoria de sólo lectura)
- RAM (Memoria de acceso aleatorio)

En la figura 17 se ilustran los dos tipos de memoria.

Figura 17. **Memorias tipo *eprom* y *eprom***



Fuente: *44 pin sm memory pack Fairchail inc.*

La memoria secundaria se utiliza en sistemas que guardan información de forma masiva, los más utilizados son los dispositivos magnéticos o discos duros.

La memoria almacena grupos de dígitos (palabras) binarios que pueden representar instrucciones que son ejecutadas por el microprocesador, así como los datos sobre los cuales se realizan las operaciones especificadas por las instrucciones del programa.

La memoria sirve también como almacenamiento de resultados intermedios y finales de operaciones aritméticas. La operación de la memoria es controlada por la unidad de control, ofreciendo el código de operación adecuado que indica una operación de lectura o escritura.

1.2.3.3. Canales de comunicación

Los canales de comunicación en sistema digital son componentes que interconectan los diferentes bloques existentes, a estos componentes se le conocen con el nombre de buses de comunicación. Se les da este nombre porque sirven para transportar información de un lugar a otro.

En un sistema de control digital siempre se tienen diferentes tipos de comunicación entre los diferentes componentes o bloques y aparecen en tres niveles distintos que son:

- Comunicación entre los elementos constituyentes de un circuito integrado
- Comunicación entre los distintos subsistemas del sistema
- Comunicación con periféricos

La comunicación entre los elementos constituyentes de un circuito integrado constituye los buses internos, de estructura más o menos distinta para cada microprocesador considerado.

La comunicación entre los distintos subsistemas del sistema como la unidad central de proceso, memoria y dispositivos de entrada y salida. El conjunto de las vías para este tipo de comunicación forman los buses externos, en general de carácter síncrono.

La comunicación con periféricos es a nivel de sistemas de entrada y salida con periférico. El conjunto de líneas de transmisión forma los buses periféricos, en general de carácter asíncrono.

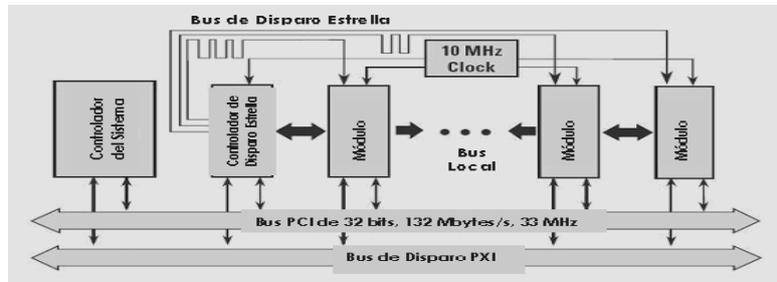
La información desde o hacia el microprocesador y otros subsistemas puede ser de tres tipos:

- Bus de direcciones
- Bus de datos
- Bus de control

Funcionalmente se encontraran tres tipos de buses en el sistema, aunque no estén físicamente separados, ya que pueden estar multiplexados en el tiempo sobre líneas comunes, la interconexión del microprocesador con el sistema de memoria y dispositivos de entrada y salida se realiza mediante estos buses.

En la figura 18 se muestra un diagrama de bloques de un sistema donde se muestran los diferentes buses y su interacción.

Figura 18. Estructura de buses en un microprocesador



Fuente: s.a. **Introducción a los microprocesadores**. Pág 126

El bus de direcciones es representado por líneas del microprocesador a la memoria y el sistema de entradas y salidas que sirven para enviar la dirección del elemento seleccionado para una transferencia. Estas líneas serán siempre controladas por el microprocesador. Es una línea unidireccional, debido a que la información fluye en una sola dirección del microprocesador a la memoria o a los dispositivos de entrada y salida.

El bus de datos es representado por líneas de dos direccionales (dos buses unidireccionales independientes) para el envío de información entre subsistemas. Su anchura, en general, es la longitud de la palabra del microprocesador.

En algunos microprocesadores, las terminales de datos se usan para transmitir otra información además de los datos (información o dirección de condiciones del microprocesador) esto es, las terminales de datos son compartidas en el tiempo o bien multiplexados, lo que significa que el microprocesador debe generar señales de control especiales para indicar a los otros elementos exactamente que hay en la línea de datos en un instante determinado.

El bus de control es representado por líneas de entrada o salida del microprocesador de órdenes o información de estado que permiten coordinar la operación de todo el sistema.

Las señales de control varían considerablemente de un microprocesador a otro, hay ciertas señales de control que todas las computadoras utilizan, pero hay muchas que son peculiares del microprocesador en el cual está basado el sistema.

Las distintas líneas del bus de control se pueden agrupar funcionalmente en varios tipos distintos, dependiendo de cada microprocesador en particular y que se disponga de una y otras funciones, así como la forma de realizarlas.

1.2.3.4. Puertos

Son los dispositivos que interactúan con elementos externos al sistema. Estos están divididos en:

- Dispositivos de entrada
- Dispositivos de salida

Los dispositivos de entrada realizan la comunicación entre el usuario y el sistema, es decir, que para que el sistema reciba una orden se le indicara por medio de un teclado o señal externa.

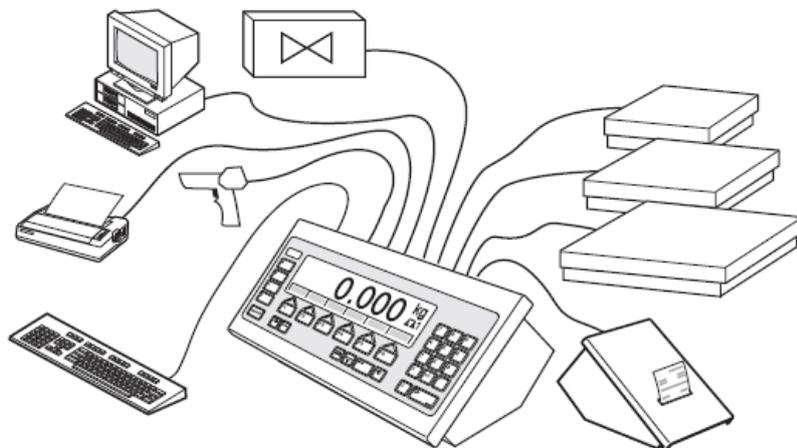
Los dispositivos de salida realizan la comunicación entre el sistema y el usuario, es decir, que para dar información de cualquier tipo al usuario el sistema usa estos dispositivos que pueden ser impresoras, pantallas o alarmas.

1.2.3.5. Accesorios

Son dispositivos externos que pueden colocarse ya sea al puerto de entrada o al puerto de salida para ampliar la capacidad del sistema y sus aplicaciones.

En la figura 19 se muestra una báscula y las diferentes unidades de entrada y salida que se le pueden agregar.

Figura 19. Opciones de conexión para diferentes aplicaciones



Fuente: Mettler Toledo *ID7 technical manual* Pág 76

2. NORMAS NACIONALES VIGENTES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE PESAJE

2.1. Norma de vocabulario y fundamentos generales de metrología

Esta es una norma guatemalteca obligatoria. Su objetivo es tener una unificación de la terminología empleada internacionalmente en materia de metrología. En ella se encuentran definiciones precisas de los términos básicos para su entendimiento, ya que en las siguientes normas de la serie se hace uso extensivo de las mismas. De todas las que la componen se pueden destacar los siguientes términos principales, de los cuales se desprenden otros términos utilizados frecuentemente:

- Magnitud y unidades
- Mediciones y metrología
- Resultado de las mediciones
- Instrumentos de medición
- Características de los instrumentos de medición
- Patrones de medición

2.1.1. Magnitudes y unidades

Magnitud es un atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.

Las magnitudes básicas son aquellas que en un sistema, se aceptan por convención como funcionalmente independientes una de otra, como ejemplos la masa y la longitud. También existen las magnitudes derivadas que están definidas en un sistema, en función de las magnitudes básicas de ese sistema, como ejemplo el gramo que se deriva del kilogramo.

La unidad de una medida es una magnitud particular, definida y adoptada por convención, con la cual se comparan las otras magnitudes de la misma naturaleza para expresar cuantitativamente su relación con esta magnitud. Estas tienen asignados nombre y símbolo. Los símbolos son designados en forma convencional para una unidad de medida, como por ejemplo m es el símbolo de metro y kg es el símbolo de kilogramo.

En un sistema de unidades de medida, el conjunto de unidades básicas y de las unidades derivadas, se definen de acuerdo con reglas determinadas, como por ejemplo el sistema internacional de unidades o el sistema inglés.

El valor de una magnitud es una expresión cuantitativa en particular de una magnitud, generalmente expresado por una unidad de medición multiplicada por un número, como por ejemplo la masa de un cuerpo 0,152 kg o 152 g.

2.1.2. Mediciones y metrología

Medición es un conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar el valor de una magnitud.

La metrología es la ciencia de las mediciones, incluye todos los aspectos teóricos y prácticos relacionados con las mediciones, cualquiera que sea su incertidumbre y en cualquier campo de la ciencia y tecnología que ocurra. Esta dividida en metrología legal, metrología industrial y metrología científica.

La metrología legal se ocupa de todos los controles metrológicos que el estado debe realizar, resguardándose en las leyes que para tal efecto se dictaminen, con la finalidad de proteger a los consumidores.

La metrología industrial se ocupa del aseguramiento metrológico en las empresas con la finalidad de asegurar los datos de los equipos de medida y control, basándose en normas que para tal efecto se desarrollan nacional e internacionalmente.

La metrología científica se ocupa de la investigación científica para la mejora de los procedimientos y patrones de medición, además de tener como uno de sus fines salvaguardar la integridad de los patrones nacionales.

2.1.3. Resultado de las mediciones

El resultado de una medición es el valor atribuido al mensurando obtenido por medición, cuando se proporciona un resultado, se debe aclarar si se refiere a la indicación, al resultado no corregido o al resultado corregido y si se trata de una medida obtenida a partir de varias mediciones. Una expresión completa del resultado de una medición incluye información acerca de la incertidumbre de la medición.

El resultado de una medición debe contemplar las siguientes propiedades:

- Exactitud
- Repetibilidad
- Reproducibilidad
- Desviación estándar
- Incertidumbre

2.1.3.1.Exactitud

Es la proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando. Este concepto es cualitativo.

2.1.3.2.Repetibilidad

Es la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando realizadas bajo las mismas condiciones de medición.

2.1.3.3.Reproducibilidad

Es la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones del mismo mensurando realizadas bajo condiciones variables de medición.

Una expresión válida de la reproducibilidad requiere que se especifiquen las condiciones que variaron como lo pueden ser los principios de medición, el método de medición, el observador, el instrumento de medición, el patrón de referencia, el lugar de la medición, las condiciones de uso, o el tiempo en que se realizó la medición.

2.1.3.4.Desviación estándar

La desviación estándar experimental para una serie de n mediciones del mismo mensurando, es la magnitud que caracteriza la dispersión de los resultados, dado por la fórmula:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

En donde X_i es el resultado de la iésima medición y \bar{X} es la media aritmética de los n resultados considerados.

2.1.3.5.Incertidumbre

Es el parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando. Este parámetro puede ser por ejemplo, una desviación estándar o un múltiplo de ella, o la mitad de un intervalo de un nivel de confianza determinado.

La incertidumbre de la medición comprende en general muchos componentes, algunos de estos pueden ser evaluados a partir de la distribución estadística de los resultados de series de medición y pueden ser caracterizados por desviaciones estándar experimentales.

2.1.4. Instrumentos de medición

El instrumento de medición es un dispositivo destinado a ser utilizado para hacer mediciones solo o en conjunto con dispositivos complementarios. En la mayoría de los casos utilizan un transductor que es un dispositivo que proporciona una magnitud de salida con una determinada relación a la magnitud de entrada, como por ejemplo una galga extensiométrica un termopar o un electrodo de pH.

Un sistema de medición es un juego completo de instrumentos de medición y otros equipos acoplados para realizar mediciones específicas.

El calibrado de un instrumento de medición es la operación de fijar las posiciones de las marcas de la escala de un instrumento de medición en función de los valores correspondientes al mensurando. Es importante no confundir calibrado con calibración.

El ajuste de un instrumento de medición es la operación de llevar un instrumento de medición a un estado de funcionamiento adecuado para su uso. Este puede ser automático, semiautomático o manual.

2.1.5. Características de los instrumentos de medición

La mayoría de los términos utilizados para describir las características de los instrumentos de medición se aplican de igual forma a los dispositivos de medición como un transductor o un sistema de medición y por analogía también pueden ser aplicados a una medida materializada o un material de referencia. Entre estos se destacan por su importancia:

- Alcance nominal
- Intervalo de medición
- Condiciones óptimas de funcionamiento
- Sensibilidad
- Resolución
- Tiempo de respuesta

2.1.5.1. Alcance nominal

Es el intervalo de la escala obtenida por una posición dada de los controles de un instrumento de medición. Este es expresado por los límites inferior y superior. Cuando el límite inferior es cero el alcance nominal es comúnmente expresado por el límite superior como por ejemplo el alcance nominal de 0 a 150 kilogramos es expresado como 150 kg.

2.1.5.2. Intervalo de medición

Es el módulo de la diferencia entre los dos límites de un alcance nominal.

2.1.5.3. Condiciones óptimas de funcionamiento

Son condiciones de utilización del instrumento para las cuales las características metrológicas de un instrumento de medición están supuestamente comprendidas dentro de ciertos límites.

2.1.5.4. Sensibilidad

Es el cambio en respuesta de un instrumento de medición dividido por el correspondiente cambio del estímulo.

2.1.5.5. Resolución

La resolución de un dispositivo indicador es la diferencia más pequeña entre las indicaciones de un dispositivo indicador que puede ser distinguido significativamente.

2.1.5.6. Tiempo de respuesta

Es el intervalo de tiempo que comprende el instante en el cual una señal de entrada es sometida a un cambio brusco especificado y el instante en el cual la señal de salida alcanza dentro de límites especificados un valor en régimen estable y sometido.

2.1.6. Patrones de medición

El patrón de medición es la medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o mas valores de una magnitud para utilizarse como referencia como por ejemplo un patrón de masa de 1 kilogramo o un amperímetro patrón. Existen varios tipos de patrones de medición entre los cuales se pueden mencionar por su importancia:

- Patrón internacional
- Patrón nacional
- Patrón primario
- Patrón secundario
- Patrón de referencia
- Patrón de trabajo

2.1.6.1.Patrón internacional

Es el reconocido por un acuerdo internacional para utilizarse internacionalmente como base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

2.1.6.2.Patrón nacional

Es el reconocido por una decisión nacional en un país, que sirve de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

2.1.6.3.Patrón primario

Es el designado o reconocido ampliamente como un patrón que tiene las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud.

2.1.6.4.Patrón de secundario

Es el cuyo valor es establecido por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

2.1.6.5. Patrón de referencia

Es en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar o en una organización determinada del cual se derivan las mediciones realizadas en dicho lugar.

2.1.6.6. Patrón de trabajo

Es el usado rutinariamente para calibrar o controlar las medidas materializadas, instrumentos de medición o los materiales de referencia.

2.2. Norma de verificación de básculas no automáticas

Norma guatemalteca obligatoria, su objetivo es especificar los requisitos metrológicos y plantear las técnicas que se aplican a los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático. Esta destinada a proporcionar los requisitos y procedimientos de ensayos normalizados para evaluar las características metrológicas, técnicas y asegurar su trazabilidad.

Una báscula de funcionamiento no automático es la que necesita la intervención de un operador durante el proceso de pesada como por ejemplo para depositar o retirar la carga a medir del dispositivo receptor de carga, así como para la obtención del resultado.

Las indicaciones suministradas por una báscula son señales o símbolos que están sujetos a los requisitos de esta norma.

2.2.1. Características metrológicas de las básculas

Las características metrológicas principales de una báscula son las siguientes:

- Tiempo de calentamiento
- Capacidad de pesaje
- Intervalo de pesaje
- Divisiones de escala

2.2.1.1. Tiempo de calentamiento

Es el tiempo comprendido entre el momento en que se suministra energía a un instrumento y el momento en el que este es capaz de cumplir con requisitos estipulados.

2.2.1.2. Capacidad de pesaje

Entre estas se tienen la capacidad máxima (Max) que es la máxima carga que puede soportar el instrumento sin tomar en cuenta la capacidad aditiva de la tara. La capacidad mínima (Min) que es el valor de la carga por debajo de la cual los resultados de las pesadas pueden estar afectados por un error relativamente excesivo.

2.2.1.3. Intervalo de pesaje

Es el comprendido entre la capacidad mínima y la capacidad máxima. La carga máxima segura (Lim) es la carga estática máxima que puede ser soportada por el instrumento sin que se alteren de ninguna forma sus cualidades metrológicas.

2.2.1.4. División de escala

Entre estas se tienen el intervalo de escala real (d) que es el valor expresado en unidades de masa de la diferencia entre dos indicaciones consecutivas. El intervalo de escala de verificación (e) es el valor expresado en unidades de masa, utilizado para la calibración y verificación de un instrumento. El número de intervalos de escala de verificación es el cociente entre la capacidad máxima y el intervalo de escala de verificación.

$$n = \frac{Max}{e}$$

2.2.2. Errores de básculas

Cuando se realiza una medición en una báscula se pueden tener los siguientes tipos de errores:

- Error de indicación
- Error intrínseco
- Error máximo permitido

2.2.2.1. Error de indicación

Es la indicación de una báscula menos el valor verdadero de la masa en la plataforma de la báscula.

