

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**



**“PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL INSTRUMENTO CALIBRADOR DE
TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMÉTRICAS EN LAS
EMPRESAS INDUSTRIALES DE EL SALVADOR”**

**TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

**ALVARENGA RIVAS, MIRNA ELIZABETH
BENAVIDES AVILES, MARIO ALFREDO**

ASESOR:

ING. MIGUEL ALEJANDRO TÉVEZ FUNES

OCTUBRE 2006

SOYAPANGO – SAN SALVADOR - EL SALVADOR

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**



AUTORIDADES

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

RECTOR

PBRO. VICTOR BERMUDEZ YÁNEZ

VICERRECTOR

HNO. MARIO OLMOS ARGETA

SECRETARIO GENERAL

ING. ERNESTO GODOFREDO GIRON

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

ING. RIGOBERTO SILVA

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**



TRABAJO DE GRADUACION

**“PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL INSTRUMENTO CALIBRADOR DE
TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMÉTRICAS EN LAS
EMPRESAS INDUSTRIALES DE EL SALVADOR”**

Ing. Heber Portillo.
Jurado

Ing. Arsenio Fuentes.
Jurado

Ing. Pedro Vásquez
Jurado

Ing. Miguel Tévez
Asesor

DEDICATORIA:

Dedico este éxito a:

DIOS: Por ser la luz que me ha iluminado durante todo momento, la mano que me ha guiado todo este camino, por darme paciencia y fortaleza en los momentos difíciles, su bendición y gracia es la que me permitió alcanzar este triunfo.

MIS PADRES: Dedico también este triunfo y muy especialmente a mis padres ya que conté con ellos siempre, me proporcionaron su ayuda tanto económica como moral, y nunca podré pagar ese gran sacrificio que hicieron por mí. Gracias, por ser mi apoyo absoluto a lo largo de toda la carrera, por creer en mí y ayudarme a alcanzar mis metas y propósitos los AMO MUCHO.

MI COMPAÑERO DE TESIS: Mario Benavides por que juntos logramos salir adelante, por su esfuerzo y dedicación, por que nunca se dio por vencido y por apoyarme siempre.

MIS PROFESORES: Agradezco este triunfo en especial a todos mis maestros que con dedicación y empeño día a día colaboraron en mi aprendizaje gratifico grandemente a la Ing. Carolina Nuila que fue una persona clave en mi formación profesional y solo me resta decirle gracias por todo su apoyo incondicional.

MIS AMIGOS: A todos los que estuvieron conmigo durante todo este tiempo de preparación y esfuerzo a lo largo de la carrera, por que hicieron que cada momento en la Universidad y en mi vida fuera algo inolvidable, al compartir con migo tantas cosas buenas y malas un millón de gracias.

Mirna Elizabeth Alvarenga Rivas

DEDICATORIA:

A DIOS padre todo poderoso y a la virgen santísima, que me permitió tener la sabiduría y entendimiento en el desarrollo de mis estudios, para lograr la meta que me planteé al inicio de mi carrera.

A mi Mamá Margarita Aviles, por creer en mí, dándome su apoyo y la oportunidad de superarme. Quien con mucho sacrificio estuvo a mi lado en los momentos difíciles dándome ánimos para seguir adelante siempre en mis estudios, con esto pude sobrellevar los obstáculos que se me presentaron.

Te agradezco mucho mamá.

A mi hermano Rudy, por el apoyo incondicional que obtuve de su parte; los ánimos y su preocupación siempre por mí, ayudándome cuando más la necesitaba para seguir adelante.

A mi sobrino Daniel, que siempre me pregunto cómo me iba en la universidad; ha sido una bendición que él esté a mi lado.

A mi familia, que pendiente de cómo estaban las cosas en los estudios me animaron a siempre seguir adelante y llegar a obtener este grado académico.

A Rhina Zarahy, que siempre estuvo a mi lado apoyándome en los momentos más difíciles. Con su amistad, cariño y regaños, me ayudó constantemente a seguir adelante brindando su mano cuando la necesité.

A mi compañera de trabajo de graduación Mirna Alvarenga, por que siempre fue mi apoyo en los momentos que necesitamos salir adelante con el trabajo, y que constantemente me dio ánimos para seguir adelante.

A Carolina Nuila, que me dedico su ayuda incondicionalmente, tanto profesional como moral para seguir adelante, aconsejándome y llenándome de confianza para hacer bien el trabajo.

A mis amigos que me ayudaron, llenando momentos de alegrías, desveladas, preocupaciones, tristezas, enojos, pues con esto ayudaron a que concluyera mis estudios. Gracias!!!

Mario Alfredo Benavides Aviles

ÍNDICE

Contenido	Página.
<u>“PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL INSTRUMENTO CALIBRADOR DE TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMÉTRICAS EN LAS EMPRESAS INDUSTRIALES DE EL SALVADOR”</u>	<u>1</u>
<u>ALVARENGA RIVAS, MIRNA ELIZABETH</u>	<u>1</u>
<u>“PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL INSTRUMENTO CALIBRADOR DE TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMÉTRICAS EN LAS EMPRESAS INDUSTRIALES DE EL SALVADOR”</u>	<u>3</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>i</u>
<u>CAPÍTULO I GENERALIDADES</u>	<u>4</u>
<u>1.1 ANTECEDENTES</u>	<u>4</u>
<u>1.2 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN</u>	<u>6</u>
<u>1.2.1 IMPORTANCIA</u>	<u>6</u>
<u>1.2.2 JUSTIFICACIÓN</u>	<u>7</u>
<u>1.3 PROYECCIÓN DE DESARROLLO EMPRESARIAL</u>	<u>8</u>
<u>1.4 OBJETIVOS</u>	<u>9</u>
<u>1.4.1 OBJETIVO GENERAL</u>	<u>9</u>
<u>1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>9</u>
<u>1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES</u>	<u>10</u>
<u>1.5.1 ALCANCES</u>	<u>10</u>
<u>1.5.2 LIMITACIONES</u>	<u>10</u>
<u>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</u>	<u>12</u>
<u>2.1 MARCO HISTÓRICO</u>	<u>12</u>
<u>2.1.1 MARCO HISTÓRICO REFERENCIAL DE MÉXICO</u>	<u>12</u>
<u>2.1.2 MARCO HISTORICO REFERENCIAL DE EL SALVADOR</u>	<u>14</u>
<u>2.1.3 ANTECEDENTES DE EMPRESAS QUE PROPORCIONAN SERVICIO DE CALIBRACIÓN</u>	<u>14</u>
<u>2.2 MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL</u>	<u>15</u>
<u>MEDICIÓN DE PAR TORSIONAL</u>	<u>22</u>
<u>2.2.1.1 PRINCIPIOS FÍSICOS</u>	<u>23</u>
<u>2.2.1.2 REQUISITOS METROLÓGICOS</u>	<u>28</u>
<u>2.2.1.3 PATRONES DE PAR TORSIONAL</u>	<u>35</u>
<u>2.2.1.4 CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE PAR TORSIONAL</u>	<u>44</u>
<u>2.2.2 TORQUÍMETROS</u>	<u>49</u>
<u>2.2.3 DISEÑO</u>	<u>51</u>
<u>2.2.4 TIPOS DE TORQUÍMETROS</u>	<u>51</u>
<u>CAPITULO III ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL</u>	<u>54</u>
<u>3.1 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS PARA LA SITUACIÓN ACTUAL</u>	<u>54</u>
<u>3.1.1 CHECK LIST (LISTA DE VERIFICACIÓN)</u>	<u>54</u>
<u>3.1.2 DIAGRAMA 5W +1H</u>	<u>55</u>
<u>3.1.3 FUENTES DIRECTAS O PRIMARIAS</u>	<u>56</u>
<u>3.1.3.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO</u>	<u>56</u>

3.1.3.1.1 ENTREVISTAS.....	56
3.1.3.1.2 ENCUESTAS.....	56
3.1.3.1.3 VISITAS TÉCNICAS.....	56
3.1.3.1.4 OBSERVACIÓN DIRECTA E INDIRECTA.....	57
3.1.4 FUENTES INDIRECTAS O SECUNDARIAS	57
3.1.4.1 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.....	57
3.1.4.1.1 BIBLIOGRÁFICO.....	57
3.1.4.1.2 DOCUMENTOS EN INTERNET.....	57
3.1.5 ESTUDIO DE MERCADO.....	57
3.1.5.1 MERCADO SU IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICAS.....	58
3.2 INVESTIGACIÓN.....	61
3.2.1 DETERMINACIÓN DE LAS ENCUESTAS Y / O MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	62
3.2.2 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO, EL SUJETO DE ESTUDIO Y EL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	63
3.2.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	67
3.2.4 RESULTADOS OBTENIDOS	67
3.2.4.1 RESULTADOS DE ENTREVISTAS.....	67
3.2.4.2 RESULTADOS DE ENCUESTAS.....	71
3.2.4.3 RESULTADOS DEL CHECK LIST.....	82
3.2.4.4 RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN.....	84
3.2.5 LA COMPETENCIA Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	84
3.2.6 MERCADOS POTENCIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	84
3.2.7 INCIDENCIA DE LA DEMANDA.....	84
3.2.8 MERCADO NACIONAL A CUBRIR.....	85
3.2.9 IDENTIFICACIÓN DEL SERVICIO.....	86
3.2.10 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	87
CAPÍTULO IV DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	88
4.1 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO.....	88
4.1.1 MEDIDAS INICIALES.....	88
4.1.2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA	90
4.1.2.1 BÚSQUEDA DE SOLUCIÓN.....	90
4.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	91
4.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA	92
4.4 ANÁLISIS DE SOLUCIÓN.....	94
4.4.1 ANÁLISIS DE OBJETIVOS.....	94
4.4.2 BÚSQUEDA DE SOLUCIÓN.....	95
4.5 VARIABLE REPRESENTATIVA PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	97
4.6 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO.....	98
CAPÍTULO V ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL DISEÑO CALIBRADOR DE TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMÉTRICAS.....	99

<u>5.2 ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO.....</u>	<u>100</u>
<u>5.2.1 ANALISIS CUANTITATIVO.</u>	<u>103</u>
<u>5.2.1.1 SERVICIOS DE CALIBRACIÓN</u>	<u>103</u>
<u>5.2.1.2 EVALUACIÓN ECONOMICA PARA LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION.....</u>	<u>104</u>
<p><u>Con la cotización de los patrones de calibración que se detallan en el trabajo de graduación, para el primer año el costo constara de la compra de los dispositivos para las propuestas 1 y 2, y para la propuesta 2 y 3 constara de la implementación y/o construcción del método de carga. Para los años subsiguientes se incrementará ese costo, debido a la inflación la cual no es más que el Índice de Precios al Consumidor (IPC).</u></p>	
<u>IPC(2005)= 3.9 %</u>	<u>104</u>
<u>5.2.1.2.1 PROPUESTA No 1</u>	<u>111</u>
<u>5.2.1.2.1.1 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA PROPUESTA No 1.....</u>	<u>113</u>
<u>5.2.1.2.2 PROPUESTA No 2</u>	<u>116</u>
<u>5.2.1.2.2.1 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA PROPUESTA No 2.....</u>	<u>118</u>
<u>5.2.1.2.3 PROPUESTA No 3.1.....</u>	<u>121</u>
<u>5.2.1.2.3.1 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA PROPUESTA No 3.1.....</u>	<u>122</u>
<u>5.2.1.2.4 PROPUESTA No 3.2</u>	<u>125</u>
<u>5.2.1.2.4.1 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA PROPUESTA No 3.2.....</u>	<u>126</u>
<u>5.2.3 ANÁLISIS CUALITATIVO.....</u>	<u>129</u>
<u>5.2.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</u>	<u>130</u>
<u>5.3 ADOQUISIÓN DE PATRONES DE CALIBRACIÓN</u>	<u>132</u>
<u>5.3.1 MASAS.....</u>	<u>132</u>
<u>5.3.2 CÁLCULOS PARA DETERMINAR EL ERROR APROXIMADO DEL DISEÑO DEL CALIBRADOR DE TORQUIMETROS.....</u>	<u>135</u>
<u>5.4 DISEÑO.....</u>	<u>139</u>
<u>5.4.1 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES A UTILIZARSE EN EL DISEÑO PROPUESTO Y SUS VARIANTES.....</u>	<u>139</u>
<u>5.4.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL INSTRUMENTO CALIBRADOR.....</u>	<u>142</u>
<u>5.4.2.1.1 CÁLCULO PARA EL EJE DONDE SE COLOCARÁN DOS POLEAS PARA EL CAMBIO DEL SENTIDO.....</u>	<u>147</u>
<u>5.4.2.2 CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL EJE DE LA POLEA DE 1M DE DIÁMETRO.....</u>	<u>150</u>
<u>5.4.2.3 DATOS DE RESISTENCIA DE POLEAS.....</u>	<u>154</u>
<u>5.4.2.4 SUJECCION DE POLEA CON CABLE DE ACERO.....</u>	<u>154</u>
<u>5.4.2.5 DIMENSIONAMIENTO DE CABLE DE ACERO.....</u>	<u>155</u>
<u>5.4.2.6 CONCLUSIONES DE DIMENSIONAMIENTO DEL DISEÑO.....</u>	<u>155</u>
<u>5.4.3 DIBUJO DEL DISEÑO CALIBRADOR DEL TORQUÍMETRO.....</u>	<u>158</u>
<u>5.5 ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA UTILIZARSE EN LA CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....</u>	<u>174</u>
<u>5.5.1 SERVICIOS DE CALIBRACIÓN.</u>	<u>174</u>
<u>5.5.1.1 REQUISITOS A CUMPLIR POR LA NORMA ISO 17025.....</u>	<u>174</u>

<u>5.5.2 CERTIFICADO DE CALIBRACION.....</u>	<u>177</u>
<u>5.5.2.1 EJEMPLO DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.....</u>	<u>180</u>
<u>5.5.3 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN.....</u>	<u>182</u>
<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>188</u>
<u>RECOMENDACIONES.....</u>	<u>190</u>
<u>FUENTES DE INFORMACIÓN.....</u>	<u>191</u>
<u>GLOSARIO.....</u>	<u>193</u>
<u>GLOSARIO ACRÓNIMOS.....</u>	<u>193</u>
<u>GLOSARIO TÉCNICO.....</u>	<u>194</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>199</u>
<u>ANEXO No1. ENTREVISTA DIRIGIDA A EMPRESAS DE LA INDUSTRIA SALVADOREÑA QUE POSEEN TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMÉTRICAS.....</u>	<u>200</u>
<u>ANEXO No2. FORMATOS DE ENCUESTAS.....</u>	<u>202</u>
<u>ANEXO No 3.LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EMPRESAS DE LA INDUSTRIA SALVADOREÑA QUE DEMANDAN EL SERVICIO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMETRICAS.....</u>	<u>205</u>
<u>ANEXO No 4.NORMA ISO 6789, ADOPTADA POR AENOR, ESPAÑA.....</u>	<u>206</u>
<u>ANEXO No 5.CALCULO DE LA ACELERACION LOCAL DE GRAVEDAD.....</u>	<u>228</u>
<u>ANEXO No 6 PROCEDIMIENTO UTILIZADO POR LA EMPRESA ARAGÓN VALENCIA Y ASOCIADOS.....</u>	<u>229</u>
<u>ANEXO No 7 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS A LA TENSIÓN DE ALGUNOS ACEROS ROLADOS EN CALIENTE Y ESTIRADOS EN FRIÓ.....</u>	<u>233</u>
<u>ANEXO No 8 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS DE BOLAS DE UNA HILERA.....</u>	<u>234</u>
<u>ANEXO No 9 DATOS DE CABLES METÁLICOSDE ACERO.....</u>	<u>235</u>

INTRODUCCIÓN

La orientación de los estudios académicos debería ser respuesta a las necesidades del entorno, el área de ingeniería industrial adquiere especial importancia en El Salvador, gracias a la evidente necesidad de la aplicación de avances tecnológicos en el fortalecimiento de la Industria Salvadoreña. Se trata de una coordinación entre la industria, sus necesidades técnicas, desafíos empresariales y el proceso de aprendizaje - enseñanza que impulsa las Universidades, lo cual favorece al desarrollo nacional.

Con base a esto, se realizará la propuesta para el diseño del instrumento calibrador de torquímetros o llaves dinamométricas, con el fin de verificar su factibilidad en beneficio de las empresas que demanden el servicio. Se pretende demostrar que los trabajos de graduación de Ingeniería Industrial, no sólo son documentos sino, que deben ser el inicio para el desarrollo industrial en un mercado potencial que involucran otras ramas de la Ingeniería.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

En el contexto de generalidades se inicia con los antecedentes que trata de la importancia que adquieren los torquímetros o llaves dinamométricas en la industria Salvadoreña y aun más su calibración debido a que es fundamental un manejo adecuado de los mismo debido a que las empresas trabajan con componentes críticos en sus operaciones.

También en este capítulo se da a conocer el aporte que generaría al desarrollarse el tema a nivel empresarial ya que el servicio es demandado a nivel nacional por la industria Salvadoreña.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se busca indagar sobre los principales aspectos teóricos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo de graduación, se inicia con presentar generalidades de empresas que proporcionan el servicio de calibración a nivel

internacional y nacional algunos puntos desarrollados o contemplados son: definición, evolución y características del servicio.

Así como también se presentan antecedentes de empresas o laboratorios que proporcionan el servicio de calibración en El Salvador.

Parte importante de este trabajo son los procedimientos y métodos utilizados para la calibración de par torsional a nivel internacional por no contar en el país con ellos esto con el objetivo de indagar en ellos y conocer cuales resultan más favorables para el análisis e implementación.

Fundamentalmente en este trabajo es conocer acerca de los torquímetros y tipos de torquímetros para tener una mejor panorámica del estudio.

Finalmente se abordan conceptos relacionados a las técnicas de investigación a utilizarse, como por ejemplo: entrevistas, encuestas, visitas técnicas, documentos, diagramas etc. para obtener un mejor resultado en nuestra investigación de campo.

CAPÍTULO III: SITUACIÓN ACTUAL

La investigación de campo cuyo objetivo es conocer la situación actual por la que atraviesa el sector empresarial en El Salvador sujeto a estudio para poder llevar a cabo el planteamiento de un diagnóstico de la situación de las mismas, inicia presentando en que consiste el mercado, seguido de una serie de parámetros tomados a partir del resultado de las encuestas, tales como:

- Identificación del servicio
- Determinación del método de investigación
- Competencia y sus características
- Mercados potenciales
- Incidencia de la demanda

En este capítulo se analiza el resultado de la investigación de campo que parte del análisis, tabulación e interpretación de los resultados, lo cual busca a través de la aplicación de distintas metodología, analizar y dar la interpretación adecuada a la

información, esto con el fin de presentar una conclusión en cada apartado en particular.

CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO DE LA INVESTIGACION DE CAMPO

El diagnóstico en este capítulo se realizará a través de la investigación de campo debido a que en el se presenta la formulación e identificación del problema encontrado a partir de datos reales en el estudio de mercado.

En este capítulo lo que se pretende es diagnosticar una situación a partir de datos obtenidos en la investigación de campo, y plantear una panorámica de las posibles soluciones ya que el análisis técnico de las solución se realizará en el último capítulo para demostrar cual es la alternativa mas conveniente.

CAPÍTULO V: ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL DISEÑO CALIBRADOR DE TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMÉTRICAS

Este capítulo busca proponer un diseño que este al alcance de cualquier empresario que desee implementar el calibrador de torquímetros dejando constancia del dimensionamiento y características de los materiales, así como dos propuestas de diseño basadas en parámetros reales y existentes en el país tales como : patrones de masa, de longitud, y el calculo de la gravedad. Además se presenta el análisis costo beneficio de las alternativas de solución y determinar cual es más rentable. Con el propósito de indagar un mercado nuevo y con mucho potencial.

Finalmente se tienen las conclusiones que son aseveraciones del cumplimiento de los objetivos desarrollos en el estudio y las recomendaciones que se le hacen a los sectores empresariales del país.

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El tema surge a partir de la necesidad que tiene una de las empresas Salvadoreñas donde uno de los participantes de este proyecto labora. En sus actividades diarias la empresa trabaja con llaves dinamométricas o torquímetros, y el no poseer un servicio de calibración nacional para tratar los instrumentos se convierte en una carencia del servicio en nuestro país.

Las llaves dinamométricas o torquímetros son de utilidad para la Industria Salvadoreña, debido a las especificaciones de fábrica que poseen los equipos para que estos operen en excelentes condiciones, es necesario que se calibren en un período de tiempo determinado, para comparar la respuesta que está teniendo el instrumento.

Es por ello, que es fundamental un manejo adecuado de las herramientas al apretar algunos elementos o componentes de las maquinarias que están expuestos a presión, vibración y cambios de temperatura ya que al estar fuera de especificación conducen a daños en componentes primarios de la maquinaria como: desgastes, quiebre de piezas, paros inesperados, fallos en los equipos, accidentes ocasionales, costo de no producir, costo de reprocesar, costo de salario, pagos a personal incapacitado, entre otros, los cuales incurren en costos dentro de sus operaciones.

Las empresas de la Industria Salvadoreña que poseen torquímetros o llaves dinamométricas demandan el servicio de calibración cuando sus instrumentos se encuentran fuera de especificación y no disponen de proveedores que proporcionen respuesta inmediata a sus necesidades y a un costo competitivo.

En El Salvador se cuenta con una gama de empresas que poseen torquímetros o llaves dinamométricas. Algunas de ellas son:

- 1- MONELCA (MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE CENTRO AMÉRICA)
- 2- IASA (INGENIEROS ASOCIADOS)
- 3- MAQSA (MAQUINARIA SALVADOREÑA)
- 4- ENERGY INTERNATIONAL
- 5- NEJAPA POWER
- 6- FUERZA AÉREA
- 7- AERONAÚTICA CIVIL
- 8- TEDER
- 9- GENERAL DE EQUIPOS
- 10- DEL SUR (DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD)
- 11- ESCUELA DE AVIACIÓN EL PANAL
- 12- ETESAL(EMPRESA TRANSMISORA DE ENERGÍA)
- 13- DUKE ENERGY
- 14- MOP (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS)

El diseño industrial es una de las técnicas de la ingeniería que permite innovar y crear productos, incrementar la calidad, funcionalidad, imagen y diferenciación. Es por ello que se involucrará en el trabajo de graduación.

Este comprende desde los tornillos y piezas de máquinas, los elementos prefabricados para la construcción y el mobiliario de toda clase, hasta las máquinas de todo tipo, desde una bicicleta hasta un avión, pasando por los electrodomésticos. Contar con el diseño, ayudará a elaborar la propuesta para el diseño del instrumento calibrador de torquímetros o llaves dinamométricas.

Las nuevas tecnologías basadas en diseño asistido por ordenador o computadora (CAD/CAM) proporcionan numerosas oportunidades para responder inicialmente con la simulación a las necesidades y deseos de las empresas para reevaluarlos; incluso pueden estimular necesidades o deseos no percibidos. Pero la tecnología debe formalizarse en servicios comerciales: El diseño industrial, desde su doble capacidad expresiva y funcional, se ocupa de proyectar los objetos que se pueden fabricar a

través de este. Entre las ventajas pueden estar el ahorro de tiempo y energía en una tarea determinada, el ahorro financiero, una mayor seguridad para el usuario en comparación con otros modelos, o el prestigio asociado a la propiedad y una alta presión y calidad.

En la actualidad, el diseño de un bien o servicio lleva también consigo una certificación de calidad, que asegura que tanto el proceso de diseño como el de fabricación del producto o servicio responden a unos criterios de calidad integrales. La certificación de calidad la otorgan las instituciones acreditadas para ello; los respectivos organismos nacionales de normalización (en España, por ejemplo, AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación), coordinados por la ISO, el organismo internacional de normalización.

1.2 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

1.2.1 IMPORTANCIA

El presente trabajo de graduación adquieren importancia debido a contribuirá al desarrollo en las empresas. Se basará en estudios, diseños, y técnicas que generan beneficios al país.

Se centra en una propuesta para el diseño del instrumento calibrador de torquímetros o llaves dinamométricas, para que este posteriormente pueda ser construido e implementado en beneficio de la industria Salvadoreña. Fundamentado en una necesidad que poseen las empresas las cuales no disponen del servicio para calibrar sus instrumentos en el país y su vez generaría fuentes de empleo.

El objetivo de todo ingeniero industrial se focaliza en aportar soluciones, proporcionar respuestas verdaderas, efectivas y eficientes a los problemas empresariales. A los problemas que enfrentan las empresas.

1.2.2 JUSTIFICACIÓN

Con base en la investigación preliminar realizada por medio de un sondeo telefónico se justifica que empresas como lo son las generadoras y distribuidoras de energía eléctrica, aviación, petroleras y automotriz en otras, no cuenta con el servicio de calibración para sus torquímetros y llaves dinamométricas a nivel nacional lo que sustenta la construcción de la propuesta del calibrador de torquímetro, con el fin de implementarlo el servicio de las empresas que lo requieran.

El aporte que generaría el prototipo es en las exigencias de certificación en las empresas para lograr mayor competitividad en el campo empresarial. Las normas OSHAS 18000 establecen exigencias de seguridad y las ISO de calidad. Ejemplo de ello tenemos la ISO 10012 (2003), que es el proceso de confirmación metrológica y se define como: Conjunto de operaciones necesarias para asegurar que el equipo de medición cumple con los requisitos para su uso previsto¹.

Las empresas tienen la necesidad de calibrar sus instrumentos empleando patrones calibrados y trazables (conforme a la norma ISO 6789), para entregar productos y/o servicios que cumplan con las exigencias de calidad, confiabilidad, seguridad, durabilidad para sus clientes y economía.

Además siendo la Universidad Don Bosco la única que proporciona a sus estudiantes una formación integral teórica en el campo de la Normalización, Calidad, Metrología, entre otras, hereda a los egresados de Ingeniería Industrial los conocimientos en el campo de la metrología, área novedosa y de vanguardia, para que deban ser aplicados en la Industria.

¹

Fuente de información: www.metas.com.mx/guiametas/La-Guía-MetAs-04-04-Confirmación

1.3 PROYECCIÓN DE DESARROLLO EMPRESARIAL

El trabajo de graduación se enfocará para el beneficio en el sector empresarial, por lo que de implementarse será de provecho a un grupo de empresas Salvadoreñas y será extensible a todas las empresas e instituciones que requieran el servicio.

Esto se concretizará cuando se conozca la necesidad en el ámbito empresarial a través de la evaluación que se realizará en el diagnóstico acerca de la situación.

Desde una perspectiva empresarial, las medianas y grandes empresas que poseen torquímetros o llaves dinamométricas demandan el servicio de calibración. El beneficio que se obtendrá a nivel empresarial, será básicamente el de proporcionar la propuesta para el diseño de un instrumento calibrador de torquímetros y pueda implementarse a nivel nacional, para beneficio empresarial en general que sea fácil y práctico de usar.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la propuesta para el diseño del instrumento calibrador de torquímetros o llaves dinamométricas en la Industria Salvadoreña.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar la demanda existente en diferentes rubros de la Industria Salvadoreña, sobre la necesidad de calibrar torquímetros o llaves dinamométricas.
- Realizar un estudio acerca de empresas existentes que proporcionan el servicio de calibración o llaves dinamométricas en El Salvador.
- Conocer a través de un estudio bibliográfico las diferentes técnicas, métodos, normas, y equipos que se emplean para calibrar llaves dinamométricas a nivel Centroamericano, Latinoamericano y/ o Mundial.
- Efectuar un diagnóstico a través de los resultados de la investigación de campo para determinar el problema específico.
- Hacer una evaluación de las alternativas de solución con base en el análisis costo beneficio.
- Elaborar la propuesta para el diseño del calibrador de torquímetros a partir de los resultados obtenidos en la investigación que puede ser cualitativo y cuantitativo según el desarrollo del tema, así como planos de construcción y procedimientos de calibración a emplear.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 ALCANCES

- Dar a conocer por medio de un estudio de mercado la demanda existente de la calibración de torquímetros o llaves dinamométricas en la Industria Salvadoreña.
- Se Investigaran las empresas Salvadoreñas que proporcionen el servicio de calibración de torquímetros.
- Se realizará un diagnóstico con base al estudio e investigación sobre la necesidad que existe de calibrar torquímetros.
- Se pretende dejar constancias de los planos del instrumento calibrador de torquímetros, y pueda ser implementado por áreas de ingeniería y a la vez sea utilizado para proporcionar el servicio en beneficio del país.

