



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

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA
UNA BÁSCULA CAMIONERA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS**

Edward James Orr Lemus

Asesorado por el Ing. Rodolfo Molina Castellán

Guatemala, enero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA
UNA BÁSCULA CAMIONERA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDWARD JAMES ORR LEMUS

ASESORADO POR EL ING. RODOLFO MOLINA CASTELLÁN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ENERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto García Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento 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 UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNA BÁSCULA CAMIONERA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 20 de enero de 2016.

Edward James Orr Lemus

Guatemala, 11 de agosto del 2016

Ingeniero
Roberto Guzmán Ortiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Guzmán:

Por este medio le informo que el tema del Trabajo de Graduación titulado, "**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNA BÁSCULA CAMIONERA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS**", presentado por el estudiante Edward James Orr Lemus, ha sido revisado por el suscrito, y las observaciones y correcciones sugeridas por parte de esta Asesoría, han sido efectuadas por el estudiante.

Por tal motivo, doy mi visto bueno para que se continúe con el trámite respectivo,

Sin otro particular, atentamente

Rodolfo Molina Castellán
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 1728

R.M.C.

Ing. Rodolfo Molina Castellán

Ing. Mecánico Industrial

Colegiado 1728



USAC
TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.244.2016

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNA BÁSCULA CAMIONERA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS** desarrollado por el estudiante **Edward James Orr Lemus, carné 2008-19027** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, agosto 2016



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

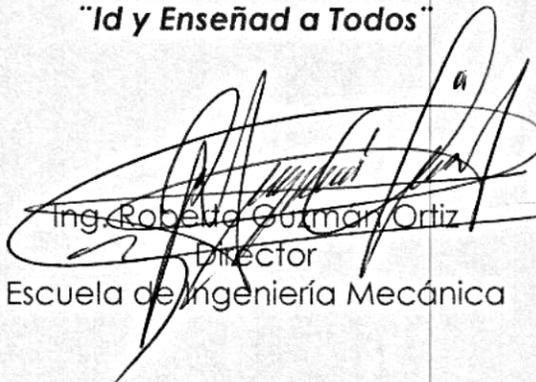
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.015.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNA BÁSCULA CAMIONERA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS** del estudiante **Edward James Orr Lemus, CUI 2564-86824-2001, carné No. 200819027**, y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzman Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, enero de 2017

/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala

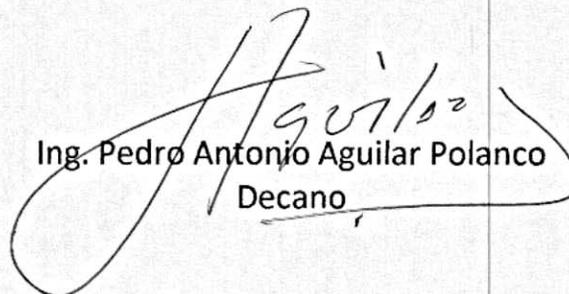


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 051.2017

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, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNA BÁSCULA CAMIONERA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS,** presentado por el estudiante universitario: **Edward James Orr Lemus,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, enero de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida, salud, fortaleza y sabiduría a lo largo de mi vida.
- Mis padres** James Hendrick Orr Mendizábal y Aura Marina Lemus Díaz, por apoyarme siempre y ser mi principal inspiración para terminar esta meta, los amo.
- Mis abuelas** María del Rosario Díaz (q. e. p. d.), en vida fue mi segunda madre y siempre la querré con todo mi corazón y Alba Marina Mendizabal, por brindarme amor, cariño y consejos tan valiosos a lo largo de mi vida.
- Mis tíos** En especial a Gilbert y Alexander Orr, por ser inspiración en el ámbito profesional. También a Geovanny, Karla, Julio, Enma y, en especial, a Ileana, por ser como una segunda madre para mí.
- Herbert Mancilla (q. e. p. d.)** Por ser una persona muy especial conmigo, por quererme y darme todo su apoyo.

Mis primos

Gilbert, Laura, Marcela, Alex, Willy, Gilbertio, Mariana, Pedro Roberto, Julito, Leisly, Randolfito, Cesar, Nilva, Floridaalma y Ever, por tantas alegrías y momentos compartidos.

Cateryne Galindo

Por su amor, apoyo, paciencia y por estar desde el inicio de mi carrera en las buenas y en las malas.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por su formación académica.

Facultad de Ingeniería

Especialmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por darme las herramientas necesarias para alcanzar mis metas.

Mis amigos

Mario Corado, Fernando Aguilar y Josué Miranda, por ser tan buenos amigos y por su apoyo en los buenos y malos momentos. También a mis demás amigos de la Universidad y a los que he tenido a lo largo de la vida, gracias por su amistad.

**Servicios Industriales
y Agrícolas, S. A.**

Por permitirme ser parte de su equipo de trabajo y darme las herramientas y asesoría necesaria para concluir este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. CONCEPTOS GENERALES.....	1
1.1. Básculas	1
1.2. Básculas camioneras	2
1.3. Clasificación de básculas camioneras	3
1.4. Partes principales de una báscula camionera	7
1.4.1. Plataforma de la báscula camionera.....	7
1.4.2. Control indicador de la báscula camionera.....	9
1.5. Mantenimiento preventivo.....	10
1.6. Mantenimiento correctivo.....	11
1.7. Calibración.....	12
1.8. Generalidades de la marca Fairbanks	12
1.9. Reseña histórica de la marca Fairbanks.....	13
1.9.1. Báscula camionera modelo Tracker VS.....	15
2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA BÁSCULA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS.....	19
2.1. Mantenimiento preventivo de los anclajes de la báscula	19

2.2.	Mantenimiento preventivo del sistema eléctrico de la báscula.....	20
2.3.	Mantenimiento preventivo de la plataforma de la báscula.....	23
2.4.	Mantenimiento preventivo de la instrumentación y cableado de la báscula	25
2.5.	Mantenimiento preventivo de las celdas de carga	30
2.6.	Mantenimiento preventivo del indicador de la báscula	32
3.	CALIBRACIÓN.....	35
3.1.	¿Por qué las calibraciones periódicas son necesarias?	35
3.2.	¿Qué aspectos influyen para que las calibraciones periódicas sean necesarias?	36
3.3.	Clasificaciones de masas patrón.....	37
3.4.	Certificación de una calibración	46
3.5.	Entidades nacionales autorizadas para la certificación de una calibración	49
4.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE UNA BÁSCULA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS	51
4.1.	Revisión y cambio de instrumentación y cableado.....	51
4.1.1.	Revisión y cambio de las celdas de carga de la báscula	51
4.1.2.	Revisión y cambio de las tarjetas seccionales y tarjeta Power	54
4.1.3.	Revisión y cambio del cableado de la instrumentación	56
4.2.	Reporte de mantenimiento de la báscula	58
	CONCLUSIONES.....	61

RECOMENDACIONES..... 63
BIBLIOGRAFÍA..... 65
ANEXOS..... 67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Báscula camionera en fosa	4
2.	Báscula camionera sobre piso	5
3.	Báscula camionera de plataforma de concreto	6
4.	Báscula camionera de plataforma de metal	7
5.	Plataforma de metal con camión encima	8
6.	Celda de carga sosteniendo la unión de dos módulos	9
7.	Indicador marca Fairbanks modelo FB2550.....	10
8.	Báscula camionera marca Fairbanks modelo Tracker VS.....	18
9.	Anclajes en platina de báscula modelo Tracker VS	20
10.	Cable de cobre aterrizando la estructura de báscula modelo Tracker VS	22
11.	Drenajes en plataforma de báscula camionera modelo Tracker VS	25
12.	Tarjeta Power de báscula modelo Tracker VS	26
13.	Broche mal cerrado de encapsulado de tarjeta Power.....	27
14.	Vista directa de tarjeta Power de báscula modelo Tracker VS.....	27
15.	Tarjeta seccional dentro de su encapsulado de báscula modelo Tracker VS	28
16.	Ducto lateral de la báscula para cableado de instrumentación	29
17.	Entrada del ducto de cableado de la instrumentación	29
18.	Celda de carga modelo Rocker Column de 100 000 lb.....	30
19.	<i>Cup</i> superior.....	31
20.	Forma de colocar el camión dentro del módulo	42
21.	Retroceso del camión para centrarlo en la báscula	43

22.	Salida del camión de la báscula.....	44
23.	Esquema de la estructura de las entidades y cómo fluyen	50
24.	<i>Cover plates</i> que cubren tarjetas seccionales	54

TABLAS

I.	Clasificación de pesas OIML, ASTM, y NIST	38
II.	Errores máximos permisibles para OIML R 111	39
III.	Información del equipo requerida para extender certificados de calibración.....	47
IV.	Formato de presentación de masas para certificados de calibración ...	47

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
plc	Control lógico programable
US\$	Dólares americanos
g	Gramo
kg	Kilogramo
lb	Libra
mg	Miligramos
Q	Quetzal

GLOSARIO

Báscula camionera	Sistema de pesaje para pesar vehículos, principalmente tráiler y camiones de carga.
Celda de carga	Dispositivo que reacciona bajo presión, tensión o torsión y transmite una información electrónica para determinar una fuerza o peso.
Cename	Centro Nacional de Metrología.
Coguanor	Comité Guatemalteco de Normas.
Cups	Copas que sirven como acoples en las partes superior e inferior de las celdas de carga.
Encapsulado	Protección física de un sistema o equipo, el cual puede ser contra sólidos, líquidos o incluso gases.
Fairbanks	Fabricante estadounidense de básculas y sistemas de pesaje.
Instrumentación	Componentes del equipo, los cuales no dan una medición, información o parámetros de variables en el proceso de pesaje.
IP69K	Herméticamente sellado

Masa patrón	Masa de un peso conocido, determinado y certificado por una entidad autorizada o normada.
OGA	Oficina Guatemalteca de Acreditación.
Rodadura	Cara superior de la superficie donde rueda la llanta de un vehículo.
Tarjeta Power	Tarjeta electrónica que sirve para energizar el sistema de las básculas camioneras.
Tarjeta seccional	Tarjeta electrónica en la cual se juntan las señales de dos celdas de carga y unifican la señal.
Tracker VS	Modelo de báscula camionera sobre piso de rodadura de concreto, marca Fairbanks.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado bajo la necesidad de realizar un manual de mantenimiento preventivo y correctivo para las básculas camioneras marca Fairbanks modelo Tracker VS, de cualquier longitud.

Se elige dicho modelo de báscula debido a que es un modelo muy utilizado en la industria y comercio guatemalteco. Es de alta confiabilidad y costo relativamente bajo con respecto al de otras marcas y modelos.

Se inicia con una pequeña recopilación y descripción de generalidades de las básculas, tipos, mantenimiento y datos históricos de la marca Fairbanks. Posteriormente, se procede a realizar, con base en experiencias con clientes, a través de la empresa Servicios Industriales y Agrícolas, S. A. y su experiencia en instalación, mantenimiento y calibración de esta marca y modelo de básculas camioneras, una sección para mantenimiento preventivo en la que se incluye y describen procedimientos de chequeos diarios, semanales, mensuales y anuales. Estos procedimientos pueden ser realizados por operarios del equipo o por empresas especializadas en dar servicio de mantenimiento y calibración a estas básculas.

También se añade un capítulo para el conocimiento del procedimiento y estándares de una calibración de las básculas camioneras, certificaciones y entidades que las hacen válidas. Finalmente, se describe el mantenimiento correctivo como procedimiento a seguir para la revisión y sustitución de las principales partes del modelo Tracker VS, dejando así un manual que será útil

para los usuarios de estos equipos, mejorando costos de mantenimiento tanto preventivos, como correctivos y de calibración.

OBJETIVOS

General

Diseñar un manual de mantenimiento preventivo y correctivo de una báscula camionera marca Fairbanks, modelo Tracker VS para su correcto funcionamiento.

Específicos

1. Definir el plan óptimo para la realización de los mantenimientos preventivos, correctivos y las calibraciones periódicas a efectuar para mantener en correcto funcionamiento la báscula, con base en sus parámetros de funcionamiento.
2. Establecer qué es y cómo se realiza una calibración a través de masas certificadas para una báscula camionera.
3. Describir las principales causas por las cuales se descalibra la báscula y cómo se pueden reducir al máximo.
4. Definir los procedimientos preventivos para reducir las fallas en el equipo y sus partes.