2.2.2.2. Error intrínseco

Es el error de un instrumento utilizado en condiciones de referencia.

2.2.2.3. Error máximo permitido

El error máximo permitido o tolerancia es la diferencia máxima, positiva o negativa, permitida por la normativa, entre la indicación de un instrumento y el valor verdadero correspondiente, determinado por masas patrones, estando previamente a cero el instrumento, sin carga y en posición de referencia.

2.2.3. Representación gráfica de errores

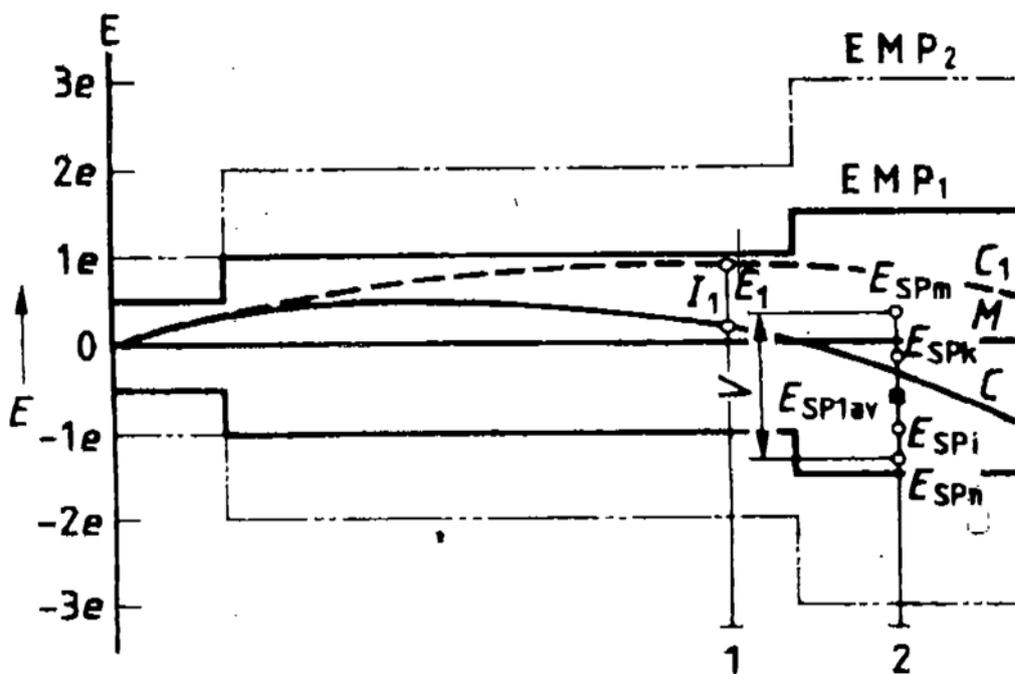
Se puede representar gráficamente los diferentes tipos de errores que se podrían esperar en una báscula cuando se utiliza en condiciones normales. Estos errores pueden deberse a un mal uso de la báscula, la utilización de patrones no adecuados para el mismo o errores intrínsecos del diseño de la misma.

En la figura 20 se representan dos situaciones, el error E_1 es debido a un factor de influencia o perturbación I_1 es el error intrínseco, el fallo debido al factor de influencia o la perturbación aplicada, es igual a $E_1 - I_1$. La otra situación muestra el valor promedio de los errores E_{SP1av} , en la primera medida de prueba de la estabilidad de la pendiente, algunos otros errores E_{SPi} , E_{SPk} y los valores externos E_{SPm} , E_{SPn} , todos estos errores han sido evaluados en diferentes momentos durante el ensayo de estabilidad de la pendiente. La variación V en los errores de indicación durante el ensayo de estabilidad de la pendiente es igual a $E_{SPm} - E_{SPn}$.

M	=	Masa a medir
E	=	Error de indicación
MPE_1	=	Error máximo permisible en verificación inicial
MPE_2	=	Error máximo permisible en servicio
C	=	Curva característica en condiciones de referencia
C_1	=	Curva característica debido a un factor de influencia o perturbación
E_{sp}	=	Error de indicación durante el ensayo de estabilidad de la pendiente
E_{SP1av}	=	Valor promedio de los errores
E_{SPm}, E_{SPn}	=	Valores extremos de los errores
E_{SPi}, E_{SPk}	=	Otros errores
I_1	=	Error intrínseco

V = Variación de los errores de indicación de estabilidad de la pendiente.

Figura 20. Curva característica de diferentes tipos de errores



Fuente: Coguanor Norma guatemalteca obligatoria 4 015. Pág. 7

2.2.4. Unidades de medición

Los principios de la norma se aplican a las unidades de medida legales en nuestro país, por ejemplo, la tabla III muestra las unidades de masa vigentes.

Tabla III. **Unidades y símbolos del sistema internacional**

Unidades	Símbolo
kilogramo	kg
microgramo	μg
miligramo	mg
gramo	g
tonelada métrica	t

Fuente: Coguanor **Norma guatemalteca obligatoria 4 015**. Pág. 8

También serán aceptados las unidades y símbolos del sistema imperial con la salvedad de que el símbolo tiene que estar entre paréntesis como lo muestra la tabla IV.

Tabla IV. **Unidades y símbolos de sistema imperial**

Unidades	Símbolo
libra	(lb)
onza	(oz)
onza troy	(oz tr)

Fuente: Coguanor **Norma guatemalteca obligatoria 4 015**. Pág. 8

2.2.5. Clasificación de básculas

Según la clase de exactitud de la báscula, esta puede clasificarse como lo muestra la tabla V.

Tabla V. Clasificación de clases de básculas

Exactitud	Clase
especial	(I)
fina	(II)
media	(III)
ordinaria	(IIII)

Fuente: Coguanor **Norma guatemalteca obligatoria 4 015**. Pág. 9

2.2.6. Procedimientos de ensayo

Los procedimientos de ensayo para una báscula de funcionamiento no automático se describen a continuación:

- Examen inicial
- Ensayos de funcionamiento
- Factores de influencia

2.2.6.1. Examen inicial

En el examen inicial se debe de anotar todas las características metrológicas del instrumento a examinar tales como la capacidad máxima, intervalo de verificación de escala, clase, capacidad y mínima. Las marcas descriptivas deben de comprobarse de acuerdo con la lista de control del reporte de evaluación. Deben de verificarse los arreglos del sellado y protección de acuerdo con la lista de control del reporte de evaluación.

2.2.6.2. Ensayos de funcionamiento

Los ensayos de funcionamiento deben de realizarse bajo condiciones normales de uso, así como la detección de sus errores. Cuando se esta evaluando el efecto de un factor, los demás factores deben de mantenerse constantes y en un valor cercano al normal.

Deben de tomarse en cuenta aspectos como la temperatura, la alimentación eléctrica, la posición de referencia, la puesta a cero automática y el mantenimiento del cero ya que para algunos ensayos es necesaria su activación.

El ajuste es importante a considerar, ya que tiene que estar habilitado pero su uso es aceptado únicamente antes de los ensayos.

Los diferentes ensayos que se aplican a las básculas son los siguientes:

- Linealidad o comprobación de la pendiente
- Repetibilidad o desviación standard
- Excentricidad o error fuera de centro
- Discriminación o sensibilidad con carga

2.2.6.2.1. Linealidad

En el ensayo de linealidad se aplican cargas de ensayo desde cero hasta el máximo, de igual forma se retiran hasta regresar al punto inicial del cero. Cuando se esta determinando el error intrínseco inicial se debe de seleccionar por lo menos 10 cargas de prueba y en cualquier otro caso por lo menos cinco cargas de prueba. Estas cargas elegidas deben de contemplar la carga máxima, la carga mínima y los puntos en los cuales o cerca de los cuales el error máximo permitido cambia.

2.2.6.2.2. Repetibilidad

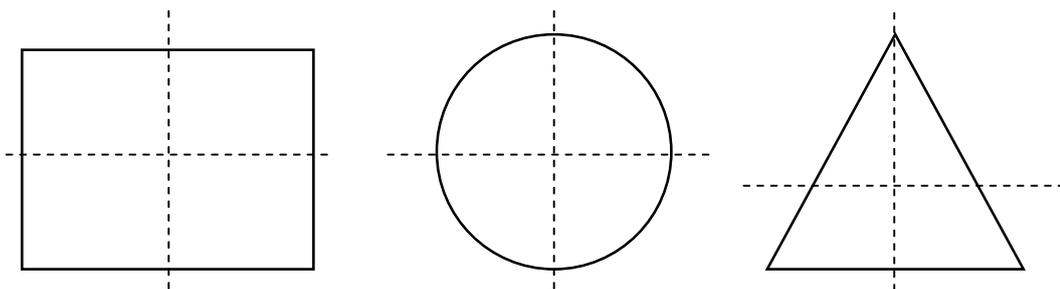
En básculas cuya capacidad sea mayor de 1,000 kg se deben de realizar series de diez pesadas, en cualquier otro caso se deben de realizar por lo menos tres pesadas. En el caso en que exista una desviación del cero entre pesadas se puede ajustar a cero sin importar el error que se tenga.

En el ensayo de repetibilidad se deben de realizar dos series de pesadas, una con una carga próxima al 50 % de la capacidad máxima y otra cercana al 100 % de la misma.

2.2.6.2.3. Excentricidad

En el ensayo de excentricidad se deben de usar de preferencia masas grandes en lugar de masas pequeñas. Las masas más pequeñas deben de colocarse encima de las grandes evitando colocar demasiadas masas en la zona que se va a ensayar. Para básculas con receptor de carga que no tenga mas de cuatro puntos de apoyo se deben de cargar sucesivamente las cuatro zonas aproximadamente igual a un cuarto de la superficie el receptor de carga, como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Visualización de los cuadrantes en diferentes tipos de plataformas



Fuente: Coguanor **Norma nacional obligatoria 4 015**. Pág. 43

2.2.6.2.4. Discriminación

El ensayo de discriminación debe de realizarse con tres cargas diferentes, por ejemplo el mínimo, el 50 % de la capacidad máxima y al 100% de la misma. Debe de colocarse sobre el receptor de carga una carga mas masas adicionales de por lo menos un décimo del intervalo de verificación de escala, después de esto se retiran las masas adicionales hasta que la indicación I disminuye de manera no ambigua un intervalo de escala real $I - d$. A continuación se coloca nuevamente la masa adicional y una carga igual a $1,4d$ debe ser colocada y dar un resultado aumentado en un intervalo de escala real por encima de la indicación inicial $I + d$.

2.2.6.3. Factores de influencia

Es importante tomar en cuenta los factores de influencia al momento de realizar los ensayos, entre estos se tienen:

- Tiempo de calentamiento
- Inclinación
- Temperatura

2.2.6.3.1. Tiempo de calentamiento

El tiempo de calentamiento se toma desde que la báscula esta desconectada hasta que este se conecta y a pasado un tiempo entre quince y treinta minutos para que todos sus componentes lleguen a una temperatura de funcionamiento estable.

2.2.6.3.2. Inclinación

La inclinación de la báscula debe de ser longitudinal, tanto hacia delante como hacia atrás y transversalmente de un lado a otro.

2.2.6.3.3. Temperatura

La temperatura esta establecida por el fabricante y metrología debe estar comprendida entre los -10°C y $+40^{\circ}\text{C}$ y debe de respetarse los límites correspondientes para clase de báscula como se muestra en tabla VI.

Tabla VI. Temperaturas de operación según clase de báscula

Clase de báscula	Límite temperatura
clase (I)	$\pm 5^{\circ}\text{C}$
clase (II)	$\pm 15^{\circ}\text{C}$
clase (III)	$\pm 30^{\circ}\text{C}$
clase (IIII)	$\pm 30^{\circ}\text{C}$

Fuente: Coguanor **Norma nacional obligatoria 4 015**. Pág. 46

3. APLICACIONES DE LOS EQUIPOS DE PESAJE

Las básculas que se encuentran en muchos lugares se utilizan principalmente para mostrar el peso de algún objeto, siempre y cuando el procedimiento en el que forme parte la báscula así lo requiera. Muchas veces se necesita un dato que depende del peso como por ejemplo, para determinar la densidad de algún objeto se toma el peso del objeto sumergido en un balde con agua y a partir del valor de peso obtenido y las dimensiones del balde se puede fácilmente calcular la densidad del mismo. Existen otras aplicaciones que pueden dar resultados que dependen del peso de los objetos a pesar como los que se mencionan a continuación:

- Conteo de piezas por peso
- Pesaje de cargas vivas
- Entrada y salida de vehículos
- Pesaje en básculas colgantes
- Comprobadores de peso
- Determinación de humedad

Estas aplicaciones son las más comunes en la industria del país y cada una esta dirigida a una actividad específica. Ahora se dará una breve explicación de las aplicaciones mencionadas anteriormente, así como los lugares donde se pueden implementar y las dificultades que puedan surgir en la implementación de estas.

3.1. Conteo de piezas por peso

Esta aplicación se utiliza en lugares donde se maneja gran cantidad de piezas y al momento de recibir estas del proveedor, hacer inventario o realizar una venta se necesita de una gran cantidad de tiempo para comprobar que realmente se esta recibiendo o despachando la cantidad exacta.

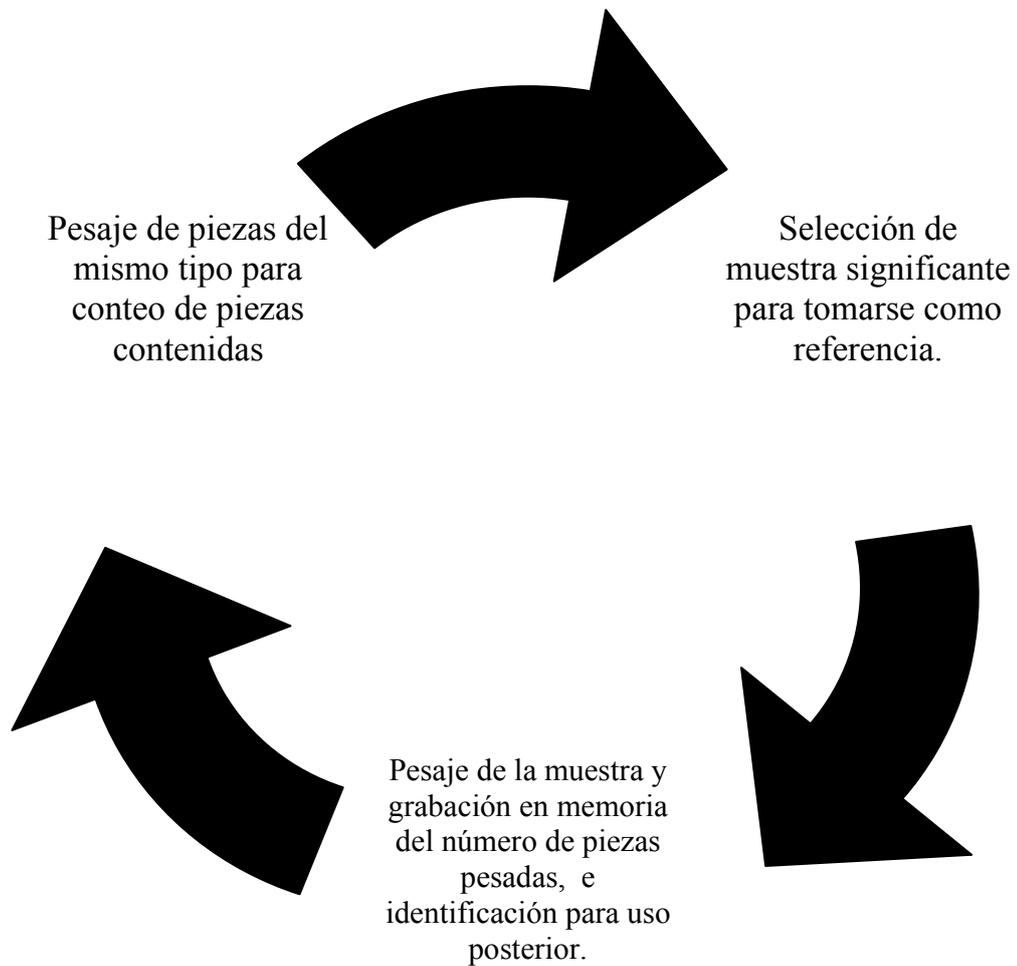
La aplicación del conteo de piezas por peso propone la solución de tomar una muestra significativa de lo que se quiera contar y pesarlo para luego grabar en la memoria el valor del peso muestra, que posteriormente es utilizado para determinar el número de piezas que se tienen en una bolsa o una caja por medio de su peso.

Esta aplicación se puede ver como ejemplo en una ferretería donde se venden clavos, tornillos, tuercas, tachuelas, o cualquier componente de tamaño pequeño que se venda por cantidades grandes y la venta sea mas conveniente por cantidad de piezas que por peso.