1.5.2 LIMITACIONES

Tipo Geográfico: La propuesta del diseño calibrador de torquímetros ó llaves dinamométricas se realizará para las empresas Salvadoreñas que demandan el servicio de calibración de los instrumentos.

Se focalizará en realizar un estudio de mercado para evaluar la necesidad que tiene la Industria Salvadoreña de calibrar llaves dinamométricas o torquímetros.

Por Sector: La propuesta para el diseño se hará con el propósito de suplir las necesidades de las empresas Salvadoreñas enfocando el estudio e investigación en las los siguientes rubros:

- 1- Generadoras y Distribuidoras de energía
- 2- Aviación
- 3- Automotriz

Debido a que es en estas donde se concentran las empresas más importantes y con tecnología avanzada del país, las cuales necesitan cumplir con las especificaciones de funcionamiento y mantenimiento de sus equipos y/o procesos.

Información: debido a que las empresas que prestan el servicio de calibración lo realizan a nivel internacional y el vínculo que se tienen con estas es estrecho, se levantará un diagnóstico evaluando parámetros de la demanda, respuesta al servicio y costos.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO HISTÓRICO

2.1.1 MARCO HISTÓRICO REFERENCIAL DE MÉXICO

Debido a que el país no cuenta con calibraciones de torquímetros para las empresas que demandan el servicio es necesario tener una referencia de los países que poseen el servicio y que podrían ser de utilidad para el desarrollo del tema en estudio.

El laboratorio de fuerza del Centro Nacional de Metrología de México, CENAM cuenta con el Patrón nacional de par torsional que es una máquina diseñada y construida en cooperación con el Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB) en Alemania. Fue la primera máquina en su tipo a nivel mundial y está basada en un sistema de transferencia formado por un conjunto de transductores, alta exactitud, el motor, reductor de velocidad, sistema de alineamiento, un cojinete de aire como elemento de apoyo una palanca de contra reacción y el sistema automático de control.

Actualmente, la aplicación del par requerido se efectúa por medio del sistema de control que utiliza bajo un programa automático. En forma original el patrón opera en modo manual y la aplicación de par requerido en el proceso de calibración, se efectúa por medio de botones que controlan el arranque y el paro de motor, la velocidad del motor, la fuerza de par aplicado, el sentido de giro de motor se hace manualmente.

Un Par Torsional es usado para apretar los tornillos de rines en llantas de automóviles o para abrir una tapa rosca de un refresco; también se utiliza con la exactitud requerida al apretar las punterías en un motor. Durante los últimos años, la medición de la magnitud de Par Torsional se ha generalizado en la Industria nacional

de México, en tal forma que ha permitido el aumento de laboratorios acreditados con intervalos de medición que especifican cada vez una mejor clase de exactitud.

El Par Torsional es una fuerza aplicada en forma perpendicular a una distancia dada de un eje central conocido un parámetro mecánico importante.

Aunque el Par Torsional difiere en la forma de aplicación de una fuerza axial (tensión o compresión), con el Par Torsional es posible generar fuerzas de tensión o compresión como en el caso de “apretar” un ensamble con un tornillo. La cantidad de Par Torsional para generar el aprete necesario en la pieza ensamblada. Cuando la pieza es apretada con una tensión adecuada, su trabajo es óptimo y el ensamble resistirá la fuerza deseada. Menos tensión (menos Par Torsional) y en un ambiente de vibración se puede causar el aflojamiento del ensamble; por el contrario más tensión (más Par Torsional) produce al “apretar” la rosca, lo que puede dar lugar a deformación de la misma y en su caso una posible fractura del perno o del ensamble.

Desde el establecimiento del patrón nacional de referencia de Par Torsional en CENAM en 1996, la demanda y expectativas de calibración de Par Torsional se han incrementado en un número significativo, sin embargo la necesidad de mejores clases de calibración para los laboratorios secundarios y la industria, han generado nuevas expectativas que ponen en relieve, el diseño de un patrón primario para la realización de esta magnitud. Por esto, se desarrolló un proyecto cuyo objetivo fue: Crear un sistema de calibración de la más alta exactitud en el ámbito nacional, el cual sería utilizado para la calibración de patrones de transferencia para diseminar la exactitud de la magnitud de Par Torsional a la industria nacional a través de la red de laboratorios acreditados.

Se ha conocido de esta forma la experiencia Mexicana que será de utilidad en el trabajo de graduación.

2.1.2 MARCO HISTORICO REFERENCIAL DE EL SALVADOR

El CONACYT en El Salvador se encarga de ofrecer servicios metrológicos de calidad, aplicando procedimientos que responden a normas internacionales bajo condiciones ambientales controladas y utilizando patrones con trazabilidad vigentes.

Dentro de los servicios que el CONACYT proporciona no incluyen el servicio de par torsional y algunos que presta son los siguientes:

- Balanzas
- Patrones de masa
- Medidores de temperatura (termómetros)
- Termocuplas
- Patrones de volumen
- Calibración de magnitudes eléctricas, entre otros.

Por lo antes mencionado en el país no se cuenta con una referencia de la calibración de torquímetros o llaves dinamométricas y es necesario que sea implementado para el beneficio del que hacer empresarial.

2.1.3 ANTECEDENTES DE EMPRESAS QUE PROPORCIONAN SERVICIO DE CALIBRACIÓN

En El Salvador existen empresas que se encargan de proporcionar el servicio de calibrar instrumentos (Balanzas, termocuplas, termómetros en otros) ejemplo de ellas tenemos:

1. UDB (Universidad Don Bosco)
2. UES (Universidad de El Salvador)
3. ITCA (Instituto Tecnológico Centroamericano)
4. CONACYT (Comité Nacional de Ciencia y Tecnología)
5. Aragón Valencia & Asociados

En esta última se nos informó que se tiene el servicio de verificación de Torquímetros, basada en una comparación que comprende en identificar si el instrumento esta en condiciones de seguirse utilizando o si esta fuera de especificaciones por lo que proceden en ajustarlo o repararlo y se basan en el manual del fabricante de los torquímetros, por la información obtenida en esta empresa se entiende que la calibración se ofrece únicamente en Honduras.

2.2 MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

El presente marco teórico menciona en términos generales la base necesaria como soporte al desarrollo del tema en estudio. Además también comprende definiciones y conceptos técnicos muy propios del concepto de torque.

Los patrones de las magnitudes de fuerza, par torsional, dureza, tenacidad, tienen importancia en una amplia variedad de industrias tales como: la automotriz, metal-mecánica, petroquímica, petrolera, aérea, y la generación de energía eléctrica.

Fuerza: Este concepto está basado en las investigaciones realizadas sobre dinámica, el cual fue resuelto por primera vez por el físicomatemático inglés Isaac Newton en su tratado “Principia Matemática”, quién tomó como base el principio de inercia de Galileo, en el cual enunció su **primera ley de Newton** *“todo cuerpo se mantiene en estado de reposo o de movimiento con velocidad constante mientras una fuerza no modifique dicho estado”*² mostrado en la siguiente formula.

$$F = m * a \text{ [Ec. 1]}$$

Donde:

F: es la fuerza (N)

m: es la masa (Kg)

a: es la aceleración (m / s²)

Par Torsional: Es una magnitud derivada de un momento torque aplicadas a un elemento, a una distancia perpendicular a un eje longitudinal, tal que se genere en él

² Fuente de información: Física Tomo I – Serway Raymond

una rotación alrededor de ese eje. En analogía con lo anterior, el Par Torsional o lo que comúnmente se conoce como "torque" puede ser asociado con la fuerza de apriete en un tornillo.

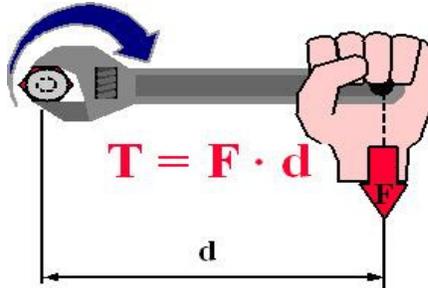


Figura No 1. El Par torsional "torque" ejercido sobre un tornillo es igual a la fuerza aplicada por la distancia d a la que se aplica.

Fuente: www.cenam.mx

La magnitud de este par torsional es calculado como el producto vectorial de la fuerza por una distancia: Par torsional = Fuerza · distancia [Nm]

$$T = F \cdot d \cdot \sin \theta \quad [\text{Ec.2}]$$

$$T = F \cdot d \cdot \sin 90^\circ$$

$$T = F \cdot d [1] \quad [\text{Nm}]$$

Donde:

T: es el par torsional en (Nm)

F: es la fuerza en (N)

d: es la distancia en (m)

De acuerdo al Sistema Internacional de unidades la unidad del par torsional es el **newton metro** y su símbolo es **Nm**, el cual es derivado de las magnitudes fundamentales longitud masa y tiempo (L, M y T), es decir $1 \text{ Nm} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$.

A continuación se describe en lenguaje técnico al torque: efectos, momento, y par

PAR MECANICO Y DEFINICION DE TORSION

Se dice que una barra está en torsión cuando se encuentra rígidamente sujeta en uno de sus extremos y torcida en el otro extremo por un par de fuerzas o torque

($T = FD$) aplicado en un plano perpendicular al eje de la barra tal como se muestra en la figura 2

EFFECTOS DE LA TORSION

Los efectos de una carga torsional aplicada a una barra son:

- 1- Impartir un desplazamiento angular en la sección transversal de un extremo con respecto a otro.
- 2- Registrar un esfuerzo cortante sobre cualquier sección transversal de la barra perpendicular a su eje.

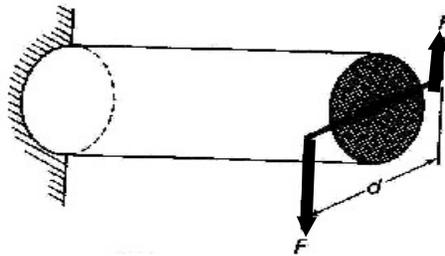


Figura No 2. Efectos de torsión.

Fuente: "metrología" Editorial: McGraw Hill Autor: Carlos Gonzáles, Ramón Zeleny

MOMENTO DE TORSION

Ocasionalmente un número de pares actúan a lo largo de un eje. En ese caso es conveniente introducir una nueva cantidad. El momento de torsión para cualquier sección a lo largo de la barra se define como la suma algebraica de los momentos de los pares aplicados que yacen a un lado de la sección en cuestión. La elección del lado siempre es arbitraria.

MOMENTO POLAR DE INERCIA

Para un eje circular hueco de un diámetro exterior D_o , y con un orificio circular concéntrico de diámetro D_i , el momento polar de inercia del área de sección transversal, usualmente es identificado por J , es

$$J = \pi/32(D_o^4 - D_i^4)$$

[Ec. 3]

Donde:

J: momento polar de inercia del área transversal

Do: diámetro exterior

Di: diámetro interior

Que despejando algebraicamente son:

$$J = \pi/32(D_o^2 - D_i^2) (D_o^2 - D_i^2) = \pi/32(D_o^2 - D_i^2) (D_o + D_i) (D_o - D_i)$$

Esta fórmula es especialmente útil para tubos donde $(D_o - D_i)$ es pequeña.

ESFUERZO CORTANTE TORSIONAL

Ya sea sólido o hueco el eje circular sujeto a un momento de torsión T , el esfuerzo cortante torsional S_s a una distancia ρ del centro del eje ver figura 3 está dado por:

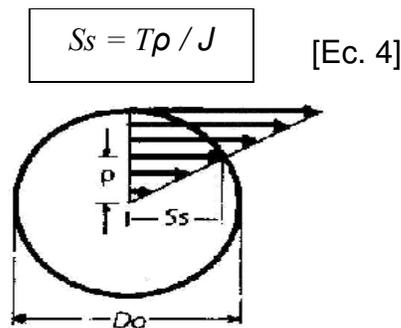


Figura No 3. Esfuerzo cortante

Fuente: "Metrología" Editorial: McGraw Hill Autor: Carlos Gonzáles, Ramón Zeleny

DEFORMACIÓN AL CORTE

Una línea generadora a-b marcada en la superficie de una barra sin carga se moverá a una posición como la mostrada a-b después de aplicar un momento de torsión T . El ángulo γ , medido en radianes, entre las posiciones final e inicial de la línea generadora se define como la deformación angular al corte en la superficie de la barra; la misma definición podría mantenerse en cualquier punto interior de la barra.

MODULO CORTANTE DE ELASTICIDAD Ó MODULO DE RIGÍDEZ

La razón del esfuerzo cortante S_s entre el ángulo de deformación al corte γ es llamado el módulo cortante de elasticidad G , en la zona elástica.

$$G = S_s / \gamma \quad [\text{Ec. 5}]$$

Donde:

G : módulo cortante de elasticidad o módulo de rigidez

S_s : esfuerzo cortante

γ : ángulo de deformación al corte

ANGULO DE TORSION

Si un eje de longitud L está sujeto a un momento de torsión cortante T a lo largo de su longitud como se muestra en la figura 4.

Entonces el ángulo θ en que un extremo de la barra se tuerce en forma relativa respecto al otro es:

$$\Theta = TL / GJ = 32TL / \pi G (D_o^4 - D_i^4) \quad [\text{Ec. 6}]$$

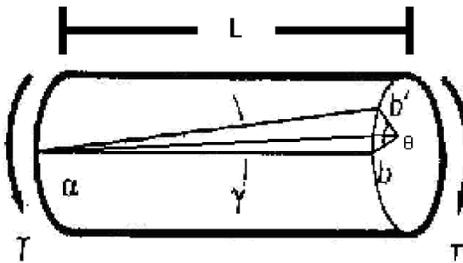


Figura No 4. Angulo de torsión.

Fuente: "Metrología" Editorial: McGraw Hill Autor: Carlos Gonzáles, Ramón Zeleny

Donde:

Θ : ángulo de un extremo de la barra

T : momento de torsión cortante

L : longitud

G : módulo cortante de elasticidad o módulo de rigidez

J : momento polar de inercia del área transversal

Es por ello que la calidad y metrología son el punto de referencia o de partida para la aplicación de técnicas de ingeniería en la Industria Salvadoreña que poseen torquímetros o llaves dinamométricas.

MÓDULO DE ELASTICIDAD O YOUNG

Un hilo metálico sometido a un esfuerzo de tracción sufre una deformación que consiste en el aumento de longitud y en una contracción de su sección como se muestra en la figura 5.

Supondremos que el aumento de longitud es el efecto dominante, sobre todo en hilos largos y de pequeña sección. Estudiaremos el comportamiento elástico de los hilos, aquél en el que existe una relación de proporcionalidad entre la fuerza F aplicada al hilo y el incremento ΔL de su longitud o bien, entre el esfuerzo F/S y la deformación unitaria $\Delta L/L_0$.

$$\frac{F}{S} = Y \frac{\Delta L}{L_0} \text{ [Ec. 7]}$$

Donde S es la sección del hilo $S=\rho r^2$, y Y es una constante de proporcionalidad característica de cada material que se denomina *módulo de elasticidad o módulo de Young*.

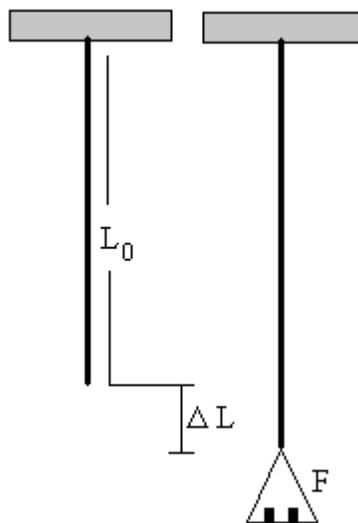


Figura No 5. Hilo metálico sometido a un esfuerzo.

Fuente: www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/alargamiento/alargamiento

Representando el esfuerzo en función de la deformación unitaria para un metal obtenemos una curva característica semejante a la que se muestra en la figura 6.

Durante la primera parte de la curva, el esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria, estamos en la región elástica. Cuando se elimina el esfuerzo, el material vuelve a su longitud inicial. La línea recta termina en un punto denominado límite elástico.

Si se sigue aumentando el esfuerzo la deformación unitaria aumenta rápidamente, pero al reducir el esfuerzo, el material no recobra su longitud inicial. La longitud que corresponde a un esfuerzo nulo es ahora mayor que la inicial L_0 , y se dice que el material ha adquirido una deformación permanente.

El material se deforma hasta un máximo, denominado punto de ruptura. Entre el límite de la deformación elástica y el punto de ruptura tiene lugar la deformación plástica.

Si entre el límite de la región elástica y el punto de ruptura tiene lugar una gran deformación plástica el material se denomina dúctil. Sin embargo, si la ruptura ocurre poco después del límite elástico el material se denomina frágil.

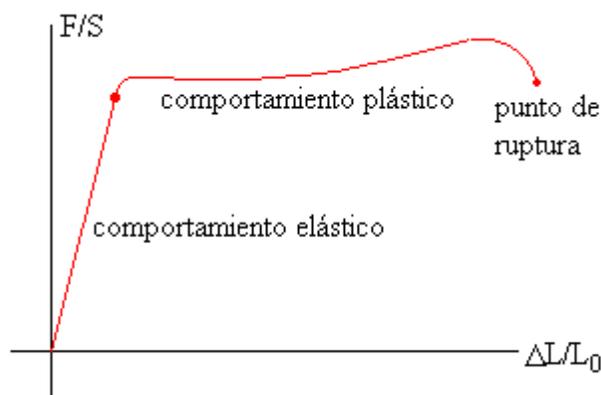


Figura No 6. Grafica del punto de ruptura en los materiales.

Fuente: www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/alargamiento/alargamiento

En la figura 7, se representa el comportamiento típico de esfuerzo - deformación unitaria de un material como el caucho. El esfuerzo no es proporcional a la deformación unitaria (curva de color rojo), sin embargo, la sustancia es elástica en el sentido que si se suprime la fuerza sobre el material, el caucho recupera su longitud inicial. Al disminuir el esfuerzo la curva de retorno (en color azul) no es recorrida en sentido contrario.

La falta de coincidencia de las curvas de incremento y disminución del esfuerzo se denomina histéresis elástica. Un comportamiento análogo se encuentra en las sustancias magnéticas.

Puede demostrarse que el área encerrada por ambas curvas es proporcional a la energía disipada en el interior del material elástico. La gran histéresis elástica de algunas gomas las hace especialmente apropiadas para absorber las vibraciones.

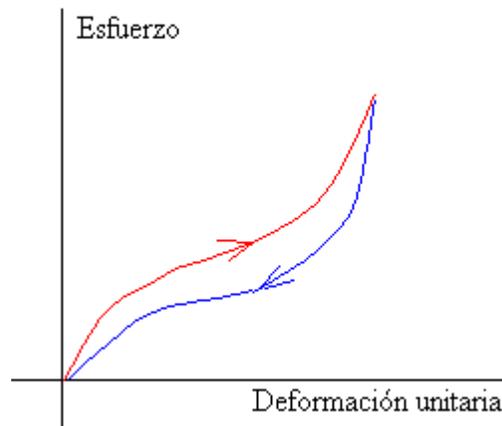


Figura No 7. Grafica esfuerzo vrs deformación.

Fuente:www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/alargamiento/alargamiento

MEDICIÓN DE PAR TORSIONAL

Algunas actividades que requieren la medición de par Torsional son:

- En las secciones de control de calidad, los laboratorios metrológicos y los departamentos de inspección usan llaves dinamométricas de lectura directa

para evitar la aplicación de excesos de torque, rupturas en las piezas o quiebres.

- Para establecer torque final después de trabajar con herramientas de ensamble de alta velocidad.
- Cuando se requiere un alto grado de precisión en instrumento de ensamble primario.
- Durante pruebas destructivas:
 - 1- Análisis de dureza de los materiales Rockwel y Brinell.
 - 2- Espectrometría: Composición química de los materiales; “mediante un aparato capaz de analizar el espectro característico de un movimiento ondulatorio. Se aplica a variados instrumentos que operan sobre un amplio campo de longitudes de onda, desde rayos gamma y rayos X hasta los límites infrarrojos o en el sonido”³.
 - 3- Metalografía: microanálisis y macroanálisis.
 - 4- Tratamientos térmicos, temple, revenido, normalizado y recocido.
- Operaciones de línea de producción y mantenimiento, donde no es deseable que el operario haga ajustes.
- Se usa ampliamente para operaciones de mantenimiento y para ensamble cuando las necesidades de cambio de valores exigen que se hagan ajustes en la línea de ensamble.

2.2.1.1 PRINCIPIOS FÍSICOS

Cuando se aplica una fuerza en algún punto de un cuerpo rígido, el cuerpo tiende a realizar un movimiento de rotación en torno a su eje. La propiedad de la fuerza para hacer girar al cuerpo se mide con una magnitud física que llamamos **torque o momento** de rotación de la fuerza. Se prefiere usar la palabra torque y no momento,

³ Fuente de información: <http://es.wikipedia.org/wiki/Espectrometría>

porque esta última se emplea para referirnos al momento lineal, momento angular o momento de inercia.

Analizaremos cualitativamente el efecto de rotación que una fuerza puede producir sobre un cuerpo rígido. Consideremos como cuerpo rígido a una regla fija en un punto O ubicado en un extremo de la regla, sobre el cual pueda tener una rotación, y describamos el efecto que alguna fuerza de la misma magnitud actuando en distintos puntos, produce sobre la regla fija en O, como se muestra en la figura 8 (Ver Pág. No 24). Una fuerza F_1 aplicada en el punto a produce una rotación en sentido antihorario, F_2 en b produce una rotación horaria y con mayor rapidez de rotación que en a, F_3 en b pero en dirección de la línea de acción que pasa por O no produce rotación, F_4 inclinada en b produce rotación horaria con menor rapidez de rotación que F_2 ; F_5 y F_6 aplicadas perpendicularmente a la regla no producen rotación. Por lo tanto existe una cantidad que produce la rotación del cuerpo rígido relacionada con la fuerza, que definimos como el **torque** de la fuerza.

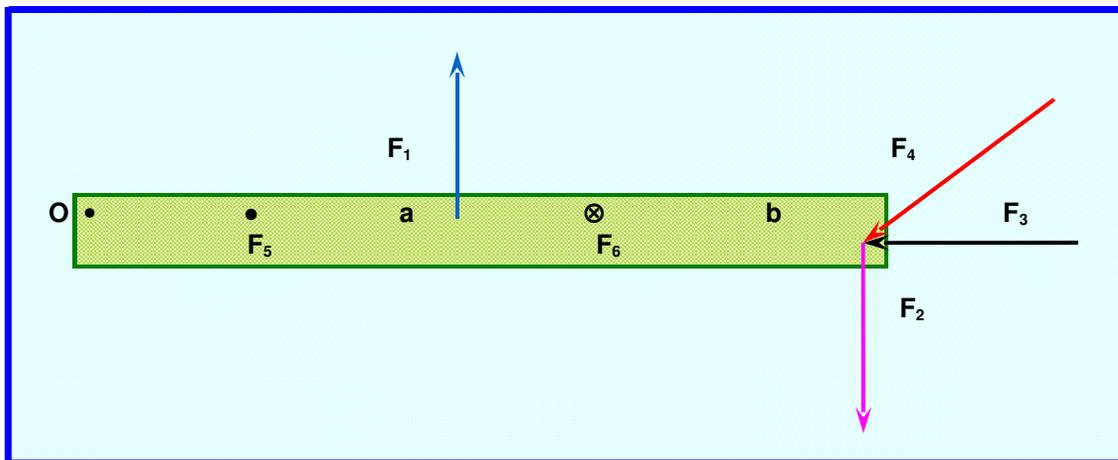


Figura No 8. Efectos de fuerzas de la misma magnitud en diferentes puntos.

Fuente: www.monografias.com/trabajos14/equilibriocuerpo/torque

Se define el torque T de una fuerza F que actúa sobre algún punto del cuerpo rígido, en una posición r respecto de cualquier origen O, por el que puede pasar un eje sobre el cual se produce la rotación del cuerpo rígido, al producto vectorial entre la posición r y la fuerza aplicada F .

$$T = r \times F \text{ [Ec. 8]}$$

Donde:

T: es el torque en (Nm)

r: es la posición respecto a cualquier origen O en (m)

F: es la fuerza en (N)

El **torque** es una magnitud vectorial, si θ es el ángulo entre \mathbf{r} y \mathbf{F} , su valor numérico por definición del producto vectorial, es:

$$\mathcal{T} = r (F \sin \theta) \text{ [Ec. 9]}$$

Donde:

T: es el torque en (Nm)

r: es la posición respecto a cualquier origen O en (m)

F: es la fuerza en (N)

θ : es el ángulo en ($^{\circ}$)

Su dirección es siempre perpendicular al plano de los vectores \mathbf{r} y \mathbf{F} , cuyo diagrama vectorial se muestra en la figura 9; su sentido está dado por la regla del producto vectorial o la regla de la mano derecha. En la regla de la mano derecha los cuatro dedos de la mano derecha apuntan a lo largo de \mathbf{r} y luego se giran hacia \mathbf{F} a través del ángulo θ , la dirección del pulgar derecho estirado es la dirección del torque y en general de cualquier producto vectorial.

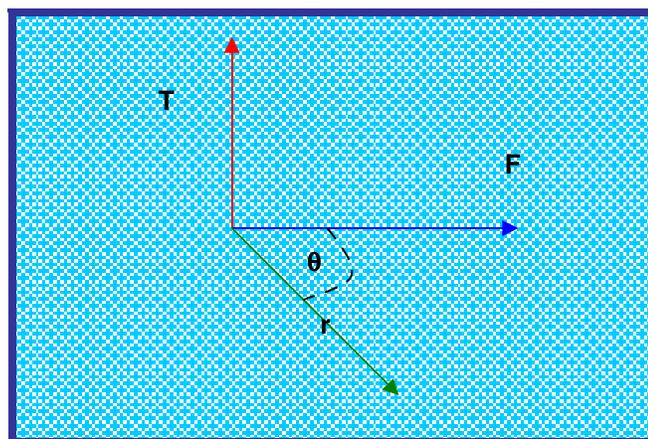


Figura No 9. Diagrama vectorial.

Fuente: www.monografias.com/trabajos14/equilibriocuerpo/torque

Por convención se considera el torque positivo o negativo si la rotación que produce la fuerza es en sentido antihorario u horario respectivamente.