INTRODUCCIÓN

Las básculas son un equipo utilizado para establecer el peso de uno o varios elementos, substancias o productos. A lo largo de la historia se han creado diferentes tipos de básculas, dependiendo de las necesidades de los usuarios, las cuales van desde capacidades muy pequeñas hasta equipos de pesaje para equipo considerablemente pesado. El tipo de báscula que interesa para este trabajo de graduación es la báscula utilizada a nivel industrial para el pesaje de camiones cargueros. Por lo tanto, se ha escogido una báscula modelo Tracker VS, marca Fairbanks, que es un tipo de báscula de plataforma de rodadura de concreto, la cual puede tener distintas longitudes y capacidades de acuerdo a sus necesidades.

Estas básculas son utilizadas para llevar un control del producto o material que está transportando el camión o vehículo, al calcular de la diferencia de peso entre el vehículo cargado y cuando esta descargado, o viceversa. Como todo equipo industrial, las básculas camioneras también necesitan de mantenimiento preventivo y correctivo, así como calibraciones periódicas y un control del estado de funcionamiento de la báscula. Esto garantizará el correcto funcionamiento del equipo y no permitirá errores en las mediciones y resultados de los ciclos de pesaje.

1. CONCEPTOS GENERALES

1.1. Básculas

Son instrumentos que sirven para medir o determinar el peso de un objeto a través de diferentes sistemas, métodos o procedimientos. La mayoría de básculas se basan en una plataforma en la que se coloca el objeto del cual se desea determinar el peso. La plataforma puede ser tanto de metal, concreto o de algún material específico que requiera uso en especial. Otras básculas se basan en diferentes tipos de sistemas, en los cuales el peso puede estar colgado de algún mecanismo o en un recipiente, tanque o encapsulado en algún ambiente controlado.

Las básculas han evolucionado y cambiado el método para pesar, desde las balanzas más antiguas que usaban contrapesos, hasta las electrónicas digitales de alta precisión. Las básculas se clasifican de muchas maneras, una de ellas es si la báscula es mecánica o electrónica. Las básculas mecánicas se basan en un mecanismo de palancas o contrapesos, el cual ejerce una fuerza que es medida en una escala. Mientras que las básculas digitales usan sensores electrónicos llamados celdas de carga, los cuales, a través de la compresión, deflexión o tensión, mandan una señal electrónica a un indicador controlador que indica el peso en una pantalla.

Las básculas también se pueden clasificar con base en su capacidad, estas pueden ser analíticas, están enfocadas a una capacidad limitada y pequeña con una precisión alta, básculas de capacidad mediana con exactitudes y tolerancias igualmente moderables y básculas y sistemas de

pesaje con capacidades elevadas y exactitudes de acordes a estas capacidades.

Otra clasificación de las básculas es la manera como el objeto es colocado para medirlo, es decir, si se coloca en una plataforma, en este caso la báscula estaría debajo del objeto a ser medido. Existen también las básculas colgantes, en las que el objeto se suspende de la báscula y este, por medio de la tensión que provoca, realiza la medición.

1.2. Básculas camioneras

Son las que sirven para pesar camiones y todo tipo de vehículos. Estas consisten en una plataforma con una superficie de metal o de concreto que descansa sobre un sistema de palancas o un sistema de celdas de carga. En ambos casos, los sistemas realizan la función de indicar el peso del vehículo, ya sea a través de una escala medible o de un indicador electrónico.

Las dimensiones de estas básculas van a estar en función a la longitud de los vehículos y camiones que se van a pesar. Las dimensiones de la plataforma son directamente proporcionales a la capacidad de peso que soporta, es decir, entre más larga la plataforma, mayor será su capacidad de pesaje.

La superficie de la plataforma de la báscula puede estar sobre el nivel del suelo o al mismo que este. Cuando está sobre el nivel del piso se conoce como “sobre piso” y cuando está a nivel del suelo se dice que la báscula está “en fosa”. Estas variables van a ir enfocadas en diferentes factores como espacio, nivel friático del suelo, industria y normas del usuario de la báscula.

En el caso de las básculas camioneras electrónicas, las celdas de carga van conectadas por medio de cables a un indicador electrónico, el cual controla los ciclos de pesaje de la báscula. Este indicador puede ser muy sencillo, indicando únicamente el peso mientras el vehículo o camión se encuentra sobre la plataforma, o puede registrar, controlar e ingresar datos relacionados con el ciclo de pesaje de una manera más compleja, además de poder conectarse a una computadora o a un sistema de cómputo a través de varios tipos de puertos.

1.3. Clasificación de básculas camioneras

Las básculas camioneras se pueden clasificar de dos maneras distintas, una es conforme a su posición respecto al nivel del suelo y otra es dependiendo del material de la rodadura de la plataforma.

- Básculas camioneras respecto a su posición al nivel del suelo
 - Básculas camioneras en fosa: como su nombre lo indica, estas básculas se encuentran instaladas en una fosa, la cual hace que su rodadura quede al nivel del suelo. Son usadas en lugares con espacio limitado. ¿A qué se refiere esto?, en este tipo de básculas el camión puede ingresar y salir de la báscula sin necesidad de estar completamente alineado con su sección más larga. Otra característica de estas básculas es que sufren de menos corrosión que las básculas sobre piso, debido a que toda su estructura metálica y su instrumentación quedan debajo del nivel del suelo por lo que no quedan a la intemperie. Esto significa mucho menos costo de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, y una vida más larga de la instrumentación y estructura de la plataforma.

Figura 1. **Báscula camionera en fosa**



Fuente: *Fairbanks scales*. www.fairbanks.com/documents/literature/102453/100282.pdf.

Consulta: enero de 2016.

- Básculas camioneras sobre piso: cuentan con su superficie de rodadura sobre el nivel del piso, para su ingreso y egreso utilizan rampas. Estas básculas pueden ser de superficie de concreto o de metal y su instrumentación siempre estará sobre el nivel del suelo para su fácil acceso, limpieza y mantenimiento. Estas básculas son utilizadas debido a que, en relación con las básculas que se instalan en fosa, llevan una menor obra civil y, por ende, menor costo de instalación, aunque necesitan mayor espacio físico debido a sus rampas de entrada y salida.

Figura 2. **Báscula camionera sobre piso**



Fuente: Alimentos Maravilla, Escuintla.

- **Básculas camioneras respecto al material de rodadura de la plataforma**
 - **Básculas camioneras con plataforma de concreto:** tienen la versatilidad que pueden ser instaladas tanto sobre piso como en fosa. Algunas de las ventajas con las que cuenta es que son más resistentes ante la corrosión del ambiente donde se encuentran, por ende, su vida útil es mayor y requieren menos mantenimiento. Debido a que su plataforma es fundida en el lugar, las vigas estructurales son más fáciles y económicas de transportar a su lugar de instalación. Por otro lado, la misma fundición de la losa de concreto para la plataforma conlleva un gasto adicional a las de plataformas de metal. En ciertos tipos de industria donde el material a pesar es corrosivo y puede haber derrame sobre la plataforma de la báscula, el uso de concreto es indispensable.

Figura 3. **Báscula camionera de plataforma de concreto**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

- Básculas camioneras con plataformas de metal: son instaladas sobre piso y tienen la ventaja que pueden ser instaladas fácilmente, además son relativamente portátiles en comparación con las de concreto. Con estas básculas es menos complicado el traslado y su costo es mayor debido a que ya vienen armadas de fábrica. Se consideran más caras en su fabricación, pero más económicas en su instalación y, como ya se mencionó, relativamente fácil de trasladar en un futuro, si así se desea.

Figura 4. **Báscula camionera de plataforma de metal**



Fuente: *Poor's manual of railroads*. www.fairbanks.com/products/?pid=102419. Consulta: enero de 2016.

1.4. Partes principales de una báscula camionera

Las básculas camioneras están compuestas principalmente por la plataforma, la instrumentación y su indicador. Todas las partes son igual de importantes debido a que se complementan para formar todo el sistema de pesaje de la báscula camionera.

1.4.1. Plataforma de la báscula camionera

Como ya se mencionó, la plataforma puede ser de rodadura de concreto o rodadura metálica. Esta se encuentra suspendida sobre las celdas de carga y sus accesorios como las platinas, sus anclajes, *cups*, tanto superiores como

inferiores. Junto a la plataforma se encuentran sus tarjetas seccionales y su fuente de poder. El cableado también se encuentra tendido a lo largo y ancho por debajo de la estructura de la plataforma. Además, las básculas camioneras también cuentan muchas veces con ciertos accesorios como semáforos y postes guías para el ingreso del camión. Si se encuentra sobre piso, cuenta con rampas y plataformas de estabilización previas al ingreso de la plataforma y a la salida de la misma.

Figura 5. **Plataforma de metal con camión encima**

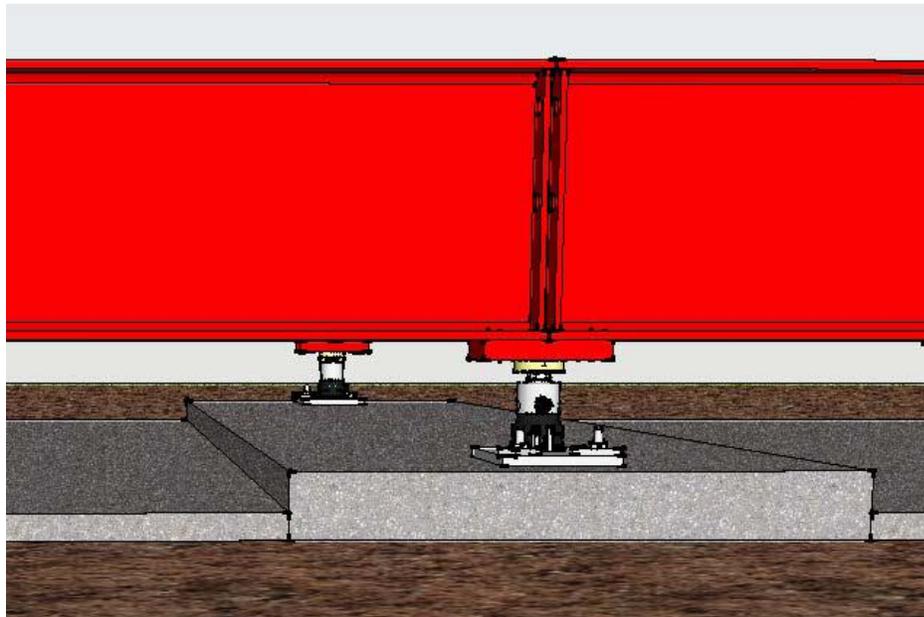


Fuente: *Poor's manual of railroads*. www.fairbanks.com/products/?pid=100247. Consulta: enero de 2016.

Según la longitud de la plataforma, esta estará seccionada en diferentes longitudes. Por lo general irán desde 7 o 10 pies, hasta 20 pies de longitud, esto dependerá del fabricante, y se llaman módulos. Es decir, una plataforma de 60 pies de longitud puede estar dividida en 3 módulos de 20 pies de longitud. Las esquinas de los módulos cuentan con las celdas de carga que son las que se encargan de sostener y estabilizar los módulos que forman la báscula. Las

esquinas de los módulos comparten entre sí la misma celda, como en la figura 6.

Figura 6. **Celda de carga sosteniendo la unión de dos módulos**



Fuente: *Poor's manual of railroads*. www.fairbanks.com/products/?pid=100247. Consulta: enero de 2016.

1.4.2. Control indicador de la báscula camionera

Es desde donde se controlan y registran los ciclos de pesaje de la báscula camionera. Este, por lo general, se coloca en una garita a un costado de la plataforma de la báscula, donde un operador registra los ciclos de pesaje, o puede ser un control indicador automático, el cual no necesita un operario y el mismo piloto del transporte sea quien, a través de alguna tarjeta de proximidad o con banda magnética, registre el ciclo de pesaje. El control indicador también es donde se controlan los accesorios que puede llevar la báscula como

semáforos, *display* remoto, cámaras y talanqueras de acceso. El control indicador también cuenta con puertos de comunicación, en su mayoría seriales. Los controles indicadores más modernos cuentan con puertos USB, protocolos de comunicación con Modbus, Profibus, Devicenet, Ethernet IP, entre otros. El control indicador también es el que indica el correcto funcionamiento de la báscula, si está descalibrada o si tiene errores. Con el control indicador también se puede establecer en qué sistema se estará pesando el camión, es decir, las diferentes unidades: libras, kilogramos, toneladas, entre otros.