El principal problema al implementar esta aplicación es que las piezas no tienen siempre el mismo peso, ya que en los lugares donde las fabrican siempre se trabajan bajo ciertas tolerancias y esto hace que tengan que tomarse en cuenta cuando se haga el cálculo respectivo. La razón por la cual deben de escogerse las muestras con cuidado y hacer una serie de pruebas con cada una de ellas es para poder reducir el margen de error y así tener control sobre la medida de peso por pieza.

En la figura 22 se muestra la secuencia en un diagrama de lazo, ya que es repetitivo.

Figura 22. Secuencia de conteo de piezas



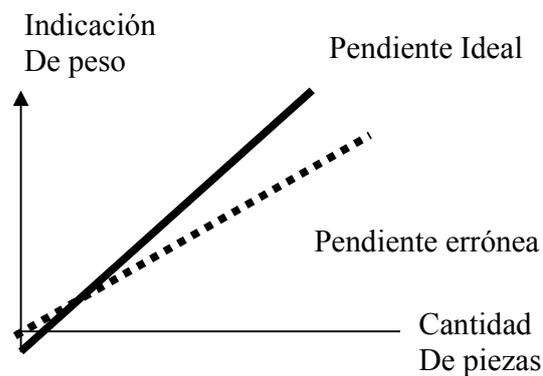
En el algoritmo se debe de tomar en cuenta las desviaciones estadísticas que se presenten ya sea por factores mecánicos de la báscula, así como la resolución del valor de la misma y las desviaciones que se puedan tener por la naturaleza del proceso.

En la tabla VII y en la figura 23 se muestra el efecto de la selección errónea de una muestra y se visualiza un error en la pendiente si se elige una muestra de 10 unidades.

Tabla VII. **Piezas versus peso**

Cantidad De piezas	Indicación De peso
10	10
20	20
30	29
40	38
50	47
60	55

Figura 23. **Pendiente en conteo**



3.2. Pesaje de cargas vivas

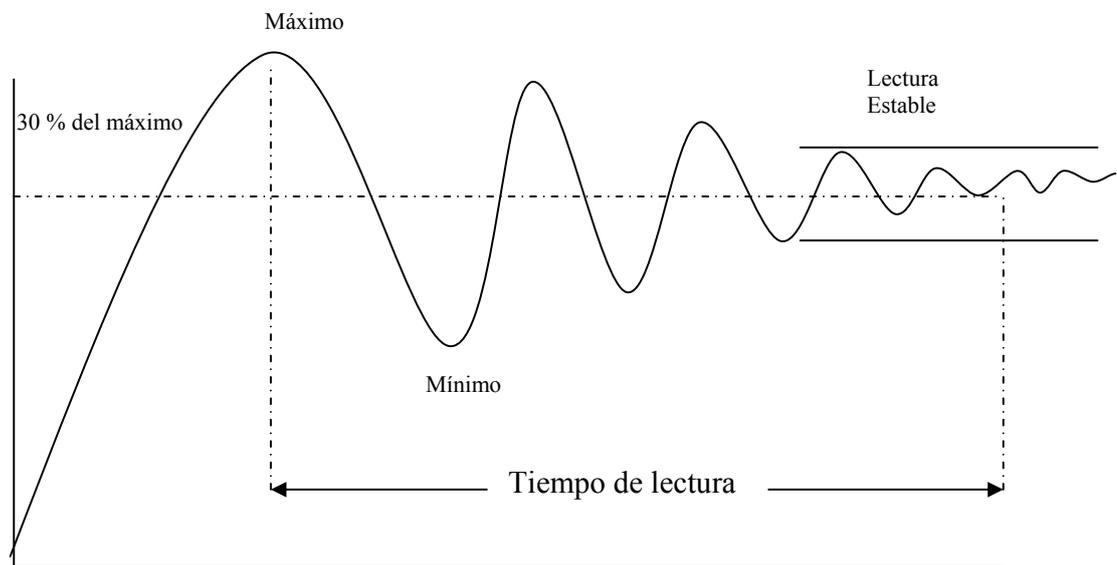
Esta aplicación se utiliza en lugares donde se manejan seres vivos que pueden ser pollos, perros, gatos, y bebés ya que por lo regular presentan cierto estrés al momento de tomarles el peso y eso hace que el valor de peso que presente el equipo no sea estable, pudiendo tener errores al momento de tomar la medición.

Esta aplicación de pesaje de cargas vivas propone como solución de tomar una lectura cercana al 30% del peso máximo y hacer una referencia desde la cual el peso puede subir hasta un máximo y disminuir hasta un mínimo, luego con estos tres puntos se toma un período de tiempo en el cual se toman lecturas y se guarda para luego sacar un promedio que será el peso final.

Al implementar esta aplicación hay que tomar en cuenta el tamaño de la plataforma y el valor promedio del tamaño de lo que se quiere pesar para que el movimiento de la carga pueda ser detectado por el equipo y se tengan los valores máximos y mínimos para realizar el cálculo.

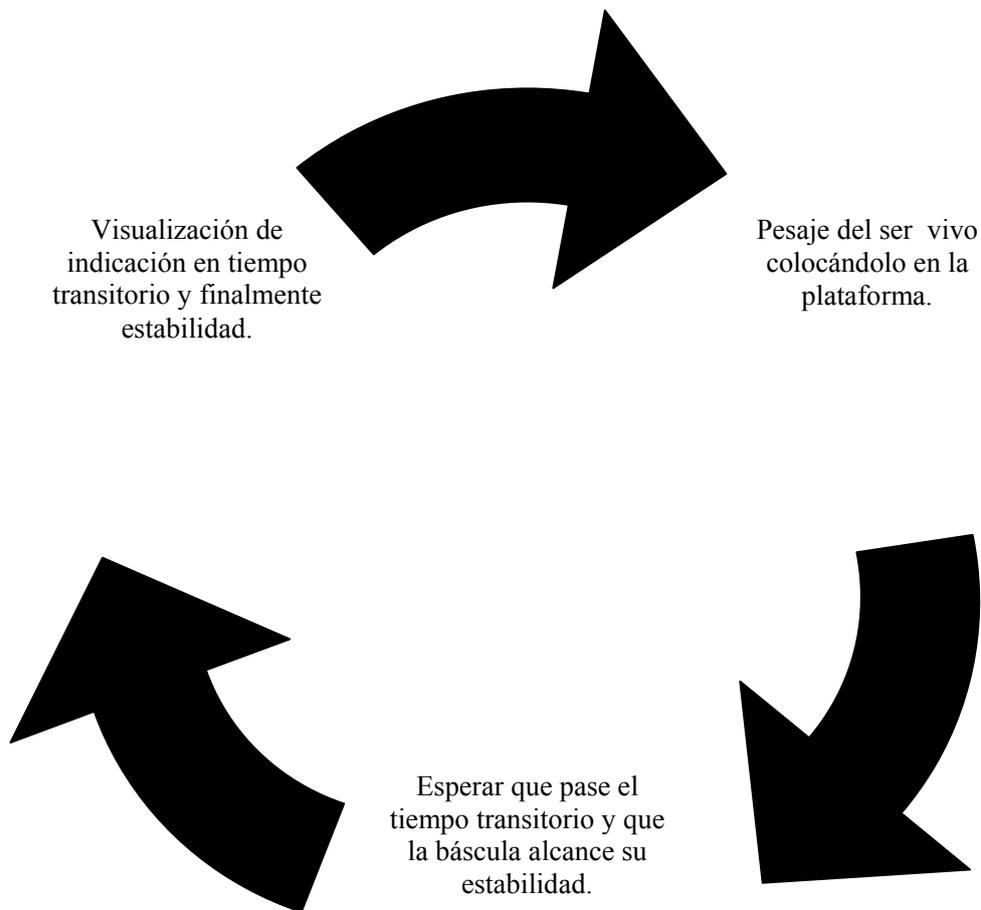
En la figura 24 se representa gráficamente el efecto de este movimiento. Se observa el período transitorio y el período estático de la báscula. La indicación de la báscula nunca será estable simplemente esta llegaría a un punto en que la considerara como estable.

Figura 24. **Comportamiento de señal de celda**



En la figura 25 se muestra el procedimiento que se describió anteriormente.

Figura 25. Secuencia de pesaje en vivo



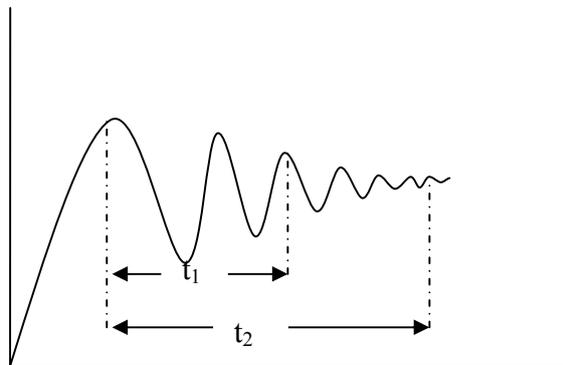
En el algoritmo de funcionamiento de la báscula debe tomar en cuenta el intervalo de tiempo que durara la toma de muestras, pues un intervalo muy pequeño o muy grande puede ocasionar una captura de peso erróneo.

En la tabla VIII se presentan los datos de dos pesos colocados con intervalos de tiempo diferentes y en la figura 26 se muestra el efecto de la selección errónea de un tiempo de muestra cuando se aplica una carga de 10 kg en movimiento.

Tabla VIII. **Tiempo versus indicación**

Tiempo	Indicación
50 mili s	10,0 kg
100 mili s	10,2 kg

Figura 26. **Tiempo de estabilización de señal**



3.3. Entrada y salida de vehículos

Esta aplicación se utiliza en lugares donde se manejan grandes volúmenes de producto para pesar aunque no necesariamente cargas muy grandes ya que todo depende de la densidad del producto.

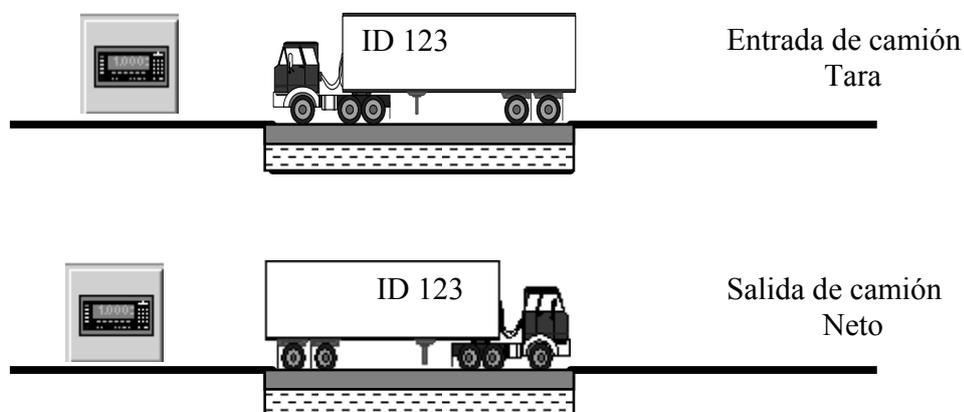
Son básculas de gran alcance utilizadas para pesar vehículos que transportan productos vía terrestre, la aplicación se utiliza en lugares donde se tiene un flujo constante de cargas, ya que para saber cuanto producto se transporta es necesario pesarlo por lo menos dos veces, una vez cuando el vehículo carga y otra cuando descarga.

La aplicación de entrada y salida de vehículos dispone una báscula capaz de manejar una base de datos para guardar diferentes características de los vehículos que se van a pesar y poder asignarles un número de identificación único para luego grabar un peso de entrada, una vez pesado el vehículo y con su código único puede ser pesado nuevamente manteniendo casi todas sus características intactas solamente la que puede cambiar es la del peso que sería menor a la primera pesada si el camión está descargando producto o mayor a la primera pesada si el camión está cargando.

La limitante al implementar esta aplicación es que se tiene que identificar cuáles son las características que se quieren o que son importantes del camión, además que el tamaño de la base de datos tiene que ser adecuado para el volumen de camiones que se va a manejar y sobre todo tiene que dar la seguridad de unicidad de código por camión para evitar posibles duplicaciones de camiones o asignación de pesos erróneos.

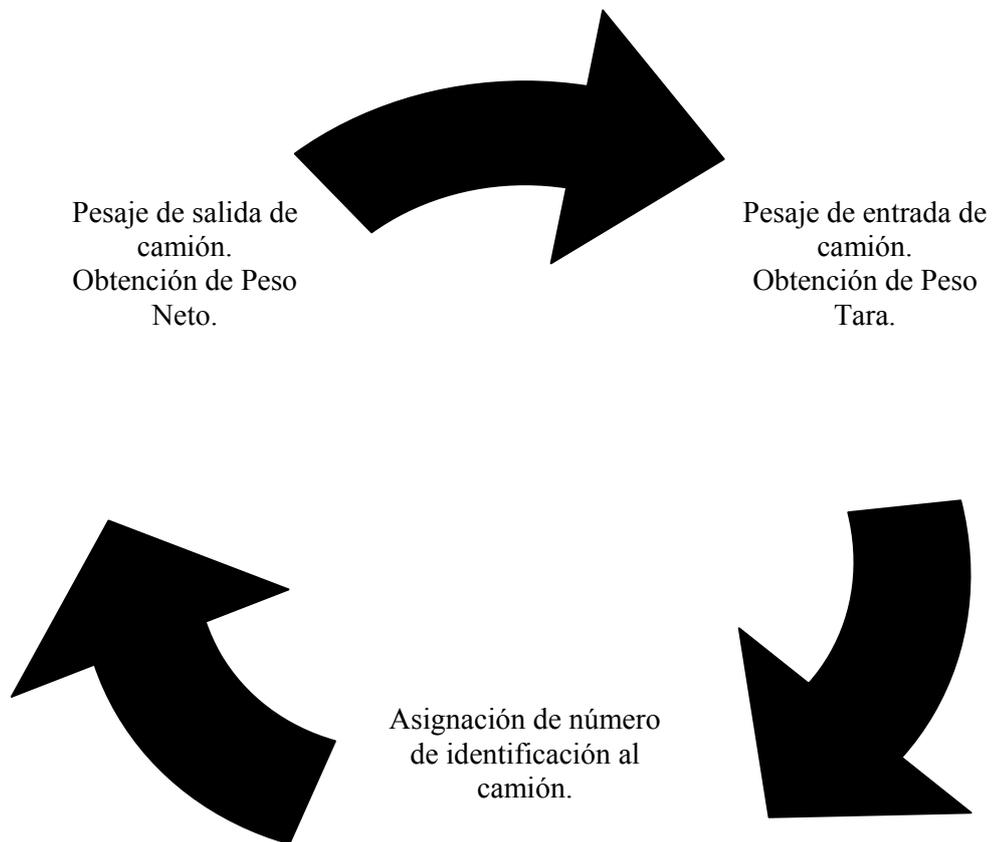
En la figura 27 se muestra la ilustración de los procedimientos mencionados anteriormente.

Figura 27. Ilustración de entrada/salida



En la figura 28 se muestra el procedimiento teniendo en cuenta que una de las premisas es no tener una repetición de los números de identificación asignados para evitar confusiones al momento de contabilizar o auditar los vehículos que se tengan en la base de datos.

Figura 28. **Secuencia de entrada/salida**

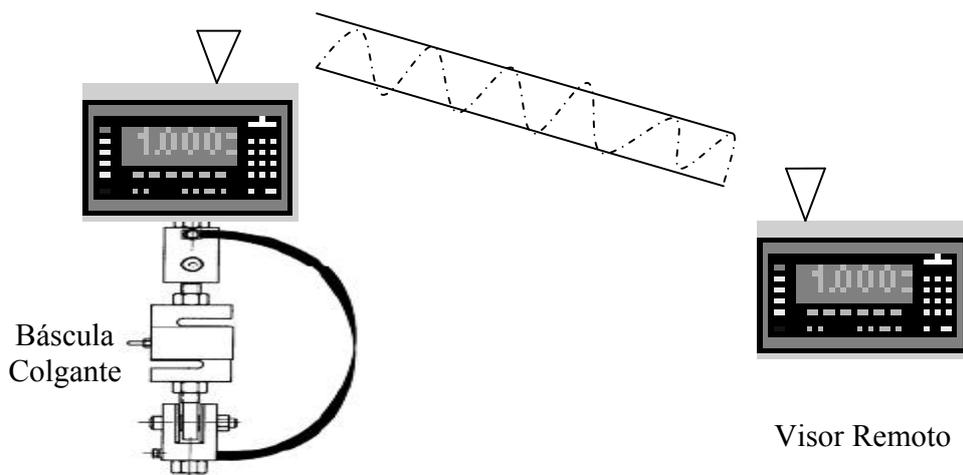


3.4. Pesaje en básculas colgantes

Esta aplicación se utiliza en lugares donde se manejan cargas que sobre pasan los 1,000 kg o 1 t y por sobre todo depende del tipo de empaque que tengan y la movilidad que se tenga en el sitio pues en muchos lugares como centros de empaque es necesario subir el producto varios niveles del suelo, por lo que esta aplicación es de mucha utilidad ya que la báscula tiene la habilidad de montarse en una grúa o polipasto, elevar el producto y a su vez mostrar el peso del mismo para ahorrar tiempo y espacio de maquinaria.