El torque de una fuerza depende de la magnitud y dirección de \mathbf{F} y de su punto de aplicación respecto a un eje de rotación O . Si la fuerza \mathbf{F} pasa por O , $\mathbf{r} = 0$ y el torque es cero. Si $\theta = 0$ o 180° , es decir, \mathbf{F} está sobre la línea de acción de \mathbf{r} , $\mathbf{F} \text{ sen}\theta = 0$ y el torque es cero. $\mathbf{F} \text{ sen}\theta$ es la componente de \mathbf{F} perpendicular a \mathbf{r} , sólo esta componente realiza torque, y se le puede llamar \mathbf{F}_\perp . En la siguiente figura 10 se ve que $r_\perp = r \text{ sen}\theta$ es la distancia perpendicular desde el eje de rotación a la línea de acción de la fuerza, a r_\perp se le llama brazo de palanca de \mathbf{F} . Entonces, la magnitud del torque se puede escribir como:

$$\mathbf{T} = \mathbf{r} (\mathbf{F} \text{ sen}\theta) = \mathbf{F} (r \text{ sen}\theta) = r\mathbf{F}_\perp = r_\perp\mathbf{F}$$

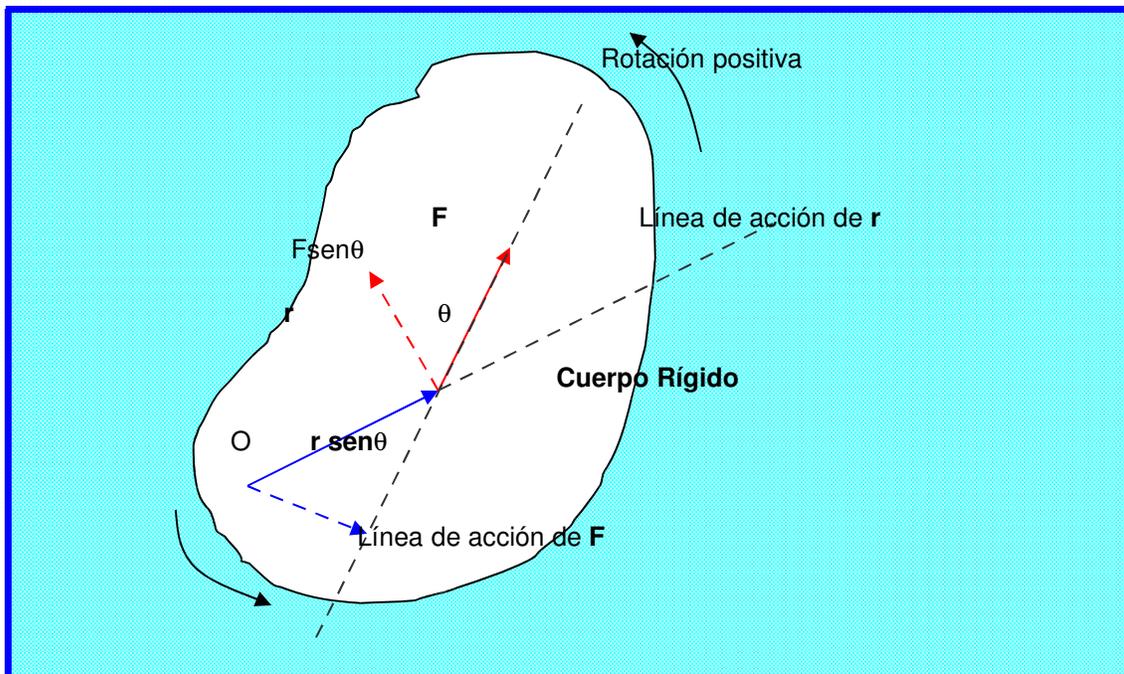


Figura No 10: Cuerpo rígido.
Fuente: www.monografias.com/trabajos14/equilibriocuerpo/torque

De las condiciones dadas y de la definición del torque se pueden destacar las siguientes propiedades:

1.- De la definición de torque se concluye que si la partícula se encuentra en el origen del sistema de coordenadas, o sea, en el "centro de rotación" su torque será nulo, cualquiera sea la fuerza actuante.

2.- Si escribimos el módulo del torque en la forma: $t = (r \text{ sen}\theta) F$, la cantidad entre paréntesis corresponde a la componente del vector posición en la dirección de la "línea de acción" de la fuerza F . Esta componente r se llama "Brazo de la Fuerza" o "Brazo de Palanca". De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que el torque de una fuerza se puede calcular como: el producto de la Fuerza y su "Brazo".

3.- Si escribimos el módulo del torque en la forma: $t = r (F \text{ sen}\theta)$, la cantidad entre paréntesis corresponde a la componente de la fuerza que es perpendicular al radio de rotación. $F \text{ sen}\theta = F_{\perp r}$.

4.- Si se invierte uno de los vectores (r o F) en el producto vectorial, el resultado es un cambio de signo en el valor del torque. Si se invierten ambos vectores, el torque permanece invariable.

5.- Por convención se ha establecido que los torques producen una rotación en la dirección "contraria a los punteros del reloj", son positivos. Si la rotación es en la dirección opuesta a la anterior, el Torque es negativo.

6- Regla de la mano derecha (Ver figura No 11).

Consiste en extender la mano derecha, de modo que el pulgar quede perpendicular a los restantes dedos (en un solo plano). Entonces, el pulgar indica el sentido del vector y de los demás dedos, el sentido del giro, el sentido del movimiento o de la fuerza aplicada sobre el conductor o sobre las cargas será perpendicular a la palma de la mano, alejándose de ésta.

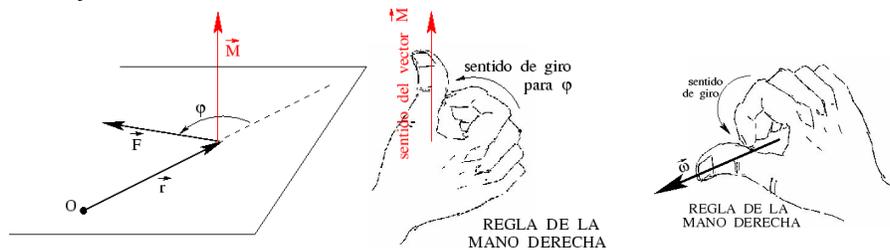


Figura No 11: Cuerpo rígido.

Fuente: www.monografias.com/trabajos14/equilibriocuerpo/torque

2.2.1.2 REQUISITOS METROLÓGICOS

Requisitos y métodos de ensayo para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración (ISO 6789:2003)⁴

Por no existir la norma antes citada oficialmente adoptada en El Salvador se utilizará como referencia la versión de España que fue adoptada por AENOR en el 2003-03-24. (Ver anexo No 4, Pág. 205).

1. CLASIFICACIÓN

Las herramientas dinamométricas objeto de esta norma se clasifican del modo siguiente:

- a) Tipo I: Herramientas dinamométricas de lectura directa
 - Clase A: Llave de barra a torsión o a flexión. (Véase figura No12.1)
 - Clase B: Llave de caja rígida con escala graduada, dial o visor. (Véase figura No12.2, Pág. No 29)
 - Clase C: Llave de caja rígida e indicador electrónico de medida. (Véase figura No12.3, Pág. No 29)
 - Clase D: Destornillador con escala graduada, dial o visor. (Véase figura No12.4, Pág. No 29)
 - Clase E: Destornillador con indicador electrónico de medida. (Véase figura No12.5, Pág. No 29)

FIGURA No11.HERRAMIENTAS DINAMOMÉTRICAS DE LECTURA DIRECTA: TIPO I

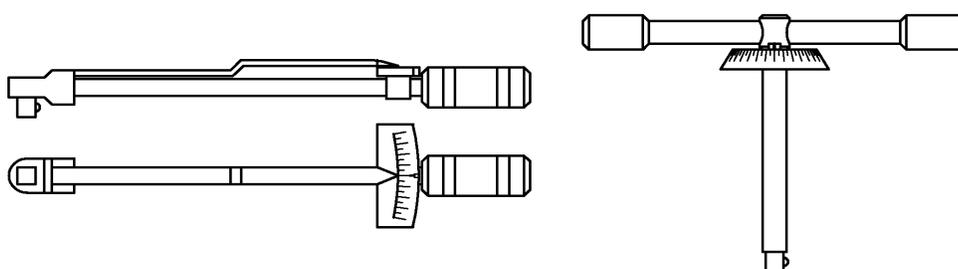


Figura No 12.1 – Clase A: Llave de barra a torsión o a flexión

⁴ Fuente de información:<http://www.cem.es/ISO6789/>

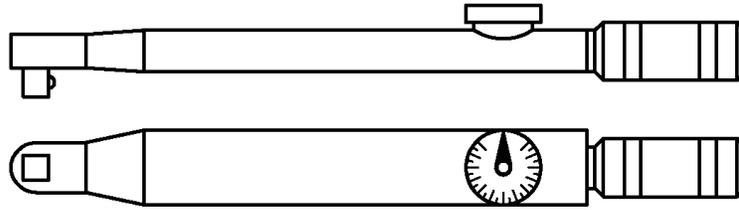


Figura No 12.2 – Clase B: Llave de caja rígida con escala graduada, dial o visor

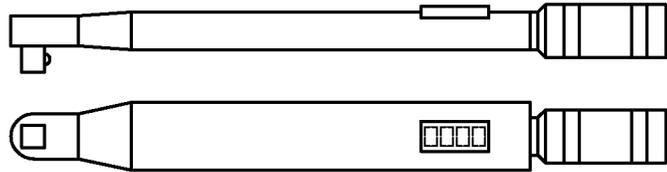


Figura No 12.3 – Clase C: Llave de caja rígida e indicador electrónico de medida

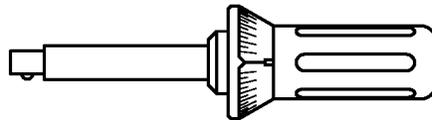


Figura No 12.4 – Clase D: Destornillador con escala graduada, dial o visor

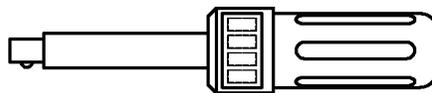


Figura No 12.5 – Clase E: Destornillador con indicador electrónico de medida

b) Tipo II: Herramientas dinamométricas de disparo

- Clase A: Llave regulable con escala graduada o con visor. (Véase figura No 13.1, Pág. No 30)
- Clase B: Llave con par fijo. (Véase figura No13.2, Pág. No 30)
- Clase C: Llave regulable sin escala graduada. (Véase figura No13.3, Pág. No 30)
- Clase D: Destornillador regulable con escala graduada o con visor. (Véase figura No13.4, Pág. No 30)

- Clase E: Destornillador con par fijo. (Véase figura No13.5, Pág. No 31)
- Clase F: Destornillador regulable sin escala graduada. (Véase figura No13.6, Pág. No 31)
- Clase G: Llave con barra de flexión, regulable con escala graduada. (Véase figura No13.7, Pág. No 31)

FIGURA No 12.HERRAMIENTAS DINAMOMÉTRICAS DE DISPARO: TIPO II

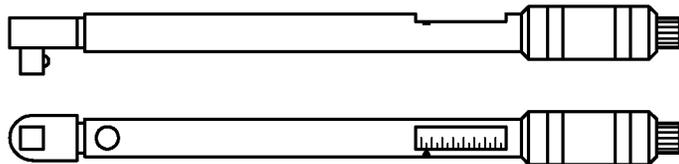


Figura No 13.1 – Clase A: Llave regulable con escala graduada o con visor

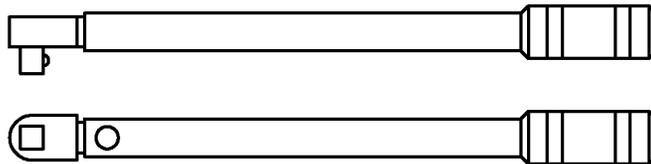


Figura No 13.2 – Clase B: Llave con par fijo

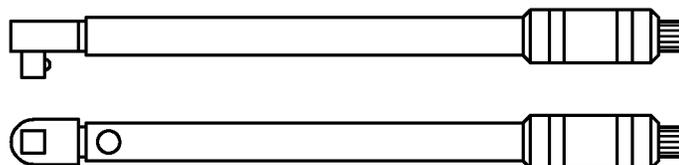


Figura No 13.3 – Clase C: Llave regulable sin escala graduada

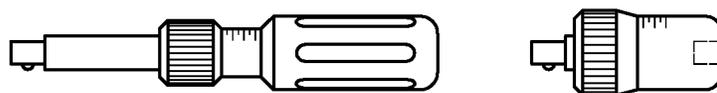


Figura No 13.4 – Clase D: Destornillador regulable con escala graduada o con visor

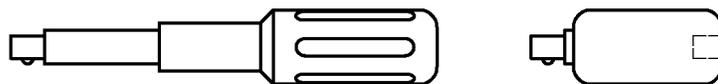


Figura 13.5 – Clase E: Destornillador con par fijo

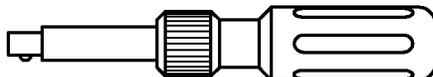


Figura No 13.6 – Clase F: Destornillador regulable sin escala graduada

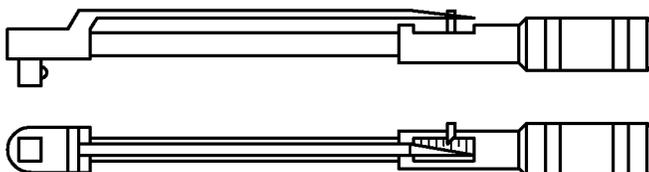


Figura No 13.7 – Clase G: Llave con barra de flexión, regulable con escala graduada

REQUISITOS

2. Control de la conformidad del diseño

2.1 Generalidades. El fabricante debe ensayar muestras de llaves para verificar que son conformes con los apartados 2.2 a 2.7, que a continuación se describen.

2.2 Asignación del cuadrado conductor. El tamaño del cuadrado conductor es una función del valor máximo del par de la herramienta correspondiente. La asignación se realiza de acuerdo con los valores dados en la tabla 1.

Tabla 1 Asignación del cuadrado conductor

Valor Máximo del par Nm	Medida Nominal del cuadrado conductor ^a mm
30	6,3
135	10
340	12,5
1000	20
2100	25
^a De acuerdo con la norma ISO 1174-1	

2.3 Rango de medida especificado. Los requisitos y los métodos de ensayo correspondientes a esta norma internacional cubren un rango de medida especificado del 20% al 100% del valor máximo del par de la herramienta correspondiente.

Las escalas graduadas de las herramientas dinamométricas del Tipo 1 deben marcarse desde la posición cero.

2.4 Escalas. El espacio entre dos graduaciones sucesivas de una escala no debe exceder del 5% de la capacidad máxima.

2.5 Tolerancias

2.5.1 Herramientas dinamométricas de lectura directa (Tipo I). La desviación admisible entre el valor del par indicado por la herramienta y la indicación simultánea

del dispositivo de ensayo debe ser tal como se especifica en la tabla 2.

Tabla 2 Desviación admisible (Tipo I)

Clase ²	Valor Máximo del Par	
	<= 10 N.m	> 10 N.m
A y B	± 6%	
D, E, y G	± 6 %	± 4%
² En el caso de herramientas dinamométricas con medida electrónica (clase A y clase D), los valores de la desviación admisible incluyen el error debido a la resolución del visor.		

2.5.2 Herramientas dinamométricas de disparo (Tipo II). La desviación admisible entre el valor del par indicado sobre la escala (Clases A, D y G) o el valor nominal (Clases B y E) y el valor del par indicado por el dispositivo de ensayo debe ser tal como se especifica en la tabla 3.

Tabla 3 desviación admisible (Tipo II Clase A, B, D, E y G)

Clase ²	Valor Máximo del Par	
	$\leq 10 \text{ N.m}$	$> 10 \text{ N.m}$
A y D	$\pm 6\%$	
B, C y E	$\pm 6\%$	$\pm 4\%$

² En el caso de herramientas dinamométricas con medida electrónica (clase C y clase E) y el valor indicado (clase B y clase D), los valores de la desviación admisible incluyen el error debido a la resolución del visor.

La desviación admisible entre el valor del par regulado y el valor del par indicado por el dispositivo de ensayo debe ser tal como se especifica en la tabla 4.

Tabla4 Desviación admisible (Tipo II, Clases C y F)

Clase	Valor Máximo del Par	
	$\leq 10 \text{ N.m}$	$> 10 \text{ N.m}$
C	$\pm 6\%$	
F	$\pm 6\%$	$\pm 4\%$

Para las clases C y F, el valor del par regulado es igual a la media aritmética de 10

lecturas de ensayo.

2.6 Ensayo de sobrecarga. Después de ajustar al 100% del valor máximo del par, las herramientas dinamométricas a ensayar deben someterse tres veces en cada sentido de funcionamiento a un valor de par igual al 125% de la capacidad máxima (o de la capacidad nominal para las herramientas de Tipo II, Clases B y E). Esto no aplica a las herramientas de par limitado.

2.7 Ensayo de durabilidad. Todas las herramientas dinamométricas a ensayar deben someterse a 5 000 ciclos en cada sentido de funcionamiento, a la capacidad máxima (o a la capacidad nominal para las herramientas de Tipo II, Clases B y E), y una velocidad de entre 5 ciclos/min. Y 10 ciclos/min.

Después del ensayo de durabilidad, la herramienta dinamométrica debe permanecer dentro de las tolerancias para el par, y no debe presentar ningún daño físico que pueda ser perjudicial para la exactitud y la seguridad.

2.2.1.3 PATRONES DE PAR TORSIONAL

El desarrollo continuo de la tecnología y el aumento de su complejidad, demanda intervalos de medición amplios, precisos una diversidad de los patrones que se emplean para establecer las unidades o sistemas de medida. La metrología de par torsional es de importancia y es una magnitud de uso común en los sectores industriales, y técnicos.

La realización de esta magnitud con los más altos niveles de confiabilidad son tareas asignadas a laboratorios de par torsional que muestran la automatización y los beneficios que se obtienen al contar con sistemas de patrones de alta calidad como en: México y España.

A continuación se presentan patrones que son utilizados en los laboratorios del CENAM en México y CEM en España, estos poseen patrones primarios, nacionales y de transferencia.

PATRONES QUE POSEEN EN LABORATORIO CENAM EN MÉXICO:



Figura No 14. Patrón primario de par torsional de 2 KN·M

Fuente: www.cenam.mx/patrones/par_torsional

Patrón Primario:

Descripción: El patrón primario de par torsional (Figura No 13), esta basado en la definición de la magnitud, fuerza por distancia, y se compone de un conjunto de masas sujetas al extremo final de un brazo de palanca que, atraídas por la acción de la gravedad local, generan una fuerza rotacional. El patrón utiliza como elemento de apoyo un cojinete neumático, un sistema de alineación y un motor eléctrico con un reductor de velocidad acoplado como sistema de nivelación del brazo de palanca.

Incertidumbre relativa esperada:

$\pm 5,0 \times 10^{-5}$ ($k=2$); con un nivel de confianza del 95 %⁵

Alcance: El alcance de medición del patrón primario será de 1 N·m hasta 2 kN·m.

Aplicación: La principal resolución de este patrón primario, además de la realización de la magnitud, es la calibración de los patrones de transferencia con los cuales se disemina la magnitud hacia la industria nacional a través de los laboratorios secundarios. Además de ser el origen de la trazabilidad en la magnitud de par torsional.

Trazabilidad

⁵ Guía para estimar la incertidumbre de la medición / CENAM / WSchmid y RLazos / Mayo 2000

Este patrón es trazable a los patrones nacionales del de las unidades de base del sistema internacional de unidades (SI), masa, longitud y tiempo. El patrón nacional de par torsional es trazable al patrón nacional de Alemania mantenido en el Phisikalisch Technische Bundesanstalt (PTB)⁶.

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón primario consiste en la calibración de las masas, del brazo de palanca, la caracterización del sistema de medición así como un programa de comparaciones con otros institutos metrológicos que cuentan con patrones primarios similares.



Figura No 15. Patrón nacional de par torsional de 2 KN·M

Fuente: www.cenam.mx/patrones/par_torsional

Patrón Nacional:

Descripción: El patrón nacional de par torsional (Figura No 14), es un sistema de comparación basado en un juego de transductores de alta exactitud que en conjunto con un motor-reductor para la aplicación del par torsional. Consta además de un sistema de alineación, una placa de contra reacción y un cojinete de aire, sirven para comparar los instrumentos a medir.

Incertidumbre relativa: $\pm 5,0 \cdot 10^{-4}$ de la lectura ($k=2$).

⁶ Fuente de información: www.cenam.mx/publicaciones/descargas/PDFFiles/cnm-pnm-23

Alcance: La resolución del patrón nacional de par torsional consta de cuatro transductores de referencia con los cuales se logra un alcance de medición de 1 N·m a 2 kN·m. El método de medición empleado es el de comparación directa.

Aplicación

Par torsional es una magnitud derivada de la fuerza y se define como la fuerza aplicada a un cuerpo, a una distancia perpendicular a un eje, tal que se genere en él una rotación alrededor del mismo.

La realización de esta magnitud con los más altos niveles de confiabilidad, con la tecnología adecuada y compatible a la de otros países, permite resolver los problemas de medición que han surgido actualmente en México ya que es una magnitud de uso común en los sectores industrial, técnico y científico de México. Como ejemplos de aplicación de esta magnitud se tiene:

Medición de la potencia al freno en motores de combustión y eléctricos; Proporcionar el apriete adecuado a tornillos en el montaje y ensamble de todo tipo de vehículos, aparatos, maquinaria y equipos.

Trazabilidad

El patrón nacional de par torsional es trazable al patrón nacional de Alemania mantenido en el Phisikalisch Technische Bundesanstalt (PTB).

Actualmente, CENAM trabaja en la caracterización del patrón primario para la realización de la magnitud dentro del alcance de medición especificado y en un futuro inmediato dará trazabilidad a los transductores patrón de referencia.

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón nacional de par torsional se lleva a cabo mediante el control estadístico de la calibración de los cuatro transductores y su estabilidad en el tiempo, así como por medio de comparaciones internacionales con laboratorios nacionales de otros países.

Por otra parte, también se realizan comparaciones internas entre los cuatro transductores para tener un mejor conocimiento de la estabilidad y comportamiento de los mismos.



Figura No 16. Patrón de transferencia de par torsional de 20 N·M

Fuente: www.cenam.mx/patrones/par_torsional

Patrón de Transferencia:

Descripción: El patrón de transferencia de par torsional (Figura No 15, Ver Pág. No 37) es un sistema formado por un conjunto de transductores de alta exactitud, un motor eléctrico y un reductor de velocidad para la aplicación del par torsional, un sistema de alineamiento, una placa de contra reacción y un cojinete de aire. El método de medición se fundamenta en el principio de comparación directa.

Incertidumbre relativa esperada:

$$\pm 5,0 \times 10^{-4} (k=2)$$

Alcance: El alcance de medición es desde 0,1 N·m hasta 20 N·m.

Aplicación: La resolución es debido a la demanda de servicios de calibración de instrumentos de medición de par torsional en un bajo alcance de medición, fue necesaria la creación de un patrón que cubriera esta necesidad. Los servicios ofrecidos van dirigidos a la calibración de "torquímetros" e instrumentos de par torsional de bajo alcance de medición.

Trazabilidad

El patrón de par torsional es trazable al patrón primario de par torsional mantenido en CENAM por medio de la calibración del conjunto de transductores de referencia.

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón de transferencia de par torsional se lleva a cabo mediante el control estadístico de la calibración de los transductores de referencia y su estabilidad en el tiempo, así como por medio de comparaciones con laboratorios nacionales de otros países.

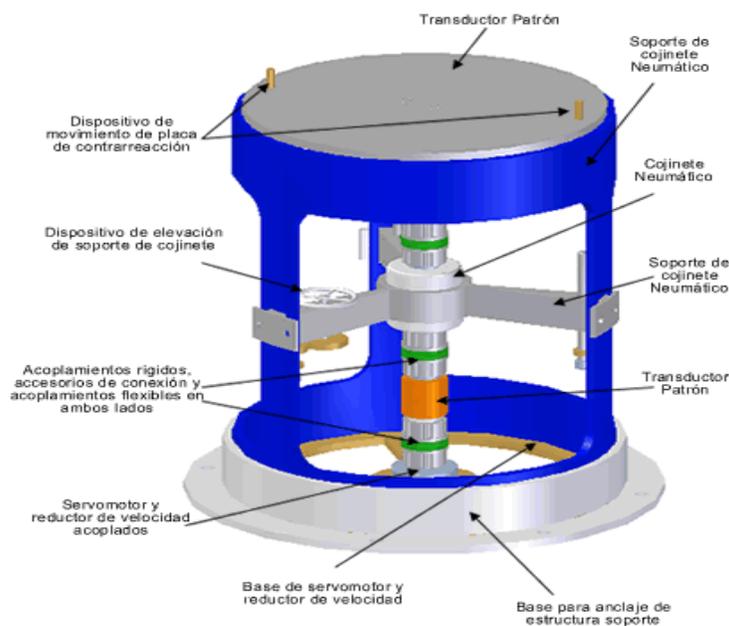


Figura No 17. Patrón de Transferencia de Par Torsional de 20 kN·m (proyecto en Desarrollo)

Fuente: www.cenam.mx/patrones/par_torsional

Patrón Alto Alcance:

Descripción: El desarrollo de este patrón consistirá en un sistema de transferencia (Figura No16), formado por un transductor de transductores de alta exactitud en el alcance de 500 N·m a 20 kN·m, de un sistema de generación del par torsional y una estructura de contra reacción para soporte del par aplicado. El método de medición se fundamenta en el principio de comparación directa.

Incertidumbre relativa esperada: $\pm 5,0 \times 10^{-4}$ ($k=2$)

Alcance: El alcance de medición será desde 2 kN·m hasta 20 kN·m.

Aplicación: La resolución es debido a la demanda de servicios de calibración de instrumentos de medición de par torsional en un alto alcance de medición para servicio pesado, fue necesario el desarrollo de este patrón para cubrir esta necesidad. La creación de este patrón está dirigido a la calibración de "torquímetros" y transductores de par torsional de alto alcance.

Trazabilidad

El patrón de par torsional será trazable al patrón de alto alcance de Alemania mantenido en el Physikalish Technische Bundesanstalt (PTB).

Mantenimiento

El mantenimiento del patrón de alto alcance de par torsional se pretende llevar a cabo mediante el control estadístico de la calibración del transductor de referencia y su estabilidad en el tiempo, así como por medio de comparaciones internacionales con laboratorios nacionales de otros países.

PATRONES QUE POSEEN EN LABORATORIO CEM EN ESPAÑA:



Figura No 18. Máquina patrón de par de carga directa de 1000 N.m

Fuente: www.cem.es/patrones/par_torsional

Tiene encomendado la materialización de la unidad de la magnitud de par de torsión. La unidad de medida de la magnitud par, adoptada por los países firmantes de la Convención del Metro y de uso legal en España, es el "newton * metro", unidad derivada del SI.

El laboratorio de par de torsión está equipado con una máquina patrón de par de carga directa de 1000 N.m (Figura No 17), capaz de generar un rango de par, tanto en sentido horario como antihorario, desde 1 N.m hasta 1000 N.m, con una resolución relativa estimada 1×10^{-5} ($k=1$), y dos máquinas de par por comparación, una de 5 kN.m y otra de 20 N.m, capaces de generar un rango de par desde 0,2 N.m hasta 5 kN.m tanto en sentido horario como anti-horario, con una resolución relativa estimada mínima de 1×10^{-4} ($k=1$); con un nivel de confianza del 95 %.

La generación de par está directamente trazada a las unidades nacionales primarias de masa y longitud del CEM. Las tres máquinas patrones de par disponen de cojinetes neumáticos, que actúan como cojinetes radiales quasi-estáticos, para absorber fuerzas transversales y momentos flectores y permitir con ello la generación de pares puros.

Las máquinas patrones de par y de fuerza están ubicadas en una sala de 323,3 m², climatizada a 20 °C ± 1 °C. El valor local medido de la aceleración de la gravedad en dicha sala es de 9,79950659 m/s².

- Rango de par: desde 1 N.m hasta 1000 N.m.
- Resolución relativa de par: 1×10^{-5} ($k=1$).