Figura 7. **Indicador marca Fairbanks modelo FB2550**



Fuente: *Poor's manual of railroads*. www.fairbanks.com/products/?pid=FB2550. Consulta: enero de 2016.

1.5. **Mantenimiento preventivo**

Son aquellas actividades que se efectúan con el objetivo de la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, en oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en

condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

La importancia de este mantenimiento es sumamente alta, debido a que tanto la falta como el exceso de prácticas de mantenimiento preventivo pueden llevar a un gasto innecesario de tiempo, materiales, recursos o el paro completo del equipo.

Por lo anterior, es importante no tener un submantenimiento de equipo, el cual cause un devalúo pronto en el equipo y que sus fallas se vuelvan más constantes, ni que se tenga un sobremantenimiento, el cual cause un gasto innecesario de recursos, tiempo y personal, que se vea reflejado en gasto económico innecesario.

1.6. Mantenimiento correctivo

Se define como las acciones que corrigen los fallos en los equipos o instalaciones una vez que estos ya ocurrieron. El principal problema del mantenimiento correctivo es que se realiza siempre una vez que el equipo ya ha fallado, lo cual evita su funcionamiento y obliga a la suspensión temporal del equipo, hasta que se realice la corrección debida.

Este se conoce como el tipo de mantenimiento más antiguo y el más común. Toma como sinónimo de mantenimiento a reparar aquello que está arruinado o ya no sirve. Para realizar un buen mantenimiento correctivo se debe de contar con dos cosas principales: personal calificado para responder con la mayor prontitud posible ante el fallo del equipo y el *stock* de repuestos necesarios para asistir el mismo fallo, además de herramientas y materiales necesarios para el proceso de reparación.

Es también llamado mantenimiento accidental y posiblemente es el que más impacto económico tiene a la hora de realizarlo, debido a que implica el paro del equipo, lo cual puede tener costos en el proceso de producción.

1.7. Calibración

Se define como un conjunto de operaciones que establecen, bajo ciertas condiciones específicas, la relación que existe entre los valores indicados por un instrumento de medida y los correspondientes valores conocidos de una magnitud física medida a través de patrones.

De esta definición se puede deducir que, para calibrar un instrumento, primeramente se debe contar con un valor proporcionado por un patrón, para compararlo con el valor que indica el instrumento.

Cuando se calibra un instrumento de medición, en este caso una báscula, se deben tener claros ciertos factores como la incertidumbre, la trazabilidades, los certificados de calibración, entre otros.

Al momento de realizar dicha calibración se irán determinando estos parámetros, como la incertidumbre, la cual se define como un intervalo de medidas entorno al valor de una indicación del equipo, dentro del que se puede garantizar, con un nivel de probabilidad determinado, que se encuentra el valor real de la magnitud medida.

1.8. Generalidades de la marca Fairbanks

Fairbanks es una empresa que se dedica a la fabricación de sistemas de pesaje industrial y comercial. Fabrica desde básculas camioneras de diferentes

dimensiones y materiales, hasta básculas analíticas utilizadas en los laboratorios.

La misión de Fairbanks es fabricar soluciones confiables y equipos de alta calidad para los clientes y sus necesidades. Fairbanks también se mantiene siempre en innovación de sus equipos y es apoyado por varios centros de distribución, tanto en los Estados Unidos como en los países en los que se distribuye la marca.

En lo que se refiere a sistemas de pesaje, Fairbanks siempre se ha mantenido liderando el mercado a nivel internacional y, hasta el 2016 cuenta con más de 500 empleados directos y personal en diferentes centros de distribución internacional.

Algunos de los productos con los que cuenta la marca son básculas analíticas de mesa, básculas contadoras de piezas, básculas de piso, celdas de cargas, sistemas de pesaje para tanques, sistema de pesaje a bordo y su gran sección de básculas camioneras.

1.9. Reseña histórica de la marca Fairbanks

En 1824 en St. Johnsbury, Vermont, los hermanos Thaddeus y Erastus Fairbanks construyeron el primer prototipo de una báscula de plataforma fundida. Una vez en el negocio conjunto, se dieron cuenta de que el sistema de pesaje era inexacto. Así, Thaddeus decidió inventar una nueva máquina de pesaje a través de un arreglo de palancas, construyendo en 1830 su primera báscula real y patentándola al mercado. Iniciaron labores en ese año con US\$ 4 000,00 y 10 empleados.

En los próximos años, Fairbanks se convirtió en una de las compañías más importantes de la industrialización de los Estados Unidos. En menos de 30 años, los hermanos Fairbanks habían contratado a más de 1 000 trabajadores y construido para abastecer la demanda de productos Fairbanks. La operación que inicialmente se realizaba en un edificio modesto creció a 40 edificios con más de 20 acres de espacio en los siguientes 50 años.

Fairbanks empieza a expandirse a Europa a través de la compañía H. Poole and Sons de Inglaterra, creando así un nicho de *marketing* internacional. En 1946 comenzó el comercio en China y dos años más tarde en Cuba, el Caribe, América del Sur, India y Rusia. De hecho, en varios lugares realizaron instalaciones para ensamblar las básculas debido a su alta demanda. Se considera que en 1865 Fairbanks estaba fabricando 4 000 básculas por mes.

Fairbanks fue creciendo tanto en ventas como en patentes registradas para mejoras de los productos. En 1927, Charles Hosmer Morse, un empleado de Fairbanks, adquirió el control de la empresa. Luego, en 1927, la oficina de Fairbanks en Nueva York se convirtió en parte de la empresa Fairbanks-Morse, dándole un control a completo Fairbanks-Morse sobre la fabricación y distribución de básculas Fairbanks. Durante este tiempo la empresa Fairbanks-Morse produjo no solo básculas si no también motores diésel, motores eléctricos y bombas para uso industrial. En 1958, Fairbanks-Morse se fusionó con Penn-Texas y pasó a llamarse Fairbanks-Whitney, tras la fusión vino un período de estancamiento de Fairbanks-Whitney. Cuatro años más tarde, cuando George Strichman fue nombrado presidente renombra a la empresa como Fairbanks Pesada División de Colt Industries, Fairbanks experimentó un renacimiento.

En 1975 Fairbanks funda en la ciudad de Meridian, Mississippi su fábrica de productos de alta capacidad, como básculas camioneras y básculas para trenes, desde entonces las básculas camioneras son fabricadas en esta ciudad.

En 1988 Fairbanks queda a cargo de Bill Norden, quien desliga Fairbanks de Colt Industries, con liderazgo realiza varios cambios financieros, de *marketing*, entre otros y mueve la oficina central de St. Johnsbury a una ubicación más central, Kansas City, Missouri.

Para 2015, Fairbanks cuenta con más de 500 empleados y es distribuida en 49 estados de los Estados Unidos de América y en más de 25 países.

1.9.1. Báscula camionera modelo Tracker VS

Es una báscula que sirve para pesar camiones o vehículos. El modelo Tracker VS se caracteriza por ser un modelo de báscula camionera para instalarse sobre el nivel de piso y con plataforma fundida de concreto. Cuenta con una estructura de vigas de metal, las cuales se dividen en 2 vigas principales en l longitudinales y, dependiendo de la longitud del modelo, varias vigas menores transversales que dan la rigidez y solidez a la fundición. La Tracker VS es enviada de la fábrica desensamblada para su fácil transporte y ensamblada en el lugar. Es fabricada con las siguientes dimensiones y capacidades:

- Capacidad de 45 toneladas-2 secciones (10´)
 - Tracker VS, 10´x 11´
 - Tracker VS, 10´x 12´

- Capacidad de 45 toneladas-2 secciones (20´)
 - Tracker VS, 20´x 11´
 - Tracker VS, 20´x 12´

- Capacidad de 75 toneladas-3 secciones (30´)
 - Tracker VS, 30´x 11´
 - Tracker VS, 30´x 12´

- Capacidad de 75 toneladas-3 secciones (40´)
 - Tracker VS, 40´x 11´
 - Tracker VS, 40´x 12´

- Capacidad de 75 toneladas-3 secciones (50´)
 - Tracker VS, 50´x 11´
 - Tracker VS, 50´x 12´

- Capacidad de 100 toneladas-4 secciones (60´)
 - Tracker VS, 60´x 11´
 - Tracker VS, 60´x 12´

- Capacidad de 100 toneladas-4 secciones (70´)
 - Tracker VS, 70´x 11´
 - Tracker VS, 70´x 12´

- Capacidad de 100 toneladas-5 secciones (80´)
 - Tracker VS, 80´x 11´
 - Tracker VS, 80´x 12´

- Capacidad de 100 toneladas-5 secciones (90´)
 - Tracker VS, 90´x 11´
 - Tracker VS, 90´x 12´

- Capacidad de 100 toneladas-5 secciones (100´)
 - Tracker VS, 100´x 11´
 - Tracker VS, 100´x 12´

- Capacidad de 135 toneladas-6 secciones (110´)
 - Tracker VS, 110´x 11´
 - Tracker VS, 110´x 12´

- Capacidad de 135 toneladas-6 secciones (120´)
 - Tracker VS, 120´x 11´
 - Tracker VS, 120´x 12´

Se caracteriza por su fácil ensamblaje en el lugar de instalación y su capacidad de soportar cargas concentradas de 60 000 libras, además, viene diseñada para trabajar con celdas de carga modelo Rocker Column de 50 000 libras de capacidad, acero inoxidable y con encapsulado IP69K, es decir, herméticamente selladas. Las tarjetas seccionales que trae de fábrica son especiales y encapsuladas para ambientes hostiles, un trabajo en el exterior y condiciones climáticas severas, protegidas con acrílico para evitar fallos por infiltración de agua principalmente o humedad al igual que la tarjeta Power, además de estar encapsulados en una caja de aluminio con protección IP66P. Por ser una báscula para instalarse sobre piso presenta ciertas ventajas como:

- Bajo costo de obra civil, debido a que no hay que realizar una fosa para su instalación.

- Bajo costo de transporte, debido a que se embarca de fábrica desensamblada y es ensamblada y fundida en su lugar de instalación.
- Fácil inspección y limpieza de las celdas de carga e instrumentación, como las tarjetas seccionales, la tarjeta Power y el cableado.
- Las vigas principales longitudinales que caracterizan al modelo sirven como guías para que el vehículo o camión no se salga de la plataforma y pueda ocasionar un accidente.

Su principal desventaja es que no es considerada una báscula portátil y difícilmente sea reinstalada en otro lugar en un futuro.

Figura 8. **Báscula camionera marca Fairbanks modelo Tracker VS**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA BÁSCULA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS

Para realizar un programa de mantenimiento preventivo de una báscula camionera marca Fairbanks modelo Tracker VS, se deben tomar varios aspectos en consideración como: ciclos de pesaje diarios, lugar de instalación, productos que pesa, entre otros. Aparte de estos aspectos, también se deben identificar la partes de la báscula por separado y saber cuáles son los procesos de mantenimiento y frecuencia con la que deben realizarse.

2.1. Mantenimiento preventivo de los anclajes de la báscula

Los anclajes de la báscula son pernos que vienen incluidos con todo el equipo. Estos son dimensionados por el fabricante, quien da instrucciones de cómo colocarlos en las platinas donde van colocadas las celdas de carga, para evitar que estas se muevan.

En este caso, el modelo Tracker VS cuenta con dos pernos de anclaje por cada platina donde va colocada una celda de carga. Es decir, si se tiene una Tracker de 4, secciones se tendrán entonces 8 celdas de carga y, por lo tanto, 16 anclajes. Los anclajes están compuestos por un perno que queda fundido en la base de concreto, una arandela y una tuerca en la parte superior, la cual queda sujeta a la parte superior de la platina.