La aplicación de colgantes propone una unidad compacta formada por la parte electrónica y una celda de carga tipo S, la cual en un extremo se coloca en la grúa y el otro extremo se coloca en el producto por medio de arneses para luego ser elevada y tomar el peso de la misma, como se muestra en la figura 29.

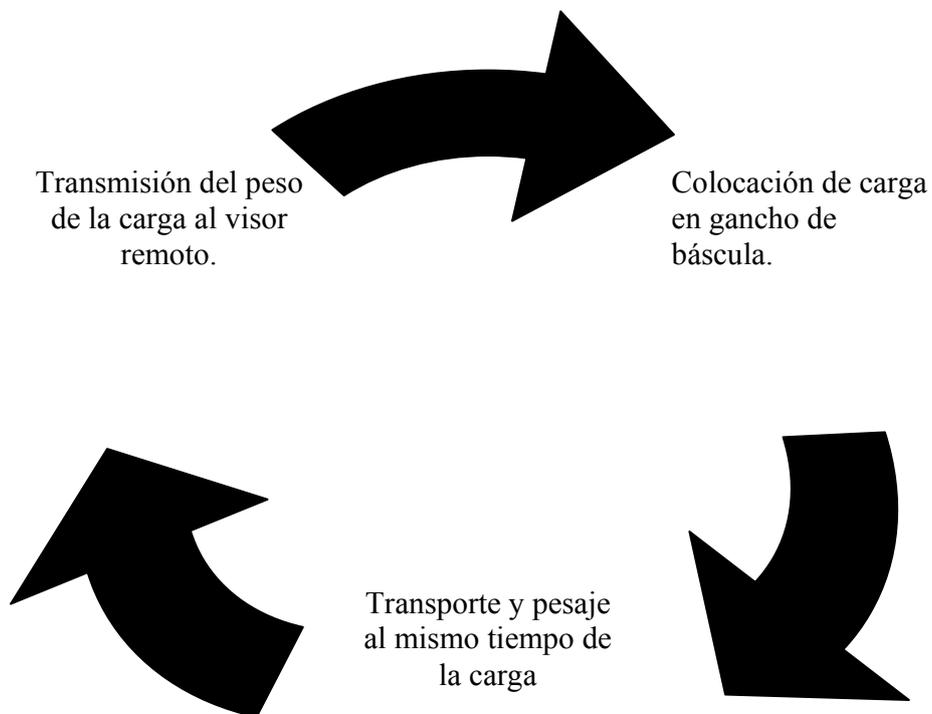
Figura 29. Ilustración de colgantes



La limitante al implementar esta aplicación es que se tiene que identificar a que altura se debe llevar el producto y que tanta visibilidad se tendrá para poder ver el valor del peso, así como también el lugar físico donde se montara la báscula o también el volumen del mismo producto. En estos casos es necesario contar con un indicador extra que se comunice vía inalámbrica con la báscula para poder mostrar el peso.

En la figura 30 se muestra la ilustración de los procedimientos mencionados anteriormente.

Figura 30. **Secuencia de colgantes**

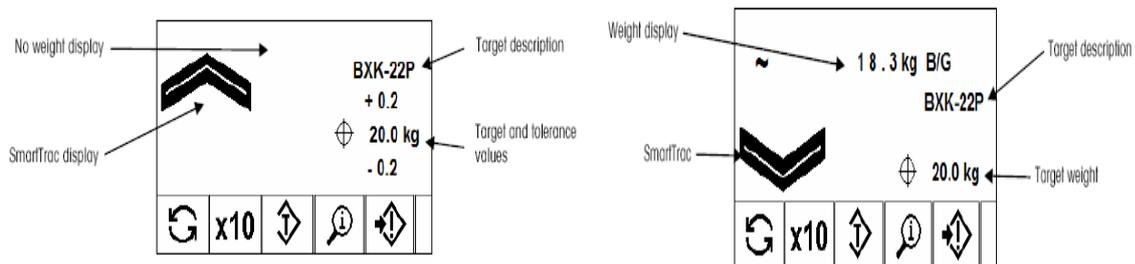


3.5. Comprobadores de peso

Esta aplicación se utiliza en lugares donde se realiza la tarea de llenado de sacos o ensacado de producto y es necesario tomar muestras continuamente para comprobar que su peso este dentro de los límites de tolerancia (utilizando el comprobador de peso) y si no fuera ese el caso se procedería a realizar ajustes en el equipo de ensacado para evitar que los sacos lleven producto de menos o de mas.

La aplicación de comprobadores de peso propone una báscula con un par de características especiales que son las de un tiempo de estabilización corto de por lo menos dos segundos como máximo (regularmente es de tres a cinco segundos) esto para que no se forme un cuello de botella en el proceso de llenado. En la figura 31 se muestra la pantalla de la báscula que ilustra el procedimiento.

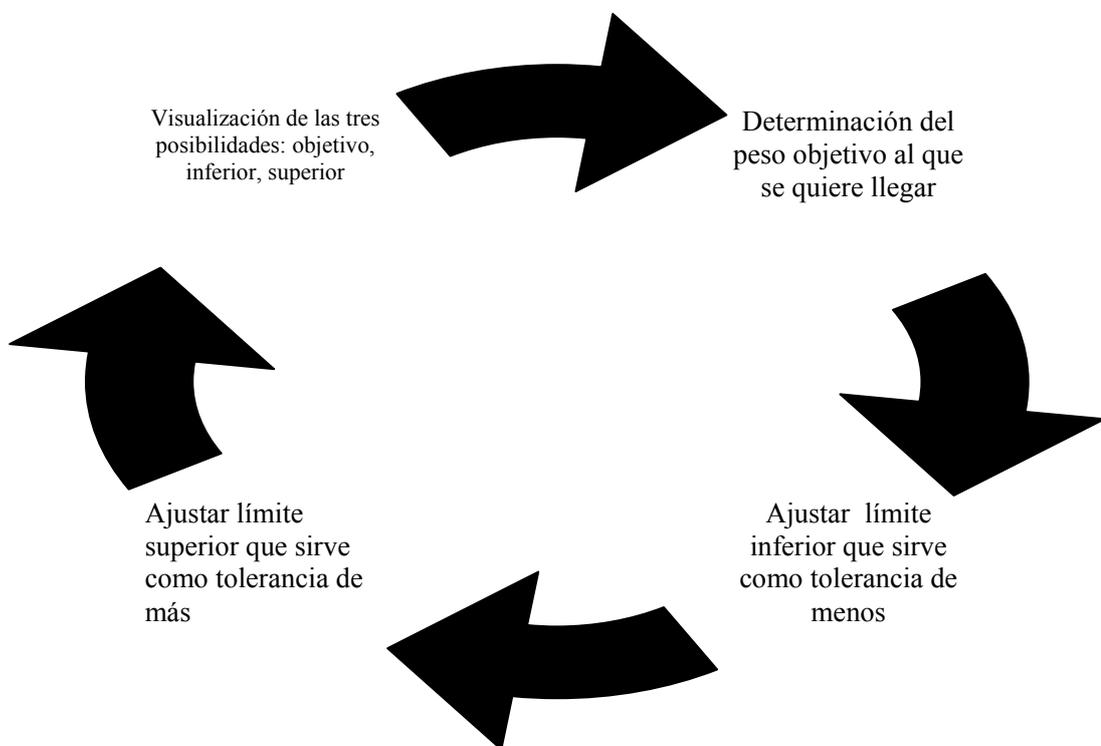
Figura 31. Ilustración de comprobador de peso



Fuente: Mettler Toledo *ID7 technical manual* Pág 196

La báscula debe de contar con salidas especiales para controlar los alimentadores de producto. Al momento de colocar un saco sobre el equipo este será capaz de mostrar gráficamente si el peso es el adecuado, si el peso esta por encima de lo aceptado o si el peso esta por lo debajo de lo aceptado. Esto se muestra en la figura 32.

Figura 32. Secuencia de comprobadores de peso

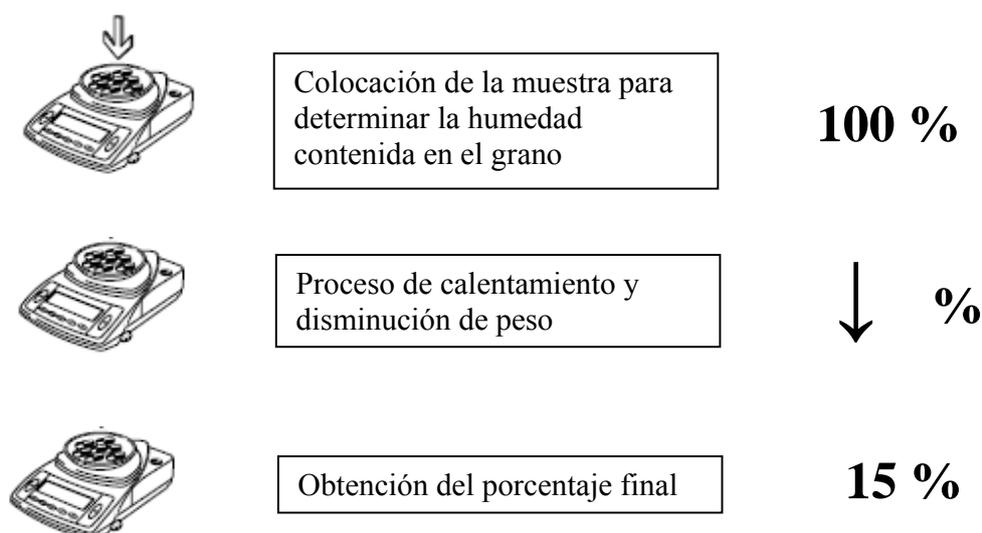


El problema al querer implementar esta aplicación es que debido a la respuesta de estabilización que se necesita por la rapidez del proceso es necesario contemplar en el diseño un convertidor analógico digital que tenga un tiempo de conversión muy pequeño para que ayude a minimizar los tiempos de conversión y que el algoritmo que se elabore tenga el menor número de líneas posibles para agilizar el resultado de la pesada, además deben de contemplarse los accesorios gráficos.

3.6. Determinación de humedad

Esta aplicación se utiliza en lugares donde se manejan granos y en laboratorios ya que para ciertos procesos es necesario conocer el porcentaje de humedad que presenta una muestra de cierto producto pues esta es una característica que muchas veces es utilizada para determinar la calidad de un grano, en la figura 33 se ilustra la aplicación.

Figura 33. Ilustración de determinación de humedad



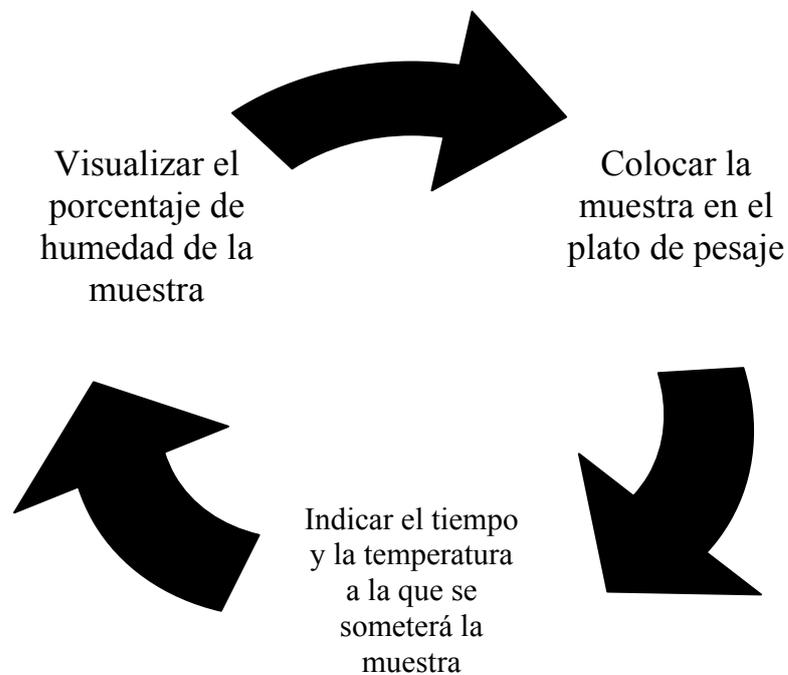
Fuente: Mettler Toledo *IDI technical manual* Pág 23

Mientras menos cambie el peso menos humedad contiene, ya que el porcentaje final es la resta del peso inicial y el final expresada en un porcentaje. En la figura 34 se muestra el procedimiento descrito.

La aplicación de determinación de humedad propone una báscula de dimensiones pequeñas, con capacidad de no más de 100 g y una resolución de por lo menos 1 mg una resistencia para calentar la muestra y además debe de contar con un programa especial que controle el tiempo y la temperatura a la que se someterá la muestra, entonces el porcentaje de humedad es obtenido realizando una diferencia del peso final y el peso inicial de la muestra ya que al aplicarle calor a la muestra se evapora cualquier líquido que esta contenga y contribuya al peso de la muestra.

La limitante al querer implementar esta aplicación es que se tiene que realizar un estudio extensivo sobre la obtención de la humedad por este método para tener en cuenta los límites de temperatura que se manejaran.

Figura 34. **Secuencia de determinación de humedad**



4. DISEÑO DE BÁSCULA ELECTRÓNICA LLENADORA DE ENVASES, POR MEDIO MICROCONTROLADOR Y CONTROL DIGITAL DE PESO

En el área industrial se tienen muchos procesos que utilizan diferentes herramientas e instrumentos, para poder lograr su cometido que en la mayoría de los casos es el de manufacturar un producto o servicio que se refleje en una ganancia neta para la organización. En este caso se tratará con el proceso de llenado de envases ya que este se utiliza en muchos sectores industriales como el farmacéutico, alimenticio, azucarero, de detergentes, licorero, de combustibles, pinturas entre otros.

4.1. Llenado de envases

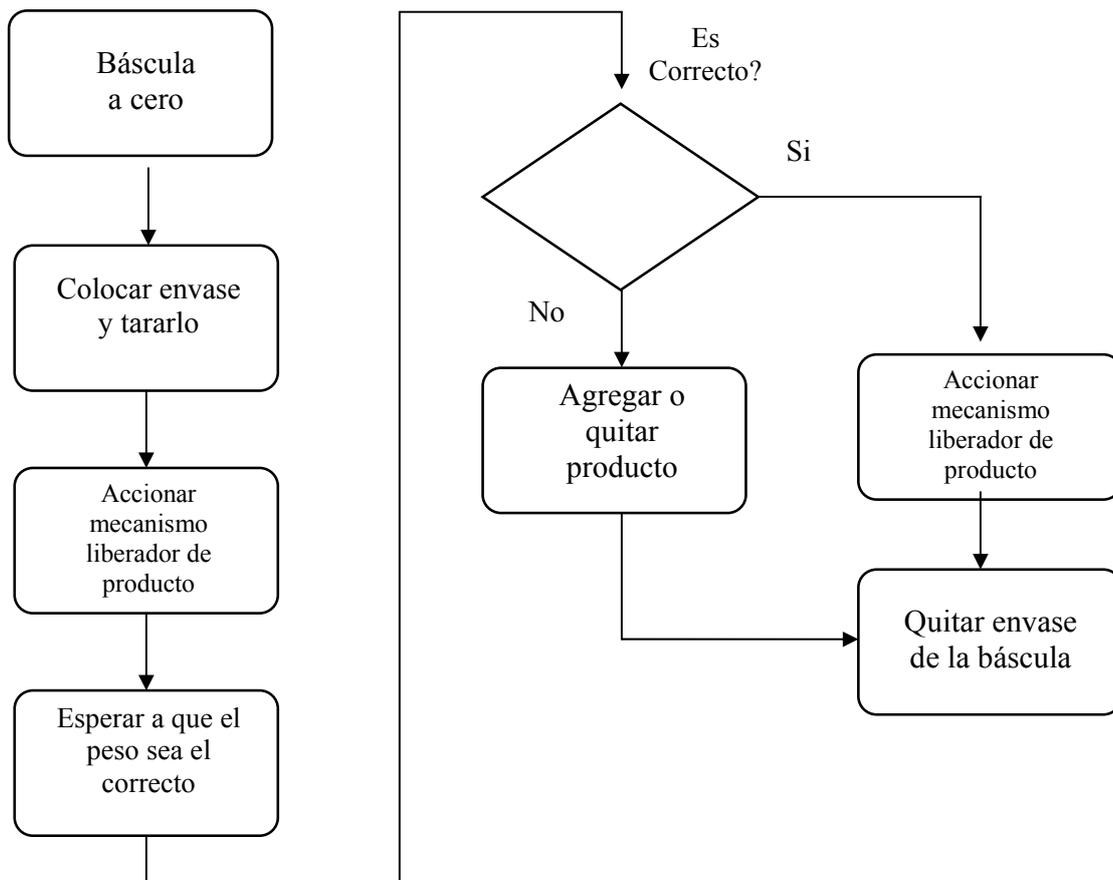
En las industrias se tienen procesos dedicados al llenado de envases de cualquier tipo con producto líquido que elaboran o compran pero que es de suma importancia para su cometido final. Para lograr esto se pueden implementar varias soluciones, todas de acuerdo a las necesidades que se presenten y a la capacidad adquisitiva que tenga la organización. Se puede clasificar en tres las posibles soluciones:

- Llenado manual
- Llenado semiautomático
- Llenado automático

4.1.1. Llenado manual

El llenado manual es la opción más rápida y barata de implementar, pero esta no garantiza un llenado uniforme de los envases, pues necesita la intervención obligatoria de un operador que controle y ejecute el proceso de llenado como lo muestra el diagrama de flujo de la figura 35.