- Conjunto de elementos de carga: 120 masas de carga cilíndricas de acero inoxidable X2CrNiMoN 18.14-3 y una rugosidad superficial de $R_a \leq 5 \mu\text{m}$.
- Brazo de SuperInvar con una longitud de 500 mm (simétrico).
- El conjunto de elementos de carga está compuesto por: 20 x 200 N, 20 x 100 N, 20 x 40 N, 20 x 20 N, 20 x 10 N y 20 x 4 N.



Figura No 19. Máquina de par por comparación de 5 KN.M

Fuente: www.cem.es/patrones/par_torsional

Rango de par: desde 2 N.m hasta 5000 N.m (Figura No18, Véase Pág. No 41).

Resolución relativa de par: 1×10^{-4} (k=1)

Transductores de par de referencia:

- 5 kN.m Raute (TT1)
- 2 kN.m Raute (TT1)
- 1 kN.m HBM (TN)
- 1 kN.m Raute (TT1)
- 500 N.m HBM (TN)
- 200 N.m Raute (TT1)
- 100 N.m HBM (TN)

- 50 N.m Raute (TT1)
- 20 N.m Raute (TT1)



Figura No 20. Máquina de par por comparación de 20 n.m

Fuente: www.cem.es/patrones/par_torsional

Rango de par: desde 0,2 N.m hasta 10 N.m (Figura No19)

Resolución relativa de par:

- desde $\pm 0,5 - 2,5 \times 10^{-4}$ (k=1)
- desde $\pm 0,2 - 3,5 \times 10^{-4}$ (k=1)

Transductor de par de referencia:

- 10 N.m HBM (TN)

2.2.1.4 CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE PAR TORSIONAL

MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN

A continuación se especifica los lineamientos mínimos que deben ser considerados para realizar el método de comparación directa en la calibración de “torquímetro”.

Método de medición

Comparación directa: Comparación de las lecturas observadas del dispositivo indicador del “torquímetro” y el instrumento patrón al establecer entre ellos el par torsional.

Procedimiento de medición (según CENAM)⁷

1. Verificar que el “torquímetro” a calibrar esté dentro del alcance de las capacidades de calibración y medición del laboratorio.
2. Verificar que se mantiene trazabilidad del instrumento patrón.
3. Verificación general del “torquímetro” (operación, funcionamiento, conservación adecuada de elementos auxiliares y cuidados en la instalación).
4. Permitir el equilibrio térmico del (los) instrumento(s) patrón y del “torquímetro” a las condiciones que se realizará la calibración, aclimatar durante un periodo de tiempo determinado.
5. Verificar la adecuada alineación de ejes y planos de medición del instrumento patrón y del “torquímetro” bajo prueba durante el montaje y la calibración (puntos de aplicación de la carga).
6. Verificar la aplicación de precargas para eliminar histéresis en los instrumentos.
7. Verificación del error de cero del “torquímetro”.
8. Definir el método de toma de lectura (prefijación del punto de medición en “torquímetro” o en el patrón).
9. Definir los puntos de calibración del “torquímetro” (mínimo 5 puntos dentro de la escala uniformemente distribuidos).
10. Verificar que se realizan un mínimo de 3 series de lecturas repetidas en ascenso (no habrá descenso debido a que un torquímetro no trabaja con disminuciones de

⁷ Fuente de información:<http://www.cenam.mx/partorsional/procedimiento>.

fuerza siempre lo hará de forma ascendente) de acuerdo al punto 9 para obtener información sobre la repetibilidad.

11. Verificar que el laboratorio define claramente el (los) modo(s) en que se realiza la calibración (sentido horario o anti-horario).

Nota:

1. Deberá considerar las magnitudes de influencia en cada punto o valor de calibración.

Equipos e instrumentos, instalaciones

- Sistemas de transferencia de par torsional.
- Nivel para verificación de posición de ejes.
- Vernier para medición posición de desplazamiento de ejes.
- Termómetro adecuado.

Procedimiento de medición (según CEM)⁸

1. Procedimiento de calibración

Este procedimiento de calibración se basa en el método de comparación directa.

1.1 Obtención de los puntos de calibración.

Para obtener cada uno de los puntos de calibración, los valores de par de referencia aplicados serán siempre de forma creciente no monótona, es decir, pasando siempre por el valor de cero antes de aplicar el siguiente valor de par de referencia.

La calibración se realizará en un rango que comprenda los valores desde el 20% a un valor entre el 90 % y el 100 % de la capacidad nominal de la llave dinamométrica. Se elegirán al menos 5 puntos de calibración repartidos de forma uniforme en dicho rango, coincidiendo el primero de ellos con el 20 % y el último con el valor elegido como máximo.

⁸ Fuente de información: <http://www.cem.es/ventapublicaciones/procedimiento/partorsional>

Se realizarán cinco reiteraciones consecutivas para cada uno de los puntos seleccionados, excepto en el caso de las llaves regulables sin escala graduada, (tipo 2, modelo C) donde se realizarán 10 reiteraciones.

El intervalo de tiempo entre dos puntos de calibración tiene que ser lo mas similar posible. La aproximación al valor del punto de calibración se realizará lentamente y sin brusquedades. A partir del 80 % del valor de consigna, la carga debe ser aplicada en un tiempo comprendido entre 1 s y 4 s, salvo indicación distinta del fabricante. En el caso de las llaves dinamométricas tipo 1, si se sobrepasa el valor de consigna, debe reiniciarse la medición.

1.2 Características particulares.

1.2.1 Llaves tipo 2, modelo B

Al ser llaves con ajuste fijo (o sea que el valor del par viene prefijado por el fabricante), se calibrará solamente en dicho valor, realizándose como mínimo 5 reiteraciones.

1.2.2 Llaves de par tipo 2, modelo C

Antes de comenzar la calibración se deberá ajustar el valor del par a calibrar, seleccionándolo a través del accesorio que la llave en cuestión tiene incorporado y posteriormente comprobarlo con las indicaciones del patrón. Esta comprobación se realizará dos o tres veces.

2. Descripción

2.1. Equipos y materiales

2.1.1. Patrones

Para la calibración de las llaves dinamométricas se dispondrá de los equipos patrones de par, de tipo eléctrico o mecánico, en rangos suficientes como para cubrir todo el campo de medida de las mismas.

La exactitud de los patrones de calibración deberá ser tal que la incertidumbre máxima no excederá del $\pm 1\%$ del valor del par aplicado establecido por la norma.

Los patrones, llaves dinamométricas, así como el resto de piezas adyacentes a ellas, deben estar diseñadas para soportar pares de torsión en sentido horario, anti-horario

o ambos, según su construcción, sin influencias significativas de fuerzas cruzadas y momentos flectores.

2.1.2. Útiles de conexión

Se dispondrá de un juego de adaptadores y conexiones para permitir acoplar los patrones y las llaves dinamométricas a calibrar. Los mismos se fabricarán de acuerdo a la capacidad máxima de par de la llave, siendo su tamaño normalizado por ejemplo por la norma UNE-EN 26789, (6). (Tabla 2, Véase Pág. No 47):

Tabla 2: Acopladores cuadrados

Máximo valor de par (N.m)	Acoplamientos cuadrados (mm)
30	6,3
135	10
340	12,5
1000	20
2700	25

2.1.3. Dispositivos medidores de las condiciones ambientales (temperatura, humedad).

Para la determinación de las condiciones ambientales se utilizarán instrumentos con exactitudes similares a la de la siguiente tabla:

L Instrumento	Resolución	Exactitud
Termómetro	0.1 °C	1 °C
Higrómetro	1 % hr.	5 % hr.

Procedimiento de calibración según la norma ISO 6789

Las herramientas dinamométricas deben verificarse al 20%, después a aproximadamente al 60%, y por último al 100% del valor máximo del par de la herramienta correspondiente (o al valor nominal para las herramientas del Tipo II, Clases B y E).

En el caso en el que la graduación del 20% del valor máximo del par no esté marcada sobre la herramienta dinamométrica, deben controlarse las tolerancias a la graduación inferior más próxima.

El número de mediciones en cada sentido de funcionamiento debe ser el siguiente:

- Tipo I, todas las clases: 5 mediciones consecutivas por cada punto de medición;
- Tipo II, Clases A, D y G: 5 mediciones consecutivas por cada punto de medición
- Tipo II, Clases B y E: 5 mediciones consecutivas al valor nominal;
- Tipo II, Clases C y F: 10 mediciones consecutivas por cada punto de medición.

La evaluación de la desviación debe obtenerse mediante la fórmula siguiente:

$$A_x (\%) = \frac{(X_a - X_r) 100}{X_r}$$

Donde:

A_x (%): Es la desviación calculada de la herramienta dinamométrica; en porcentaje.

X_a : es el valor indicado de la herramienta dinamométrica; en Nm.

X_r : es el valor de referencia (determinado por el dispositivo de calibración); en Nm.

2.2.2 TORQUÍMETROS⁹

Es un instrumento de precisión utilizado para aplicar o predeterminar aprete de tornillos, birlos (tornillos sin cabezas), tuercas y sujetadoras en ensamble final o para aplicar la tensión de apretar en trabajos de construcción y en partes ensambladas de

⁹ Fuente de información: <http://www.urea.com/herramientasprofesionales/torquímetros>

equipo para manejo de líquidos y gases bajo presión. Poseen la características de acoplar dados y accesorios en su cuadro de mando que va desde $\frac{1}{4}$ " hasta $\frac{3}{4}$ "¹⁰.

Los torquímetros se utilizan, en uniones que por la naturaleza de los elementos de sujeción (tuercas y tornillos) deben poseer un aprete específico.

Los torquímetros han sido calibrados y certificados para alcanzar la precisión requerida por especificaciones ASME/ANSI B107.14M, Federal GGG-W-00686C.

Se denomina torque o par de torsión a la acción que produce una fuerza aplicada con un brazo de palanca, determinado sobre un cuerpo que tiende a girar su propio eje. La definición implica dos elementos fundamentales:

1. Una fuerza, cuyas unidades de medida más comunes en el sistema Internacional, son Kilogramos-fuerza, Newton y en el sistema inglés onzas-fuerzas o libras-fuerzas.
2. Un brazo de palanca, cuyas unidades de medida en el sistema Internacional son metros, y en el sistema inglés son pulgadas o pies.

La fórmula del torque se reduce en la siguiente fórmula: Torque = fuerza X brazo de palanca. Las unidades de medida de torque son:

Sistema Inglés:

Ft. Lb. (Pie-Libra)

In. Lb. (Pulgada-libra)

In. Oz. (Pulgada-Onzas)

Sistema Internacional:

Nm (Newton-Metro)

dNm (Deci Newton-Metro)

¹⁰ Fuente de información: manual de herramientas Urrea herramientas profesionales torquímetros

2.2.3 DISEÑO

El objetivo principal de un diseño al ser creado debe ser de manera efectiva, eficaz al menor costo. Su palabra clave debe ser su simplicidad, puesto que un dispositivo es, por lo general el menos caro. Las palabras "menos caro" incluyen no solamente el costo de los materiales y construcción si no que también incluye el costo de ingeniería (planeación). El análisis es una de las partes necesarias e importantes al diseñar pero se debe conocer, que tanto de dicho análisis tiene que hacer y cuando dejar de hacerlo. Se deben impartir instrucciones claras y concisas, de manera que el instrumento pueda ser construido con las facilidades existentes y debe asegurarse que opere de manera efectiva y segura.

Una responsabilidad al diseñar es proporcionar dimensiones reales a las partes que se realizaran. Debido a que es imposible fabricar una parte con una dimensión exacta, las instrucciones deben indicar las dimensiones máximas y mínimas que puedan ser aceptadas las tolerancias.

2.2.4 TIPOS DE TORQUÍMETROS

Los torquímetros se clasifican por su diseño y funcionalidad:

- Torquímetros de carátula (ver figura No 21)
- Torquímetros de micrómetro o trueno (Ver figura No 22, Pág. No 51)
- Torquímetros de aguja (Ver figura No 23, Pág. No 52)

TORQUÍMETROS DE CARÁTULA



Figura No 21. Torquímetro de carátula
Fuente: <http://www.urea.com/herramientasprofesionales/torquímetros>

Práctico dispositivo para la medición del torque mediante la carátula, la que permite al usuario una rápida y precisa identificación del torque aplicado, con cuadros de mando de 3/8" a 3/4" esta categoría de torquímetros posee la capacidad de medir el torque mediante agujas que giran en una carátula con graduaciones, tanto en Sistema Internacional como Sistema Inglés, poseen una carátula graduada en (Ft-Lb) y (Nm) y dos agujas una de ellas indica el torque que aplicamos y la otra es una aguja de memoria que indica el torque máximo aplicado la última vez. Todas las partes están elaboradas de acero y templadas para evitar el desgaste. Las externas tienen recubrimiento de níquel y cromo para prevenir la oxidación.

Cuenta con una carátula giratoria A que permite elegir entre las escalas internas o externas de la misma dependiendo del sentido en el que se vaya aplicar el torque, es decir hacia la izquierda o hacia la derecha (dependiendo el tipo de rosca). La escala externa se utiliza para roscas derechas (el torque se aplica conforme a las manecillas del reloj) y la escala interna se utiliza para roscas izquierdas (en contra de las manecillas del reloj), adicionalmente con dos agujas, la principal B que marca el torque aplicado y la memoria H que conserva el valor del último torque.

TORQUÍMETROS DE MICRÓMETRO O TRUENO



Figura No 22. Torquímetros de micrómetro o trueno
Fuente: <http://www.urea.com/herramientasprofesionales/torquímetros>

En este tipo de torquímetros el torque es ajustable a valores específicos antes de efectuar la operación, al aplicarlo se produce un sonido o “click” que es perceptible al tacto, indicando que se ha alcanzado el torque deseado. Esta característica es más evidente en la parte alta de la escala (es decir, conforme el torque predeterminado va aumentando), escalas graduadas en sistema inglés y sistema métrico decimal situadas en el vástago a bajo relieve. Estas se muestran de manera horizontal en el

vástago y de manera vertical en el mango, su diseño para uso continuo provee al usuario una excelente herramienta de exactitud para torques específicos.

Todas las partes están elaboradas de acero y templadas para evitar el desgaste. Las externas tienen recubrimiento de níquel y cromo para prevenir la oxidación.

La posición de la palanca de la cabeza de la matraca permite dos posiciones con acción de matraca para giro a la izquierda o a la derecha y posición fija (con la palanca al centro), doble armadura el diseño interno exclusivo minimiza el esfuerzo requerido, disminuye la fricción, alarga la vida del torquímetro y provee exactitud y retención de calibración, cumple o exceden todos los requerimientos de las normas ANSI/ASME B107.14M con una exactitud del +/- 4% en sentido a la derecha y +/- 6% en sentido izquierdo.

TORQUÍMETROS DE AGUJA



Figura No23.Torquímetro de aguja

Fuente:<http://www.urea.com/herramientasprofesionales/torquímetros>

Este tipo de torquímetros es de operación sencilla, calidad industrial, un mango pivote en un punto fabricado con plástico de alta resistencia.

Escala de dimensión dual (Sistema Internacional e Inglés). Permite aplicar torque en sentido de las manecillas del reloj y en sentido contrario (para apretar tuercas o tornillos izquierdos), diseñados con un exactitud de +/- 20% en ambos sentidos.

CAPITULO III ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS PARA LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1.1 CHECK LIST (LISTA DE VERIFICACIÓN)

Es la realización de una lista detallada de todos los instrumentos y equipos que se encuentran dentro de una empresa para verificar su estado. (Ver anexo No 3, Pág.204).

Se utiliza para identificar información específica que ayude a conocer la situación en que se encuentran los instrumentos.

Un check list para la reunión de datos, ofrece un acercamiento para recolectar datos y poder cumplir con una necesidad específica. Es un instrumento que ayuda a determinar como estamos progresando en el proceso de reunión de datos.

Se deben revisar las preguntas en el check list en equipo para determinar el nivel o falta de progreso en cada una de las áreas de reunión de datos.

Consejos para la construcción/interpretación:

1. Tiempo -reunir información sobre **cuándo** ocurre el problema.
2. Ubicación – recopilar información **dónde** ocurre el problema.
3. Tipo – analizar información por **características únicas**.
4. Categoría – agrupar información por **categorías**.

Un check list para la reunión de datos normalmente se relaciona con:

- Lluvia de ideas.
- Cuestionarios.
- Check list para la definición de problemas.
- Diagrama de causa y efecto.
- Tabla de control.
- Gráfica de pareto.
- Histograma.

3.1.2 DIAGRAMA 5W +1H

Es una técnica que sirve para determinar las causas profundas del problema. Este se aplicará en general a las empresas de la Industria Salvadoreña para profundizar en la problemática.

Proceso de Diseño.

En este se sugiere que la definición del problema se ejecute en dos pasos diferentes: Primero una amplia formulación del problema, seguida de un análisis detallado del mismo. Donde se recomienda hacer la definición del problema en dos pasos separados, con el fin de estimular al diseñador adoptar una perspectiva amplia del problema, antes de entrar en detalles. El segundo es la inclusión de la fase de especificación construido con el propósito de comunicar la solución para permitir su aplicación entendiendo ésta como la adopción y uso del diseño.

El diseño 5W + 1H consta de cinco fases:

- 1- Formulación del problema: En este se incluye el estado A y B y criterios principales.
- 2- Análisis del problema: Detalle de las características del problema, incluyendo restricciones.
- 3- Búsqueda de alternativas: Encontrar variedad de procedimientos, buscando soluciones alternativas.
- 4- Evaluación de las alternativas: Preparación para tomar una decisión con base a los criterios establecidos.
- 5- Especificación de la solución preferida: Delineación de las especificaciones y de las características de funcionamiento.

3.1.3 FUENTES DIRECTAS O PRIMARIAS

Son los datos obtenidos "de primera mano", por el propio investigador o, en el caso de búsqueda bibliográfica, por artículos científicos, monografías, tesis, libros o artículos de revistas especializadas originales, no interpretados.

3.1.3.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

La investigación de campo es analizar el mercado empresarial que necesita calibrar torquímetros en el que se define la demanda y costos que estos incurren por calibraciones, la investigación servirá para estudiar cuatro aspectos principales:

- 1- La Demanda
- 2- La Competencia y Oferta
- 3- Comercialización del Servicio
- 4- Proveedores del servicio

3.1.3.1.1 ENTREVISTAS

Es captar tanto las opiniones como los criterios personales del encuestado y mediante ellos profundizar en los juicios emitidos para hacer las interpretaciones convenientes.

3.1.3.1.2 ENCUESTAS

Es toda la información que se obtiene a través de cuestionarios y sondeos de opinión, generalmente en anonimato, con el propósito de conocer el comportamiento y tendencias de las empresas sobre el hecho o fenómeno en estudio.

3.1.3.1.3 VISITAS TÉCNICAS

Es la inspección que se hace directamente, llegar al lugar de los hechos y obtener una visión clara de los equipos e instrumentos con el fin de conseguir todos los aspectos inherentes en el campo de la metrología.

3.1.3.1.4 OBSERVACIÓN DIRECTA E INDIRECTA

Se trata de la captación de datos como producto de un seguimiento sistemático del hecho en estudio, dentro del medio, para conocer su comportamiento, así como las características particulares.

3.1.4 FUENTES INDIRECTAS O SECUNDARIAS

Los datos indirectos se obtienen de libros, publicaciones en Internet, información de países que cuentan con el calibrador de torquímetros.

3.1.4.1 INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

3.1.4.1.1 BIBLIOGRÁFICO

Libros, documentos, revistas u otro medio de registro escrito en donde se localizan los antecedentes que sirven para el estudio y fundamentación de un conocimiento.

3.1.4.1.2 DOCUMENTOS EN INTERNET

Publicaciones en Internet, donde se localizará la información que servirá para el estudio, y los fundamentos conceptuales de la propuesta.

3.1.5 ESTUDIO DE MERCADO

La terminología económica de un mercado es el área donde los vendedores y los compradores de una mercancía mantienen estrechas relaciones comerciales, y llevan a cabo transacciones de manera que los distintos precios tienden a unificarse. Se remonta a la época en que el hombre primitivo llegó a darse cuenta que podía poseer cosas que él no producía, efectuando el cambio o trueque con otros pueblos o tribus.

Se reconoce como origen y fundamento la desigualdad que existe en las condiciones de los hombres y los pueblos. El mercado surgió en los pueblos y tribus más antigua que poblaron la tierra, y a medida que fue evolucionando, la organización desarrollo

el comercio, instinto de conservación y subsistencia del hombre, hace satisfacer necesidades elementales, luego secundarias y posteriormente las superfluas.

Es así como el desarrollo de los pueblos, obliga al incremento y expansión del mercado llegando en la actualidad a ser una actividad económica importante para el progreso de la humanidad.

El mercado como la Industria ocupa un lugar cada vez más importante en la Sociedad moderna. El número y extensión en sus operaciones, su acción de satisfacer las necesidades de la vida humana el incremento de trabajo, la creación de nuevas fuentes de producción y comercialización, las comunicaciones rápidas entre las diversas regiones del mundo han extendido las relaciones comerciales. Los centros de producción han aumentado los precios, y luego se ha nivelado como resultado de la competencia, favoreciendo el aumento del consumo y el desarrollo permanente cada vez más de la una sociedad moderna.

3.1.5.1 MERCADO SU IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICAS

En una época de globalización y de alta competitividad de servicios, como lo es en el cambiante mundo del marketing es necesario estar alerta a las exigencias y expectativas del mercado, para ello es de vital importancia asegurar el éxito de las empresas hacer uso de técnicas y herramientas, una de las técnicas es llevar a cabo un estudio de mercado, en conjunto con una serie de investigaciones como lo son, competencia, los canales de distribución, lugares que proporciona el servicio, precio, entre otros.

La frase clave es conocer el mercado. Las necesidades del mercado, es decir los consumidores son los que dan la pauta para poder definir mejor que es lo que necesitan y a quienes así como dónde y como se hará.

El mercado está compuesto de vendedores y compradores que vienen a representar la oferta y la demanda. Se realizan relaciones comerciales de transacciones de

mercancías. Los precios de las mercancías tienden a unificarse y dichos precios se establecen por la oferta y la demanda.

La Situación Del Mercado

Se deben descubrir las oportunidades para nuevos negocios y no suponer que todo será igual para siempre. Si bien existen muchas maneras creativas para describir oportunidades, existen 4 métodos formales para identificar nuevos negocios:

1. Penetración en el mercado
2. Desarrollo del mercado
3. Desarrollo del producto/servicio
4. Diversificación

En la penetración del mercado se busca quitarle clientes a la competencia mediante una mejor publicidad, mayor distribución, reducciones de precio, nuevos envases entre otros.

En el desarrollo del mercado se trata de captar nuevos clientes sin modificar el producto/servicio. Para poder ubicar oportunidades de negocios es importante estudiar la situación en 3 niveles:

- El Entorno Nacional
- El Sector Específico
- El Consumidor

El Entorno Nacional

Se debe estar informado de los cambios en los campos político, económico, social y tecnológico. Hoy en día se recibe influencia en las actividades de las decisiones del gobierno, la marcha de la economía, la violencia, la pobreza y las sorprendentes y rápidas innovaciones tecnológicas.

En los últimos años las evoluciones de entorno han adquirido considerablemente importancia en la marcha de los negocios como consecuencia del evidente avance hacia un mercado libre y competitivo; una serie de monopolios han sido desarticulados y el excesivo reglamentarismo está siendo reemplazado por una legislación más promotora que controlista. Estos y muchos otros cambios en el entorno están ocurriendo lenta e inevitablemente.

El Sector Específico

Los cambios en el entorno causan diversos efectos en cada sector considerando el tipo de productos o servicios: competencia, producción, precios y las tendencias de los consumidores.

El Consumidor

En un mercado de libre competencia, es el consumidor o comprador el que tiene la decisión final sobre el éxito o fracaso de un producto o servicio.

3.2 INVESTIGACIÓN

La investigación se realizará en base al siguiente cuadro:

	¿Qué?	¿Quién?	¿Dónde?	¿Por qué?	¿Cuándo?	¿Cómo?
1	Propuesta Para el Diseño del instrumento Calibrador de torquímetros y llaves dinamométricas.	Grupo de trabajo de graduación.	Empresas Salvadoreña	Existe una necesidad del servicio de calibración de torquímetros en el país	9 meses	Investigación de campo (encuestas, entrevistas), Autocad
2	1- Datos obtenidos a partir de encuestas. 2- Entrevistas con personal de Mitto. En empresas de la industria Salvadoreña.	Grupo de trabajo de graduación.	Empresas Salvadoreña	Para obtención de información acerca de la necesidad que presentan las empresas en la calibración de par torsional (Torquímetros)	1 mes	Investigación de campo (encuestas, entrevistas), y check list
3	1- Análisis de datos obtenidos en encuestas y entrevistas. 2- Análisis de check list. 3- Realizar un diagnostico.	Grupo de trabajo de graduación.	Empresas Salvadoreña	Por la necesidad de calibrar torquímetros a nivel nacional	1 meses	Mediante visitas técnicas en la empresas Salvadoreña como: Generadoras y Distribuidoras de Energía, servicio Automotriz y Aviación
4	Tabulación de la información recopilada en la investigación de campo.	Grupo de trabajo de graduación.	Empresas Salvadoreña	Para visualizar mejor la tendencia de la información obtenida y poder así ordenarla	1 semana	Utilizando la herramienta de Microsoft office como Excel
5	Diagnosticar la Ausencia de Empresas que proporcionan el servicio de calibración de torquímetros o llaves dinamométricas.	Empresas dedicadas de proporcionar el servicio de calibración	Empresas Salvadoreña	Por falta de conocimiento de las empresas encargadas de la calibración de torquímetro a nivel nacional y por desconocimiento de la demanda que puede generar una oportunidad de negocio.	1 semana	Mediante la propuesta de diseño que se realizará durante el proceso de graduación
	¿Qué?	¿Quién?	¿Dónde?	¿Por qué?	¿Cuándo?	¿Cómo?

6	Proponer alternativas de solución a la problemática	Grupo de trabajo de graduación.	Empresas Salvadoreña	Para que empresas o entidades Salvadoreñas se interesen en la calibración de par torsional y sea una oportunidad de negocio	2 semanas	A través de los resultados obtenidos en el análisis del estudio de mercado
7	1- Buscar la mejor alternativa de solución basada en un diagnóstico. 2- Proponer el diseño del calibrador de torquímetros.	Grupo de trabajo de graduación.	Empresas Salvadoreña	Para que empresas o entidades Salvadoreñas se interesen en la calibración de par torsional y a su vez sea innovación en este campo ya que el país no cuenta con el servicio de calibración.	1 meses	Mediante el desarrollo del trabajo de graduación.
8	1- Generación de una propuesta basada en alternativas de solución 2- Establecer procedimientos para la calibración de torquímetros	Grupo de trabajo de graduación.	Universidad Don Bosco	Dar una alternativa de solución a empresas que estén interesadas en la calibración de par torsional	1 meses	Mediante un diagnóstico y análisis costo beneficio de la problemática

Cuadro No 1. Plan de trabajo

3.2.1 DETERMINACIÓN DE LAS ENCUESTAS Y / O MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

La investigación esta basada en un estudio de mercado comprendido en una entrevista directa al personal de mantenimiento en cada empresa, además se dirigió una encuesta con el fin de obtener información concreta para determinar la situación actual acerca de la necesidad que presentan las empresas para calibrar sus torquímetros o llaves dinamométricas.

La investigación se llevó acabo mediante visitas técnicas a las empresas en estudio que permitieron delimitar una mejor panorámica de la situación actual en lo que respecta a la calibración de torquímetros o llaves dinamométricas.