Los principales problemas, y prácticamente únicos, con estos anclajes es la corrosión debido a su exposición a los ambientes hostiles, mayormente cuando el equipo se encuentra instalado al exterior y cerca de alguna costa.

La fábrica recomienda aplicar una capa de anticorrosivo si el ambiente es muy corrosivo, de lo contrario no es necesario. La frecuencia de aplicación del anticorrosivo es independientemente del uso que se le dé a la báscula, este va ligado, como se explicó, a la corrosividad del ambiente.

Figura 9. **Anclajes en platina de báscula modelo Tracker VS**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

2.2. Mantenimiento preventivo del sistema eléctrico de la báscula

Para proteger el sistema eléctrico de la báscula, la fábrica realiza dos simples recomendaciones:

Conectar el indicador de la báscula a un regulador de voltaje o UPS de 120 voltios y un tomacorriente doble debidamente polarizado a tierra alimentado individualmente desde el tablero de distribución eléctrica con su respectivo flipón. Con esto se garantiza que las fluctuaciones en el voltaje, o apagones no

afecten al indicador, por ejemplo quemando, tarjetas electrónicas internas o desconfigurarlo modificando su calibración.

Aterrizar la estructura de la báscula a un sistema de tierras físicas no mayor de 5 ohm. Dicho sistema está compuesto por 2 o 3 varillas conductoras de cobre de ½ pulgada de diámetro y 8 pies de largo, las cuales son provistas por el fabricante dependiendo la longitud y el modelo de la báscula. Estas varillas van ancladas a tierra y si al momento de hacer la medición en el terreno este marca más de los 5 ohm requeridos, deberá realizarse la construcción de un pozo de tierra física a través de una empresa especializada.

El objetivo del sistema de tierras físicas es aterrizar o descargar a través de las varillas al pozo de tierra, evitando así el daño de la instrumentación de la báscula, es decir, se protege celdas, tarjetas seccionales, tarjeta Power e indicador.

Estas dos maneras de proteger el equipo eléctrico es estándar en la industria y se deben tomar en cuenta para todas las básculas camioneras de cualquier marca y modelo.

Figura 10. **Cable de cobre aterrizando la estructura de báscula modelo Tracker VS**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

Ahora bien, Fairbanks ha desarrollado la tecnología Intalogix, con la cual ya cuentan todos los modelos, incluyendo la Tracker. La tecnología Intalogix asegura una protección hasta ocho veces mayor al estándar de la industria contra sobrecargas de voltajes, protegiendo así la instrumentación de la báscula, sobre todo las celdas de carga, la cual está compuesta por optocopladores, bobinas y tarjetas electrónicas instaladas en el indicador y tarjetas seccionales. Se debe mencionar que esta tecnología no está disponible ni es aplicable a indicadores de antiguas generaciones.

De las dos medidas esta posiblemente es la más importante, sin menospreciar el UPS, pero un buen sistema de tierras físicas asegura que cualquier sobrecarga eléctrica se descargará por medio de las varillas de cobre a los pozos de tierras físicas

2.3. Mantenimiento preventivo de la plataforma de la báscula

La plataforma de la báscula es la parte más grande y notoria de la misma. Como se indicó anteriormente, la plataforma puede ser de rodadura de metal o concreto. Independientemente del material de la plataforma, la inspección visual es aplicable a ambas.

En esta inspección visual se verifica la limpieza de la plataforma, que ningún objeto ajeno a la báscula se encuentre sobre o debajo de esta. En el caso de las básculas en fosa, se debe realizar una inspección verificando que no exista ningún objeto entre las orillas de la plataforma y la misma fosa, por ejemplo piedras o cualquier objeto, material o sustancia que evite que la plataforma se mantenga completamente suspendida por las celdas de carga.

También se debe revisar la estructura metálica en busca de picaduras, óxido y corrosión, visual de los espacios entre módulos de la báscula, de los drenajes pluviales de las plataformas de concreto y del estado de la pintura de la plataforma, además, revisar los pernos, puntos de soldadura y uniones de la estructura; el cableado e instrumentación montada en la plataforma de la báscula y las rodaduras de concreto en busca de fisuras, fracturas o humedad.

En el caso de la Tracker, sabiendo que es una báscula de rodadura de concreto y que su estructura es metálica con vigas longitudinales metálicas, se debe tener en cuenta todos los aspectos mencionados para la revisión visual.

Tras esta revisión visual, se procede a corregir debidamente lo que se encuentra mal. El fabricante recomienda realizar una inspección visual rápida de la plataforma cada día al inicio de la jornada de trabajo y una limpieza superficial cada dos meses o de acuerdo a las calibraciones.

Si la industria o planta donde está la báscula Tracker tiene calendarizado un paro por mantenimiento, se recomienda realizar una elevación de la plataforma completa por medio de una grúa o maquinaria especializada una vez al año, para revisar la parte inferior de la plataforma. Esto se debe realizar un módulo a la vez y a una hora cuando la temperatura es la más alta del día, debido a la expansión de los materiales, además, que al momento de la colocación de la plataforma en su lugar y hacer los ajustes de los topes no se haga fricción ni contacto con las plataformas de los *aperoches*. Si el ambiente en que se está trabajando es altamente corrosivo, se deberá considerar aplicar una capa extra anticorrosiva a la estructura metálica de la báscula.

Se debe recordar que, como la Tracker es una plataforma de concreto, cuenta con drenajes en la plataforma para el desagüe del agua pluvial, se debe revisar también que estén libres y sin materiales u objetos como basura que obstruyan el drenaje. Esto debe realizarse previo al inicio de la temporada lluviosa y durante la misma, con un intervalo recomendado de cada dos semanas, para evitar exceso de agua sobre la plataforma y humedad infiltrada en esta.

Figura 11. **Drenajes en plataforma de báscula camionera modelo Tracker VS**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

2.4. Mantenimiento preventivo de la instrumentación y cableado de la báscula

La instrumentación y cableado de la Tracker VS incluye lo siguiente:

- Tarjetas seccionales
- Tarjeta Power
- Cajas metálicas de juntas
- Cable entre cajas de juntas
- Cable para el indicador de la báscula

Las tarjetas seccionales y la tarjeta Power se encuentran encapsuladas dentro de cajas de acero inoxidable A304 con Norma Nema 4, las cuales incluyen cierre de gancho y debe cerciorarse que se encuentren correctamente cerradas para evitar infiltraciones de humedad. Como prevención adicional, se puede colocar un sellante en la orilla de la tapa para evitar humedad en ambientes altamente húmedos.

Figura 12. **Tarjeta Power de báscula modelo Tracker VS**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

La revisión visual de las tarjetas seccionales y la tarjeta Power se basa en inspeccionar que sus cajas se encuentren debidamente cerradas y bien aferradas a la estructura de la báscula. Luego se comprueba que no haya humedad dentro de la caja que pueda ocasionar problemas y cortocircuitos.

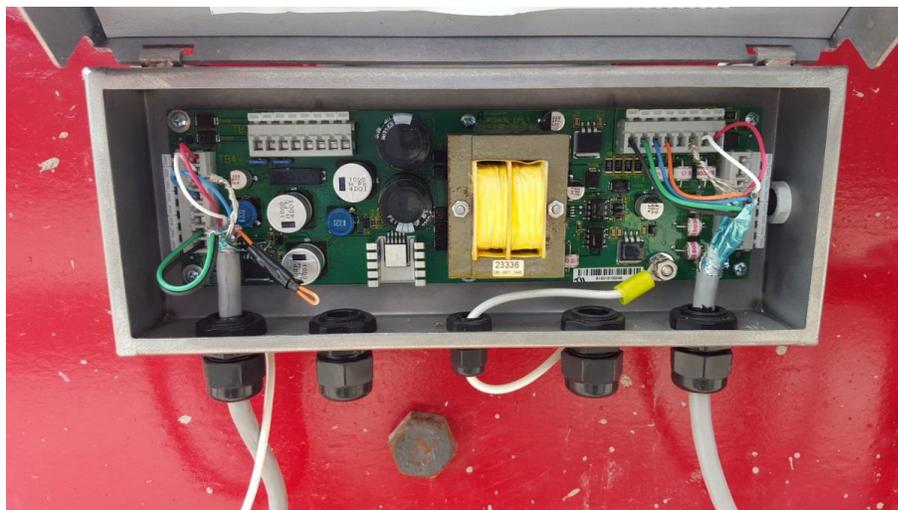
En la figura 13 se observa como el broche del cierre de la caja no se encuentra bien posicionado, lo cual podría ocasionar problemas.

Figura 13. **Broche mal cerrado de encapsulado de tarjeta Power**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

Figura 14. **Vista directa de tarjeta Power de báscula modelo Tracker VS**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

Revisar que los cables estén bien conectados a sus *terminal borner* (TB) respectivas. Las tarjetas seccionales tienen 4 TB enumeradas de la 1 a la 4, correspondiendo la TB1 a la conexión de las celdas de carga impares, la TB2 a las celdas de carga pares, la TB3 a la salida de la señal de la tarjeta seccional y la TB4 a la entrada de la señal con otra tarjeta seccional. Estas deben ir conectadas en serie entre una y otra. Al llegar a la última esta se conecta a la tarjeta Power, totalizando allí el peso y enviando la señal al indicador de la báscula.

Figura 15. **Tarjeta seccional dentro de su encapsulado de báscula modelo Tracker VS**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

Las conexiones entre la instrumentación de la báscula se realizan por medio del cable, el cual es proporcionado por el fabricante y es un cable polarizado de 6 hilos que debe ir dentro de un ducto completamente seco y sin otro cable de otro equipo, para evitar corrientes parásitas y fallos en las lecturas de la báscula.

Figura 16. **Ducto lateral de la báscula para cableado de instrumentación**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

Es recomendable engrasar el cable a la hora de instalarlo para que este deslice por la tubería que conduce al indicador. Este cable se lleva por medio de tubería de PVC o galvanizada de 1" a 1,5", debajo de tierra preferiblemente, y con la entrada a por lo menos 1 pie sobre el nivel del suelo para evitar la entrada de humedad.

Figura 17. **Entrada del ducto de cableado de la instrumentación al indicador**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

2.5. Mantenimiento preventivo de las celdas de carga

Las celdas de carga que utiliza la báscula Tracker VS son celdas de compresión modelo Rocker Column herméticamente selladas con encapsulado IP69K de acero inoxidable y de una capacidad de 100 000 lb. Son conocidas también como celdas tipo botella.

Figura 18. Celda de carga modelo Rocker Column de 100 000 lb



Fuente: *Label, track, streamline*. www.fairbanks.com. Consulta: febrero de 2016.

Una de las ventajas de estas celdas de carga es que están diseñadas para operar bajo las condiciones más hostiles, su material y encapsulado las hacen completamente a prueba de humedad (incluso pueden resistir inmersiones en agua). Sin embargo, esto no significa que sean indestructibles. El mayor daño causado a estas celdas es debido a fuerzas de torsión o corte ocasionadas por el movimiento brusco de la plataforma y en sentidos inadecuados, por lo que se aplica grasa como lubricante, tanto en su base

inferior como en su acople superior sujeto a la plataforma, para reducir la fricción entre la celda y sus acoples fijos tanto superior como inferior.

Figura 19. **Cup superior**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

La fábrica también ofrece unos protectores de caucho para colocarlos alrededor de la base a las celdas, llamados *boots*, los cuales protegen a las celdas de las inclemencias del tiempo, también protegen la salida del cable de la celda. Este cable de la celda es de cuatro hilos protegidos por una malla de acero inoxidable.

La revisión visual de las celdas se puede hacer a diario y cada vez que se calibra se puede aplicar de nuevo grasa a las celdas o con un máximo de tiempo de 6 meses.

La celdas en sus cables de conexión están compuestas por 5 hilos, los cuales tienen un revestimiento de diferentes colores, y cada hilo tiene una

diferente función: excitación (+),verde; excitación (-),negro; señal (+), blanco; señal (-),rojo tierra, amarillo.

Estos hilos de cables son a través de los que se comunican las celdas y envían la señal a las cajas de juntas. Cuando se desea saber si una celda está en correcto funcionamiento se puede hacer a través de estos cables, midiendo la resistencia de cada cable con un multímetro. En caso de que las celdas se encuentren en buen estado, mantendrán una repetibilidad en cada medición de todas las celdas, teniendo un promedio en la medición de la excitación un promedio de ohms, y un promedio en la medición de la señal de 1 000 ohm.