Figura 35. Diagrama de flujo de llenado manual



Obligatoriamente se tiene que realizar los 6 pasos siguientes como mínimo:

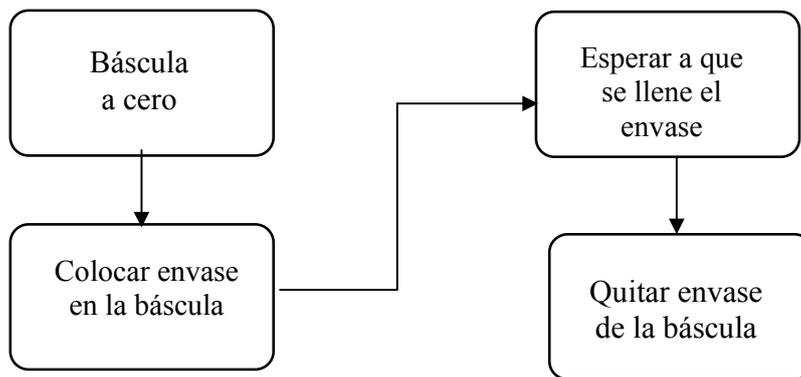
1. Comprobar que la báscula está a cero
2. Colocar el envase en la báscula y tararlo, o colocar la báscula a cero
3. Accionar el mecanismo liberador del producto para que este fluya hacia el envase
4. Esperar hasta que el peso indicado por la báscula sea el establecido
5. Accionar el mecanismo liberador de producto para que este deje de fluir
6. Quitar el envase de la báscula

Esta es una tarea mecanizada y simple de realizar en un ambiente tranquilo y sin presiones, aunque en realidad esto nunca se llega a ver porque el operador no estará en un ambiente tranquilo y siempre tendrá presiones de llenar cierta cantidad de envases esto hace que las cantidades de producto en el envase sean mayores o menores en los envases y el operario tenga que quitarles o agregarles producto.

4.1.2. Llenado semiautomático

El llenado semiautomático es una opción intermedia, es un poco mas costosa y no tan fácil de implementar, garantiza un llenado mas uniforme que el llenado manual y es un poco mas rápido, pero también necesita de un operador que coloque los envases en la báscula, aunque este no tiene injerencia en la decisión de la cantidad de producto que llevara el envase pues este se programa en la báscula. El diagrama de flujo de esta operación se muestra en la figura 36.

Figura 36. Diagrama de flujo de llenado semiautomático



Obligatoriamente se tiene que realizar los 4 pasos siguientes como mínimo:

1. Comprobar que la báscula está a cero
2. Colocar el envase en la báscula
3. Esperar hasta que el peso indicado en la báscula sea el correcto
4. Quitar el envase de la báscula

Esta operación es mas mecanizada que la manual pues el operario solamente tiene que poner y quitar los envases cuando se completa el llenado. Lo importante de esta opción es que al operario ya no es el que decide que cantidad de producto debe de llevar el envase, esta pasa a manos de un encargado que programa la báscula con los valores deseados para el llenado.

4.1.3. Llenado automático

El llenado automático es la opción más costosa de todas, su implementación es más rápida que la del llenado manual y garantiza un llenado uniforme con opción a modificaciones en tiempo real para corregir errores que se tengan y asegurar la uniformidad del llenado. En esta no se necesita un operario que este dedicado a la báscula ya que esta realiza el trabajo de colocar los envases por medio de un alimentador que puede ser de cualquier tipo dependiendo la necesidad que se tenga. Esto lo logra con la ayuda de varios sensores que sirven de entradas y salidas de la báscula para accionar los diferentes mecanismo.

En la figura 37 se muestra un proceso automático de llenado de envases en el cual no se necesita de la intervención de un operario para alimentar la báscula o tomar una decisión sobre el peso final.

Figura 37. **Equipo industrial automático de llenado de envases**



Fuente: *The friut nacional company. Filling process (line 2)*

4.2. Diseño propuesto de báscula llenadora

El diseño propuesto en este trabajo es el de un llenado semiautomático que necesite la intervención de un operador para colocar los envases en la báscula y retirarlos cuando estos estén llenos, sin que tenga que preocuparse por la cantidad de producto que lleve el envase porque esa tarea se realizara automáticamente por la báscula así como la activación de los mecanismos liberadores de producto.

4.2.1. Componentes del sistema

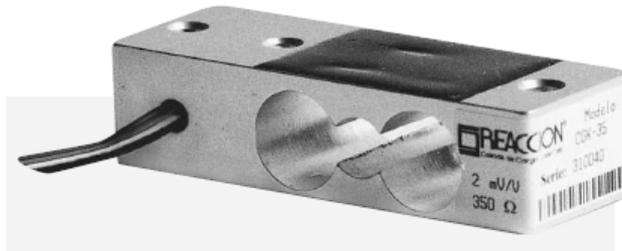
El sistema que se propone se conformara por los siguientes componentes:

- Celda de carga y plataforma
- Controlador de peso digital
- Microcontrolador
- Foto sensor de proximidad
- Interruptores electrónicos

4.2.1.1.Celda de carga y plataforma

La báscula funcionara en un ambiente industrial. Es por esto que se debe de escoger una celda de carga que se apegue a estas necesidades. Las celdas de carga de clase III de cuatro cables son las más sencillas de manipular y el grado de protección que ofrecen es el adecuado. En la figura 38 se muestra la celda de carga.

Figura 38. Celda de carga funcional



Fuente: Flexar.com.ar **Reacción**

Las características más importantes de esta celda de carga son las siguientes (el anexo 1 describe todas las características):

- Capacidad (kg)----- 100
- Voltaje máximo de excitación (V)----- 15
- Sensibilidad (mV/V)----- 3,285

Con estos datos se calculan las pendientes de señal máxima tomando diferentes voltajes de excitación para alimentar la celda de carga. Se hace con tres voltajes diferentes 5, 10 y 15 para ver cual es la excitación mas adecuada.

La sensibilidad de esta celda de carga es de 3,285 mV/V pero para fines prácticos se toma 3 mV/V. Entonces la fórmula de sensibilidad esta dada por:

$$S = \frac{Sig}{Exc}$$

Donde:

S = Sensibilidad

Sig = Señal de salida

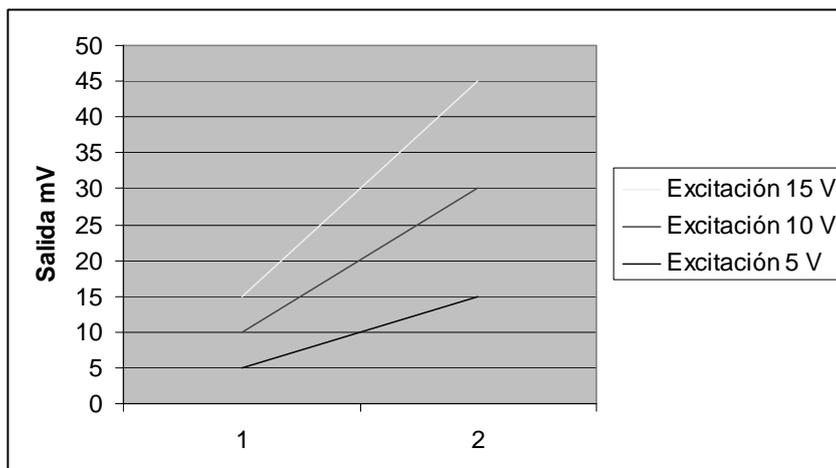
Exc = Voltaje de excitación

Entonces sustituyendo los valores de sensibilidad y diferentes voltajes de excitación se tienen los datos que muestra la tabla IX.

Tabla IX. Voltaje de excitación versus señal de salida

Voltaje de Excitación (V)	Señal de Salida(mV)
15	45
10	30
5	15

Figura 39. Pendiente de la señal ideal con diferente excitación



La figura 39 muestra los voltajes máximos que tendrá la señal de salida en los diferentes casos posibles y mientras menor sea el voltaje de excitación menor será el voltaje de salida que se puede alcanzar. Esta gráfica servirá mas adelante para determinar si el controlador digital de peso es compatible con la celda de carga.

Ya calculado esto se puede calcular la pendiente de carga versus señal de salida, para poder visualizar el comportamiento de la señal de salida de acuerdo a diferentes cargas aplicadas. Como la celda de carga varía su voltaje proporcionalmente a la carga que se le aplique se puede escribir:

Carga aplicada \propto Señal de Salida

O

$$\text{Carga aplicada} = K * \text{Señal de salida}$$

Donde K es un factor de proporcionalidad producido por el puente de resistencias que contiene la celda de carga internamente. Esto se puede expresar matemáticamente así:

$$Carga = S \times Sig$$

O

$$Carga = S \times Exc$$

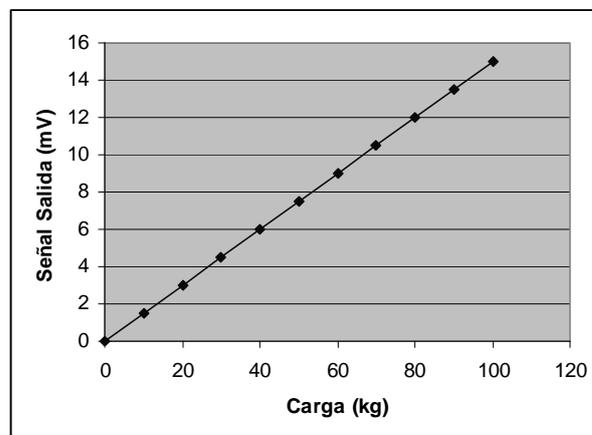
Entonces sustituyendo los valores de carga, sensibilidad de la celda de carga y tomando como voltaje de excitación 5 voltios se tienen los datos como lo muestra la tabla X.

Tabla X. Carga versus señal de salida

Carga (kg)	Señal de Salida(mV)
0	0,0
10	1,5
20	3,0
30	4,5
40	6,0
50	7,5
60	9,0
70	10,5
80	12,0
90	13,5
100	15,0

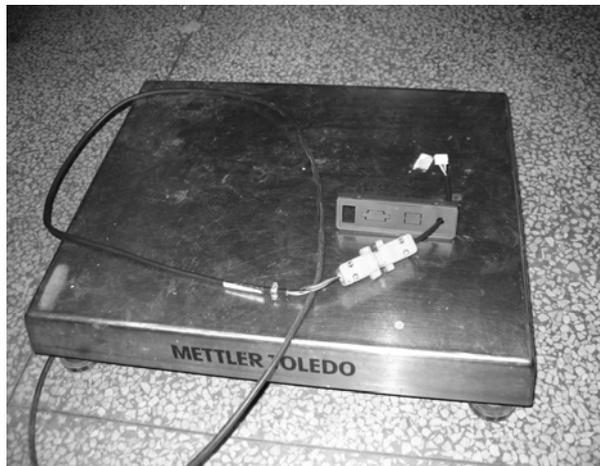
En la figura 40 se muestra que existe una relación lineal con una pendiente de valor 0,15 que no es relevante, ya que solo se quiere probar que existe una linealidad teórica que haga que la carga aplicada incremente con la misma proporción que la señal de salida lo hace.

Figura 40. Pendiente de la señal ideal



Con el procedimiento anterior se comprueba que la señal de la celda de carga varía linealmente con la carga, sin importar la excitación que se le aplique o la sensibilidad de la celda de carga o la capacidad de la misma. En la figura 41 se muestra la plataforma de acero inoxidable.

Figura 41. **Plataforma 20 x 30 cm**



Fuente: *Mettler toledo*. **Plataforma de acero inoxidable**

Cuando ya se tiene la información de la celda de carga se debe calcular el voltaje mínimo de incremento de entrada. Para una báscula análoga este voltaje debe ser mayor que el mínimo aceptado por el controlador digital de peso.

El voltaje mínimo de incremento es determinado calculando los μV por incremento de la báscula en diseño. Para calcular este voltaje se tiene que resolver la siguiente ecuación:

$$\mu V \text{ por Incremento} = \frac{\text{Tamaño del Incremento} \times \text{Sensibilidad} \times \text{Voltaje de Excitación (mV)}}{\text{Capacidad de celda de carga} \times \text{Radio}}$$

Se tiene que tomar en cuenta que el tamaño del incremento y la capacidad de la celda de carga deben de estar en la misma unidad. La sensibilidad viene dada en las especificaciones de la celda de carga así como también la capacidad de la misma.

El radio es el número de celdas de carga en la báscula y como en este caso se está utilizando 1 celda el valor del radio es 1.

Para el diseño se contemplarán los siguientes parámetros de configuración:

- Capacidad de la báscula 60 kg
- Tamaño del incremento 0,02 kg
- Capacidad de la celda de carga 100 kg
- Número de celdas de carga 1
- Sensibilidad de la celda de carga 3 mV/V
- Voltaje de excitación 5 V

Ahora se sustituyen los valores que corresponden en la fórmula anterior, así:

$$\mu V \text{ por Incremento} = \frac{0,02 \text{ kg} \times 3 \text{ mV/V} \times 5000 \text{ (mV)}}{100 \text{ kg} \times 1}$$

$$\mu V \text{ por Incremento} = 3 \mu V/V$$

4.2.1.2. Controlador de peso digital

El controlador que se utilizara es de uso general y se muestra la figura 42, con las siguientes características principales (el anexo 2 muestra todas las características):

- Controlador de peso uso general
- μV por Incremento (mínimo) $1 \mu\text{V/V}$
- Voltaje de excitación 5 V
- Pantalla de 6 dígitos con luz
- Soporta hasta 4 celdas de carga de 350Ω
- Interruptor de unidades lb, kg, oz, g
- Capacidades desde 5 hasta 20 000 lb o kg
- Interfase RS-232 (indispensable para comunicación con microcontrolador)
- Funcionamiento con 110 vac o 6 baterías tipo C

Figura 42. Indicador digital de peso

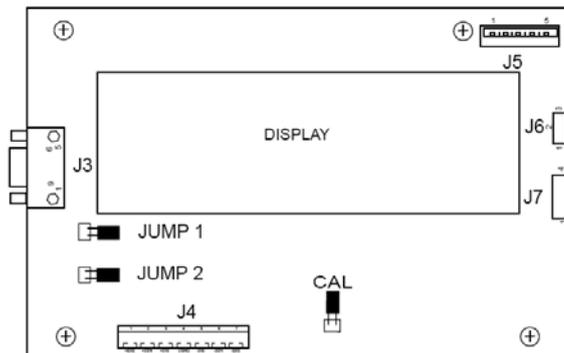


Fuente: *Ohaus. Modelo CD-11 manual de instrucciones. Pág 1*

Con estas características se asegura que la báscula funcionara perfectamente y no se tendrá ningún problema de compatibilidad con la celda de carga y el controlador digital de peso porque el voltaje de μV por incremento del controlador es menor que el que se calculo anteriormente.

Internamente en el controlador digital se debe conectar la celda de carga y configurar los diferentes *jumper* que se muestran en la figura 43.

Figura 43. *Pcb main board*



Fuente: *Ohaus. Modelo cd-11 manual de instrucciones. Pág 9*

Los puentes *JUMP 1* y *JUMP 2* sirven para configurar el controlador digital de tal manera que este pueda trabajar con celdas de carga de 5 ó 7 cables. Deben de colocarse como lo muestra la figura 44 para indicar que se utilizara una celda de carga de 5 cables.

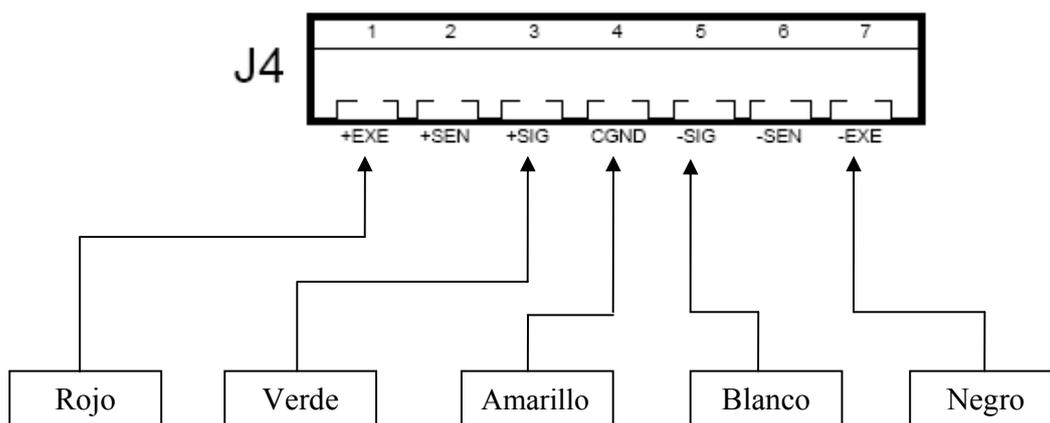
Figura 44. *Jumpers pcb main board*



Fuente: *Ohaus Modelo cd-11 manual de instrucciones. Pág 9*

El conector J4 es donde se colocan los cables de la celda de carga. Para conveniencia este viene rotulado y es muy fácil de identificar en donde se coloca cada cable como lo muestra la figura 45.