La estructura de la entrevista se planteó con el fin de conocer la necesidad que tienen las empresas en la calibración de torquímetros o llaves dinamométricas así, como también el objetivo de la encuesta es proporcionar respuesta a una serie de preguntas y posteriormente evaluando los resultados.

3.2.2 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO, EL SUJETO DE ESTUDIO Y EL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para poder conocer la situación actual de empresas en El Salvador que requieren del servicio de calibración es necesario conocer el tipo de estudio a realizar, este se regirá bajo el método de investigación descriptivo, este permite examinar y hacer mediciones de uno o más atributos del fenómeno que se estudia.

Para la obtención de datos concretos y confiables que permitan proporcionar fundamento a la investigación planteada, es necesario utilizar un sistema que dirija las actividades a realizar.

La investigación tiene como objetivo principal describir las características de la población o fenómeno en estudio. Esta se encarga que las empresas en investigación respondan a preguntas como: ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, ¿Por qué?, ¿Cuándo? Este método permitirá tener una panorámica más clara de las necesidades en las empresas. El proceso muestral consta de los siguientes pasos:

1) Determinar la población y los parámetros pertinentes.

Las encuestas se dirigieron a tres rubros: Distribuidoras y generadoras de energía eléctrica, automotriz, aviación. Debido a que utilizan torquímetros o llaves dinamométricas. Las empresas en sus operaciones trabajan con maquinaria crítica ejemplo motores, compresores, piezas específicas en bombas de distribución de combustible que necesitan un aprete adecuado ya que estas piezas están expuestas a presión, vibración y temperatura, además trabajan bajo parámetros establecidos en los que siguen estándares determinados por la empresa o manuales del fabricante.

2) Escoger un método de muestreo.

El método seleccionado en la investigación de mercado está basado en una encuesta que consta de 18 preguntas (Ver anexo No2, Pág. 201) y una entrevista que consta de 10 preguntas (Ver anexo No 1, Pág.199). Estos métodos fueron dirigidos a empresas que utilizan torquímetros en sus operaciones.

3) Escoger el tamaño necesario de la muestra.

El tamaño de la muestra sometido en este estudio, se realizó en empresas Salvadoreñas que poseen torquímetro y demanda el servicio de calibración de torquímetros.

Por lo que el tamaño de la muestra se divide en tres rubros de los cuales se encuestaron tres empresas de cada rubro (excepto una que fueron cuatro).

Debido a que las empresas por rubro presentan actividades similares en sus operaciones diarias, además las empresas fueron catalogadas en medianas y grandes empresas, fundamentado en el número de empleados lo que permite tener un tamaño adecuado para la investigación.

A continuación se fundamenta como se escogieron los tres rubros para la muestra a través de la investigación preliminar.

La investigación preliminar se realizó vía telefónica y la pregunta importante fue ¿Poseen usted torquímetros o llaves dinamométricas?, que proporciona la información necesaria detallada en el cuadro No 2, y facilitó la distinción o selección de las empresas para estudio.

1- ¿Poseen usted torquímetros o llaves dinamométricas?

	EMPRESAS	SI	NO
1	MONELCA (MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE CENTRO AMÉRICA)		X
2	IASA (INGENIEROS ASOCIADOS)	X	
3	MAQSA (MAQUINARIA SALVADOREÑA)	X	
4	ENERGY INTERNATIONAL	X	
5	SEGURO SOCIAL		X
6	POLLO CAMPERO		X
7	NEJAPA POWER	X	
	EMPRESAS	SI	NO

8	FRUIT OF DE LOM (TEXTILERA)		X
9	FUERZA AÉREA	X	
10	AERONÁUTICA CIVIL	X	
11	UNIDAD DE SALUD UNICENTRO		X
12	TEDER	X	
13	GENERAL DE EQUIPOS	X	
14	DEL SUR	X	
15	PLASTIMET		X
16	ESCUELA DE AVIACIÓN EL PANAL	X	
17	ETESAL(EMPRESA TRANSMISORA DE ENERGÍA)	X	
18	DUKE ENERGY	X	
19	MOP (MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS)	X	
20	CONTAIN		X

Cuadro No 2: Empresas encuestadas a través de sondeo telefónico

La pregunta 1 demuestra quienes de las empresas poseen torquímetros y se clasificaran de acuerdo a los rubros siguientes ver cuadro No 3.

Empresas Rubros	SI	NO
Aviación	X	
Plástico		X
Generadoras y Distribuidoras de Energía	X	
Textil Confección		X
Petrolera	X	
Automotriz	X	
Servicio Comida Rápida		X
Ministerio de Salud		X

Cuadro No 3: Rubros

Fue necesario seleccionar rubros que abarquen la mayor parte de empresas que respondieron si a la pregunta No 1 provenientes del cuadro No 3. Se empleo la siguiente secuencia de preguntas para tener un enfoque de la situación actual.

2. ¿Calibran sus instrumentos?
3. ¿Cada cuánto los calibran?
4. ¿Dónde los calibran?

Las empresas que se encuestaron telefónicamente fueron basadas en los siguientes rubros:

- Generadoras y distribuidoras de energía
- Aviación
- Automotriz

Cuadro No 4: Resultado de las interrogantes, investigación preliminar

PREGUNTAS	RESPUESTA DE EMPRESAS						
	1	2	3	4	5	6	7
2	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI
3	3 MESES	6 MESES	TIENEN UN AÑO	TIENEN 6 MESES	4 MESES	3 MESES	CUANDO CONSIDERAN QUE PIERDEN EL AJUSTE
4	EXTRANJERO	EXTRANJERO	NO SABEN DONDE CALIBRARLOS	NO TIENE QUIEN SE LOS CALIBRE	EXTRANJERO	EXTRANJERO	EXTRANJERO

4) Seleccionar la muestra y reunir la información.

Con la muestra obtenida de entrevistas y encuestas dirigidas a empresas Salvadoreñas, se procederá a recopilar toda la información obtenida y seleccionarla para posteriormente ser tabulada para obtener un análisis de la situación del problema.

5) Validar la muestra.

El método utilizado en la investigación contempla que posterior a todo el proceso de recolección de información, se procede al análisis de la misma, utilizando herramientas estadísticas comunes.

Esta etapa refleja a su vez el resultado numérico, gráfico y cualitativo de la aplicación del método.

6) Analizar los datos y presentar los resultados.

Los datos fueron tabulados por medio de la herramienta Microsoft Excel y posteriormente se analizaron, ver tabulación y resultados (Véase Pág. No 69)

3.2.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

- A. Ubicación Geográfica: Se establece como parte del universo que se encuentre en El Salvador.

- B. Tipo de Empresa: Esta se seleccionará de acuerdo a los siguientes rubros Aviación, Automotriz, y Generadora y Distribuidora de Energía

3.2.4 RESULTADOS OBTENIDOS

3.2.4.1 RESULTADOS DE ENTREVISTAS

La entrevista se realizó de manera directa con 10 empresas encuestadas, se hizo a través de una conversación con la persona encargada del mantenimiento de cada una de las empresas visitadas y el resultado se refleja en conclusión planteada.

Pregunta 1. Conoce usted ¿Que es la Metrología?

Objetivo: Conocer si las empresas saben que es metrología.

Respuesta: Es una ciencia que asegura que los diferentes equipos de medición estén debidamente calibrados, la metrología abarca muchas ramas ejemplo de ellas: metrología de temperatura, eléctrica, dimensional, volumétrica, fuerza, longitud entre otras.

Conclusión: En la pregunta anterior las empresas visitadas y entrevistadas respondieron de manera espontánea ya que todas tienen un concepto de metrología certero de acuerdo a la definición de metrología según el VIM.

Pregunta 2. ¿Poseen torquímetros?

Objetivo: Saber si las empresas visitadas y entrevistadas poseen torquímetros.

Respuesta: Sí

Conclusión: Todas las empresas respondieron que sí poseen torquímetros, lo que confirma o refuerza la selección de las empresas en estudio.

Pregunta 3. Es importante para usted el uso del torquímetro en sus actividades. ¿Por qué?

Objetivo: Conocer la importancia del uso de torquímetros en las empresas Salvadoreñas.

Respuesta: Las empresas respondieron que si es de suma importancia el uso de torquímetros para sus operaciones debido a que trabajan con maquinaria crítica ejemplo motores, compresores, piezas específicas en bombas de distribución de combustible que necesitan un aprete adecuado ya que estas piezas están expuestas a presión vibración y temperatura, además trabajan bajo parámetros establecidos en los que siguen estándares determinados por la empresa.

Conclusión: En esta pregunta se verifico la importancia de los torquímetros en las actividades diarias para las empresas debido a que son utilizados para piezas criticas, principales en sus operaciones y que dependen de un aprete específico, y si no son utilizados las empresas podrían tener problemas como: paros imprevistos, perdidas cuantiosas, fallos en sus operaciones, entre otras.

Pregunta 4. Considera importante calibrar sus torquímetros. ¿Por qué?

Objetivo: Saber la importancia de las empresas en calibrar sus instrumentos.

Respuesta: Es importante la calibración de los torquímetros porque es de esa forma que aseguramos la calidad en nuestras operaciones, fabricación y servicio que se realizan dentro de la empresa.

Conclusión: Con esta pregunta se demuestra lo importante que es para las empresas el tener sus instrumentos calibrados o en óptimo estado ya que de eso dependen no tener fallos que incurran en costos.

Pregunta 5. Conoce usted empresas que proporcionen en el país el servicio de calibración de torquímetros. ¿Cuáles?

Objetivo: Conocer si existen empresas a nivel nacional que calibren los torquímetros.

Respuesta: **Si conozco** pero no es exactamente una calibración que hace Aragón Valencia y Asociados en El Salvador es simplemente una comparación y además utilizan una herramienta artesanal pero no es una calibración.

No conozco ninguna entidad que se dedique a la calibración de torquímetros en el país. Las empresas con esta necesidad llevan aproximadamente 3 años buscando quien les proporcione este servicio y no han podido encontrar ni a nivel Centroamericano empresas que cumplan con procedimientos certificados y exigencias internacionales.

Conclusión: Con esta pregunta demostramos que no existe ninguna empresa que proporcione el servicio de calibración en el país o a nivel Centroamericano y los que requieren del servicio se ven en la necesidad de reemplazar el instrumento o enviarlo al extranjero para que este sea calibrado.

Pregunta 6. Conoce usted empresas que proporcionen el servicio de calibración de torquímetros en el extranjero. ¿Cuáles?

Objetivo: Conocer cuales empresas en el extranjero proporcionan el servicio de calibración.

Respuesta: **Si conozco** como llevamos mucho tiempo buscado respuesta a esta necesidad y no ha sido solventada en el país ni en Centroamérica nos hemos visto en la necesidad de buscar en el extranjero y si encontramos ejemplo de ellas tenemos:

CENAM México

Barranquilla Colombia

Estados Unidos (ASMT)

PANAIR en Miami

No conozco porque realmente no he buscado entidades que me calibren los instrumentos a nivel extranjero debido a que es más fácil reemplazarlo en base a su

vida útil, su uso, especificaciones del fabricante o por normas internas establecidas por la empresa ya que el calibrarlo en el extranjero generaría un costo elevado para la empresa por el flete, envío y la calibración, nos es un poco menos costoso el reemplazarlo que mandarlo a calibrar fuera.

Conclusión: Esta pregunta se hizo con el objetivo de saber si sus instrumentos son calibrados en el extranjero y bajo que circunstancias las empresas se encuentran al calibrarlos fuera del país.

Pregunta 7. Considera usted que las empresas que proporcionan el servicio de calibración responden satisfactoriamente con la demanda de éste.

Objetivo: Indagar si las empresas que proporcionan el servicio de calibración responden satisfactoriamente con la demanda del servicio.

Respuesta: Si porque cumple con los requisitos exigidos por las empresas.

Conclusión: Esta pregunta solo fue contestada por las empresas que calibran sus equipos en el extranjero y el objetivo es conocer si ellos obtienen una respuesta satisfactoria del servicio que reciben.

Pregunta 8. ¿Que pasaría si sus instrumentos “torquímetros” no son calibrados?

Objetivo: conocer que sucedería si los instrumentos no son calibrados.

Respuesta: En el peor de los casos se generarían pérdidas cuantiosas, problemas a nivel operativo y no se garantizaría el buen estado del equipo. Y en el mejor de los casos obtendríamos pérdidas en costo bajo.

Conclusión: En esta respuesta se ve la importancia que adquieren las empresas para que sus instrumentos de medición estén debidamente calibrados o en buenas condiciones porque es así que ellas garantizan la calidad en sus operaciones, servicios y productos.

Pregunta 9. ¿Que parámetros toma para verificar la condición en que se encuentran sus torquímetros?

Objetivo: Saber que parámetros se toman por las empresas para verificar el estado de sus torquímetros.

Respuesta: La mayoría de las empresas se basan en la experiencia del operario debido a que es él, quien tiene el contacto directo con el instrumento, así como también normas internas establecidas por las empresas acerca del período para que sus instrumentos sean calibrados o reemplazados basados en un mantenimiento preventivo. Por otra parte se cuenta con las especificaciones del fabricante estimando su uso de vida útil

Conclusión: Con esto lo que concluimos es que las empresas se basan en diferentes parámetros para verificar la condición de sus instrumentos y poder así garantizar la calidad en sus servicios.

Pregunta 10. ¿Que beneficios cree que obtendría si se calibrará el torquímetro en el país bajo un patrón de referencia certificado?

Objetivo: Conocer cuales serian los beneficios de ser implementado el servicio de calibración en el país y bajo un patrón de referencia certificado

Respuesta: Obtendríamos beneficios en reducción de costos, reducción de tiempo, mayor competitividad, estar a la vanguardia en un mundo cada vez más globalizado, y el más importante contar con el servicio en el país y no recurrir a otros además la metrología en El Salvador se abriría espacios en un campo no explotado tanto el país como a nivel Centroamericano.

Conclusión: Esta pregunta es importante porque es donde se demuestra los beneficios que se obtendrían si existiese el servicio de calibración a nivel nacional.

3.2.4.2 RESULTADOS DE ENCUESTAS

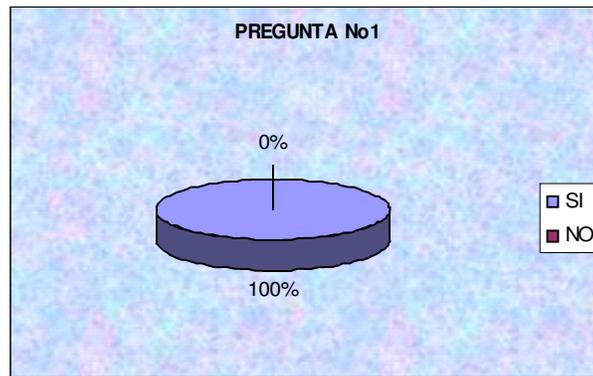
A continuación se grafican y se estudian las preguntas realizadas en las encuestas:

PREGUNTA 1

¿Poseen normas de calidad implementadas?

Objetivo: Conocer si las empresas se rigen bajo normas de calidad y si las implementan.

Gráfica 1



Análisis: 100% dijo si y el 0% dijo no

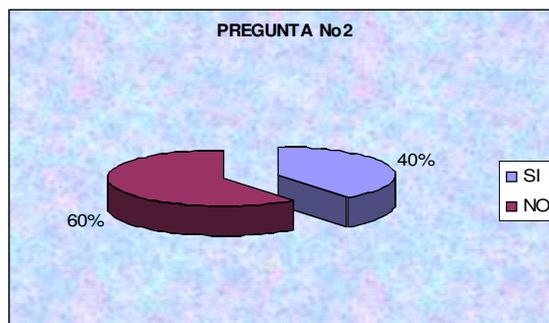
Conclusión: De acuerdo a los datos recolectados y graficados como se observa en la gráfica. El 100% de las empresas encuestadas respondieron que si poseen normas internas de calidad implementadas lo que nos proporciona es una panorámica de las empresas que están a la vanguardia en un mundo cada vez más competitivo y globalizado.

PREGUNTA 2

¿Están certificados ISO 9001:2000?

Objetivo: Conocer si las empresas están certificadas y tienen competitividad en lo que calidad se refiere.

Gráfica 2



Análisis: 60% respondió si y el 40% respondió no

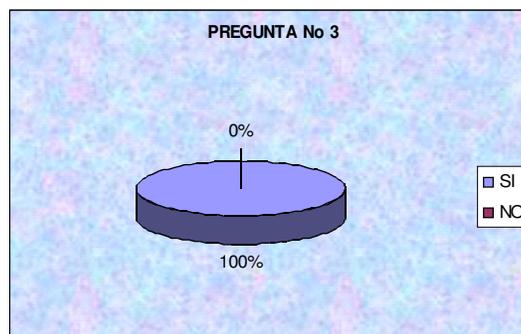
Conclusión: De acuerdo a la gráfica obtenida el 40% de las empresas están certificadas bajo ISO 9001:2000 y el 60% solo poseen normas Internas impuestas por la empresa que las rige.

PREGUNTA 3

¿Sus clientes les exigen que sus productos o servicios sean elaborados bajo normas de calidad?

Objetivo: Conocer las exigencias del consumidor final en relación a la calidad.

Gráfica 3:



Análisis: 100% respondió si y 0% no.

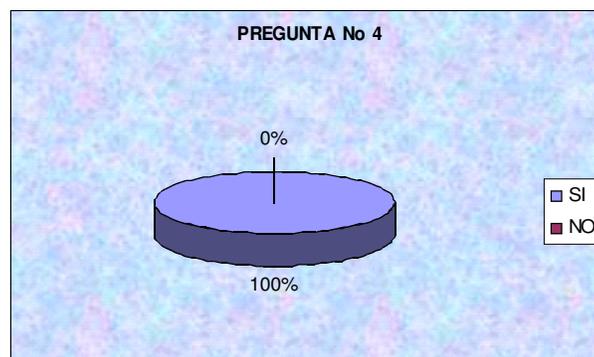
Conclusión: Por medio del resultado obtenido en la gráfica anterior se observa que el 100% de las empresas se les exige calidad en sus servicios.

PREGUNTA 4

¿Poseen Torquímetros?

Objetivo: Conocer si las empresas tienen torquímetros o llaves dinamométricas.

Gráfica 4:



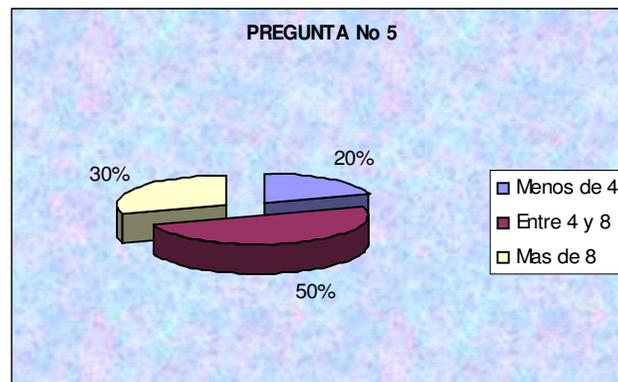
Análisis: El 100% respondió si y el 0% dijo no

Conclusión: Establecer si las empresas dedicadas a la industria Generadora de Energía, Automotriz que poseen torquímetros.

PREGUNTA 5

¿Cuántos torquímetros poseen?

Gráfica 5



Análisis: Como puede observarse en la gráfica las empresas que poseen menos de cuatro torquímetros lo compone el 20%, entre 4 y 8 es el 50% y más de 8 torquímetros lo constituye el 30%.

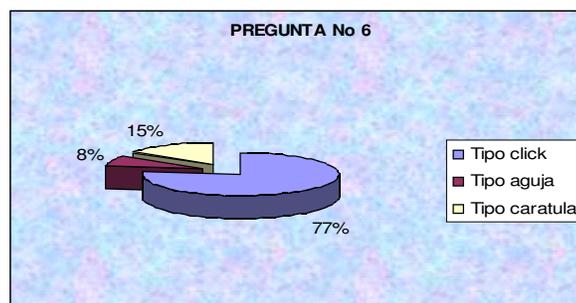
Conclusión: Esto demuestra que el mercado demandado oscilara entre 4 y 8 y más de 8 torquímetros en las empresas.

PREGUNTA 6

¿Qué tipos de torquímetros utiliza en las tareas que realizan?

Objetivo: Conocer que tipos de torquímetros son utilizados por las empresas en estudio.

Gráfica 6



Análisis: De acuerdo a los datos recolectados y posteriormente graficados por las empresas es posible asegurar que el 77% de las empresas poseen el torquímetro tipo click el 15% poseen el de tipo aguja y solamente el 8% poseen el de carátula.

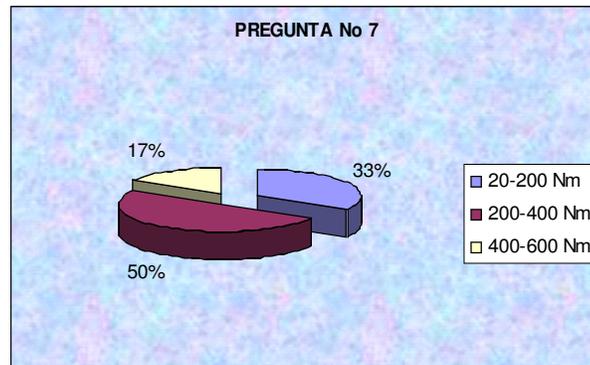
Conclusión: En las empresas es más común el de tipo click pero la propuesta se diseñara par todo tipo de torquímetros.

PREGUNTA 7

¿Sus torquímetros se encuentran en los siguientes intervalos?

Objetivo: Conocer los rangos de los torquímetros utilizados en las empresas

Gráfica 7



Análisis: De acuerdo a los datos recolectados y posteriormente graficados por las empresas es posible asegurar que las empresas poseen el torquímetro en un 50% de 200 – 400 Nm, el 33% poseen de 20 – 200 Nm y el 17% poseen 400 – 600 Nm.

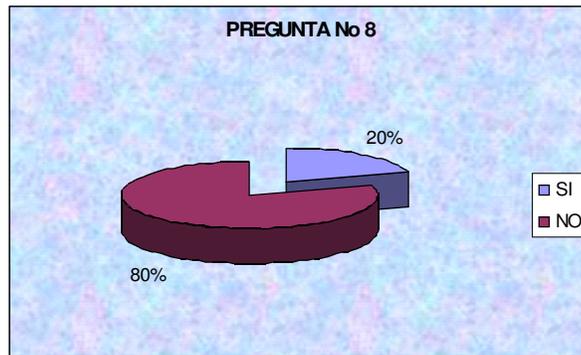
Conclusión: Tomando como parámetro esta pregunta es de importancia para la elaboración del diseño debido a que se establecerá bajo los rangos de 20 a 400 N.m

PREGUNATA 8

¿Sus equipos son calibrados?

Objetivo: Conocer si las empresas calibran sus instrumentos.

Gráfica 8



Análisis: Los resultados obtenidos por medio de la grafica 7 se observa que el 80% de las empresas no calibran sus instrumentos y solamente el 20% de ellas los calibran.

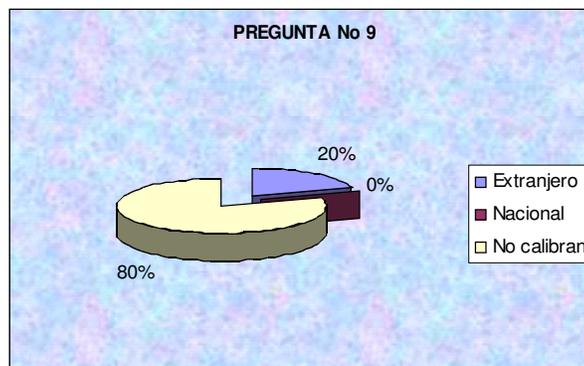
Conclusión: La mayoría de empresas no calibran sus instrumentos por lo que de implementarse se hará de manera novedosa ya que es un campo no explorado.

PREGUNTA 9

De la siguiente lista de equipos ¿Cuáles calibra en el extranjero y cuáles en el país?

Objetivo: Conocer los equipos que las empresas calibran sus torquímetros a nivel nacional o extranjero o no los calibran.

Gráfica 9



Análisis: el 80% no calibra sus instrumentos, el 20% lo realiza en el extranjero y el 0% a nivel nacional.

Conclusión: La gráfica demuestra que la mayoría de empresas no calibran sus instrumentos ya que son reemplazados por falta de instituciones nacionales que

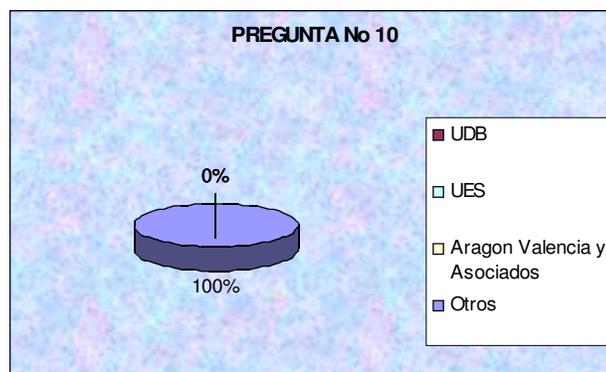
proporcionen el servicio de calibración y solamente el 20% envían sus instrumentos al extranjero para que estos sean calibrados.

PREGUNTA 10

¿Quién le proporciona el servicio de calibración?

Objetivo: Conocer que empresas le proporciona los servicios de calibración que demanda la industria salvadoreña.

Gráfica 10



Análisis: el 100% respondió otros y los demás es el 0%.

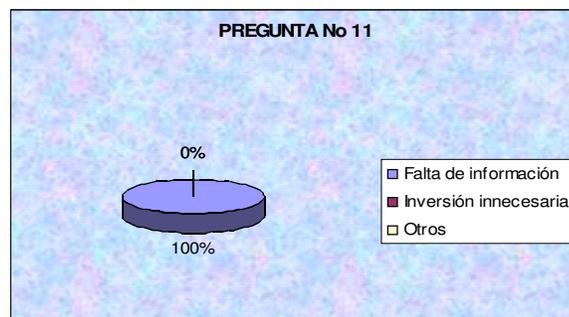
Conclusión: La gráfica nos demuestra el resultado obtenido mediante las encuestas y se puede observar que el país no cuenta con el servicio de calibración y las empresas que calibran sus instrumentos lo realizan en el extranjero.

PREGUNTA 11

¿Por qué no calibra sus instrumentos?

Objetivo: Conocer la razón del por qué no calibra sus instrumentos.

Gráfica 11



Análisis: el 100% respondió por falta de información y el 0% inversión innecesaria y otros factores.

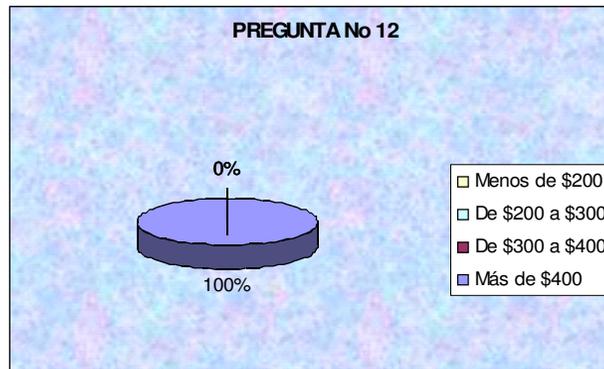
Conclusión: La gráfica demuestra que la falta de información es el por qué las empresas no calibran sus instrumentos en el país además que no se cuenta con el servicio.

PREGUNTA 12

¿Cuál es el costo que incurre en la calibración del torquímetro?

Objetivo: Conocer los costo que incurren las empresas al calibrar sus equipos.

Gráfica 12



Análisis: 100% respondió que mas de 400 dólares en calibrar sus instrumentos en el extranjero.