En caso de que una celda se encuentre en mal estado, los valores de las mediciones respecto a las otras celdas variarán considerablemente. En este caso será necesario reemplazar la celda.

2.6. Mantenimiento preventivo del indicador de la báscula

El indicador de la báscula, independientemente del modelo que se trate, siempre deberá estar conectado a un UPS como medida preventiva principal, nunca deberán estar conectadas a la red eléctrica directamente para evitar sobrevoltajes que puedan dañar el indicador.

Los indicadores compatibles con las básculas Tracker son de especificaciones eléctricas 120 v monofásico y 60 hertz, por lo que se debe buscar un UPS bajo estas características. También, se debe recordar que el indicador debe estar en un lugar seco y no a la intemperie, ya que la mayoría no cuenta con un encapsulado para exteriores.

Debemos recordar también que el indicador es el encargado de proveer de energía a la instrumentación de la báscula para su correcto funcionamiento.

En los chequeos visuales de los indicadores se revisa lo siguiente:

- Inspección visual del encapsulado del indicador en busca de golpes y daños.
- Inspección visual de todos los cables externos y conexiones del indicador para verificar que no estén dañados.
- Cuando se abre el encapsulado del indicador se chequear las tarjetas electrónicas y sus conexiones en las terminales, revisando que no existan circuitos o cables mal aislados.
- Chequeo visual de los led indicadores de las tarjetas, si existe algún problema, abocarse al manual del modelo del indicador del fabricante.

Como parte de la misma revisión y mantenimiento preventivo del indicador se puede revisar la impresora, si es que está conectado a una. En ese caso procede a:

- Chequear visualmente y limpiar la impresora.
- Revisar la claridad de las impresiones.
- Corroborar que los datos impresos concuerden con los mostrados por el indicador.

3. CALIBRACIÓN

La calibración de equipos de medición se ha estudiado a través de los años por los organismos metrológicos y de normalización internacional. La calibración de un elemento es esencial en el control de la calidad de un proceso. La falta de calibración en las básculas para pesaje de camiones afecta adversamente el diseño de una carretera, atenta contra la seguridad pública y puede implicar gastos innecesarios para las agencias del gobierno y las industrias privadas.

Esto crea la necesidad de desarrollar guías para calibración que permitirán un monitoreo del comportamiento de las básculas, para así detectar una falta de calibración. En el proceso del desarrollo de estas guías se estudiaron los estándares y los reglamentos internacionales de National Institute of Standards and Technology (NIST H44), International Organization for Standardization (ISO 9000) y American Society for Testing and Materials (ASTM E617-97). Además, fue necesario familiarizarse con los procedimientos de calibración que establece la Coguanor en Guatemala.

3.1. ¿Por qué las calibraciones periódicas son necesarias?

Las básculas camioneras, como todas las básculas de cualquier tipo, deben estar calibradas todo el tiempo de funcionamiento, calibración que van perdiendo con su uso. Al encontrarse descalibrada, una báscula va a estar dando un peso erróneo, el cual va a perjudicar los ciclos de pesaje, variando desde la división mínima hasta varias toneladas.

Cuando se tiene una báscula descalibrada, se pueden tener las siguientes consecuencias negativas:

- Incerteza del producto neto pesado y el peso bruto
- Desconocimiento de la tara en el ciclo de pesaje
- Inestabilidad en la lectura del pesaje
- Mayor tiempo invertido en los ciclos de pesaje
- Sobrecargar la báscula creyendo que no se ha alcanzado su máximo
- Paro de la producción de la industria

Debido a estas consecuencias se pueden tener pérdidas económicas significativas, las cuales pueden ir desde un paro momentáneo para un mantenimiento correctivo hasta la pérdida total del equipo.

3.2. ¿Qué aspectos influyen para que las calibraciones periódicas sean necesarias?

Como ya se ha mencionado, las básculas van perdiendo su calibración y esta descalibración es proporcional al número de ciclos de pesajes realizados, es decir, entre más ciclos de pesaje se realicen en la báscula, esta será más propensa a descalibrarse.

Aparte del uso de la báscula como principal motivo de la descalibración, también, deben tomarse en cuenta otros factores influyentes como:

- Uso indebido del equipo.
- Sobrecarga del equipo.
- Fatiga del material.
- Fuerzas aplicadas horizontalmente.

- Cambios drásticos de la temperatura ambiental la cual expande y contrae los materiales.
- Mal diseño de la obra civil de la báscula.
- Fluctuaciones en el sistema eléctrico de la báscula.

Debido a estas razones, se debe tener un programa de calibraciones periódicas establecido, el cual garantice que la báscula siempre estará calibrada.

El fabricante siempre recomienda realizar de 3 a 4 calibraciones al año, independientemente del uso que se le da a la báscula, pero existen empresas que, por normativa interna o por controles de calidad, exigen una calibración cada 2 meses y otras que calibran 1 vez al año, recordando siempre que lo que busca la calibración es mantener la exactitud de la báscula a su máximo y su incerteza al mínimo, además de su repetibilidad siempre. Es decir que si se usa un peso conocido, como una masa patrón de 1 tonelada, se desea que la báscula marque siempre 1 tonelada en 5 ciclos de pesaje y en cada punto de la plataforma, obviamente, con su incerteza permisible establecida

3.3. Clasificaciones de masas patrón

Las clasificaciones de masas patrón usadas comúnmente son:

- OIML R 111: E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 y M3 (internacional)
- ASTM E 617-97, Clases 0 a 7 (Estados Unidos)
- NIST Clase F (Estados Unidos)

La Recomendación OIML R 111 es aceptada internacionalmente mientras que ASTM E 617 y NIST Clase F son usadas en los Estados Unidos.

En la tabla I se tiene una correlación general entre las clasificaciones de pesas International Organization of Legal Metrology (OIML), American Society for Testing and Materials (ASTM) y National Institute of Standards and Technology (NIST), y cuál es su uso típico.

Tabla I. Clasificación de pesas OIML, ASTM, y NIST

OIML R 111	ASTM E 617- 1997 re- aprova- da 2003	NBS Circ. 547, 1954 reem- plazada 1978 por ASTM	NIST 105-1, 1990	Uso Típico OIML R 111
Extra-Fina Exactitud				
E ₁				Esta clase de exactitud se utiliza para asegurar la trazabilidad entre los patrones nacionales de masa y pesas de la clase E ₂ e inferiores.
E ₂	0			Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de pesas de la clase F ₁ y para la calibración de instrumentos para pesar de la clase de exactitud I.
	1	M,S		
Fina Exactitud				
F ₁	2			Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de pesas de la clase F ₂ y para la calibración de instrumentos para pesar de la clase de exactitud I y II.
	3	S-1		
F ₂				Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de pesas de la clase M ₁ y para la calibración de instrumentos para pesar de la clase de exactitud II, que participan en importantes transacciones comerciales (Por ejemplo metales y piedras preciosas).
Media Exactitud				
	4	P		
M ₁	5	Q		Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de pesas de la clase M ₂ y para la calibración de instrumentos para pesar de la clase de exactitud III.
M ₁₋₂	6			
M ₂	6		F	Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de pesas de la clase M ₃ y para la calibración de instrumentos para pesar de la clase de exactitud III, utilizados en transacciones comerciales generales.
M ₂₋₃				
M ₃	7	T		Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de instrumentos para pesar de clase de exactitud III y IIII.

Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

No existe todavía una relación directa entre las clasificaciones en estas especificaciones y las especificaciones han cambiado en el tiempo.

Los errores máximos permisibles para OIML R 111 se presentan en la tabla II. Los valores nominales de estas tablas indican desde la pesa más pequeña hasta la más grande para las distintas clases exactitud y los respectivos errores máximos permisibles para cada pesa.

Tabla II. Errores máximos permisibles para OIML R 111

Clase OIML	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁	M ₁₋₂	M ₂	M ₂₋₃	M ₃
Valor Nominal	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
5 000 kg			25 000	80 000	250 000	500 000	800 000	1 600 000	2 500 000
2 000 kg			10 000	30 000	100 000	200 000	300 000	600 000	1 000 000
1 000 kg		1 600	5 000	16 000	50 000	100 000	160 000	300 000	500 000
500 kg		800	2 500	8 000	25 000	50 000	80 000	160 000	250 000
200 kg		300	1 000	3 000	10 000	20 000	30 000	60 000	100 000
100 kg		160	500	1 600	5 000	10 000	16 000	30 000	50 000
50 kg	25	80	250	800	2 500	5 000	8 000	16 000	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000		3 000		10 000
10 kg	5	16	50	160	500		1 600		5 000
5 kg	2,5	8	25	80	250		800		2 500
2 kg	1,0	3,0	10	30	100		300		1 000
1 kg	0,5	1,6	5	16	50		160		500
500 g	0,25	0,8	2,5	8	25		80		250
200 g	0,1	0,30	1,0	3,0	10		30		100
100 g	0,05	0,16	0,5	1,6	5		16		50
50 g	0,03	0,10	0,30	1,0	3,0		10		30
20 g	0,025	0,080	0,25	0,8	2,5		8		25
10 g	0,020	0,060	0,20	0,6	2,0		6		20
5 g	0,016	0,050	0,16	0,5	1,6		5		16
2 g	0,012	0,040	0,12	0,4	1,2		4		12
1 g	0,010	0,030	0,10	0,3	1,0		3		10
500 mg	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8		2,5		
200 mg	0,006	0,020	0,06	0,20	0,6		2		
100 mg	0,005	0,016	0,05	0,16	0,5		1,6		
50 mg	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4				
20 mg	0,003	0,010	0,03	0,10	0,30				
10 mg	0,003	0,008	0,025	0,08	0,25				
5 mg	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20				
2 mg	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20				
1 mg	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20				

Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

Por ejemplo, el valor más pequeño de pesa que se acepta en una clase M2 es de 100 mg, mientras que el mayor es 5 000 kg. Una pesa de 50 mg no puede ser aceptada como una pesa de clase M2 según la OIML R 111, pero sí puede ser aceptada dentro de la clase M1 si cumple con los errores máximos permisibles y otros requerimientos de la Norma (por ejemplo: forma o marcados permitidos).

- Procedimiento de calibración de una báscula camionera marca Fairbanks modelo Tracker VS.

Para realizar la calibración de una báscula camionera, independientemente del modelo e incluyendo la Tracker VS, es necesario un vehículo metrológico y once masas de 1 000 kg cada una.

Para que la calibración de una báscula sea certificable y válida en Guatemala debe realizarse según la Norma Coguanor NGO 015, la cual indica realizar las siguientes 4 pruebas:

- Prueba de repetibilidad
- Prueba de excentricidad
- Prueba de linealidad ascendente
- Prueba de linealidad descendiente

Estas pruebas deben realizarse bajo parámetros ambientales limitados, como se ha mencionado previamente bajo la Norma Coguanor NGO 015, los cuales son:

- Temperatura ambiente al inicio y al final de la prueba.
- Humedad relativa al inicio y al final de la prueba.