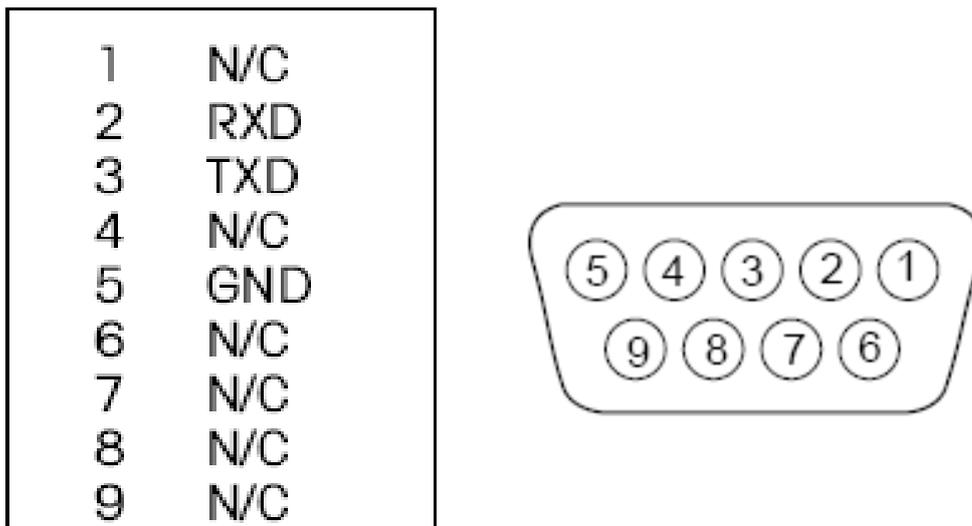
Figura 45. *Conector de celda pcb main board*



Fuente: *Ohaus. Modelo cd-11 manual de instrucciones. Pág 9*

El conector J3 es el *DB-9* (hembra) es un estándar *IBM™* de 2 direcciones de interfase *RS-232* que puede comunicarse con una impresora, computadora o cualquier dispositivo electrónico *UART* o *USART*, con el cual se puede mandar comandos especializados al controlador que devuelvan diferentes valores como el peso, el modo de pesaje, o el estado actual. Este se localiza en el lado izquierdo del controlador y se muestra en la figura 46.

Figura 46. Conector *db9* hembra



Fuente: *Ohaus. Modelo cd-11 manual de instrucciones. Pág 11*

El controlador cuenta con 5 menús los cuales son: *CAL* (Ajuste), *SETUP* (Programación), *READ* (Lectura), *PRINT* (Impresión), *LOCSW*(Bloqueo), a estos menús se ingresa presionando la tecla **G/N/T/MENU** hasta que aparezca en la pantalla Menú y al soltarlo aparecerá la palabra *CAL* (el anexo 3 se muestra el árbol de programación).

Para ajustar los parámetros de capacidad máxima y la división que se utilizaran, se escogen los siguientes parámetros que están por defecto y únicamente se escogen como se muestra en la tabla XI (el apéndice 1 se muestra el procedimiento de programación del controlador).

Tabla XI. Posibles combinaciones de programación

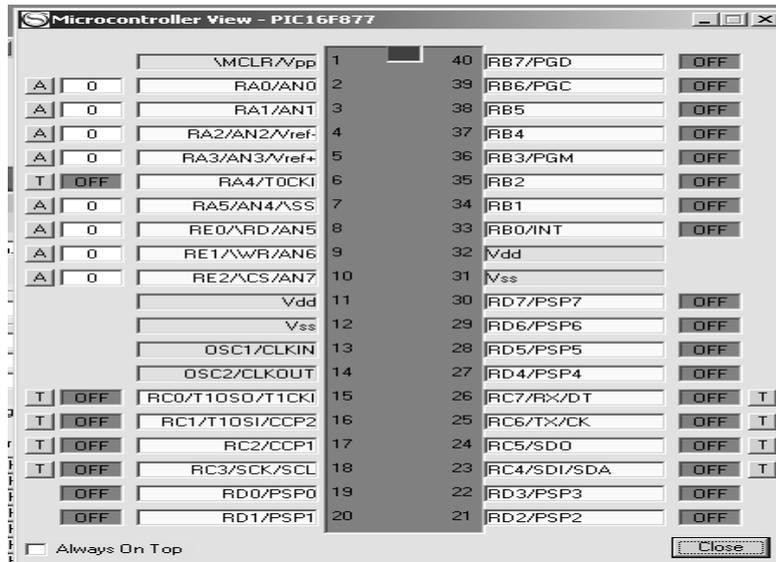
Escala completa Capacidad (Fxxxxx)	Tamaño de graduación con LPC OFF (gdxxxx)	Tamaño de graduación con LPC On y LPC CAñ	Punto de calibración de rango (CPxxxx)	Puntos de calibración de linealidad (no se puede seleccionar por el usuario)
5	0,001, 0,002, 0,005	0,001, 0,002, 0,005	5	2 & 5
10	0,001, 0,002, 0,005, 0,01	0,002, 0,005, 0,01	5, 10	5 & 10
15	0,001, 0,002, 0,005, 0,01	0,005, 0,01	5, 10, 15	5 & 15
20	0,001, 0,002, 0,005, 0,01, 0,02	0,005, 0,01, 0,02	5, 10, 15, 20	10 & 20
25	0,002, 0,005, 0,01, 0,02	0,005, 0,01, 0,02	5, 10, 15, 20, 25	10 & 25
30	0,002, 0,005, 0,01, 0,02	0,01, 0,02	5, 10, 15, 20, 25, 30	15 & 30
40	0,002, 0,005, 0,01, 0,02	0,01, 0,02	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40	20 & 40
50	0,005, 0,01, 0,02, 0,05	0,01, 0,02, 0,05	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50	25 & 50
60	0,005, 0,01, 0,02, 0,05	0,02, 0,05	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60	30 & 60
75	0,005, 0,01, 0,02, 0,05	0,02, 0,05	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75	50 & 75
100	0,005, 0,01, 0,02, 0,05, 0,1	0,02, 0,05, 0,1	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100	50 & 100
120	0,01, 0,02, 0,05, 0,1	0,05, 0,1	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 120	60 & 120
150	0,01, 0,02, 0,05, 0,1	0,05, 0,1	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 120, 150	75 & 150
200	0,01, 0,02, 0,05, 0,1, 0,2	0,05, 0,1, 0,2	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 120, 150, 200	100 & 200

Fuente: *Ohaus. Modelo cd-11 manual de instrucciones*. Pág 13

4.2.1.3.Lenguaje de programación y simulación

Para la programación del microcontrolador se utilizará un programa de computación llamado *pic simulator ide* (el anexo 4 muestra la ficha técnica del *pic* utilizado) que permite generar líneas de código que se pueden simular en varios modelos de microcontroladores virtuales para su comprobación. Además posibilita el uso de varios periféricos como el puerto serial, pantalla de cristal líquido y varios puertos de entrada y salida.

Figura 47. Vista del *pic* en el programa



Fuente: *Pic simulator ide. Microcontroler view*

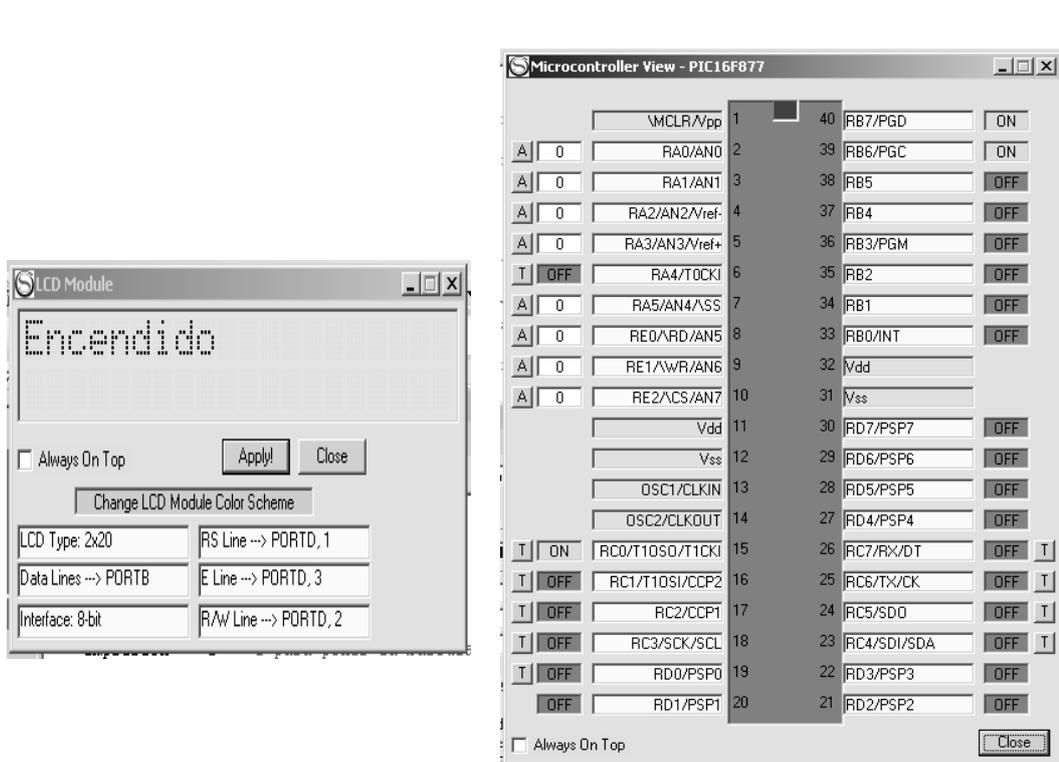
La figura 47 muestra la vista de un microcontrolador con los puertos de entrada y salida. El puerto B se utiliza para el control de la pantalla de cristal líquido. El puerto C se utiliza señales de entrada y salida y el puerto D se utiliza para señales de salida como se lista a continuación (el apéndice 2 muestra el código fuente propuesto):

- Puerto B (RB0, RB1, RB2, RB3, RB4, RB5, RB6, RB7=Bits de salida pantalla de cristal)
- Puerto C (RC0= Tecla de encendido, RC1=Tecla de programación, RC2= Rojo, RC3 = Fotosensor)

- Puerto D (RD1= Línea RS , RD2= Línea R/W, RD3=Línea E, RD4=Azul, RD5= Bomba, RD6= Amarillo, RD7=Verde)

En la figura 48 se muestra el estado actual del *pic* y la leyenda de encendido en la pantalla, esto indica que el sistema esta listo para funcionar.

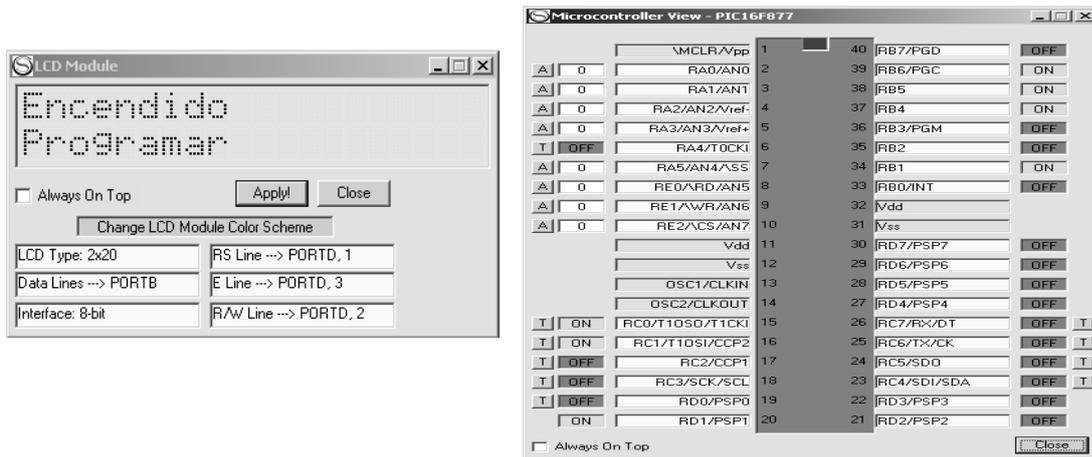
Figura 48. **Indicación de encendido en pantalla**



Fuente: *Pic simulator ide. Microcontroller view*

Para programar el peso objetivo y la tolerancia se presiona la tecla de programación para visualizar la leyenda de la figura 49.

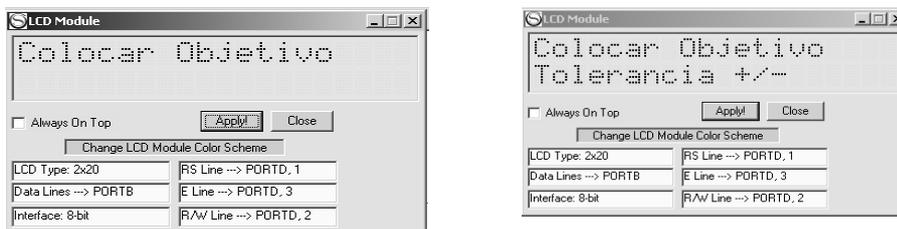
Figura 49. Programación de peso



Fuente: *Pic simulator ide. Microcontroler view*

Al colocar el peso objetivo y la tolerancia deseada, se muestra la leyenda en la figura 50.

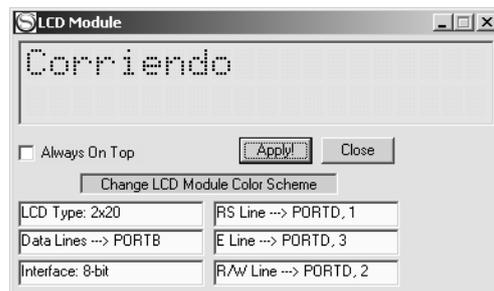
Figura 50. Peso objetivo y tolerancia.



Fuente: *Pic simulator ide lcd module*

Con esto se termina la programación y el sistema esta listo. Cuando se muestra la leyenda como la figura 51 se puede iniciar el llenado de los envases.

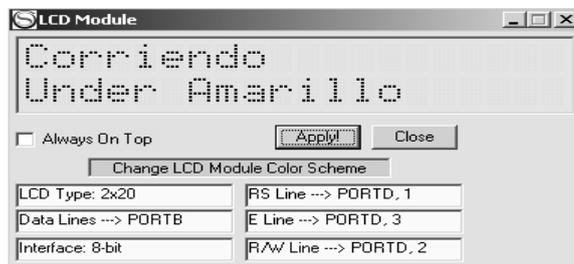
Figura 51. **Realizando las corridas**



Fuente: *Pic simulator ide. Microcontroler view*

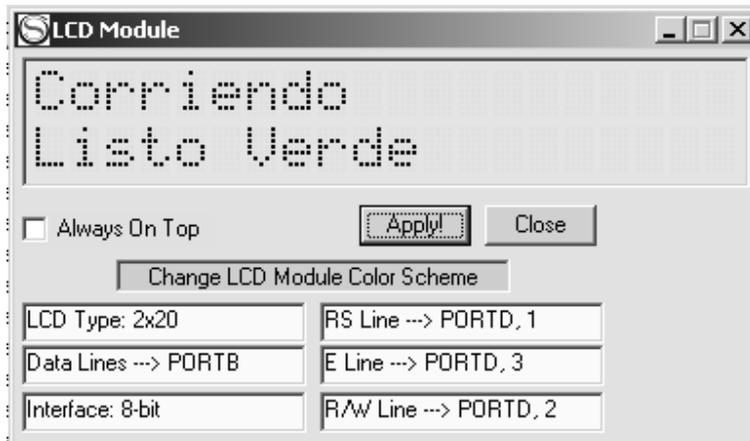
Quando se esta en la etapa del llenado se dan las posibilidades con las cuales los envases lleguen a quedar en el peso final, estos pueden ser tolerancia baja, tolerancia alta, peso exacto. Estas leyendas se muestran en las figuras 52, 53 y 54.