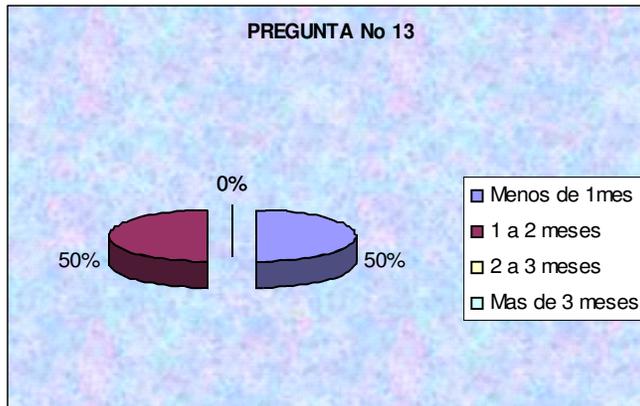
Conclusión: Como se observa en la gráfica solo el 20% de las empresas calibran sus instrumentos y estas lo realizan en el extranjero por lo tanto el costo por calibrarlos es más de \$400 debido a que este involucra envío, calibración, impuesto, entre otros.

PREGUNTA 13

¿Cuánto es el tiempo para su calibración?

Objetivo: Conocer el tiempo de las empresas que proporcionan el servicio de calibración.

Gráfica 13



Análisis: 50% respondió menos de un mes y el otro 50% respondió de 1 a 2 meses

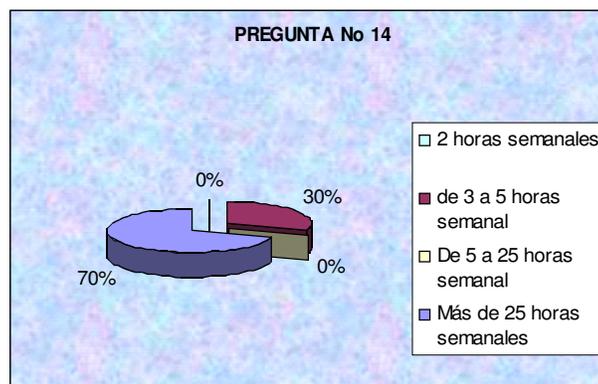
Conclusión: La gráfica muestra que las empresas que calibran sus instrumentos adquieren respuesta a su calibración entre menos de un mes y entre 1 a 2 meses.

PREGUNTA 14

¿Cuál es el tiempo de uso de sus torquímetro en sus actividades diarias?

Objetivo: Conocer el tiempo de uso de los torquímetros en las empresas.

Gráfica 14



Análisis: 30% de 3 a 5 horas, 70% mas de 25 horas, 0% 2 horas semanales y de 5 a 25 horas.

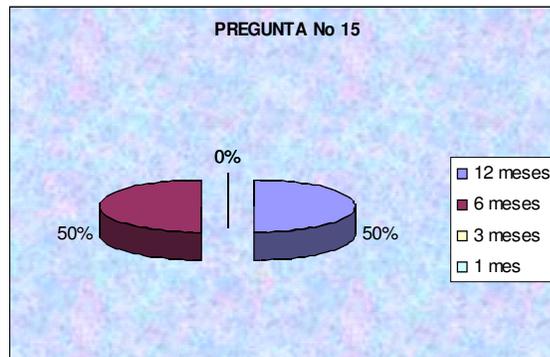
Conclusión: La gráfica demuestra que las empresas utilizan sus instrumentos más de 25 horas semanales en un 70%, un 30% lo constituyen las empresas que los utilizan de 3 a 5 horas semanales.

PREGUNTA 15

¿El Período para calibrar sus torquímetros es?

Objetivo: Conocer con que frecuencia las empresas calibran sus torquímetros.

Gráfica 15



Análisis: El 50% respondió 12 meses y el otro 50% respondió que 6 meses.

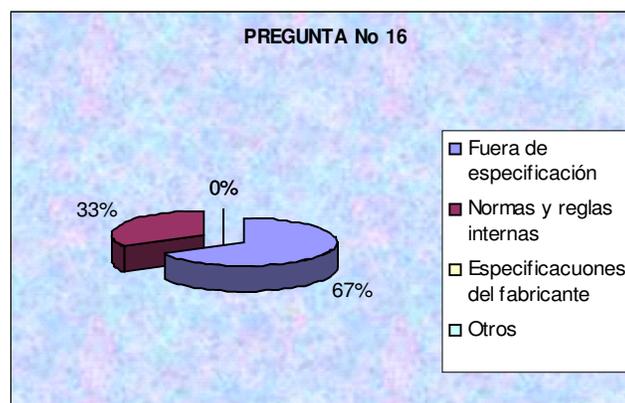
Conclusión: La gráfica demuestra que el período para calibrar los torquímetros oscila entre 6 y 12 meses.

PREGUNTA 16

¿Bajo que criterios calibra sus torquímetros?

Objetivo: Conocer los criterios que adoptan las empresas para calibrar sus torquímetros.

Gráfica 16



Análisis: Fuera de especificación respondió el 67% 33% normas internas, 0% es por especificaciones del fabricante y otros aspectos.

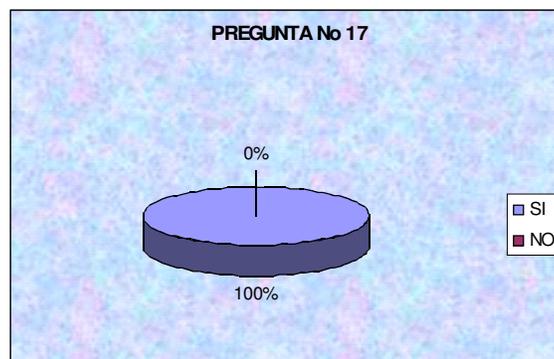
Conclusión: Por medio de la gráfica se observan los criterios para calibrar un torquímetro adquiridos por las empresas son el 67 % es por estar fuera de especificación, y el 33% lo constituye por normas o reglas internas de calidad.

PREGUNTA 17

¿Le gustaría que el servicio de calibración lo proporcionaran en el país?

Objetivo: Conocer si las empresas están interesadas en que exista el servicio de calibración de torquímetros en el país.

Gráfica 17



Análisis: 100% respondió si y el 0% respondió no.

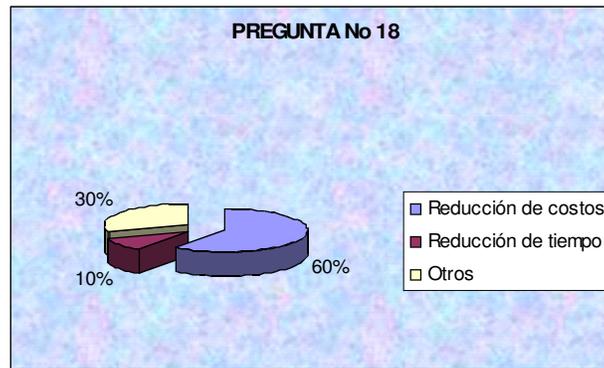
Conclusión: La gráfica demuestra que el 100% de las empresas encuestadas les gustaría y están interesadas que el servicio de calibración sea proporcionado en el país.

PREGUNTA 18

¿Qué beneficios cree usted que obtendría al tener el servicio de calibración en el país?

Objetivo: Conocer qué beneficios esperan las empresas al tener el servicio de calibración en el país.

Gráfica 18



Análisis: Reducción de costos respondió 60%, 30% otros factores y el 10% reducción de tiempo.

Conclusión: De acuerdo a la gráfica las empresas obtendría el beneficio en cuanto a reducción de costos en un 60% , el 30% opinan que se les reduciría el tiempo en que este fuese calibrado, y el 10% opina que otros factores como ser más competitivo, entrar al mundo globalizado, estar siempre a la vanguardia, serían sus beneficios.

3.2.4.3 RESULTADOS DEL CHECK LIST

El check list empleado en la investigación cuenta con 12 aspectos a evaluar que consiste en verificar si las empresas en investigación poseen torquímetros, y si estos son calibrados a nivel nacional e internacional, además si también poseen patrones de referencia que les permita comprar sus instrumentos, así como procedimientos, personal capacitado e importancia para la calibración de estos los cuales se detallan a continuación:

ITEM	ASPECTOS A EVALUAR	SI	NO
1	¿Poseen torquímetros o llaves dinamométricas?	√	
2	¿Calibran sus torquímetros o llaves dinamométricas?	√	
3	¿La calibración la realizan a nivel nacional?		√
4	¿La calibración la realizan a nivel extranjero?	√	
5	¿Poseen un patrón de referencia para verificar el estado de su instrumento?		√
6	¿Poseen procedimientos para el uso adecuado de torquímetros?		√
7	¿Posee personal capacitado internamente para la calibración de los torquímetros?		√
8	¿Los procedimientos que utiliza son internos establecidos por la empresa?	√	
9	¿Los procedimientos que utiliza son establecidos por especificación del fabricante?		√
10	¿Utiliza sus instrumentos aunque estos se encuentren fuera de especificación?		√
11	¿Considera usted importante el uso del torquímetro en su empresa?	√	
12	¿Considera usted importante la calibración del torquímetro?	√	

Conclusión:

Este es un ejemplo de lo que se observó en las empresas cuando se les dirigió el check list, se observó que las empresas poseen torquímetros; pero no son calibrados a nivel nacional, muchas de estas empresas no poseen patrones de referencia, procedimientos, ni personal capacitado para la verificación de las condiciones de los torquímetros, debido a que se rigen sólo por normas internas de las empresas y no por condiciones del fabricante, además ellas lo que establecen como norma es el de reemplazarlo, por qué en el país no se cuenta con el servicio de calibración y enviarlo al exterior les eleva sus costos.

Todas las empresas visitadas consideran importante el uso de torquímetros para sus actividades así como su calibración; pero establecieron que a nivel nacional no se cuenta con el servicio.

3.2.4.4 RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN

Este método se realizó en todas las empresas sujetas a estudio, la observación dio como resultado que las empresas no cuentan con patrones de verificación que les ayude a comparar las condiciones en la que se encuentran sus torquímetros o llaves dinámométricas, que son utilizados en sus actividades. Excepto en dos de las empresas visitadas que pertenecen al rubro de la aviación, si cuenta con un laboratorio de metrología, una de ellas cuenta con un dispositivo que les permite comparar la condición de sus torquímetros (Ver Pág. 94 método comparativo).

3.2.5 LA COMPETENCIA Y SUS CARACTERÍSTICAS

Esto no aplica, debido a que en el país no se cuenta con el servicio de calibración de par torsional esto se fundamenta con las personas que fueron entrevistadas en las empresas en estudio no conocen entidad que satisfaga la necesidad de ellos (Ver resultado de encuesta en la pregunta No 9, Pág. No 74).

3.2.6 MERCADOS POTENCIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS

Los mercados potenciales que se identificaron son:

En primer lugar tenemos El Salvador, en este es donde se realizó la investigación de campo y es en él donde se identificó la ausencia del servicio de calibración de torquímetro.

Otros mercados potenciales en un futuro serían Honduras, Nicaragua y Guatemala por lo que, se incentiva a empresas para que se interesen en proporcionar cobertura en el mercado Centroamericano.

3.2.7 INCIDENCIA DE LA DEMANDA

La incidencia de la demanda, se basa en los resultados obtenidos de las encuestas, donde las empresas requieren el servicio; pero no se cuenta en El Salvador con el servicio de calibración de torquímetros, y por ello se ven en la necesidad algunas empresas de enviar sus instrumentos a calibrarlos en laboratorios fuera del país o en otro caso tienen que ser remplazados por dudas sobre su confiabilidad.

Esto genera costos adicionales a las empresas por motivo de gastar no solo en mandar sus instrumentos a calibrar, si no que tienen que pagar por enviarlos a otro país los gastos pueden ser:

- Gastos aduanales.
- Gastos de envío.
- Gastos de calibración.
- Tiempo horas-hombre

En el caso de quienes los remplazan, estos tienen gastos que dependen de las políticas que manejan internamente y de factores tales como el tiempo para remplazar los instrumentos por no encontrar empresas que satisfaga la necesidad de calibración.

Incidencia de la demanda = Torquímetros enviados a calibrar al exterior + los torquímetros remplazados.

La demanda detectada en la encuesta solamente representa un porcentaje de la demanda total del país debido a la técnica de muestreo usada en el desarrollo de este proyecto.

3.2.8 MERCADO NACIONAL A CUBRIR

Las empresas en estudio serían en un futuro el mercado a cubrir, adicionando otras empresas que tengan la necesidad de calibrar sus instrumentos y que no han sido tomadas en cuenta para este estudio.

En el país la calibración de par torsional no ha sido implementada por las siguientes razones:

- Por falta de un estudio de mercado que justifique el servicio de calibración en el país.
- Por falta de fondos.

El objetivo esperado es que el trabajo de graduación motive a empresas para que ofrezcan este servicio porque existe la necesidad de él y porque puede ser una

actividad económicamente rentable, (este es uno de los objetivos de nuestro trabajo que se espera demostrar mas adelante).

3.2.9 IDENTIFICACIÓN DEL SERVICIO

Basándose en el estudio de mercado se investigó que el país no cuenta con ninguna empresa que proporcione el servicio de calibración de torquímetros o llaves dinamométricas para cubrir la necesidad de empresas que requieren calibrar sus instrumentos.

Si el servicio de calibración se implementará en el país las empresas interesadas en proporcionar la calibración en el campo de par torsional tendrá que tomar en cuenta que las empresas que poseen estos instrumentos:

1. Oscilan entre rangos de 20 Nm hasta 400 N-m.
2. Las empresas poseen instrumentos para sus operaciones en gran parte los de tipo click seguido de los de carátula.
3. Además las empresas interesadas en proporcionar el servicio en este rubro deberán establecer patrones trazables y confiables que le permitan dar seguridad del servicio prestado a sus clientes con el fin obtener credibilidad.
4. Las instalaciones tendrán que contar con un ambiente adecuado que le permita realizar la calibración sin ningún inconveniente que influya en la calibración ejemplo de ello: temperatura y humedad relativa.
5. El volumen que se estima basado en las empresas encuestadas es de aproximadamente de 80 torquímetros anuales a calibrar, esto depende de las políticas internas de las empresas de cada cuanto los van a calibrar.

Con la propuesta del trabajo de graduación lo que se pretende es beneficiar a las empresas que no cuentan con el servicio de calibración de par torsional e interesar a empresas y/o laboratorios para proporcionar el servicio en un futuro.

3.2.10 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

En este capítulo lo que se demuestra es la investigación de campo realizada a las empresas que poseen torquímetros o llaves dinamométricas y que son utilizados para sus operaciones en diferentes rubros empresariales como: automotriz, distribución y generación de energía eléctrica, y aviación.

Por el estudio a través de las entrevistas y encuestas dirigidas a estas empresas se conoció la necesidad que tienen las empresas en relación al servicio de calibración de torquímetros o llaves dinamométricas.

Con los resultados obtenidos a partir de la investigación de campo, se concluye que el problema radica en la ausencia del servicio de calibración de par torsional en el país, por lo que estas empresas se ven en la obligación de enviar sus instrumentos a calibrar a laboratorios extranjeros o reemplazar sus equipos, y esto ocasiona pérdida de tiempo en sus actividades, gastos innecesarios en su presupuesto y otros inconvenientes.

Además con esto se demuestra que el trabajo de graduación que se está realizando, es con el propósito de contribuir en el desarrollo del país, en las necesidades que las empresas requieren para dar una mayor credibilidad a sus clientes en sus servicios o productos.

CAPÍTULO IV DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El diagnóstico de la situación actual se basará en lo realizado a través de la investigación de campo con el objetivo de analizar la problemática que presentan las empresas Salvadoreñas con lo que respecta a la calibración de sus torquímetros a nivel nacional.

Así como iniciar una búsqueda a la solución al problema y analizar el beneficio que este podría tener en un futuro.

4.1 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO

4.1.1 MEDIDAS INICIALES

Formulación del problema

Tiene como propósito maximizar la probabilidad de aislar y definir satisfactoriamente el problema que se tiene entre manos y de qué deberá hacerse desde un principio.

La formulación implica una descripción breve y general de las características del problema, sin tomar en cuenta en ella los detalles y restricciones; es muy importante que esto se realice al iniciar la solución del problema, tratándose de evitar las influencias que sobre el ingeniero tengan los detalles, restricciones y la solución hasta ahora lograda.

Amplitud de la formulación del problema:

El término amplitud se usará con respecto a la formulación del problema para indicar:

- 1) El grado de especificación supuesto de los estados A y B al iniciarse el proceso de diseño, éste determina el número y variedad de soluciones alternativas a disposición del diseñador.
- 2) La parte del problema total que el diseñador atacará personalmente. Llevando así consigo a la asignación de la parte del problema que resolverá.

La amplitud de formulación de un problema es una decisión que debe tomar el diseñador, debido a su punto de vista es la manera en que capta el problema.

El grado hasta el cual un diseñador es capaz y está justificado para mantener una formulación extensa de un problema, depende de los siguientes factores:

1. El alcance de sus responsabilidades. La capacidad oficial del diseñador es la determinante principal de las decisiones que está autorizado a objetar y a cambiar.
2. La situación económica (financiamiento).
3. El límite arbitrario que se haya puesto al tiempo y al dinero que pueden ser dedicados al problema.
4. Circunstancias especiales: por ejemplo la persona involucrada en el problema pueden hacer que sea imposible poner en duda las decisiones tomadas previamente.

Fallas comunes:

Se debe procurar evitar cuando hace enfoque a un problema, resolverlo parcial o totalmente.

Otra falla es atacar la solución actual en lugar del problema mismo, debido que el diseño actual es simplemente una solución, entre muchas, a resolver y la solución actual no es el problema.

Caja Negra:

Este útil y excepcional método de plantear un problema de diseño, lo llamaremos el método de la caja negra. La solución de un problema se visualiza como una caja negra de contenido desconocido y no especificado, con una entrada especificada (ESTADO A), una salida especificada también (ESTADO B), y con criterios dados para evaluar el funcionamiento de la caja.

Este método de la caja negra facilita la identificación adecuada de los estados A y B, a medida que se formula el problema, debido a que es un truco visual especialmente útil para desviar de la solución actual la atención del diseñador; para obtener el beneficio máximo de este método, es importante que el diseñador permita que la caja

negra aleje de su mente la solución actual, y que él no haga, por el momento suposiciones con respecto a cuál será la solución final, o partes de ella.

4.1.2 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Consiste en hacer una lista detallada de las características del problema, incluyendo las restricciones. Se diferencia de la fase anterior en el grado del detalle y reconocimiento de las restricciones. Debido a que los datos sobre el volumen y límite de tiempo suelen exigir poco detalle, esta fase se refiere principalmente a los estados A y B, a las restricciones y a los criterios. En esta fase únicamente se les presta atención particular a los criterios, cuando alguno o varios de ellos son de importancia inusitada, ya que en este caso afectan el tipo de soluciones posibles que serán enfatizadas durante la búsqueda de alternativas.

Esta fase implica una cantidad considerable de recopilación de hechos especialmente con respecto a las características de los estados A y B y las restricciones. También implica el análisis y desglose de los hechos, de tal manera que cuando el diseñador termine con el análisis del problema, habrá establecido los límites dentro de los cuales trabajará. Lo más importante es que él habrá determinado todo lo que le es permitido y lo que se espera que especifique a medida que progresa, y de esta manera habrá determinado las variables que está autorizado a alterar, utilizando las áreas de posibilidad dentro de las cuales él es libre de elegir.

4.1.2.1 BÚSQUEDA DE SOLUCIÓN

Esta fase se refiere en un intento para encontrar las soluciones posibles que satisfagan las restricciones impuestas, e indudablemente, durante la evaluación, formulación y análisis del problema, el diseñador concebirá o se tropezará con varias de las soluciones posibles.

Esta fase ocasionalmente culmina en la obtención de un conjunto de soluciones completas, mutuamente exclusivas; por el contrario, lo que se obtenga será

probablemente soluciones parciales, ideas relacionadas con uno o varios pasos, o variables que una solución eventualmente completa debe incluir.

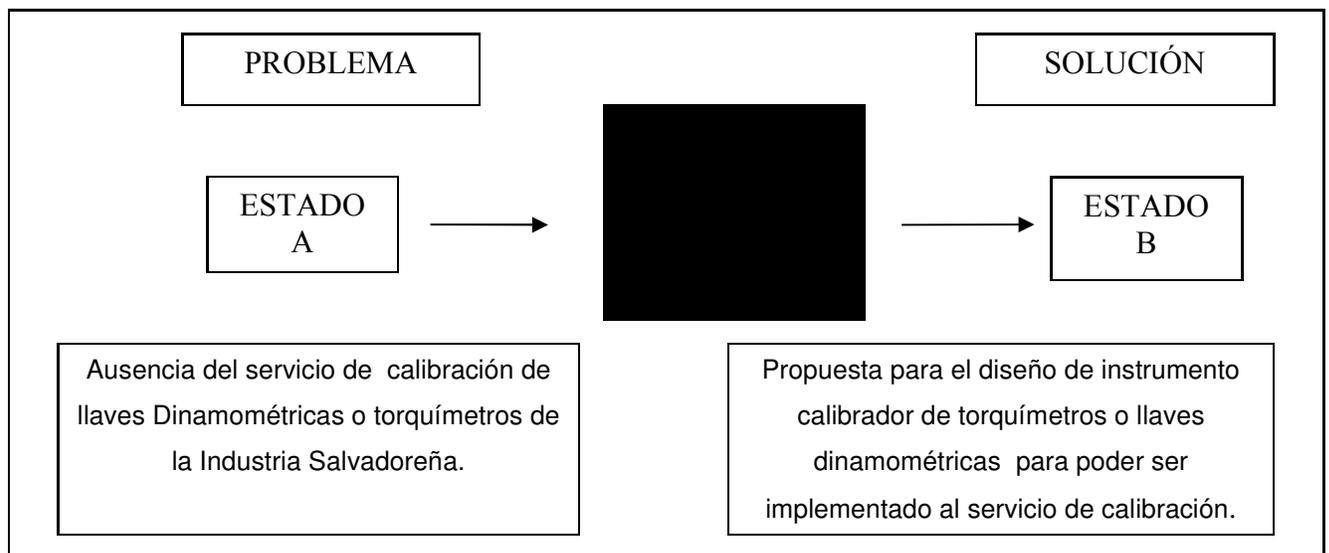
Factores principales en la inventiva:

1. Sus conocimientos: La información de que dispone para ser usada en la concepción de ideas.
2. El esfuerzo que realiza: lo activo de su búsqueda de ideas, así como el grado de su dedicación.
3. Su aptitud: Las cualidades innatas que contribuyen a la inventiva.
4. El método que usa: Su modo particular de concebir ideas.
5. El Azar: entre el gran número de soluciones posibles a un problema.

4.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La propuesta para el diseño de un instrumento calibrador de torquímetros, se hará con el objetivo de demostrar una solución para que éste pueda ser implementado a futuro en vista de la necesidad que tienen las empresas Industriales de El Salvador para calibrar sus instrumentos.

Se realizó un estudio en las Empresas Salvadoreñas sobre la ausencia de calibración de los instrumentos (Estado A). Con esto se está aportando una propuesta de solución a un mercado potencial y las exigencias de certificación que este demanda (Estado B).



Cuadro No 5: Planteamiento del problema

4.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El análisis del problema es la metodología donde se revisa a detalle la información recopilada en busca de oportunidades de mejora.

Para analizar el problema es necesario partir del estudio de campo realizado en la Industria Salvadoreña a través de una encuesta y una entrevista dirigida a empresas con diferentes rubros; el análisis se refleja en cuadro No 6 (Ver Pág. No 92). Este cuadro resumen se ejecuta mediante la herramienta 5W + 1H que sirve para identificar problemas encontrados en el estudio de campo, esta herramienta consta de pasos como:

- 1- Formulación del problema
- 2- Análisis del problema
- 3- Búsqueda de alternativas
- 4- Evaluación de las alternativas
- 5- Especificación de la solución preferida

El instrumento utilizado consta de 6 preguntas, las primeras 5 comienzan con la consonante W en inglés y la última con H, es por ello que el diagrama es llamado 5W + 1H, pero en español es preguntarse ¿Que?, ¿Quién?, ¿Dónde?, ¿Por qué?, ¿Cuándo? y ¿Cómo?, ocurren las cosas, esto con el objetivo de conocer las causas raíces de problema y obtener amplia visión para el análisis y la solución a la problemática y proporcionar mejores resultados.

A continuación por medio del siguiente cuadro se analizará el problema para conocer las causas y que solución se puede proporcionar. El problema identificado se detalla en cuadro del “**Que**” por qué se analizará a través de la herramienta.

¿Quién?	¿Que?	¿Dónde?	¿Por qué?	¿Cuándo?	¿Cómo?
Ausencia del servicio de calibración de torquímetros en la industria Salvadoreña	Pérdida de tiempo	Envío hacia el extranjero	Por falta de accesibilidad	Cuando exista la necesidad de calibrar los instrumentos por encontrarse fuera de especificación	Especificaciones técnicas del fabricante
			Por tiempos de espera largos		Por normas internas de calidad.
					Por experiencia del usuario
	Falta de información de empresas que calibren torquímetros en el país	A nivel Nacional	Por falta de implementación del servicio de calibración en laboratorios de metrología.	Cuando las empresas se ven en la obligación de reemplazar sus instrumentos no optan por calibrarlos	Comprando instrumentos nuevos y reemplazando los
	No es necesario invertir en la calibración	En las empresas que utilizan torquímetros	Por falta de un plan de Mto. que incluya la calibración de torquímetros	Cuando no se posee un instrumento patrón para verificar sus instrumentos	Obteniendo información acerca de la calibración de los torquímetros
			Por falta de personal con el conocimiento acerca de los beneficios que trae la calibración.	Cuando no se cuenta con normas de calidad y tampoco se conoce el objetivo de la calibración	Involucrando al personal de las empresas y entrenándolos
	Generación de costos	En las empresas que utilizan torquímetros	Porque no existe el servicio de calibración en el país	Cuando se incurre en la calibración en el extranjero	A través de empresas en el extranjero que suplen la necesidad de las que lo requieren
				Cuando se reemplaza el equipo que no se calibra	Comprando equipo nuevo.

Cuadro No 6: Análisis del problema

4.4 ANÁLISIS DE SOLUCIÓN

4.4.1 ANÁLISIS DE OBJETIVOS

1- Falta de accesibilidad

Objetivo: Proponer un diseño del calibrador que se pueda implementar para establecer el servicio de calibración a nivel nacional.

2- Tiempo

Objetivo: Implementar el servicio de calibración en el país a futuro debido que reducirá el tiempo por lo que ahora algunas empresas se ven en la necesidad de enviar sus instrumentos a la extranjero y esto requiere de 1 a 2 meses según datos obtenidos en la encuesta y otras lo que hacen es reempezarlos pero igual requieren de tiempo para realizar la compra.

3- Falta del servicio en laboratorios de metrología a nivel nacional

Objetivo: Por medio de la propuesta a realizar en este trabajo de graduación empresas o laboratorios que proporcionan servicios de calibración se interesen en este campo y se utilice como base para que se implementen.

4- Falta de un plan de Mantenimiento

Objetivo: Se pretende que las empresas incluyan en sus planes de mantenimientos anuales en sus equipos, la calibración de torquímetros o llaves dinamométricas para alargar su vida útil.

5- Falta de personal capacitado

Objetivo: Al implementarse el servicio de calibración a nivel nacional no solo se contará con la calibración si no que también se puede ofrecer el servicio de capacitación para que el personal de las empresas encargados del mantenimiento incluya actividades metrológicas dentro de sus planes de mantenimiento.