También se deben incluir todos los datos necesarios para identificar el equipo y cliente al que se está realizando la calibración, proporcionando la siguiente información:

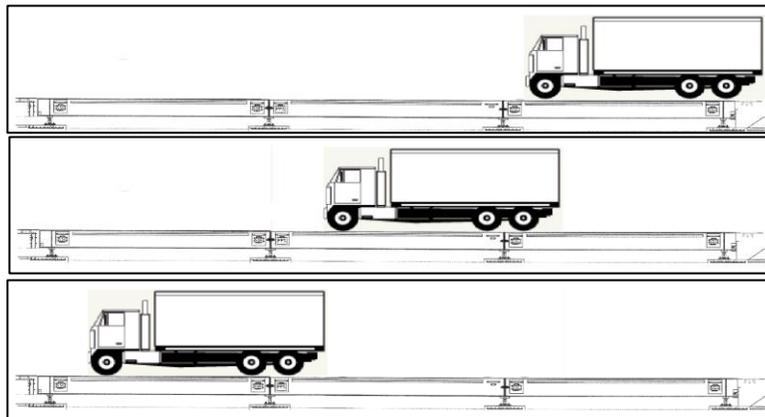
- Nombre del cliente
- Fecha de la calibración
- Dirección fiscal y dirección de la calibración
- Marca de la plataforma
- Tipo de báscula, si es mecánica o electrónica
- Modelo
- Número de serie
- Capacidad de la báscula
- Marca del indicador
- Modelo del indicador
- Cuentas del indicador
- División de la escala
- Marca de las celdas
- Modelo de la celda
- Capacidad de las celdas
- Ohm de las celdas

Como ya se estableció, se utilizará un vehículo metrológico y 11 masas de 1 000 kg cada una se inicia identificando la cantidad de módulos y secciones con los que cuenta la báscula. En la mayoría de los casos en Guatemala, las básculas Tracker VS cuentan con 3 módulos y por ende 4 secciones, por lo que se tomará como ejemplo de procedimiento de calibración una báscula de estas características. Una vez establecidos los módulos y las secciones, se procede a iniciar con la prueba de excentricidad y repetibilidad, las cuales se realizarán colocando un peso, es decir, el camión metrológico, sobre cada una de las

secciones y módulos respectivamente en el siguiente orden. Se coloca el camión en su totalidad dentro del módulo 1 de manera que los ejes traseros queden lo más cerca posible de la sección 1 y, al estabilizarse la báscula, se registra el dato del indicador en el reporte de resultados en la casilla correspondiente al valor indicado inicial.

El segundo paso es medir el valor indicado inicial de la sección 2, para esto sin sacar el camión de la báscula, se adelantará hasta que la sección 2 quede en medio de los dos ejes traseros del camión y se toma el dato del valor indicado inicial para esta sección. Se hará exactamente lo mismo para la sección número 3. A continuación se presenta una ilustración de cómo debe ser colocado el camión para esta prueba.

Figura 20. **Forma de colocar el camión dentro del módulo**



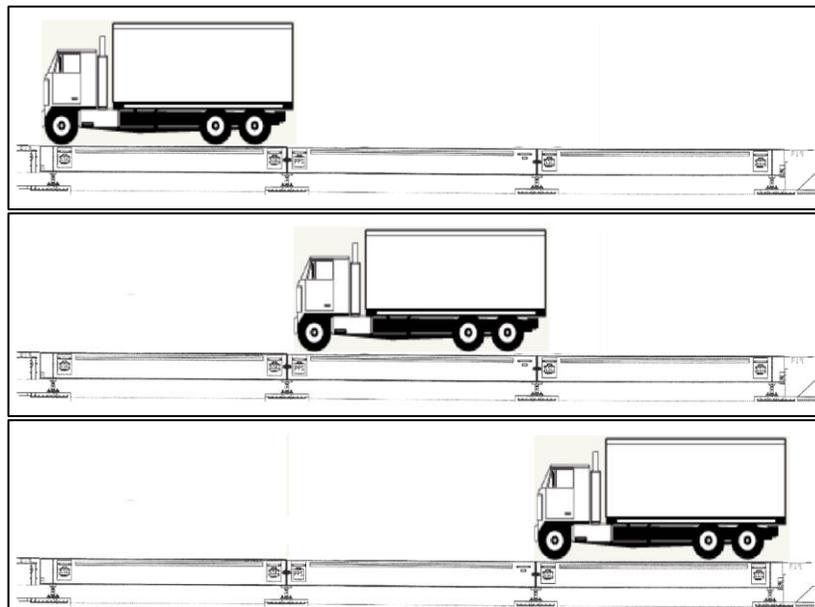
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

A continuación, se procede a retroceder todo el camión hasta centrarlo en el módulo 1 y se obtendrá, de esta manera, el valor indicado inicial de la

repetición 1, el cual se registra en el reporte de resultados en la casilla correspondiente, debido a que hay que realizar 2 mediciones de repetibilidad por cada módulo de la báscula.

Se realizará exactamente lo mismo con los módulos 2 y 3, como lo muestra la figura 21.

Figura 21. **Retroceso del camión para centrarlo en la báscula**

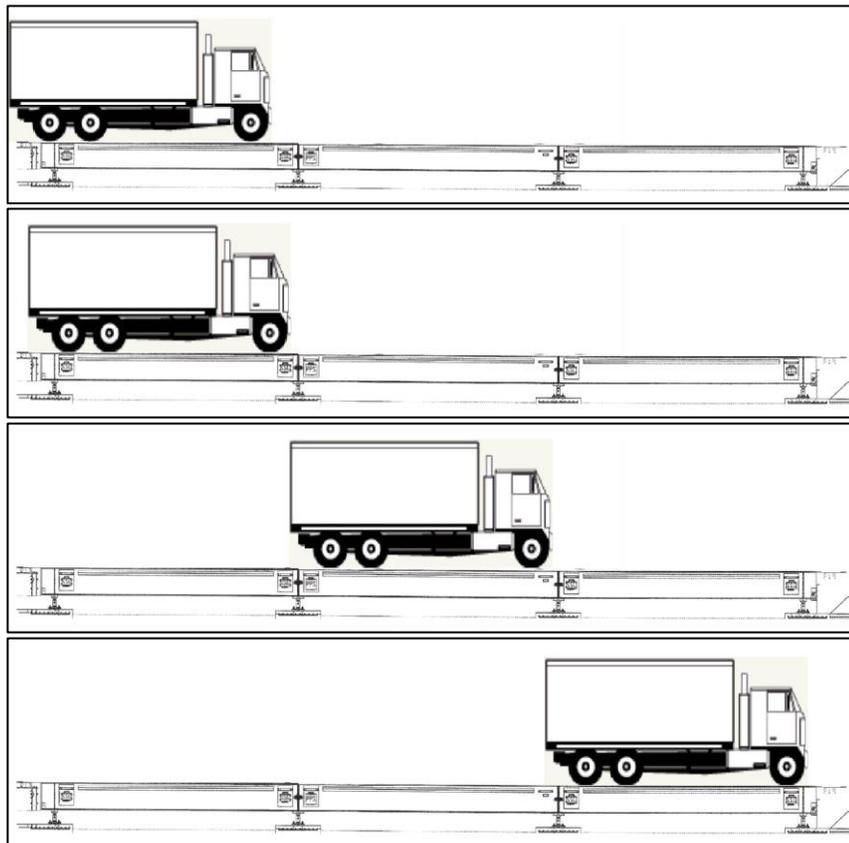


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Luego, el camión procede a salir completamente de la báscula y da la vuelta para ingresar por el lado del módulo 3. Se coloca en posición a modo que las llantas traseras queden lo más cerca posible a la sección 4, semejante a la medición de la sección 1 y siempre con el resto del camión dentro del módulo 3.

Finalmente, se realizará la repetición 2 de los ensayos de repetibilidad en cada uno de los 3 módulos, como se realizó con cada uno de los módulos en la primera repetición, pero en orden inverso, como se muestra en la figura 22.

Figura 22. **Salida del camión de la báscula**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Una vez concluidas las pruebas de repetibilidad y de excentricidad iniciales, se procede con las pruebas de linealidad ascendente y linealidad descendente.

Estas dos pruebas se realizan con 11 masas de 1 000 kg cada una. Primero se realizará la prueba de linealidad ascendente iniciando con la primer masa de 1 000 kg y luego se irán colocando las masas de 2 en 2 hasta llegar a los 11 000 kg. Cada valor que vaya señalando el indicador se colocará en la casilla respectiva.

Estas masas deben colocarse de modo que queden repartidas en toda la superficie de la báscula y que cada uno de los módulos cuente por lo menos con 3 masas.

En este punto es donde se corrobora que la báscula esté calibrada, debido a que el indicador debe marcar los 11 000 kg, si es así, la báscula está calibrada. Si la báscula indica un valor que no es de 11 000 kg, entonces se deberá ingresar al sistema del indicador manualmente e indicarle que ese peso es de 11 000 kg. Este procedimiento depende del modelo del indicador de la báscula,

Una vez corroborado que el indicador muestra 11 000 kg o haberlo introducido manualmente, se procede a realizar la prueba de la linealidad descendente, la cual se realiza de la misma manera en que se realizó la prueba de linealidad ascendente, es decir, se empieza a quitar las masas de 1 000 kg de 2 en 2 hasta quitar la masa número 11 que sería de 1 000 kg. En esta prueba los valores señalados por el indicador deberán dar exactamente el equivalente a las masas que se encuentran en la plataforma en todo momento, hasta llegar a 0.

Luego de esto se deberá realizar de nuevo las dos pruebas de repetibilidad y excentricidad, incluyendo las dos repeticiones de la prueba de excentricidad y corroborar que los valores no tengan diferencia con los

indicados al inicio. A esta diferencia se le llama desviación y la se debe indicar en el reporte de resultados. Estas últimas dos pruebas se deben realizar en el mismo orden y manera como se realizaron las iniciales.

En el anexo 1, el formato del reporte de resultados, donde se muestran los campos previamente descritos para dejar constancia de las diferentes pruebas realizadas. También se muestra un reporte real realizado por la empresa Servicios Industriales y Agrícolas, S. A.

3.4. Certificación de una calibración

Para que una calibración sea válida, deberá estar autorizada por alguna entidad que certifique la calibración, por lo general la entidad que realizó el proceso de calibración. Para realizar las calibraciones cada país tiene normas, en el caso de Guatemala se utiliza la Norma Coguanor NGO 4015, la cual establece los parámetros para operar los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automáticos y tiene como objeto especificar los requisitos metrológicos y técnicas aplicables a instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático. Está destinada a proporcionar los requisitos y procedimientos de ensayo normalizados, para evaluar las características metrológicas y técnicas de manera uniforme y asegurando la trazabilidad.

La Norma Coguanor NGO 015 también consulta y se apoya en otras normas de bastante importancia como:

- Coguanor NGO 4 010: Sistema Internacional de Unidades (SI)
- Coguanor NGO 4 013: Metrología.Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología.

Luego de haber realizado el reporte de la calibración se procede a realizar el certificado de calibración; el cual no es más que la estandarización de los resultados del reporte de calibración. En este se incluyen los datos de la empresa a la que se emite el certificado, los cuales son nombre, dirección, fecha y lugar de calibración y la información del equipo siguiendo el formato que se presenta en la tabla III.

Tabla III. **Información del equipo requerida para extender certificados de calibración**

Information del equipo	
<u>Plataforma</u>	Capacidad máx.:
Marca:	Capacidad mín.:
Serie:	Unidades: kilogramos
Identificación:	Intervalo de verificación: kilogramos
<u>Indicador</u>	División mínima (d): kilogramos
Marca:	Clase OIML: III
Modelo:	Clase NIST: IIIIL
Serie:	Accesorios: ninguno

Fuente: elaboración propia.

A continuación se incluye también la información de los patrones utilizados en la calibración: cantidad, clase, peso y certificado correspondiente, el cual variará dependiendo de cuándo se hayan certificado las masas. A continuación se presenta el formato a presentar de las masas.

Tabla IV. **Formato de presentación de masas para certificados de calibración**

Cant	Clase	Peso	Certificado
11	M1	1 000 kg	XXX#####-####

Fuente: elaboración propia.

Se debe describir también el método de calibración y bajo qué norma se realizó, el cual deberá ser la Norma Coguanor NGO 4015, con substitución en masas según NIST Handbook 44 y el certificado realizado según la Norma Coguanor NGR/Copant/ISO/lec 17025.

Adicional a esto se pueden colocar notas de interés, tanto para el que realiza la calibración como para el cliente, como la validez del certificado sin autorización de la empresa que lo realiza y su reproducción sin consentimiento, además de otras notas u observaciones que se deseen colocar.

Finalmente, se colocan los resultados de las pruebas previamente realizadas: prueba de repetibilidad, prueba de excentricidad y linealidad ascendente y linealidad descendente. Se realiza un cuadro en el que se especifica el error máximo permitido (EMP) en escala de la división mínima del indicador. Para las básculas camioneras será de 10 kg la división mínima, que es la que coincide con el número de divisiones de los indicadores.

Dentro del EMP deberá estar siempre la incertidumbre, representada por UEMP que da la propia incerteza de las masas, por lo general se hará la sumatoria de 3 divisiones. Es decir, si el EMP es de 10 kg, se llega hasta 3 masas de 10 kg una incertidumbre expandida que no debe superar estos 30 kg.