Figura 52. **Realizando las corridas under**



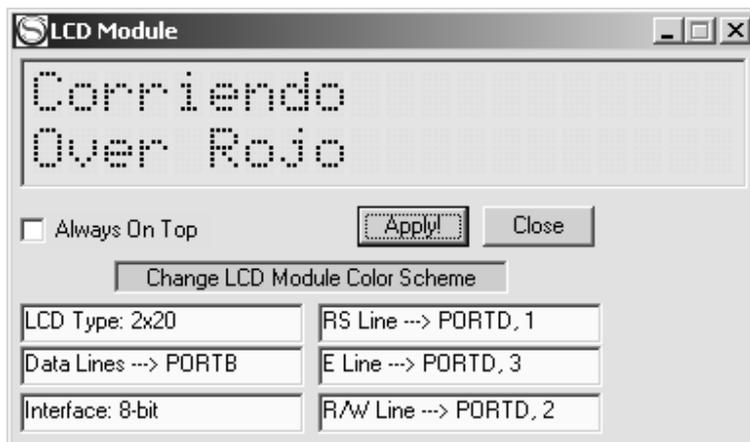
Fuente: *Pic simulator ide lcd module*

Figura 53. Realizando las corridas listo



Fuente: *Pic simulator ide lcd module*

Figura 54. Realizando las corridas over



Fuente: *Pic simulator ide lcd module*

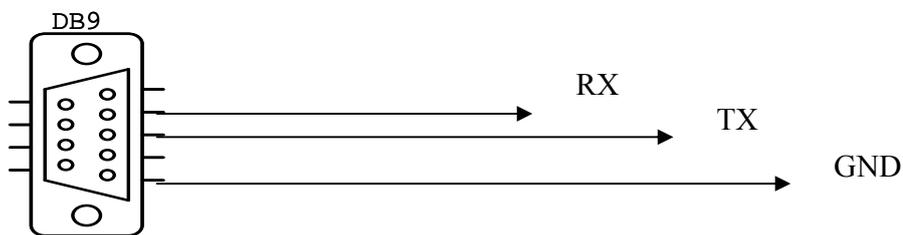
4.2.1.4. Conexión física, controlador y pic

La conexión entre el puerto serial del controlador digital y el microcontrolador se logra con la configuración *null modem* que utiliza únicamente tres cables que son:

- TX (Transmisión)
- RX (Recepción)
- GND (Tierra)

Estos tres cables y su posición se muestran en la figura 55.

Figura 55. Conexión de puerto serial



Fuente: *Circuit maker. User macros*

4.2.1.5. Comandos de comunicación

Los comandos que se pueden utilizar para la manipulación remota del controlador digital de peso se muestran en la tabla XII.

Tabla XII. Descripción de comandos para puerto serial

Command Character	Description
?	Print current mode: kg, g, lb, oz.
P	Same as pressing PRINT button.
T	Same as pressing TARE button.
Z	Same as pressing ZERO button.
xS	Print Stable only. Where x=0 Off, and x=1 On
AS	Automatically send data when stable after motion.
xxxxS	Send at interval. Where xxxx=1 to 3600 seconds.
CS	Send as fast as possible (continuous print)
M	Increment to next enabled unit

Fuente: *Ohaus. Modelo CD-11 manual de instrucciones.* Pág 36

4.2.1.6.Fotosensor

El fotosensor utilizado es un modelo ajustable que funciona con 110V de marca *Allen Bradley*, psdc (polo simple contacto doble) de la serie 9 000 (el anexo 5 muestra la ficha técnica del fotosensor), esta serie se caracteriza por trabajar en el modo de difusión, es por esto que conviene ya que para su funcionamiento correcto es necesario colocar el objeto a detectar enfrente. Otra ventaja que da es la posibilidad de ajustar la longitud a la que se activara porque esta cambiara dependiendo del tipo de envase que se utilice.

El modo de trabajo de difusión de este fotosensor es también de gran utilidad porque este método de detección no depende del color del objeto. Es por esto que se puede utilizar envases de cualquier color y transparente. Este dispositivo se muestra en la figura 56.

Figura 56. Fotosensor *Allen Bradley* serie 9000



Fuente: *Allen Bradley* Fotoswitch serie 9000

4.2.1.7. Interruptores electrónicos

Son módulos electrónicos hechos a base de *triac* que se utilizan para controlar cargas de corriente alterna, poseen aislamiento óptico de casi 4 000 voltios entre sus salidas y entradas de control. Las aplicaciones típicas son en el control de reles, solenoides arrancadores de motores calentadores, lámparas e indicadores entre otros (el anexo 5 y 6 muestran la ficha técnica de los interruptores).

El fotosensor se conecta al *pic* por medio de interruptores electrónicos a base de *triacs* con conversiones de 110V a 5 V y 5V a 110V para la conexión de la bomba, y de los interruptores como se muestra en la figura 57 y 58.

Figura 57. *Opto 22* de entrada



Fuente: *Opto 22* G4IAC5 Module

Figura 58. *Opto 22* de salida



Fuente: *Opto 22* G4OAC5A Module

Cuando se tengan los componentes integrados, el *pic* programado y el controlador digital de peso programado y ajustado (el apéndice 3 muestra el diagrama del circuito propuesto), es necesario realizar pruebas de inspección, funcionamiento y veracidad de las mediciones que se obtengan. Dependiendo de la cantidad de producto que se coloque en el envase se necesitara aumentar o disminuir la precisión del controlador digital.

CONCLUSIONES

1. Los fundamentos teóricos y prácticos del funcionamiento de los equipos de pesaje, son indispensables para el desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones innovadoras en los diferentes campos del desarrollo industrial.
2. Existen diferentes normas a nivel nacional derivadas de normas reconocidas internacionalmente, que sirven de instrumentos al país para estar en un nivel competitivo regionalmente.
3. Todos los cuerpos presentan diferentes características que influyen en la determinación de su masa, esto hace que existan diferentes tecnologías de pesaje que discriminen las posibles fuentes de error en la medición.
4. Es factible desarrollar una báscula llenadora de envases que cumpla con normas nacionales, que utilice componentes de bajo costo, fácil operación y mantenimiento que brinde resultados confiables en cada pesada.

RECOMENDACIONES

1. Cuando se escoja el tipo de celda de carga para una reparación se debe determinar el ambiente de trabajo y la capacidad máxima de uso, para que esta cuente con el tipo de protección necesario y la capacidad adecuada para su funcionamiento.
2. Al realizar las pruebas de calibración se deben de tomar en cuenta los requerimientos de las normas nacionales, las necesidades que se tengan y el uso que se le de a la báscula para que se pueda certificar.
3. Cuando la báscula forme parte de un proceso se deben definir las tolerancias máximas y mínimas para controlar la exactitud y precisión de las mediciones.
4. Se debe de implementar un programa de control que ajuste automáticamente los errores obtenidos por la báscula en el transcurso del tiempo, para optimizar el proceso de llenado.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. Wirth, J. Wirth, M. Gallo **Introducing a New Industrial Weighing System.**
5^a ed. (Colección Weighning) Alemania: s.e. 1996 pagina 205 - 211
2. Christoph Berg, Goettingen. **The Fundamentals of Weighing Technology.**
2^a ed. (Colección Weighning) Alemania: Editorial Shenck, 1991. pagina 3 - 6
3. Comisión Guatemalteca de Normas **Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología COGUANOR NGO 4 013.**
Guatemala s.e. 1998 página 3 - 30
4. Comisión Guatemalteca de Normas **Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos – Ensayos COGUANOR NGO 4 015.**
Guatemala s.e. 1999 página 1 – 52
5. S. Gunther-Hanssen **New Design for Weighing.**
5^a ed. Alemania, s.e.1985 página 2,83 – 85
6. T. Ueda, F. Kohsaka, E. Ogita **Transductores de precisión usando resonadores mecánicos.**
3^a ed. Alemania, s.e.1985 página 2,89 – 94
7. U.Erdem **Medición de peso y fuerza**
15^a ed. (Colección Scientific Instruments) s.l. s.e.1985 pagina 57 – 329
8. www.metlertoledo.com 19 de marzo del 2008
9. www.flexar.com 24 de marzo del 2008
10. www.totalcomp.com 26 de marzo del 2008

ANEXO 1



CELDA DE CARGA CGK

DESCRIPCION

Celda para balanzas de colgar, protegida contra insectos y el ambiente en general

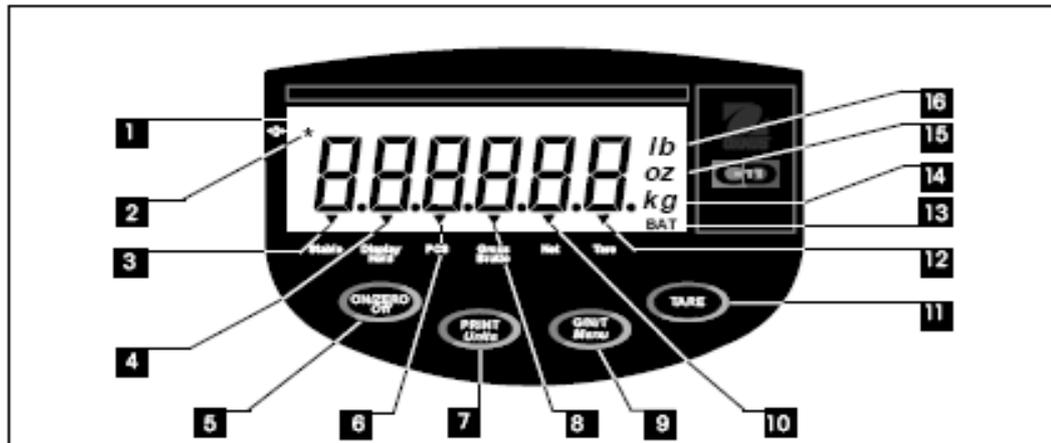


ESPECIFICACIONES GENERALES

Tensión max V	15	Creep %CN	0,03
Capacidades Kg.	35	Long de cable Mts	0,4
Sensibilidad mV/V	2 +/- 10%	Sobrecarga %CN	150
Resistencia del puente Ω	350	Corr. cero por temp. %CN/°C	+/- 0.003
Rango comp. de Temp. ° C	-10 a 40	Corr. sens por temp. %CN/°C	+/- 0.0015
Balace de cero %CN	+/- 1	Res aislación M Ω	> 5000
Alinealidad %CN	0,03	Material Base	Aluminio
Histéresis %CN	0,02	Grado de protección	IP65
Repetibilidad %CN	0,02		

ANEXO 2

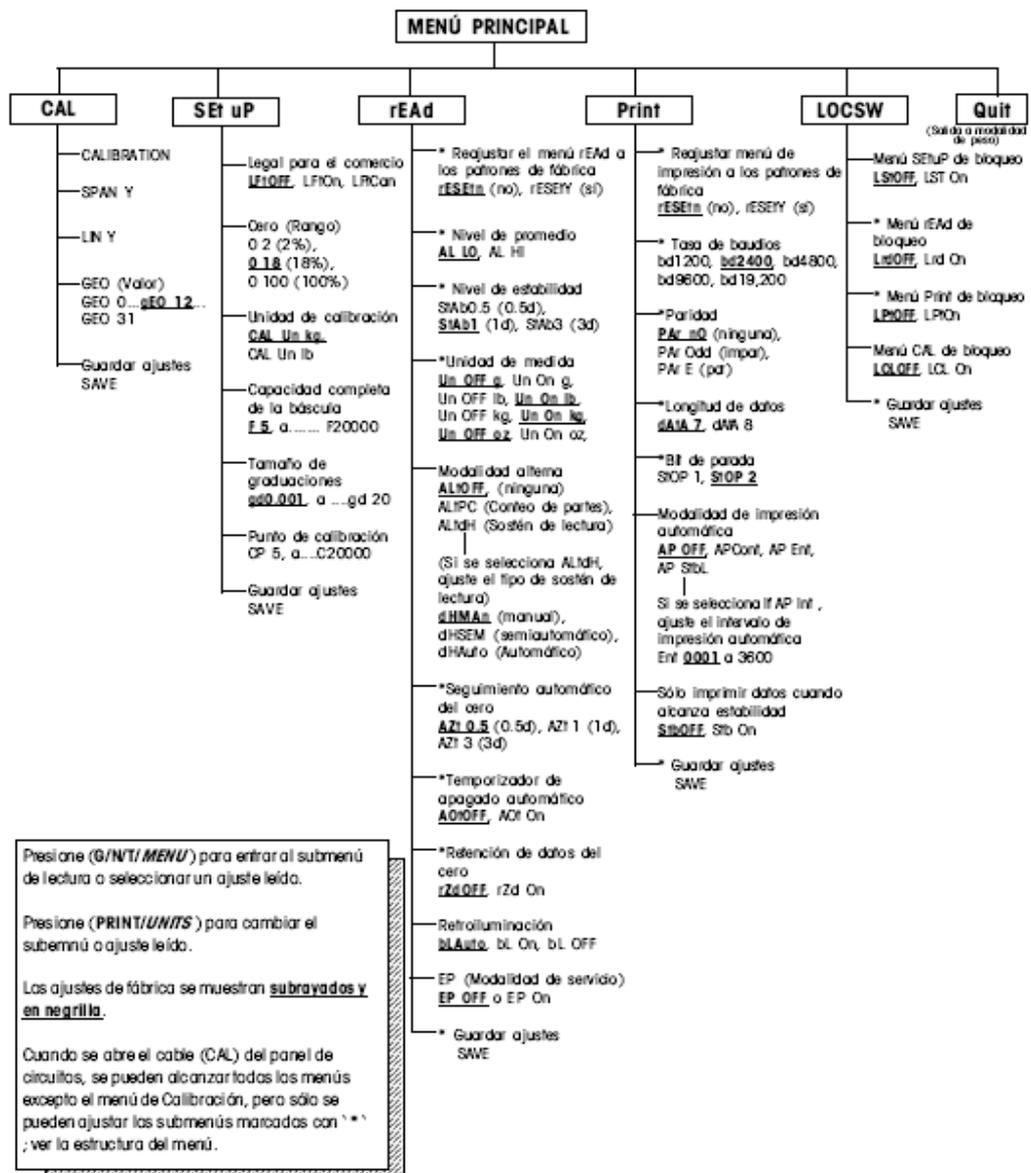
OVERVIEW OF CONTROLS AND INDICATOR FUNCTIONS



No.	Designation	Function
1	Display	LCD display, indicates weight, modes and setup information.
2	Center of Zero	LCD indicator prompt, indicates center of zero when within $\pm 0.25d$.
3	Stable	LCD indicator prompt, indicates that the measured value has become stable.
4	Display Hold	LCD indicator prompt, indicates display hold is active.
5	ON/ZERO/OFF button	Turns indicator on or off. Secondary use, provides zero function.
6	Pcs	LCD indicator prompt, indicates parts counting function is active.
7	PRINT/Units button	Short press, prints data which is displayed on the indicator. Long press, changes unit of measure or mode. When in menus, each press advances through the menus. When in submenus or establishing Average Piece Weights, each press toggles through settings.
8	Gross Brutto	LCD indicator prompt, indicates gross weight.
9	Gross/Tare button	Recalls Gross/Net/Tare. Long press allows entry into menus. When in menus, accepts the settings. When in parts counting mode, long press sets up Average Piece Weight.
10	Net	LCD indicator prompt indicates net weight.
11	TARE button	When pressed, enters tare value into memory.
12	Tare	LCD indicator prompt indicates tare weight. When establishing print interval, increments through the settings.
13	BAT	LCD indicator prompt, indicates low battery.
14	kg g	LCD indicator, when lit, indicates weight in kilograms. LCD indicator, when lit, indicates weight in grams.
15	oz	LCD indicator, when lit, indicates weight in ounces.
16	lb	LCD indicator, when lit, indicates weight in pounds.

ANEXO 3

Menu de configuración de controlador de peso digital.



Fuente: Ohaus Modelo CD-11 manual de instrucciones. Pág 12

ANEXO 4



PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

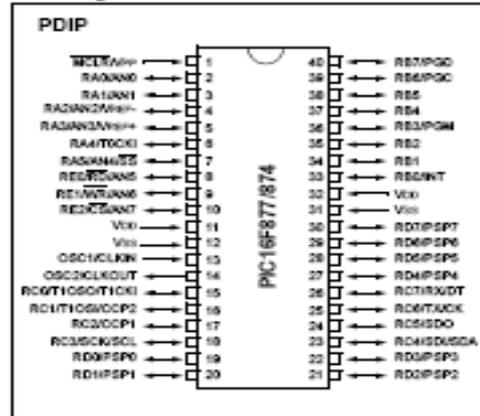
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/75/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

ANEXO 5

Series 9000 DeviceNet SmartSight™



- Self-teach operation
- Selectable strobing and/or COS operation
- Advanced diagnostics
- Advanced logic
- Autobaud

- Retroreflective* 9.14m
- Polarized retroreflective* 5m
- Standard diffuse† 1.5m
- Transmitted beam 152m
- ClearSight 1.2m
- Infrared fiber optic♦
- Visible red fiber optic♦

- 11-24V DC

- 3ms

- www.ab.com/catalogs

ANEXO 6

G4 Digital AC Input Modules

Features

- ▶ 4000 volts optical isolation (transient)
- ▶ Built-in LED status indicator
- ▶ Small footprint design
- ▶ UL recognized, CSA certified, CE approved
- ▶ Passes NEMA Showering Arc Test (ICS 2-230)
- ▶ Meets IEEE Surge Withstand Specification (IEEE-472)
- ▶ Built-in filtering for transient suppression and noise rejection
- ▶ Operating temperature: -30 °C to 70 °C

Description

Opto 22's G4 AC input modules are used to detect on/off AC voltage levels. Each module provides up to 4000 volts of optical isolation (transient) between field inputs and the logic output of the circuit.

All AC input modules are designed with filtering on the input and a hysteresis amplifier, providing high noise rejection and transient-free "clean" switching.

The G4IACSMA is a special module featuring a manual-on/manual-off/automatic switch, ideal for diagnostic testing of control applications.

Typical applications for AC input modules include sensing the presence or absence of voltage, and sensing contact closure from sources such as proximity switches, limit switches, float switches, selector switches, push buttons, toggle switches, and thermostats.