6- Costos

Objetivo: Las empresas incurren en costos ya que estas reemplazan o envían al extranjero sus instrumentos, se pretende con la propuesta que el servicio pueda ser proporcionado a futuro y así contribuir para que las empresas reduzcan sus costos.

4.4.2 BÚSQUEDA DE SOLUCIÓN

La solución encontrada como grupo parte del estudio de campo realizado en el capítulo anterior que radica exclusivamente en: “Establecer el servicio de calibración en nuestro país a futuro” a través de la propuesta para el diseño del instrumento calibrador de torquímetros o llaves dinamométricas en El Salvador.

Las alternativas de solución están basadas en información obtenida en el diagnóstico del estudio de mercado las alternativas de solución que se mencionaran serán analizadas técnicamente en el último capítulo que demostrara cual de las 3 es la que mejor se adecue a las empresas que lo quieran implementar, a continuación se describen las 3 alternativas de solución que se proponen para posteriormente ser evaluadas.

1- Método comparativo

Este método fue observado en el área de aviación, ellos poseen un laboratorio de metrología contando con un dispositivo que les permite comparar la condición de sus torquímetros, el problema que presenta esta empresa es que su dispositivo no puede ser certificado por ninguna empresa a nivel nacional e incurren en gastos y tiempo para certificarlo.

Este método depende de enviar sus patrones a otro país para poder mantener la trazabilidad, Ver siguiente figura:



Figura No 24. Dispositivo de calibración de torquímetros
Fuente: www.facom.com

2- El método empleado por la división Honduras de la empresa: Aragón Valencia y Asociados.

Este método según se nos ha informado por personal técnico de esa empresa es una variante del método de comparación, en el que se sustituye un torquímetro patrón por una celda de carga y un brazo de palanca. (Como se muestra en Figura No 25).

Este método depende del envío de la celda de carga patrón a otro país para poder mantener la trazabilidad.

El procedimiento utilizado por la empresa: Aragón Valencia utiliza lo que es masa, cable de acero, base para torquímetro y base para sujeción de masa, con esto se procede a la comparación del instrumento y analizan las condiciones en que encuentra el instrumento. (Esto se tomo del procedimiento utilizado por el personal de Aragón Valencia para calibración de torquímetros ver anexo No 6, Pág. 227)

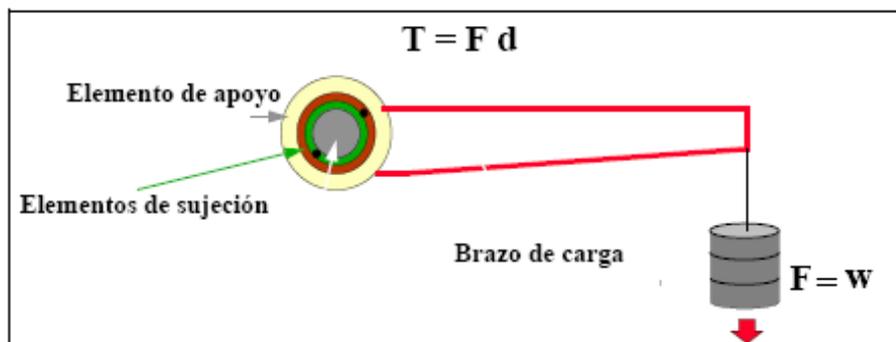


Figura No 25. Bosquejo del método de calibración utilizado por la empresa Aragón Valencia

3- Método de carga

Este se basa en utilizar patrones trazables y confiables que ya se tienen en el país como lo son masas, longitud y el cálculo de la aceleración local de la gravedad de acuerdo) con estas tres magnitudes se conocerá un valor de torque experimental comparado con el método descrito por el boletín en OIML No 127,1992 (Ver anexo No 5 Pág.226) con un valor nominal (la indicación del torquímetro bajo calibración). Basándose en este método se va a proponer el diseño del calibrador del torquímetro ver figura No 26 (Véase Pág. No 95)

Los criterios fundamentales en que radica la alternativa No 3:

1. Independencia: Se obtendrá al no enviar al extranjero ningún equipo patrón que no se encuentre establecido a nivel nacional.
2. Patrones ya Existentes: Los patrones de masa y longitud son patrones ya establecidos bajo trazabilidad a nivel nacional por lo que se convierte en una ventaja al utilizar el método de carga ya que estos son empleados en otras ramas de la metrología como lo son las calibraciones de Balanzas, Cintas Métricas, Pie de rey entre otros.
3. Formula de la Gravedad: Éste parámetro esta establecido por el boletín OIML No. 127 donde se calcula la gravedad local, los datos variables de la formula son la altitud y latitud que pueden ser conocidos por medio de el programa google earth o un GPS y conocer así el dato de gravedad.

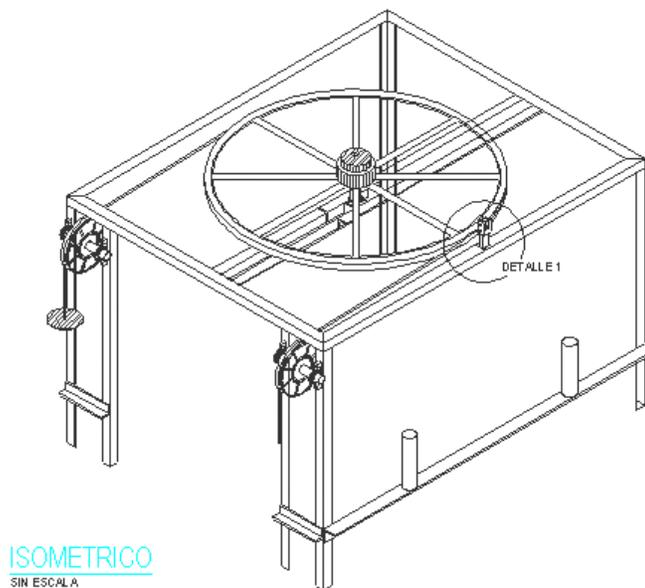


Figura No 26. Bosquejo del método de calibración a utilizarse para el diseño

4.5 VARIABLE REPRESENTATIVA PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

La variable representativa en la solución de problema planteado es la siguiente:

- El rango de trabajo; se determina através de la investigación de campo de las encuestas dirigidas a las empresas en la pregunta No 7 (Véase Pág. No 73), se conocieron los rangos que son más utilizados por las industrias que oscilan entre 20 Nm hasta 400 Nm.

4.6 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

Se pretende realizar la propuesta para el diseño de un instrumento calibrador de torquímetros y llaves dinamométricas con base a los resultados obtenidos a través del diagnóstico, que puede resultar cuantitativo y cualitativo de la investigación de campo ejecutado en el desarrollo del trabajo de graduación, con el fin de beneficiar a las empresas que solicitan el servicio de calibración.

El diagnóstico demuestra que existe una necesidad en las empresas salvadoreñas para calibrar sus torquímetros o llaves dinamométricas en el país, lo que se pretende es plantear alternativas de solución para que empresas que proporcionan el servicio de calibración a nivel nacional se interesen en la calibración de par torsional a nivel dejando constancia de un estudio de mercado que demuestra la necesidad que hay en este campo.

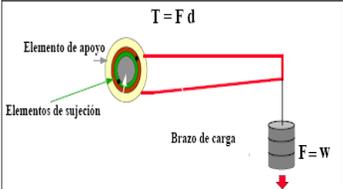
Los beneficios que se obtendrán por las empresas al contar con el servicio de calibración en el país son:

- Reducción de costos
- Reducción de tiempo
- Independencia de otros países
- Innovación en un campo no explorado a nivel nacional
- Creación de mercados potenciales (Guatemala, Honduras, Nicaragua, entre otros)
- Encontrarse en la vanguardia de competitividad
- Generación de nuevos empleos

CAPÍTULO V ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL DISEÑO CALBRADOR DE TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMÉTRICAS

5.1 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.

A partir del análisis en la búsqueda de soluciones en el capítulo cuatro se determinará en este capítulo el por qué de la selección así como, las ventajas y desventajas que presenta con respecto a los otros métodos detallados anteriormente.

MÉTODOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p style="text-align: center;">Método Comparativo</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Exactitud: +/- 1 % del valor leído entre el 20 y el 100 % de la capacidad máxima. 2-Dispositivo hidráulico: mayor confiabilidad de la exactitud a lo largo del tiempo. 3-Esfera inclinable para utilizar el aparato en un plano vertical u horizontal 	<ol style="list-style-type: none"> 1-Costo elevado del dispositivo. 2-No cuenta con patrón trazable en el país. 3-Envío del dispositivo al extranjero para poder ser calibrado. 4-Dependencia de otro país. 5-Pérdida de tiempo por enviarse al extranjero. 6-Generación de costos (Flete, impuestos)
<p style="text-align: center;">Método empleado por Aragón Valencia y Asociados</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1-Cuenta con un patrón cuyo componente es una celda de carga para conocer la fuerza, y multiplicarla por la distancia para encontrar el valor de Torque. 2- Método cercano al país 3-Bajo costo en la calibración. 	<ol style="list-style-type: none"> 1-Este método depende del envío de la celda de carga patrón a otro país para mantener la trazabilidad. 2-El dispositivo no permanece en el país para proporcionar el servicio de calibración.

MÉTODOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Método Propuesto</p> <p>1.El diseño en forma horizontal</p> 	<p>1- Patrones ya Existentes: Los patrones de masa y longitud son patrones ya establecidos bajo trazabilidad a nivel nacional por lo que se convierte en una ventaja al utilizar el método de carga ya que estos son empleados en otras ramas de la metrología como lo son las calibraciones de instrumentos de pesaje, cintas métricas, calibrador universal entre otros.</p>	<p>1-Fabricación de masas adecuadas al diseño propuesto.</p> <p>2-Generación de gasto. (Inversión para del Implementación del dispositivo).</p>
<p>2. El diseño en forma vertical</p> 	<p>2- Empleo de fórmula de la Gravedad: parámetro establecido por el boletín OIML No. 127 donde se calcula la gravedad local, los datos variables de la fórmula son altitud y latitud; que pueden ser conocidos por medio del programa Google Earth o un GPS (Global Positing System) y conocer el dato de gravedad.</p>	<p>1-Fabricación de masas adecuadas al diseño propuesto.</p> <p>2-Generación de gasto. (Inversión para Implementación del dispositivo).</p>

Cuadro No 7: Alternativas de solución del instrumento calibrador de torquímetros

5.2 ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO

El análisis Costo-Beneficio, permite definir la factibilidad de las alternativas planteadas o para desarrollar un proyecto.

Objetivo : proporcionar una medida de los costos en que se incurren en la realización de un proyecto, a su vez comparar dichos costos previstos con los beneficios esperados al realizarse el proyecto.

Utilidad: se presenta la técnica a continuación:

- Valorar la necesidad y oportunidad de realización del proyecto.
- Seleccionar la alternativa con mayor beneficio para la realización del proyecto.
- Estimar adecuadamente los recursos económicos necesarios en el plazo de realización del proyecto.

Descripción: cuando se requiere realizar un Análisis de Costo - Beneficio fiable, se debe de seguir los siguientes pasos:

- 1- Estimaciones de costos-beneficios.
- 2- Viabilidad del proyecto y su aceptación.

A continuación se describen:

- 1- Estimaciones de costos - beneficios.

Realizar dos tipos de listas, la primera con lo requerido para implementar el sistema y la segunda con los beneficios del proyecto:

- Antes de redactar la lista es necesario tener presente que los costos son tangibles, es decir se pueden medir en alguna unidad económica, mientras que los beneficios pueden ser tangibles y no tangibles, es decir pueden darse en forma objetiva o subjetiva.
- La primera lista (requerimiento para implantar el sistema) deber estar integrada por requerimientos necesarios para ejecutar el proyecto, el valor que tiene cada uno y sus posibles variaciones de acuerdo a la inflación, de esta forma, la dirección obtendrá información detallada de como se distribuyen sus recursos. Para mayor explicación se proporcionan ejemplos de algunos gastos necesarios para ejecutar un proyecto: costos de equipo, costos de infraestructura, costo de personal, costo de materiales entre otros.
- La segunda lista, beneficios que traer consigo el proyecto, al ser elaborado en forma subjetiva ejemplo de ello, implementación del servicio, inversión en un

campo nuevo, reducción de gastos evaluando alternativas de solución entre otros.

2-Viabilidad del proyecto y su aceptación.

Es necesario realizar un estudio de viabilidad, donde se determina si el proyecto es factible de acuerdo al retorno de la inversión: consiste en calcular el costo y beneficio anual, conociendo el costo total al iniciar el proyecto, nos permite conocer en que año se recupera el costo total inicialmente estimado en el proyecto.

Se realizará una propuesta que esté al alcance de las empresas que ejecutan calibraciones y entes dedicados a la investigación dentro de las normas de calidad que ayuden a la toma de decisión de implementar o no, el servicio de calibración en un futuro.

Para proporcionar una solución a lo planteado en este trabajo de graduación e identificado en el capítulo anterior, se tienen las siguientes alternativas:

- a)- Propuesta 1: Método Comparativo
- b)- Propuesta 2 Método empleado por Aragón Valencia y Asociados
- c)- Propuesta 3:
 - c.1)- Diseño horizontal (Método de carga)
 - c.2)- Diseño Vertical (Método de carga)

Propuesta 1:

Consiste en un dispositivo que permite comparar la condición de sus torquímetros.

Propuesta 2:

Consiste en compara un torquímetro patrón por una celda de carga.

Propuesta 3.

Propuesta 3.1:

El diseño en forma horizontal consta de:

Polea, una estructura, un conjunto de poleas que cambian el sentido de giro, cable de acero, un porta masas entre otros.

Propuesta 3.2:

El diseño en forma vertical consta de:

Polea, una estructura, cable de acero, porta masas, entre otros.

5.2.1 ANALISIS CUANTITATIVO.

La obtención de la información presentada en este apartado, se obtuvo a través de los diferentes sitios Web (Véase fuentes de información Pág. No 168).

5.2.1.1 SERVICIOS DE CALIBRACIÓN

Precios de los Proveedores

En el cuadro se presenta la comparación de precios en US dólares Americanos de los proveedores internacionales del servicio de calibración en el área de torque respectivamente.

LABORATORIO	PAIS	PRECIO EN \$ (USD)
Aragón Valencia & Asociados	Honduras	60.00
CENAM	México	357.65
CEM	España	300.00

Cuadro No 8: Precio por el servicio de calibración de torquímetros

Fuente:www.cenam/catalogodeserviciosdecalibración.htm

5.2.1.2 EVALUACIÓN ECONOMICA PARA LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Con la cotización de los patrones de calibración que se detallan en el trabajo de graduación, para el primer año el costo constara de la compra de los dispositivos para las propuestas 1 y 2, y para la propuesta 2 y 3 constara de la implementación y/o construcción del método de carga. Para los años subsiguientes se incrementará ese costo, debido a la inflación la cual no es más que el Índice de Precios al Consumidor (IPC).

La tasa a las que serán evaluadas las propuestas de solución es al 15% esta es presentada por el empresario y es con el porcentaje que se tiene de riesgo.

Proyección de la Tasa de Inflación o Índice de Precios al Consumidor (IPC)

Para determinar la tasa de inflación de cada año, se empleará el método de tendencias, el cual se basa en el uso de datos estadísticos de años inmediatos anteriores. Este método solo es aplicable para una serie de años impares.

Procedimiento:

- Se escoge el año intermedio como base, a los años anteriores a éste se le resta el valor de 1, y a los valores de los años siguientes se le incrementa el valor de 1. Este proceso significará el valor de la variable Z para cada año.
- Se multiplica el valor de la tasa de inflación con su respectivo Z, así sucesivamente para todos los años; dicho resultado tomará el valor de YZ.
- Se eleva el valor de Z al cuadrado para todos los años.
- Calcular las sumatorias de cada variable.
- Calcular el valor del incremento mediante la siguiente fórmula.
- $\text{Incremento} = \frac{YZ}{Z^2} * (n / 2)$
- Donde n representa el número de años excepto el año base.
- Para determinar el valor de la tasa de inflación del año siguiente, sumar al año base, el valor del incremento.

Este proceso es similar para determinar los años siguientes, sin perder de vista que el número de años debe ser siempre impar, lo cual implica eliminar de los cálculos el año más inferior.

NOTA: Los datos estadísticos han sido obtenidos por medio del boletín informativo que emite el Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR), (Cuadro No 9).

EVALUACION DEL INDICE DE PRECIOS DEL CONSUMIDOR EN EL SALVADOR¹¹

Meses/Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Enero	7.5	1.5	3.1	-0.5	5.5	0.9	2.8	2.4
Febrero	7.8	1.3	2.6	0.2	4.8	1.4	2.7	2.6
Marzo	7.4	1.5	2.0	0.5	4.9	1.7	2.4	3.0
Abril	7.1	2.7	0.1	1.1	5.0	2.0	2.0	3.9
Mayo	6.1	3.5	-1.0	2.4	4.5	1.8	1.9	4.8
Junio	4.9	3.2	-1.2	3.6	3.5	2.3	1.6	4.6
Julio	4.0	2.8	-1.1	2.9	3.6	2.5	1.0	5.3
Agosto	1.8	2.2	0.1	3.4	3.5	1.8	1.7	
Septiembre	2.1	1.5	1.5	3.3	3.3	1.4	2.1	
Octubre	1.7	1.9	2.0	2.7	2.3	2.5	2.3	
Noviembre	2.2	4.3	-0.7	3.4	3.0	1.4	2.6	
Diciembre	1.9	4.2	-1.0	4.3	1.4	2.8	2.5	
Promedio	4.5	2.6	0.5	2.3	3.8	1.9	2.1	3.8

Cuadro No 9. Evolución del IPC en El Salvador.
Fuente: Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR)

A continuación se presenta la tabla con el valor calculado de la tasa de inflación de del año 2005, para ver los cálculos referirse al Cuadro No 10, (Véase Pág. No 105).

¹¹ Fuente de información: <http://www.bcr.gob.sv>

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2005

Años	IPC(%)	Z	YZ	Z ²
1998	2.6	-3	-7.7	9
1999	0.5	-2	-1.1	4
2000	2.3	-1	-2.3	1
2001	3.8	0	0.0	0
2002	1.9	1	1.9	1
2003	2.1	2	4.3	4
2004	3.8	3	11.4	9
Sumatoria			6.55	28

Cuadro No 10: IPC estimado para el año 2005

$$\text{Incremento} = \frac{YZ}{(Z^2)(n/2)}$$

$$\text{Incremento} = \frac{6.55}{28(6/2)}$$

$$\text{Incremento} = 0.0780$$

$$\text{IPC}(2005) = \text{IPC}(\text{año base}) + \text{incremento}$$

$$\text{IPC}(2005) = 3.8 + (0.0780)$$

$$\text{IPC}(2005) = 3.9 \%$$

A continuación se presenta la tabla con el valor calculado de la tasa de inflación de del año 2006, para ver los cálculos referirse al Cuadro No 11.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2006

Años	IPC(%)	Z	YZ	Z ²
1999	0.5	-3	-1.6	9
2000	2.3	-2	-4.6	4
2001	3.8	-1	-3.8	1
2002	1.9	0	0.0	0
2003	2.1	1	2.1	1
2004	3.8	2	7.6	4
2005	3.9	3	11.6	9
Sumatoria			11.37	28

Cuadro No 11 IPC estimado para el año 2006

$$\text{Incremento} = YZ / ((Z^2)(n/2))$$

$$\text{Incremento} = 11.37 / 28(6/2)$$

$$\text{Incremento} = 0.1353$$

$$\text{IPC}(2006) = \text{IPC}(\text{año base}) + \text{incremento}$$

$$\text{IPC}(2006) = 1.9 + (0.1353)$$

$$\text{IPC}(2006) = 2.0 \quad \%$$

A continuación se presenta la tabla con el valor calculado de la tasa de inflación de del año 2007, para ver los cálculos referirse al Cuadro No 12.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2007

Años	IPC(%)	Z	YZ	Z ²
2000	2.3	-3	-6.8	9
2001	3.8	-2	-7.6	4
2002	1.9	-1	-1.9	1
2003	2.1	0	0.0	0
2004	3.8	1	3.8	1
2005	3.9	2	7.7	4
2006	2.0	3	6.0	9
Sumatoria			1.29	28

Cuadro No 12. IPC estimado para el año 2007

$$\text{Incremento} = YZ / ((Z^2)(n/2))$$

$$\text{Incremento} = 1.29 / 28(6/2)$$

$$\text{Incremento} = 0.0153$$

$$\text{IPC}(2007) = \text{IPC}(\text{año base}) + \text{incremento}$$

$$\text{IPC}(2007) = 2.1 + (0.0153)$$

$$\text{IPC}(2007) = 2.1 \quad \%$$

A continuación se presenta la tabla con el valor calculado de la tasa de inflación de del año 2008, para ver los cálculos referirse al Cuadro No 13.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2008

Años	IPC(%)	Z	YZ	Z ²
2001	3.8	-3	-11.3	9
2002	1.9	-2	-3.8	4
2003	2.1	-1	-2.1	1
2004	3.8	0	0.0	0
2005	3.9	1	3.9	1
2006	2.0	2	4.0	4
2007	2.1	3	6.4	9
Sumatoria			-2.89	28

Cuadro No 13. IPC estimado para el año 2008

$$\text{Incremento} = \frac{YZ}{(Z^2)(n/2)}$$

$$\text{Incremento} = \frac{-2.89}{28(6/2)}$$

$$\text{Incremento} = -0.0344$$

$$\text{IPC}(2008) = \text{IPC}(\text{año base}) + \text{incremento}$$

$$\text{IPC}(2008) = 3.8 + (-0.0344)$$

$$\text{IPC}(2008) = 3.8 \quad \%$$

A continuación se presenta la tabla con el valor calculado de la tasa de inflación de del año 2009, para ver los cálculos referirse al Cuadro No 14(Véase Pág. No112).

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2009

Años	IPC(%)	Z	YZ	Z ²
2002	1.9	-3	-5.6	9
2003	2.1	-2	-4.3	4
2004	3.8	-1	-3.8	1
2005	3.9	0	0.0	0
2006	2.0	1	2.0	1
2007	2.1	2	4.3	4
2008	3.8	3	11.3	9
Sumatoria			3.91	28

Cuadro No 14: IPC estimado para el año 2009

$$\text{Incremento} = \frac{YZ}{(Z^2)(n/2)}$$

$$\text{Incremento} = \frac{3.91}{28(6/2)}$$

$$\text{Incremento} = 0.0466$$

$$\text{IPC}(2009) = \text{IPC}(\text{año base}) + \text{incremento}$$

$$\text{IPC}(2009) = 3.9 + (0.0466)$$

$$\text{IPC}(2009) = 3.9 \quad \%$$

A continuación se presenta la tabla con el valor calculado de la tasa de inflación de del año 2010, para ver los cálculos referirse al Cuadro No 15.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2010

Años	IPC(%)	Z	YZ	Z ²
2003	2.1	-3	-6.4	9
2004	3.8	-2	-7.6	4
2005	3.9	-1	-3.9	1
2006	2.0	0	0.0	0
2007	2.1	1	2.1	1
2008	3.8	2	7.5	4
2009	3.9	3	11.7	9
Sumatoria			3.53	28

Cuadro No 15: IPC estimado para el año 2010

$$\text{Incremento} = YZ / ((Z^2)(n/2))$$

$$\text{Incremento} = 3.53 / 28(6/2)$$

$$\text{Incremento} = 0.0420$$

$$\text{IPC}(2010) = \text{IPC}(\text{año base}) + \text{incremento}$$

$$\text{IPC}(2010) = 2.0 + (0.0420)$$

$$\text{IPC}(2010) = 2.1 \quad \%$$

Cálculo de los Costos Anuales de Calibración.

Para el desarrollo de estos cálculos se partirá de los valores del IPC calculados para cada año, los cuales se muestran a continuación Cuadro No 16:

AÑO	IPC (%)
2005	3.9
2006	2.0
2007	2.1
2008	3.8
2009	3.9
2010	2.1
2011	2.1
2012	3.7
2013	3.9
2014	2.1

Cuadro No 16: IPC por Año.

Después de presentar los IPC, para los diez años siguientes a la fecha inicial de inversión, se continúa con la presentación de los costos para la construcción e implementación de torquímetros.

5.2.1.2.1 PROPUESTA No 1

Se obtendrán dos fuentes de financiamiento: la primera será con fondos propios de Sociedades que conforma empresas, se hará en un 60% de inversión inicial y el restante 40% se obtendrá a partir de un préstamo bancario, usando la Red del Desarrollo que otorga el BMI (Banco Multisectorial de Inversiones), posee El Fideicomiso para el Desarrollo de la Micro y Pequeña Empresa (FIDEMYPE). Se ha seleccionado este banco porque es el que mejor tasa de intereses (9.0%)¹² proporciona y está en conjunto con otros bancos del país. Así es el único banco en el país completo que presta otros programas como el de PROGAPE (Programa de Garantía para la Pequeña Empresa), Fondos de Asistencia Técnica, entre otros.

El total de la inversión inicial será de \$11,000 (Cuadro No 17), a continuación se presenta el cuadro con el respectivo porcentaje de financiamiento para cada una de las fuentes.

INVERSIÓN INICIAL	\$ 11,000.00
--------------------------	---------------------

	PORCENTAJE	VALOR
CAPITAL PROPIO:	60%	\$6,600.00
FINANCIAMIENTO BANCO:	40%	\$4,400.00
TOTAL INVERSIÓN	100%	\$11,000.00

Cuadro No 17: Porcentajes de financiamiento

Cálculos para la obtención de las anualidades de pago del financiamiento:

$$A = P (A/P, i\%, n) \quad \text{o} \quad A = P ((i((1+i)^n)) / (((1+i)^n) - 1)) \quad [\text{Ec. 10}]$$

Donde:

(P) Préstamo=\$ 4,400.00

(n) Anualidades= 5

(i) Interés del Préstamo = 9.0 %

AÑO	SALDO INICIO DEL AÑO	CUOTA ANUAL	INTERESES	AMORTIZACION

¹² Fuente de información: <https://www.bmi.gob.sv>

1	4,400.00		396.00	
2	4,400.00	1,358.14	396.00	962.14
3	3,437.86	1,358.14	309.41	1,048.73
4	2,389.12	1,358.14	215.02	1,143.12
5	1,246.00	1,358.14	112.14	1,246.00
TOTAL			1,428.57	4,400.00

Cuadro No 18: Costos financieros

TASA:	9.0%
CUOTA ANUAL:	\$ 1358.14
CUOTA MENSUAL	\$ 113.18
CAPITAL:	\$ 4,400.00
TIEMPO (AÑOS)	5

Los ingresos anuales que se obtendrán serán la calibración de los torquímetros según demanda estimada en el estudio de mercado; ésta puede variar ya que sólo se tomó una pequeña muestra del mercado local a cubrir teniendo en cuenta el mercado potencial que sería el extranjero a futuro.

INGRESOS ANUALES			
	cantidad anual	Precio Unitario	TOTAL
Calibración de Torquímetros por año	80	\$ 60.00	\$4,800.00

Cuadro No 19: Ingresos

EGRESO POR TRAZABILIDAD DEL EQUIPO		
	PRECIO	TOTAL
CALIBRACION DEL EQUIPO CADA DOS AÑOS	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00

Cuadro No 20: Egresos por gasto de calibración de patrones

Cálculos de Depreciación:

CALCULOS DE DEPRECIACIÓN

Inversión Inicial	\$11,000.00
Vida Útil (Años)	5
Ingresos	\$4,800.00
Depreciación (5 años)	\$2,200.00

Cuadro No 21: Depreciación del equipo para 5 años

5.2.1.2.1.1 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA PROPUESTA No 1

Para realizar el análisis de rentabilidad del proyecto se deben observar los resultados del VAN, TIR y el B/C. Para tomar la decisión de rentabilidad o realización del proyecto. A continuación se presentan los resultados respectivos de la VAN, TIR y el B/C.