Los datos de la temperatura y humedad Iniciales y finales de la prueba se deben incluir también. En el anexo 2 se muestra un formato de una certificación de calibración realizada por la empresa Servicios Industriales y Agrícolas, S. A.

3.5. Entidades nacionales autorizadas para la certificación de una calibración

En lo que se refiere a entidades que pueden realizar una calibración, se pueden mencionar o tomar en cuenta a cualquiera que haya recibido la capacitación y certificación por parte de los organismos pertinentes autorizados para acreditar y certificar a una empresa. Estos dos organismos en Guatemala son:

- Oficina Guatemalteca de Acreditación (OGA)
- Centro Nacional de Metrología

Ambos organismos están regidos por el Ministerio de Economía de Guatemala.

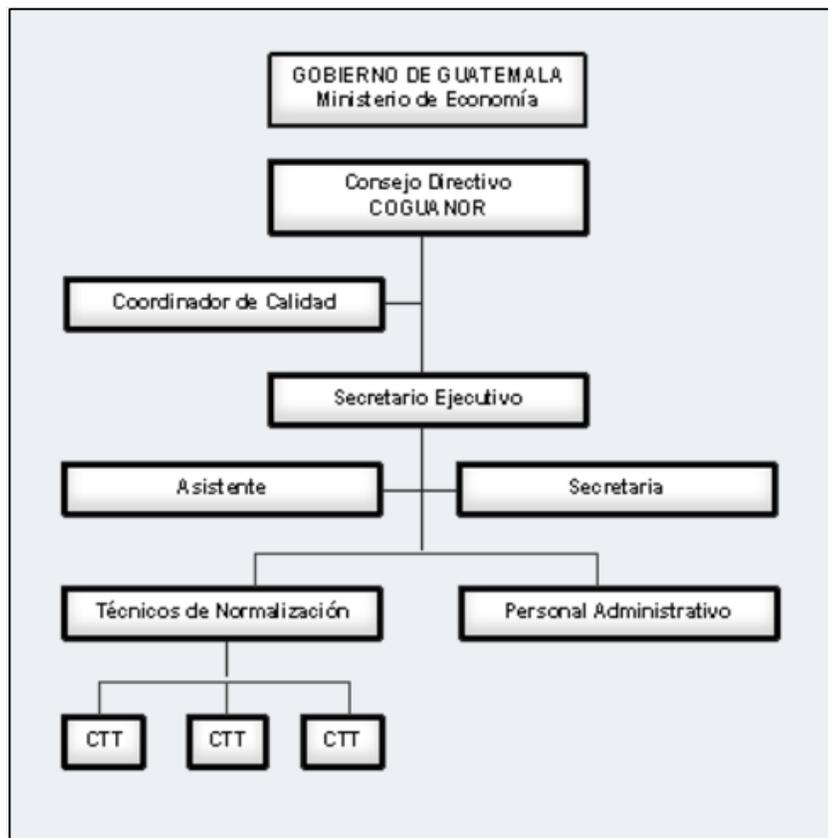
Por ejemplo, el proceso para acreditar a una entidad por parte del OGA es el siguiente:

- Solicitud de acreditación
- Evaluación documental
- Preevaluación (opcional)
- Evaluación en sitio
- Acciones correctivas
- Consejo nacional de acreditación
- Decisión OGA
- Seguimiento y reevaluación

Estas acreditaciones se realizan a través de la Coguanor, que no es más que el organismo nacional de normalización, adscrito al Ministerio de Economía,

lo cual se ratifica en el Decreto número 78-2005, Ley del Sistema Nacional de la Calidad. La principal función de Coguanor es desarrollar actividades de normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional. Su ámbito de actuación abarca todos los sectores económicos. Las normas técnicas que Coguanor elabora, publica y difunde, son de observancia, uso y aplicación voluntarios. Este es un esquema de la estructura de las entidades y cómo fluyen.

Figura 23. **Esquema de la estructura de las entidades y cómo fluyen**



Fuente: OGA. *Validación de procesos*. www.oga.org.gt/company-profile/. Consulta: febrero de 2016.

4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE UNA BÁSCULA MARCA FAIRBANKS MODELO TRACKER VS

En lo que respecta a mantenimiento correctivo de la báscula Tracker VS, no deberá ser muy recurrente si el mantenimiento preventivo se ha hecho correcta y constantemente. Además, como se describió en el capítulo 2, enfocándose en cada parte de la báscula, se describirá el mantenimiento correctivo.

4.1. Revisión y cambio de instrumentación y cableado

Como ya se estableció previamente, cuando se menciona instrumentación se refiere a los componentes electrónicos que integran la báscula, es decir, celdas de carga, tarjetas seccionales, tarjeta Power, indicador impresora; además de accesorios como semáforos, cámaras, talanquera, sensores de posicionamiento, entre otros. Estos también serán parte de la instrumentación y su respectivo cableado. En lo que se refiere a mantenimiento correctivo de la báscula habrá que notar que respecto a la plataforma no hay mucho que se pueda realizar, por lo que solo se desarrollaran las revisiones y mantenimientos correctivos de la instrumentación.

4.1.1. Revisión y cambio de las celdas de carga de la báscula

Las básculas Tracker VS, como ya se estableció, pueden estar dimensionadas en varias longitudes y capacidades, esto determinará el número de celdas de carga con las que contará cada báscula.

Cuando una celda de carga se quema o arruina, puede ser por varias causas, como sobrepeso, movimiento en ejes horizontales, ingreso de humedad, picos de voltaje, entre otros.

Al momento de que esto sucede, se reflejará inmediatamente en el indicador y en el peso mostrado. Puede que el indicador no refleje peso, dé mensaje de capacidad alta (o Hi Cap.), muestre un peso oscilante sin estabilización. Incluso indicadores de última generación como el FB 2550 pueden mostrar una alarma de que la celda está empezando a variar altamente en su señal e indicar que pronto necesitará ser reemplazada.

El procedimiento para el cambio de cualquier celda de la báscula es el siguiente:

- Primero se debe saber cuál es la celda dañada o que ya no sirve, esto se puede saber de dos maneras: una es midiendo la señal de cada celda, la cual debe dar aproximadamente 1 000 ohm, la celda que nos dé una señal diferente será la celda a reemplazar. La segunda manera es si se tiene un indicador de última generación, este es capaz de indicar cuál es la celda que está fallando.
- Una vez detectada la celda que falló, se procederá a realizar la desconexión de la misma de su correspondiente tarjeta seccional y retirar el cable o recogerlo para que al momento de retirar la celda no haga estorbo.
- Luego, se deberá levantar la plataforma con un *tricket* con suficiente capacidad que se colocará en la esquina correspondiente a la celda dañada, hasta lograr separar la celda de su *cup* superior. Las celdas y

los *cups* se encuentran solamente colocados a presión, por lo que no se deberá realizar nada más sacarla de su *cup* inferior sin quitar ningún tipo de seguro o método de fijación.

- Una vez retirada la celda, se procede a realizar una pequeña revisión y limpieza de los *cups* y sus platinas, se puede aprovechar para cambiar o reemplazar si se encuentran dañados. Pero, por lo general y se puede decir que casi siempre, esto se hará en conjunto con todos los *cups* de las demás celdas de la báscula, debido a que los *cups* sufren desgaste no por uso sino por tiempo o abrasión del ambiente. Ya revisados los *cups*, se procede a colocar la nueva celda en su lugar. Se recomienda aplicarle una capa ligera de grasa en sus topes tanto superior como inferior, donde encajan los *cups*, para evitar fricciones y para que al colocarla encaje más fácil y sin inconvenientes.
- Colocada la celda en su lugar se procede a bajar el *tricket* hasta que el *cup* superior vuelva a encajar a la perfección con la parte superior de la celda, luego se procede a llevar el cable nuevamente por su respectivo ducto hasta el lugar de conexión con su respectiva tarjeta seccional. Finalmente, se vuelve a energizar la báscula.

Al haber completado el cambio de la celda, no está de más mencionar que se deben realizar las pruebas de pesaje que se realizan en la calibración, para asegurarse que el equipo funciona correctamente.

4.1.2. Revisión y cambio de las tarjetas seccionales y tarjeta Power

Al momento de realizar el servicio de calibración se irá revisando y chequeando cada componente de la báscula, incluyendo su tarjeta Power o fuente de poder. La tarjeta Power se encuentra a un costado de una de las vigas longitudinales de la báscula, regularmente, la fábrica recomienda colocarla en la viga central de la báscula o en la sección que se encuentre en medio. La tarjeta Power, como las tarjetas seccionales, se encuentran en un encapsulado de acero inoxidable tipo 304 con nivel NEMA 4X, bajo unas láminas protectoras llamadas *cover plates*. que están atornilladas a la viga de la báscula.

El *cover plate* funciona como una protección adicional al encapsulado de la tarjeta Power y a la misma tarjeta. Evita que el encapsulado de la tarjeta sufra golpes directos y funciona como primer anillo de protección de la misma. Además del *cover plate* y el encapsulado de la tarjeta, esta viene completamente sumergida en una resina para que en caso le ingrese humedad la tarjeta no sufra algún cortocircuito.

Figura 24. **Cover plates que cubren tarjetas seccionales**



Fuente: Grupo Introsa, Izabal.

Al momento de realizar la revisión de las tarjetas seccionales se hará en el siguiente orden:

- Revisar que los *cover plates* estén correctamente instalados y en su lugar, que no tengan golpes, abolladuras o, en ambientes abrasivos, estén corroídos.
- Retirar los *cover plates* para la revisión del encapsulado de la tarjetas tanto seccionales como la tarjeta Power en busca de golpes, corrosión o mala instalación.
- Revisión también de los pines de sellado, que se encuentren en buen estado.
- Revisión de la tarjeta y de las conexiones de estas, es importante revisar las *terminal borders*.

En caso de encontrar dañada la tarjeta Power o la tarjeta seccional, se deberá sustituir completamente la tarjeta, estas no puede ser reparadas. El procedimiento para el cambio de las tarjetas es el siguiente:

- Desenergizar el equipo, es decir, quitarle la corriente eléctrica.
- Luego se retira el *cover plate* desatornillando los tornillos que lo aferran a la plataforma de la báscula.
- Abrir el encapsulado de la tarjeta y desconectar los cables conectados a las TB, incluyendo el cable de la tierra física.

- Desatornillar la tarjeta del encapsulado, retirando los cuatro tornillos que la sostienen. En caso de cambiar por completo la caja, se deberá retirar la caja quirando los pernos que la sujetan a la plataforma.
- Se coloca de nuevo en su lugar la tarjeta individual o junto con su caja de encapsulado, según haya sido el caso y se colocan los tornillos o pernos, respectivamente.
- Se conectan los cables a los TB tal cual estaban los anteriores y se coloca por último de nuevo el *cover plate*.

4.1.3. Revisión y cambio del cableado de la instrumentación

El cableado debe estar dentro de ductos o tuberías, a salvo de las inclemencias del ambiente para alargar su vida útil. A pesar de estos cuidados, eventualmente habrá que cambiar el cableado. Al momento de cambiar el cableado, se debe recordar hacerlo de la misma manera que cuando se instaló. Las razones por las cuales se debe cambiar el cableado pueden ser:

- Incomunicación parcial o total
- Errores e incertidumbres en la comunicación

Para evitar esto se debe revisar todo el cableado en busca de daños al cable, dobleces, mordidas, cortes, entre otros.

Al momento de volver a instalar el cable entre la instrumentación, recordar evitar lo más posible el empalme en cualquier parte del tramo. El cableado debe ser continuo desde el punto inicial hasta el final, debido a que el cableado en un futuro puede dar problemas en la comunicación. También, recordar que las

tuberías por las que se conducen los cables de comunicación no deben contener otros cables ajenos al sistema de la báscula, porque puede crear otras corrientes parásitas, producir un mal funcionamiento del equipo y en el peor de los casos dañarlo.