G4IACS Module



G4IACSMA Module

Specifications

	Units	G4IAC5	G4IAC5L	G4IAC5A	G4IAC5MA
Input voltage range	VAC or VDC	90-140	90-140	180-280	90-140
Key feature	--	--	Low R In	--	Diagnostic switch
Input current at maximum line	mA	5	11	5	5
Isolation, input-to-output (transient):					
1 ms	V	4000	4000	4000	4000
1 minute	V	1500	1500	1500	1500
Turn-on time	ms	20	20	20	20
Turn-off time	ms	20	20	20	20
Input allowed for off-state	mA, V	1.4, 40	3, 45	0.7, 45	1.4, 40
Nominal output voltage supply	VDC	5	5	5	5
Output supply voltage range	VDC	4.5-6	4.5-6	4.5-6	4.5-6
Output supply current at nominal logic voltage	mA	12	12	12	12
Input resistance (R _I in schematic)	ohms	28 K	14 K	70K	28 K
Control resistance (R _C in schematic)	ohms	220	220	220	220
Output voltage drop	V @ 50 mA	0.4	0.4	0.4	0.4
Output current (sinking)	mA	50	50	50	50
Output leakage with no input	microamps @ 30 VDC	100	100	100	100
Transistor	V breakdown	30	30	30	30
Temperature					
Operating:	°C	-30 to +70	-30 to +70	-30 to +70	-30 to +70
Storage:	°C	-30 to +85	-30 to +85	-30 to +85	-30 to +85

ANEXO 7

G4 Digital AC Output Modules

Features

- ▶ 4,000 V_m optical-isolation
- ▶ Built-in LED status indicator
- ▶ Logic levels of 5, 15, and 24 VDC
- ▶ Removable fuse
- ▶ Current rating: 3 amps at 45° C
- ▶ UL Motor Load rating: 1.5 amps
- ▶ Ability to withstand one-cycle surge of 80 amps
- ▶ Operating temperature: -30 °C to 70 °C



G4OAC5A and
G4OAC5AMA Modules

Description

Opto 22's G4 AC output modules are used to control or switch AC loads. Each module provides up to 4,000 Vrms of optical-isolation between field outputs and the control side of the circuit, and each features zero voltage turn-on and zero current turn-off. All AC output modules are equivalent to single-pole, single-throw, normally open contacts (Form A, SPST-NO) except the G4OAC5A5, which is equivalent to a single-pole, single-throw, normally closed contact (Form B, SPST-NC).

The G4OAC5MA and the G4OAC5AMA are special modules featuring a manual-on/manual-off/automatic switch, ideal for diagnostic testing of control applications.

Typical applications for AC output modules include switching loads such as AC relays, solenoids, motor starters, heaters, lamps, and indicators.

Part Numbers

Part	Description
G4OAC5	G4 AC Output 12-140 VAC, 5 VDC Logic
G4OAC5A	G4 AC Output 24-280 VAC, 5 VDC Logic

Specifications

	Units	G4OAC5*	G4OAC5A*	G4OAC5A5*	G4OAC5MA*	G4OAC5AMA*
Nominal line voltage	VAC	120	120/240	120/240	120	120/240
Output voltage range	VAC	12–140	24–280	24–280	12–140	24–280
Key feature	—	—	—	Normally closed	Diagnostic switch	Diagnostic switch
Current rating: At 45 °C ambient	A	3	3	3	3	3
At 70 °C ambient	A	2	2	2	2	2
UL Motor Load Rating	A	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Isolation input-to-output	V _{RMS}	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Off-state leakage at nominal voltage (60 Hz)	mA _{RMS}	5	1.25/2.5	1.25/2.5	5	1.25/2.5
Nominal logic voltage	VDC	5	5	5	5	5
Logic voltage range	VDC	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8
Logic pickup voltage	VDC	4	4	4	4	4
Logic dropout voltage	VDC	1	1	1	1	1
Logic input current at nominal logic voltage	mA	12	12	12	12	12
Control resistance (Rc in schematic)	Ω	220	220	220	220	220
One-cycle surge	A peak	80	80	80	80	80
Turn-on time @ 60 Hz	ms	≤8.3**	≤8.3**	≤8.3**	≤8.3**	≤8.3**
Turn-off time @ 60 Hz	ms	≤8.3***	≤8.3***	≤8.3***	≤8.3***	≤8.3***
Peak repetitive voltage	VAC	500	500	500	500	500
Minimum load current	mA	20	20	20	20	20
Output voltage drop maximum peak	V	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Operating frequency	Hz	25–65	25–65	25–65	25–65	25–65
dV/dT-off-state	V/μs	200	200	200	200	200
dV/dT-commutating	--	snubbed for 0.5 power factor load				
Temperature Operating:	°C	-30 to +70				
Storage:	°C	-30 to +85				

* Also available with an FM rating; add FM to the part number (example: G4OAC5FM).

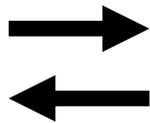
** One-half cycle maximum. Module turns on at the zero volt crossing of the AC sine wave.

*** One-half cycle maximum. Module turns off at the zero current crossing of the AC sine wave.

APÉNDICE 1

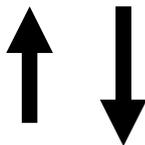
Procedimiento de configuración de controlador digital de peso:

Botón PRINT/Units



Cambia parámetros de sub menú

Botón G/N/T/Menú



Presionar y mantener para entrar al menú,

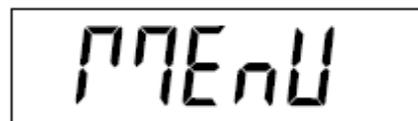
Botón de Tara

Para cambiar parámetros de impresión.

Es necesario configurar el controlador para que funcione correctamente, para esto se debe de ingresar al modo de configuración colocando el *JUMP CAL*.

Con esta información se procede a la configuración de los parámetros en el menú de *SETUP* en el siguiente orden:

Mantener presionado **Botón G/N/T/Menú**



Soltar **Botón G/N/T/Menú**

Presionar **Botón PRINT/Units**

Presionar **Botón G/N/T/Menú**

Seleccionar "On" con **Botón PRINT/Units**

Presionar **Botón G/N/T/Menú**

Rango de operación de cero

Dejarlo en 2 presionar **Botón PRINT/Units**

Presionar **Botón G/N/T/Menú**

Unidad de ajuste

Dejarlo en kg presionar **Botón PRINT/Units**

Presionar **Botón G/N/T/Menú**

Ajuste de capacidad máxima

Dejarlo en 60 presionar **Botón PRINT/Units**

Presionar **Botón G/N/T/Menú**

Ajuste de tamaño de graduación

Dejarlo en 0.02 presionar **Botón PRINT/Units**

Presionar **Botón G/N/T/Menú**

Valor de ajuste

Dejarlo en 30 o 60 presionar **Botón PRINT/Units**

A digital display showing the text "CP 5 kg" in a monospaced font. The "5" is significantly larger than the other characters.

Presionar **Botón G/N/T/Menú**

Grabar datos **Botón PRINT/Units**

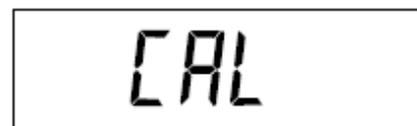
A digital display showing the text "SAVE" in a monospaced font.

Ahora se continúa con la configuración pero en el menú de *READ* en el siguiente orden:

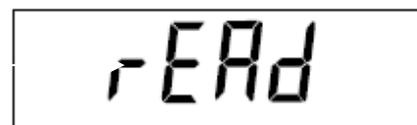
Mantener presionado **Botón G/N/T/Menú**

A digital display showing the text "MENU" in a monospaced font.

Soltar **Botón G/N/T/Menú**

A digital display showing the text "CAL" in a monospaced font.

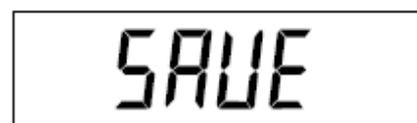
Presionar **Botón PRINT/Units** hasta que
Aparezca la leyenda

A digital display showing the text "READ" in a monospaced font.

Presionar 2 veces **Botón G/N/T/Menú**
Colocar en 3 presionando
Botón PRINT/Units

A digital display showing the text "STAB 1" in a monospaced font.

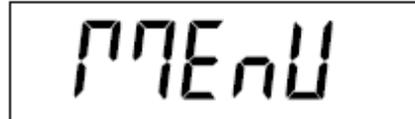
Presionar 8 veces **Botón G/N/T/Menú**
Grabar datos

A digital display showing the text "SAVE" in a monospaced font.

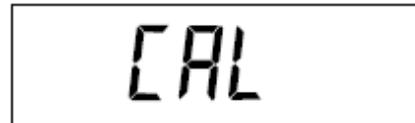
Botón PRINT/Units

Ahora se continúa con la configuración pero en el menú de *PRINT* en el siguiente orden:

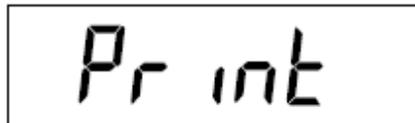
Mantener presionado **Botón G/N/T/Menu**



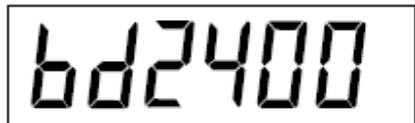
Soltar **Botón G/N/T/Menu**



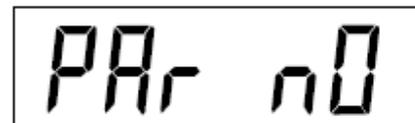
Presionar **Botón PRINT/Units** hasta que
Aparezca la leyenda



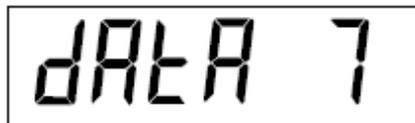
Presionar **Botón G/N/T/Menu**
Colocar en 9 600 presionando
Botón PRINT/Units



Presionar **Botón G/N/T/Menu**
Colocar en E presionando
Botón PRINT/Units



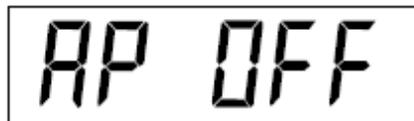
Presionar **Botón G/N/T/Menu**
Colocar en 8 presionando
Botón PRINT/Units



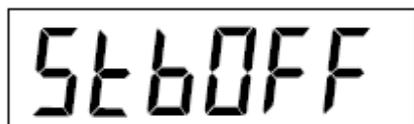
Presionar **Botón G/N/T/Menu**
Colocar en 1 presionando
Botón PRINT/Units



Presionar **Botón G/N/T/Menú**
Colocar en Stbl presionando
Botón PRINT/Units



Presionar **Botón G/N/T/Menú**
Colocar en On presionando
Botón PRINT/Units



Presionar **Botón G/N/T/Menú**
Grabar datos
Botón PRINT/Units

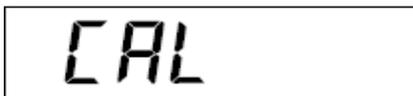


El menú *LOCSW* no se manipula. Por ultimo se debe ajustar el peso del controlador utilizando masas patronas clase M1 como sigue:

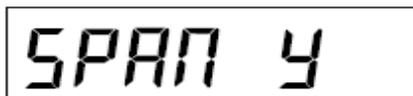
Mantener presionado **Botón G/N/T/Menú**



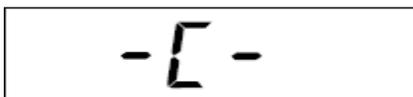
Soltar **Botón G/N/T/Menú**



Presionar **Botón G/N/T/Menú**



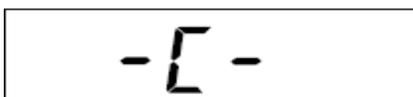
Presionar **Botón G/N/T/Menú**



La plataforma debe estar vacía y estable



Después de unos segundos se visualizara
La leyenda CP 30 o CP 60 según se haya
Seleccionado en el menú anterior.



Colocar las masas patronas clase M1

Presionar **Botón G/N/T/Menú**

Si el ajuste es exitoso aparecerá 30 kg o 60 kg según sea el caso Retirar las masas patronas

Por ultimo es necesario quitar el *JUMP CAL* para asegurarse que el valor no sea manipulado por personas ajenas.

APÉNDICE 2

El código fuente se muestra a continuación:

```
Define ADC_CLOCK = 3 'valor de reloj
Define ADC_SAMPLEUS = 10 'numero de muestras
Define LCD_BITS = 8 'lineas de datos
Define LCD_DREG = PORTB
Define LCD_DBIT = 0
Define LCD_RSREG = PORTD
Define LCD_RSBIT = 1
Define LCD_EREG = PORTD
Define LCD_EBIT = 3
Define LCD_RWREG = PORTD
Define LCD_RWBIT = 2
Define LCD_COMMANDUS = 100
Define LCD_DATAUS = 10
Define LCD_INITMS = 1
Dim impresion As Byte 'Declaro variable de impresion
Dim division As Byte
Dim over As Byte
Dim under As Byte
Dim target As Byte
Dim peso As Byte
Dim graduacion As Byte
Dim tol As Byte
Dim fotosensor As Bit
Dim rojo As Bit
Dim azul As Bit
Dim amarillo As Bit
Dim verde As Bit
Dim bomba As Bit
TRISB = %00000000
TRISC = %11111111 'puerto de entrada
TRISD = %00000000 'puerto de salida
Hseropen 9600 'abrir puerto a 9600 baudios
encender:
If PORTC.0 = 1 Then 'tecla de encendido
```

```

Lcdinit 'inicializa LCD
Lcdcmdout LcdClear 'limpia la LCD
Lcdout "Encendido" 'Sistema encendido
Lcdcmdout LcdLine2Home 'manda cursor al inicio de linea 2
Lcdout "Programar " 'presionar 1 para programar
WaitMs 1 'larger value should be used in real device
        PORTD.0 = 1 'enciende luz de encendido
        Goto programar 'va a programacion
        'WaitMs 1000 'Tiempo en uso real
Goto encender
Else
PORTD.0 = 0
Endif
programar:
    If PORTC.1 = 1 Then
        Lcdcmdout LcdClear 'limpia la LCD
        Lcdout "Colocar Objetivo " 'peso objetivo
        WaitMs 1 'larger value should be used in real device
        impresion = "P" 'P para mandar a imprimir en puerto serie
        Hserout impresion, CrLf 'pedir peso al indicador
        'WaitMs 100 'Tiempo en uso real
        Hserin target 'recibe peso objetivo
        Lcdcmdout LcdLine2Home 'manda cursor al inicio de linea 2
        Lcdout "Tolerancia +/- " 'valor over under
        WaitMs 1 'larger value should be used in real device
        Hserout impresion, CrLf 'pedir peso al indicador
        'WaitMs 100 'Tiempo en uso real
        Hserin tol
Goto corrida
    Else
    Endif
Goto programar
corrida:
impresion = "Z" 'Z para poner la báscula en cero
Hserout impresion, CrLf 'zero en báscula
azul = 1
PORTD.4 = azul 'enciende luz azul
Lcdcmdout LcdClear 'limpia la LCD
Lcdout "Corriendo" 'Texto linea1
WaitMs 1
PORTC.3 = fotosensor
    If bomba = 0 Then
        If fotosensor = 0 Then
            Hserout impresion, CrLf 'zero en báscula

```

```

Else
    'waitms 100 'tiempo de espera
    bomba = 1
    PORTD.5 = bomba 'activa la bomba
    impresion = "P" 'P para mandar a imprimir en puerto serie
    Hserout impresion, CrLf 'pedir peso al indicador
    'WaitMs 100 'Tiempo en uso real
    Hserin peso 'recibe peso acumulado
    graduacion = tol - target 'division de la báscula
    under = target - graduacion 'valor under
    over = target + graduacion 'valor over
        If peso = under Then 'enciende foco amarillo
            amarillo = 1
            PORTD.6 = amarillo
            Lcdcmdout LcdClear 'limpia la LCD
            Lcdout "Corriendo" 'Texto linea1
            Lcdcmdout LcdLine2Home 'manda cursor
                al inicio de linea 2
                    programar
                        real device
                            Lcdout "Under" 'presionar 1 para
                                WaitMs 1 'larger value should be used in
                                    Endif
                                        If peso = target Then 'enciende foco verde
                                            verde = 1
                                            PORTD.7 = verde
                                            bomba = 0 'apaga bomba
                                            Lcdcmdout LcdClear 'limpia la
                                                LCD
                                                    Lcdout "Corriendo" 'Texto linea1
                                                    Lcdcmdout LcdLine2Home 'manda
                                                        cursor al inicio de linea 2
                                                            programar
                                                                used in real device
                                                                    Endif
                                                                        If peso = over Then 'enciende foco
                                                                            rojo
                                                                                rojo = 1
                                                                                PORTC.2 = rojo
                                                                                Lcdcmdout LcdClear 'limpia la
                                                                                    LCD
                                                                                        Lcdout "Corriendo" 'Texto linea1

```

cursor al inicio de linea 2

programar

used in real device

```
                Endif
            Else
            Endif
Goto corrida
```

```
Lcdcmdout LcdLine2Home 'manda
```

```
Lcdout "Over" 'presionar 1 para
```

```
WaitMs 1 'larger value should be
```

```
Endif
```

APÉNDICE 3