El procedimiento para cambiar el cableado de la instrumentación del equipo es:

- Desenergizar la báscula, es decir, desconectar la corriente eléctrica.
- Luego, se procede a desconectar en ambos extremos el cable a ser sustituido y se jala de un extremo, por el que se considere que tenga menos inconveniente.
- Luego, se procederá a ingresar por un extremo, un alambre que sirva de guía por la tubería hasta que la punta salga por el extremo contrario. Para esto se puede aplicar grasa o algún lubricante, únicamente para que sea más sencillo el procedimiento. Al tener la punta del alambre completamente afuera del extremo contrario, se procederá a amarrar el cable de la instrumentación con cinta de aislar sin dañar el cable y se jalará el alambre guía de regreso por el agujero donde se introdujo inicialmente. Si se desea también, se puede ir aplicando grasa o lubricante simultáneamente, para ayudar al proceso de jalado del cable guía.
- Finalmente, se procede a recortar las puntas del cable de instrumentación y conectarlo como corresponde a su respectiva instrumentación.

4.2. Reporte de mantenimiento de la báscula

Al realizar el mantenimiento de una báscula camionera, como en todos los demás mantenimientos de otros equipos, se debe realizar un reporte para dejar constancia del trabajo realizado.

El reporte debe estar debidamente identificado en hoja membretada por la empresa que realiza el mantenimiento, incluyendo fecha en la que se realiza el mantenimiento, en caso sea más de un día, deberá ser la fecha en la que se empezaron los trabajos. Además de un número de correlativo del reporte, el cual estará registrado en la base de datos de la empresa que realiza el mantenimiento.

En caso que sea un servicio que se está dando a un cliente o a una empresa que contrató los servicios, se debe colocar el nombre del cliente o de la empresa, identificar el equipo, en este caso una báscula camionera marca Fairbanks modelo Tracker VS. Se coloca también el modelo o marca del indicador y números de serie tanto de la báscula como del indicador

Luego de haber identificado bien el equipo se procede a describir la falla o irregularidad reportada, en caso sea un mantenimiento correctivo. Si es un mantenimiento preventivo o calibración se debe colocar esto como la descripción del mantenimiento.

Luego se describirán los trabajos realizados, en el orden como se realizó el mantenimiento. En el caso de la báscula camionera, al efectuar un mantenimiento con calibración incluida se debe realizar lo siguiente:

Limpieza de las *cups* de las celdas de carga, platinas y de las propias celdas, medición de la excitación de las celdas de carga. Revisión del programa interno del indicador. Revisión de la estructura de la plataforma en busca de golpes o corrosión. Limpieza y retiro de objetos que impidan el libre movimiento de la plataforma. Revisión de todo el cableado del equipo en busca de daños.

Luego de esto se procede a la calibración de la báscula, la cual se realiza de la siguiente manera:

Pruebas de repetibilidad pasando un camión metrológico por los módulos de la plataforma, luego pruebas de excentricidad pasando el camión metrológico por las secciones. Finalmente, pruebas de linealidad ascendente y descendente con las once masas de 1 000 kg cada una. Como se ha realizado una calibración se debe realizar también el certificado de calibración, en el que se detalla el método de calibración y las pruebas nombradas.

Se debe considerar también el uso de materiales o repuestos, que deben ir descritos. Por ejemplo, si se tuviera que reemplazar una celda de carga, *cup*, tarjeta seccional o tarjeta Power, se debe indicar en la sección de materiales utilizados.

Seguido de esto, se realiza un cronograma que se detalla la fecha, incluyendo día, mes y año, y el horario de cada actividad con rangos de tiempo prudentes, incluyendo también horas extras y tiempo que se utilizó para llegar al lugar del mantenimiento.

Finalmente, se identifican a los técnicos o personal que realizó el trabajo y el reporte y la firma de aceptación del trabajo, la cual debe hacerla el encargado del equipo o el usuario al quedar conforme con los trabajos realizados.

CONCLUSIONES

1. Se ha diseñado un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para básculas marca Fairbanks modelo Tracker VS de cualquier capacidad y longitud, tomando en cuenta cada parte y componente de la báscula para su correcto funcionamiento. Esto asegura que el equipo esté bien calibrado y evita pérdidas, principalmente económicas de producción, como gastos innecesarios, tanto de mantenimiento preventivo como correctivo.
2. Según se ha estudiado y conforme a la información del fabricante, no se tiene un intervalo exacto entre los mantenimientos de la báscula marca Fairbanks modelo Tracker VS, sino que la periodicidad de estos se relaciona con la constancia de uso y depende de los ciclos de pesajes diario que se hagan. Sin embargo, se pueden deducir los siguientes intervalos de tiempo:
 - Cada 6 meses para menos de 3 ciclos de pesaje diarios
 - Cada 4 meses para 4 a 10 ciclos de pesajes diarios
 - Cada 3 meses para 10 a 30 ciclos de pesaje diarios
 - Cada 2 meses para 30 o más ciclos de pesaje diarios
3. La calibración no es más que un conjunto de operaciones que establecen, bajo ciertas condiciones específicas, la relación que existe entre los valores indicados por un instrumento de medida y los correspondientes valores conocidos de una magnitud física medida a través de patrones.

4. Para calibrar un instrumento, primero se debe contar con un valor proporcionado por un patrón que sirva de referencia, para compararlo al valor que indica el instrumento con el mismo patrón. Si estos valores son varios, cada uno no debe tener un error mayor a $1/3$ del error máximo permitido al instrumento para la carga aplicada.

5. Aparte del uso de la báscula como principal motivo de la pérdida de calibración, se pueden también tomar en cuenta otros factores influyentes como:
 - Uso indebido del equipo.
 - Sobrecarga del equipo.
 - Fatiga del material.
 - Fuerzas aplicadas horizontalmente.
 - Cambios drásticos de la temperatura ambiental, la cual expande y contrae los materiales.
 - Mal diseño de la obra civil de la báscula.
 - Fluctuaciones en el sistema eléctrico de la báscula.

6. Para que la báscula tenga una larga vida y que no se averíe pronto, se deberá tener un plan de mantenimiento preventivo, el cual deberá ser aplicado a cada parte crítica de la báscula, ya que necesitan diferentes procedimientos a diferentes intervalos. Empresas certificadas y especializadas en el tema serán las idóneas para realizar este mantenimiento preventivo, en el caso de la báscula marca Fairbanks modelo Tracker VS, en Guatemala deberá ser el distribuidor local del equipo.

RECOMENDACIONES

1. Tener un *stock* de repuestos, dependiendo del uso que tenga la báscula. Como ya se mencionó, si tiene poco uso y el producto pesado no es vital, se puede tener una celda de carga Rocker Column de 30 Ton, y una tarjeta seccional en caso de fallas. Por el contrario, si se tiene un alto número de ciclos de pesaje, se debe tener de 3 a 5 celdas en *stock*, dos tarjetas seccionales, una tarjeta Power y un indicador de *back-up*.
2. Para realizar mantenimientos correctivos es aconsejable contratar a una empresa especializada y certificada en el área de mantenimiento y calibraciones de sistemas de pesaje. Principalmente, se sugiere que sea el distribuidor y la empresa que vendió el equipo el que realice los servicios.
3. Contar con un kit de masas patrón certificadas para tener un control de la calibración de la báscula, comparando el valor del peso de las masas con el valor indicado por la báscula. En el caso de cualquier báscula camionera, no se deberá usar masas menores a los 10 kg.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: Agies, 2010. 75 p.
2. CABRERA SEIS, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 155 p.
3. Fairbanks Scales. *Installation manual tracker series truck scale model VS and VSX Series*. Missouri: Fairbanks Scales, 2008-2012. 312 p.
4. FAIRBANKS. *Tracker VS and VSX above ground side rail truck scale*. [en línea].
<<http://www.fairbanks.com/documents/sdls/102468/SDL%206884.pdf>>. [Consulta: enero de 2016].
5. _____. *Truck scale owners best practices*. [en línea].
<<http://www.fairbanks.com/documents/whitepapers/102468/101487.pdf>>. [Consulta: enero de 2016].
6. *Service manual - Mettler Toledo*. [en línea]. <http://www.mt.com/in/en/home/supportive_content/product_documentation/operating_instructions/po/ind/GSP_BC_Scale_SM/jcr:content/download/file/files/30126862_R01_BC_Scale_SM_EN.pdf>. [Consulta: febrero de 2016].

ANEXOS

Anexo 1. Reporte de resultados



SIDASA
10 Calle 0-52, Zona 9
 PBX: 2323-5555, Ext. 289 - Fax: 2334-3221
 E-mail: info@sidasas.net

REPORTE DE TRABAJO
Nº 15051

FECHA		
DIA	MES	AÑO

CLIENTE: _____ EQUIPO: _____

MODELO: _____ NO. SERIE: _____

DESCRIPCION DE LA FALLA/IRREGULARIDADES:

INSPECCION
 INSTALACION
 ARRANQUE
 EMERGENCIA
 MANTENIMIENTO
 REPARACION

TRABAJOS REALIZADOS:

MATERIALES UTILIZADOS:

RECOMENDACIONES:

FECHA			ACTIVIDAD DESCRIPCION	TIEMPO ORDINARIO (A)			T. EXTRA (B)	VIAJE (C) Q./KM
DIA	MES	AÑO		DE	A	TOTAL		
			VIAJE A:					
			VIAJE RETORNO:					
TOTALES (A), (B), (C)								

TECNICOS:

RECIBI CONFORME:

Nombre: _____ Firma: _____

NOTA: RECTIFIQUE EL TIEMPO DE TRABAJO; ESTE SERA UTILIZADO COMO BASE PARA LA FACTURACION.

Fuente: Sidasa.

Anexo 2. **Certificación de calibración realizada por la empresa Servicios Industriales y Agrícolas, S. A.**



SERVICIOS INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS, S.A.

10^a Calle 0-52 zona 9
Guatemala, Guatemala C.A.
Tel. 2323-5555 Fax: 2334-3221
E-mail: santiago.molina@sidasas.net

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NO. SID-##-###-#####

Información De La Empresa

Nombre:

Dirección:

Fecha De Calibración:

Lugar De Calibración:

Información del Equipo

Plataforma

Capacidad Máx:

Capacidad Míñ:

Unidades: kg

Intervalo de Verificación (e): kg

División Mínima (d): kg

Clase OIML: III

Clase NIST: IIIIL

Accesorios: Ninguno

Información de los Patrones

Cant.	Clase	Peso	Certificado
11	M1	1 000 kg	JIG1036-2008

- Método de Calibración: COGUANOR NGO 4015 y con sustitución en masas según NIST Handbook 44.
- Certificado realizado según la norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17 025.

Nota: 1. El certificado no es válido sin firma y sello de SIDASA.

2. La reproducción del certificado no es válida sin la autorización por escrito de SIDASA.

Observaciones: Ninguna.

Elmer Carrera
Responsable de la Calibración

Santiago Molina
Gerente División de Servicios

Prueba de Repetibilidad

Peso Aplicado:

N	Valor Indicado	Desviación
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

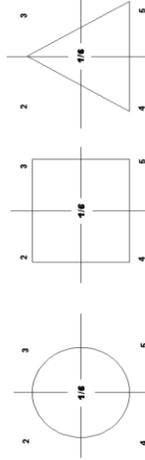
Prueba de Exactitud

Peso Aplicado:

Sección	Valor	Desviación
1		
2		
3		
4		

Temperatura Inicial/Final: C / C

Humedad Inicial/Final: % / %



Pruebas de Linealidad Ascendente			Pruebas de Linealidad Decendente		
N	Carga Aplicada	Valor Indicado	N	Carga Aplicada	Valor Indicado
0	0	0	6	2 000 kg	11 000 kg
1	1 000 kg	1 000 kg	5	2 000 kg	9 000 kg
2	2 000 kg	3 000 kg	4	2 000 kg	7 000 kg
3	2 000 kg	5 000 kg	3	2 000 kg	5 000 kg
4	2 000 kg	7 000 kg	2	2 000 kg	3 000 kg
5	2 000 kg	9 000 kg	1	1 000 kg	1 000 kg
6	2 000 kg	11 000 kg	0	0	0

	EMP	Uemp
± 1e	10 kg	5.773 5 kg
± 2e	20 kg	11.557 0 kg
± 3e	30 kg	17.320 5 kg

Incertidumbre Expandida al 95% de confianza: 11.235 1 kg

Fuente: Sidasas.