Cálculo de VAN:

$$VAN = - + FF1 / (1 + i)^1 + FF2 / (1 + i)^2 + FF3 / (1 + i)^3 + \dots + FF_n / (1 + i)^n \quad [Ec.11]$$

Donde:

VAN: valor actual neto

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FF_n: Flujo de fondos para el año n.

I_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), TMAR = inflación + premio al riesgo;

I_{TMAR} = 15 %, está dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa.

Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

Cálculo de TIR:

$$I = \frac{FF1}{(1+i)^1} + \frac{FF2}{(1+i)^2} + \frac{FF3}{(1+i)^3} \quad [Ec.12]$$

Donde:

I: TIR (tasa interna de retorno)

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FFn: Flujo de fondos para el año n.

i_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), $TMAR = \text{inflación} + \text{premio al riesgo}$;
 $i_{TMAR} = 15 \%$, está dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa.
Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

Relación beneficio – costos (B/C)

Un último indicador utilizado es el índice Razón Beneficio/Costo, básicamente busca conocer, la relación existente entre los costos incurridos para realizar el proyecto y los potenciales beneficios obtenidos por cada unidad monetaria invertida.

$$RB/C = \frac{(FF1 + FF2 + FF3)}{I} \quad [\text{Ec. 13}]$$

Donde:

B/C: relación costo beneficio

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FFn: Flujo de fondos para el año n.

i_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), $TMAR = \text{inflación} + \text{premio al riesgo}$;
 $i_{TMAR} = 15 \%$, está dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa.
Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

TMAR	15%
-------------	------------

RUBROS	Año 0	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010
Ingresos proyectados		\$4,800.00	\$4,900.80	\$5,087.03	\$5,285.42	\$5,396.42
Menos Costos de operación						

Costos del servicio (Capacitación de la persona encargad en realizar la calibración solo se hará para el primer año) y gastos de calibración de patrones cada dos años		\$1,500.00	\$1,000.00		\$1,000.00	
Costos Financieros			\$1,358.14	\$1,358.14	\$1,358.14	\$1,358.14
Utilidad de Operación		\$3,300.00	\$2,542.66	\$3,728.89	\$2,927.28	\$4,038.28
Menos Depreciación		\$2,200.00	\$2,200.00	\$2,200.00	\$2,200.00	\$2,200.00
Utilidad antes de Impuesto		\$1,100.00	\$342.66	\$1,528.89	\$727.28	\$1,838.28
Menos el impuesto al IVA 13 %		\$143.00	\$44.55	\$198.76	\$94.55	\$238.98
Utilidad después de impuesto		\$957.00	\$298.11	\$1,330.13	\$632.74	\$1,599.30
Mas Depreciación		\$2,200.00	\$2,200.00	\$2,200.00	\$2,200.00	\$2,200.00
		\$3,157.00	\$2,498.11	\$3,530.13	\$2,832.74	\$3,799.30
Inversión	\$11,000.00					
Préstamo	\$4,400.00					
Amortización			\$962.14	\$1,048.73	\$1,143.12	\$1,246.00
Flujos netos de Efectivos (FNE)	-\$6,600.00	\$3,157.00	\$3,460.25	\$4,578.87	\$3,975.86	\$5,045.30
VAN	\$6,553.96					
B/C	1.20					
TIR	49%					

Cuadro No 22: Flujo de fondo para 5 años

Conclusiones de Propuesta 1

- El resultado presenta un VAN positivo, permite concluir que si se acepta el proyecto lo anterior implica que desde este punto de análisis, la propuesta resulta atractiva ya que no representa pérdidas en valor actual, por lo tanto se puede aceptar.
- Debido a que no se debe de realizar un análisis centrado en un sólo indicador, se procede a realizar al análisis de la tasa interna de retorno (TIR), la cual busca poder Los resultados muestran que la $TMAR < TIR$, significa que la propuesta se acepta siempre y cuando no se tengan variaciones significativas en la forma de operar en el proyecto.
- Como se observa el B/C es mayor a 1 lo que implica que la propuesta es viable y rentable, por lo tanto se puede aceptar el proyecto. En términos

generales la propuesta de la compra del equipo calibrador de torquímetros es aprobado debido a que por cada dólar invertido se recuperan \$0. 20

5.2.1.2.2 PROPUESTA No 2

El total de la inversión inicial será de \$8,310.00 (ver cuadro No 23), a continuación se presenta en el cuadro con el respectivo porcentaje de financiamiento para cada una de las fuentes.

INVERSION INICIAL		\$ 8,310.00
	PORCENTAJE	VALOR
CAPITAL PROPIO:	60%	\$4,986.00
FINANCIAMIENTO BANCO:	40%	\$3,324.00
TOTAL	100%	\$8,310.00

Cuadro No 23: Porcentajes de financiamiento

Cálculos para la obtención de las anualidades de pago del financiamiento:

$$A = P \left(\frac{A/P, i\%, n}{\left(\frac{i((1+i)^n)}{((1+i)^n - 1)} \right)} \right) \quad [\text{Ec. 14}]$$

Donde:

(P) Préstamo=\$ 3,324.00 (i) Interés del Préstamo = 9.0 %

(n) Anualidades= 5

AÑO	SALDO INICIO DEL AÑO	CUOTA ANUAL	INTERESES	AMORTIZACION
1	3,324.00		299.16	
2	3,324.00	1,026.01	299.16	726.85
3	2,597.15	1,026.01	233.74	792.27
4	1,804.87	1,026.01	162.44	863.58
5	941.30	1,026.01	84.72	941.30
TOTAL			1,079.22	3,324.00

Cuadro No 24: Costos de financiamiento

TASA:	9%
CUOTA:	\$ 1026.01
CUOTA MENSUAL	\$ 85.50

CAPITAL:	\$ 3,324.00
TIEMPO (AÑOS)	5

Los ingresos anuales que se obtendrán será la calibración de los torquímetros según demanda estimada en el estudio de mercado esta puede variar ya que sólo se tomó una pequeña muestra del mercado local a cubrir tomando en cuenta el mercado potencial que sería el extranjero a futuro.

INGRESOS ANUALES			
	Cantidad anual	Precio Unitario	TOTAL
Calibración de Torquímetros por año	80	\$ 60.00	\$ 4,800.00

Cuadro No 25: Ingresos anuales

EGRESO POR TRAZABILIDAD DEL EQUIPO		
	PRECIO	TOTAL
CALIBRACION DEL EQUIPO CADA DOS AÑOS	\$ 800.00	\$ 800.00

Cuadro No 26: Egresos por calibración de patrones

COSTO DE MATERIALES			
Material	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio Total \$
Cable de Acero	1	10	10
Porta pesa	1	100	100
Masas	1	1600	1600
Prensa sujetadora	2	300	600
Celda de carga	1	6000	6000
TOTAL			-8310

Cuadro No 27: Costos de materiales

Cálculos de Depreciación

CALCULOS DE DEPRECIACIÓN	
Inversión Inicial	\$8,310.00

Vida Útil (Años)	5
Ingresos	\$1.00
Depreciación (5 años)	\$1,662.00

Cuadro No 28: Depreciación del equipo para 5 años

5.2.1.2.2.1 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA PROPUESTA No 2

Para realizar el análisis de rentabilidad del proyecto se deben observar los resultados del VAN, TIR y el B/C. Para tomar la decisión de rentabilidad o realización del proyecto. A continuación se presentan los resultados respectivos de la VAN, TIR y el B/C.

Calculo de VAN:

$$VAN = - + FF1 / (1 + i)^1 + FF2 / (1 + i)^2 + FF3 / (1 + i)^3 + \dots + FF_n / (1 + i)^n \text{ [Ec.15]}$$

Donde:

VAN: valor neto actual

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FF_n: Flujo de fondos para el año n.

I_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), $TMAR = \text{inflación} + \text{premio al riesgo}$; $I_{TMAR} = 15 \%$, esta dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa. Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

Calculo de la TIR

Debido a que no se debe de realizar un análisis centrado en un solo indicador, se procede a realizar al análisis de la tasa interna de retorno (TIR), busca poder llevar a cabo una comparación entre la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR o TREMA) y la TIR.

$$I = \frac{FF1}{(1+i)^1} + \frac{FF2}{(1+i)^2} + \frac{FF3}{(1+i)^3} \text{ [Ec. 16]}$$

Donde:

I: TIR (tasa interna de retorno)

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FFn: Flujo de fondos para el año n.

i_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), TMAR = inflación + premio al riesgo;
 $i_{TMAR} = 15\%$, está dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa.
Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

Relación beneficio – costos (B/C)

Un último indicador utilizado es el índice Razón Beneficio/Costo, básicamente busca conocer cual es la relación existente entre los costos incurridos para realizar el proyecto y los potenciales beneficios obtenidos por cada unidad monetaria invertida.

$$RB/C = \frac{(FF1 + FF2 + FF3)}{I} \quad [\text{Ec.17}]$$

Donde:

B/C: relación costo beneficio

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FFn: Flujo de fondos para el año n.

i_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), TMAR = inflación + premio al riesgo;
 $i_{TMAR} = 15\%$, está dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa.
Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

TMAR	15%
-------------	------------

RUBROS	Año 0	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010
Ingresos proyectados		\$4,800.00	\$4,900.80	\$5,087.03	\$5,285.42	\$5,396.42
Menos Costos de operación						

Costos del servicio (Capacitación de la persona encargad en realizar la calibración solo se hará para el primer año) y gastos de calibración de patrones cada dos años		\$1,500.00	\$800.00		\$800.00	
Costos Financieros			\$1,026.01	\$1,026.01	\$1,026.01	\$1,026.01
Utilidad de Operación		\$3,300.00	\$3,074.79	\$4,061.02	\$3,459.41	\$4,370.40
Menos Depreciación		\$1,662.00	\$1,662.00	\$1,662.00	\$1,662.00	\$1,662.00
Utilidad antes de Impuesto		\$1,638.00	\$1,412.79	\$2,399.02	\$1,797.41	\$2,708.40
Menos el impuesto al IVA 13.0		\$212.94	\$183.66	\$311.87	\$233.66	\$352.09
Utilidad después de impuesto		\$1,425.06	\$1,229.12	\$2,087.14	\$1,563.75	\$2,356.31
Mas Depreciación		\$1,662.00	\$1,662.00	\$1,662.00	\$1,662.00	\$1,662.00
		\$3,087.06	\$2,891.12	\$3,749.14	\$3,225.75	\$4,018.31
Inversión	\$8,310.00					
Préstamo	\$3,324.00					
Amortización			\$726.85	\$792.27	\$863.58	\$941.30
Flujos netos de Efectivos (FNE)	\$4,986.00	\$3,087.06	\$3,617.98	\$4,541.42	\$4,089.32	\$4,959.61
VAN	\$8,224.05					
B/C	1.59					
TIR	68%					

Cuadro No 29: Flujo de fondo para 5 años

Conclusiones de la Propuesta No.2

- El resultado presenta un VAN positivo, permite concluir que si se acepta el proyecto. Lo anterior implica que desde este punto de análisis, la propuesta resulta atractiva ya que no representa perdidas en valor actual, por lo tanto se puede aceptar.
- Los resultados muestran que la $TMAR < TIR$, significa que la propuesta se acepta siempre y cuando no se tengan variaciones significativas en la forma de operar en el proyecto. Se concluye que el proyecto es aceptable desde un punto de vista del criterio TIR. Como es posible observar se tiene un valor de TIR que se obtiene con todos lo cálculos anteriores resulta estar por encima del valor de la TMAR aceptable, implica que es posible llevar a cabo el proyecto.
- Desde el punto de vista razón costo beneficio se acepta debido a que es mayor a 1 lo que implica que la propuesta es rentable. En términos generales la

propuesta de la compra de la celda de carga y tropicalización de método de la empresa Aragón Valencia & asociados es aceptable debido a que por cada dólar invertido se recuperan \$0.59 cts. a los cinco años y se recupera la inversión a los 5 años.

5.2.1.2.3 PROPUESTA No 3.1

Para las propuestas que a continuación se exponen se tendrá una fuente de financiamiento que será con fondos propios de la Sociedad que conforma la empresa, la cual se hará en un 100% de la inversión.

COSTO DE MATERIALES			
Material	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio Total \$
Polea de Aluminio (0.0254m x0.0254)m	1	600	600
Cable de Acero (0.0127)m	1	4	4
Baleros 6207	3	8	24
Poleas de acero 1045	2	100	200
Angulo (11/2 x 1/4) in	4	22	88
Ejes de Acero 1045 (1.378)in	2	25	50
Pernos (1/4 - 11/2) in	10	0.1	1
Prisioneros 3/8 x 1/2	6	0.1	0.6
Masas	1	1500	1500
Mano de Obra Directa (MDO)	1	500	500
		TOTAL	-2967.6

Cuadro No 30: Costos de materiales

INVERSION INICIAL	-2967.6
--------------------------	----------------

Los ingresos anuales que se obtendrán serán la calibración de los torquímetros según demanda estimada en el estudio de mercado esta puede variar ya que sólo se tomó una pequeña muestra del mercado local a cubrir tomando en cuenta el mercado potencial que sería el extranjero a futuro.

Ingresos anuales			
Servicio	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio Total \$
Calibración de Torquímetros por año	80	50	4000

Cuadro No 31: Ingresos anuales

FLUJO DE FONDOS	
INGRESOS ANUALES	\$4,000.00
INVERSION INICIAL	-2967.6
TASA DE INTERES i (TMAR)	15%

Cuadro No 32: Flujo de fondos

Cálculos de Depreciación

CALCULOS DE DEPRECIACIÓN	
Inversión Inicial	\$2,967.60
Vida Útil (Años)	5
Ingresos	\$4,000.00
Depreciación (5 años)	\$593.52

Cuadro No 33: Depreciación para 5 años

5.2.1.2.3.1 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA PROPUESTA No 3.1

Para realizar el análisis de rentabilidad del proyecto se deben observar los resultados del VAN, TIR y B/C. Para tomar la decisión de rentabilidad o realización del proyecto. A continuación se presentan los resultados respectivos de la VAN, TIR y el B/C.

Calculo de VAN:

$$VAN = - + FF1 / (1 + i)^1 + FF2 / (1 + i)^2 + FF3 / (1 + i)^3 + \dots + FF_n / (1 + i)^n \text{ [Ec. 18]}$$

Donde:

VAN: valor neto actual

FF1: Flujo de fondos para el año 1

FFn: Flujo de fondos para el año n

i_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), $TMAR = \text{inflación} + \text{premio al riesgo}$;

$i_{TMAR} = 15\%$, esta dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa.

Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

Calculo de la TIR

Debido a que no se debe de realizar un análisis centrado en un solo indicador, se procede a realizar al análisis de la tasa interna de retorno (TIR), la cual busca poder llevar a cabo una comparación entre la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR o TREMA) y la TIR.

$$I = \frac{FF1}{(1+i)^1} + \frac{FF2}{(1+i)^2} + \frac{FF3}{(1+i)^3} \quad [\text{Ec.19}]$$

I: TIR (tasa interna de retorno)

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FFn: Flujo de fondos para el año n.

i_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), TMAR = inflación + premio al riesgo; $i_{\text{TMAR}} = 15\%$, está dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa. Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

Relación beneficio – costos (B/C)

Un último indicador utilizado es el índice Razón Beneficio/Costo, el cual básicamente busca conocer cual es la relación existente entre los costos incurridos para realizar el proyecto y los potenciales beneficios obtenidos por cada unidad monetaria invertida.

$$RB/C = \frac{(FF1 + FF2 + FF3)}{I} \quad [\text{Ec. 20}]$$

Donde:

B/C: relación costo beneficio

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FFn: Flujo de fondos para el año n.

i_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), TMAR = inflación + premio al riesgo; $i_{\text{TMAR}} = 15\%$, está dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa.

Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

Tasa de Interés Tmar (i)%	15 %	0.15
----------------------------------	-------------	-------------

RUBROS	Año 0	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010
Ingresos proyectados		\$4,000.00	\$4,084.00	\$4,239.19	\$4,404.52	\$4,497.02
Menos Costos de operación						
Costos del servicio (Capacitación de la persona encargad en realizar la calibración solo se hará para el primer año) y gastos de calibración de patrones cada dos años		\$1,500.00	\$1,000.00		\$1,000.00	
Costos Financieros						
Utilidad de Operación		\$2,500.00	\$3,084.00	\$4,239.19	\$3,404.52	\$4,497.02
Menos Depreciación		\$593.52	\$593.52	\$593.52	\$593.52	\$593.52
Utilidad antes de Impuesto		\$1,906.48	\$2,490.48	\$3,645.67	\$2,811.00	\$3,903.50
Menos el impuesto al IVA 13.0		\$247.84	\$323.76	\$473.94	\$365.43	\$507.45
Utilidad después de impuesto		\$1,658.64	\$2,166.72	\$3,171.73	\$2,445.57	\$3,396.04
Mas Depreciación		\$593.52	\$593.52	\$593.52	\$593.52	\$593.52
		\$2,252.16	\$2,760.24	\$3,765.25	\$3,039.09	\$3,989.56
Inversión	-\$2,967.60					
Préstamo						
Amortización						
Flujos netos de Efectivos (FNE)	-\$2,967.60	\$2,252.16	\$2,760.24	\$3,765.25	\$3,039.09	\$3,989.56
VAN	\$7,274.78					
B/C	3.45					
TIR	88%					

Cuadro No 34: Flujo de fondo para 5 años

Conclusiones de la Propuesta No 3.1

- El resultado presenta un VAN positivo, permite concluir que si se acepta el proyecto. Lo anterior implica que desde este punto de análisis, la propuesta resulta atractiva ya que no representa perdidas en valor actual, por lo tanto se puede aceptar.
- Los resultados muestran que la $TMAR < TIR$, lo cual significa que la propuesta se acepta siempre y cuando no se tengan variaciones significativas en la forma de operar en el proyecto. Se concluye que el proyecto es aceptable desde un punto de vista del criterio TIR, como es posible observar se tiene un

valor de TIR que se obtiene con todos los cálculos anteriores resulta estar por encima del valor de la TMAR aceptable, implica que es posible llevar a cabo el proyecto.

- Como se puede observar el B/C es mayor a 1 lo que implica que la propuesta es viable y por lo tanto se puede aceptar. En términos generales la propuesta del diseño 3.1 es considerablemente aceptable debido a que por cada dólar invertido se recuperan \$2.45 por cada dólar invertido a cinco años por lo tanto esta propuesta es más rentable que las dos primeras.

5.2.1.2.4 PROPUESTA No 3.2

Costo de Materiales			
Material	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio Total \$
Polea de Aluminio (0.0254m x0.0254)m	1	600	600
Cable de Acero (0.0127)m	1	4	4
Baleros 6208	3	18	54
Hierro en C (m)	1	25	25
Angulo (1 1/2 x 1/4) in	4	22	88
Ejes de Acero 1045 (1.5748)in	2	25	50
Pernos (1/4 - 1 1/2) in	16	10	160
Prisioneros 3/8 x 1/2	2	0.1	0.2
Masas	1	1500	1500
Mano de Obra Directa (MDO)	1	300	300
		TOTAL	-2781.2

Cuadro No 35: Costos de materiales

Los ingresos anuales que se obtendrán serán la calibración de los torquímetros según demanda estimada en el estudio de mercado esta puede variar ya que sólo se tomó una pequeña muestra del mercado local a cubrir tomando en cuenta el mercado potencial que sería el extranjero a futuro.

Ingresos anuales			
Servicio	Cantidad	Precio Unitario \$	Precio Total \$
Calibración de Torquímetros por año	80	50	4000

Cuadro No 36: Ingresos anuales

5.2.1.2.4.1 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD PARA PROPUESTA No 3.2

Para realizar el análisis de rentabilidad del proyecto se deben observar los resultados del VAN, TIR y el R B/C. Para tomar la decisión de rentabilidad o realización del proyecto. A continuación se presentan los resultados respectivos de la VAN, TIR y el R B/C.

Calculo de VAN:

$$VAN = - + FF1 / (1 + i)^1 + FF2 / (1 + i)^2 + FF3 / (1 + i)^3 + \dots + FF_n / (1 + i)^n \text{ [Ec.21]}$$

Donde:

VAN: valor actual neto

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FF_n: Flujo de fondos para el año n.

I_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), TMAR = inflación + premio al riesgo; I_{TMAR} = 15 %, está dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa. Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

Calculo de la TIR

Debido a que no se debe de realizar un análisis centrado en un solo indicador, se procede a realizar al análisis de la tasa interna de retorno (TIR), busca poder llevar a cabo una comparación entre la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR o TMAR) y la TIR.

$$I = \frac{FF1}{(1+i)^1} + \frac{FF2}{(1+i)^2} + \frac{FF3}{(1+i)^3} \text{ [Ec.22]}$$

I: TIR (tasa interna de retorno)

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FF_n: Flujo de fondos para el año n.

i_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), $TMAR = \text{inflación} + \text{premio al riesgo}$; $i_{TMAR} = 15 \%$, está dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa. Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

Relación beneficio – costos (B/C)

Un último indicador utilizado es el índice Razón Beneficio/Costo, básicamente busca conocer, la relación existente entre los costos incurridos para realizar el proyecto y los potenciales beneficios obtenidos por cada unidad monetaria invertida.

$$RB/C = \frac{(FF1 + FF2 + FF3)}{I} \text{ [Ec. 23]}$$

B/C: relación costo beneficio

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FFn: Flujo de fondos para el año n.

i_{TMAR} (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), $TMAR = \text{inflación} + \text{premio al riesgo}$; $i_{TMAR} = 15 \%$, está dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa. Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

RUBROS	Año 0	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010
Ingresos proyectados		\$4,000.00	\$4,084.00	\$4,239.19	\$4,404.52	\$4,497.02
Menos Costos de operación						
Costos del servicio (Capacitación de la persona encargad en realizar la calibración solo se hará para el primer año) y gastos de calibración de patrones cada dos años		\$1,500.00	\$1,000.00		\$1,000.00	
Costos Financieros						
Utilidad de Operación		\$2,500.00	\$3,084.00	\$4,239.19	\$3,404.52	\$4,497.02
Menos Depreciación		\$556.24	\$556.24	\$556.24	\$556.24	\$556.24
Utilidad antes de Impuesto		\$1,943.76	\$2,527.76	\$3,682.95	\$2,848.28	\$3,940.78
Menos el impuesto al IVA 13.0		\$252.69	\$328.61	\$478.78	\$370.28	\$512.30
Utilidad después de impuesto		\$1,691.07	\$2,199.15	\$3,204.17	\$2,478.00	\$3,428.47
Mas Depreciación		\$556.24	\$556.24	\$556.24	\$556.24	\$556.24
		\$2,247.31	\$2,755.39	\$3,760.41	\$3,034.24	\$3,984.71
Inversión	-\$2,781.20					
Préstamo						
Amortización						
Flujos netos de Efectivos (FNE)	-\$2,781.20	\$2,247.31	\$2,755.39	\$3,760.41	\$3,034.24	\$3,984.71
VAN	\$7,444.93					
B/C	3.68					
TIR	93%					

Cuadro No 37: Flujo de fondo para 5 años

Conclusión de la Propuesta 3.2

- El resultado presenta un VAN positivo, permite concluir que si se acepta el proyecto. Lo anterior implica que desde este punto de análisis, la propuesta resulta atractiva ya que no representa perdidas en valor actual, por lo tanto se puede aceptar.
- Los resultados muestran que la $TMAR < TIR$, lo cual significa que la propuesta se acepta siempre y cuando no se tengan variaciones significativas en la forma de operar en el proyecto. Se concluye que es aceptable desde un punto de vista del criterio TIR. Como es posible observar se tiene un valor de TIR que se obtiene con todos lo cálculos anteriores resulta estar por encima del valor de la TMAR aceptable, implica que es posible llevar a cabo el proyecto.

- Como se puede observar el B/C es mayor a 1 lo que implica que la propuesta es viable y por lo tanto se puede aceptar. En términos generales la propuesta del diseño 2 es considerablemente aceptable debido a que por cada dólar invertido se recuperan \$2.68 por cada dólar invertido a cinco por lo tanto esta propuesta es la que resulta con mayor rentabilidad que todas las anteriores.

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3.1	Propuesta 3.2
VAN	\$6,553.96	8.224.05	\$7,274.78	7.44.93
B/C	\$0.60	\$0.99	\$2.45	\$2.68
TIR	49%	68%	88%	93%

Cuadro No 38: Resumen financiero

5.2.3 ANÁLISIS CUALITATIVO

PROPUESTAS	Razón costo/Beneficio
1	El análisis resulto que es factible para que pueda ser implementado por la industria salvadoreña con la diferencia que la inversión inicial requiere de un costo elevado y mucho mas caro en comparación con los demás, por otro lado se dependería de enviar el instrumento al extranjero para su calibración y certificación, la ventaja que tendría el empresario es que este equipo poseería una alta resolución en cuanto precisión.
2	El análisis resulto que es factible para que pueda ser construido e implementado por empresarios salvadoreños al igual que el primero se necesita una inversión ya que el costo de la celda de carga es mayor y el empresario dependería de agentes externos debido al envío de la celda de carga para su calibración, además se tendría que invertir en la construcción del equipo.
PROPUESTAS	Razón costo/Beneficio

3.1	Para la propuesta del diseño horizontal el empresario necesita hacer una inversión claro, esta es menor que las propuestas uno y dos, debido a la fabricación del instrumentos calibrador de torquímetros o llaves dinamométricas, con esta propuesta el empresario obtendrá precisión por el juego de masas que se han establecido, una de las ventajas de este método es que en el país existen patrones de masa, longitud, que son los que este método utilizará además la formula de la gravedad ya esta establecida en el Boletín OIML No. 127.
3.2	Para la propuesta del diseño vertical el empresario necesita hacer una inversión igual o menor a la del diseño horizontal, la diferencia es que en este modelo el empresario se evita de elementos que al realizar mediciones o calibraciones. Además con este método se le presenta al empresario el análisis costo beneficio y este resultado con la mayor rentabilidad, y teniendo en cuenta que en el país existen patrones de masa, longitud, que son los que este método utilizará además la formula de la gravedad ya esta establecida en el Boletín OIML No. 127.

Cuadro No. 39 análisis cualitativo

5.2.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se han presentado en este capítulo las evaluaciones, cuantitativas como cualitativas de las propuestas planteadas en el capítulo, presentando al empresario cuatro opciones económicas; la primera y segunda propuesta económica es que la empresa compre los dispositivos tales como calibrador de torquímetros y en el segundo caso una celda de carga, la empresa para la compra de los dispositivos tendrá que adquirir un préstamo bancario con financiamiento debido a la cantidad inicial.

La tercera y cuarta propuesta de diseño empleando el método de carga, la inversión inicial es menor comparada con la primera y segunda propuesta y puede ser solventada por la empresa que posea torquímetros: (baterías record, vijosa, empresas involucradas en el estudio en otras), desde un laboratorio farmacéutico hasta la fabricación de baterías puede concretar la implementación de esta propuesta.

Para llevar acabo el análisis cuantitativo, fue necesario determinar la tasa de interés que cobraría una fuente bancaria y también la TMAR que para todos los casos es del 15%.

Con base al resultado obtenido mediante la utilización de la técnica del Valor Actual Neto y TIR, se concluye que las propuestas 3.1 y 3.2 son aceptables pero cuando se hace la relación costo beneficio resulta que la última propuesta es de más rentabilidad poseen dejando constancia que con la del diseño vertical es la que proporcionaría más ganancias al negocio.

5.3 ADQUISICIÓN DE PATRONES DE CALIBRACIÓN

5.3.1 MASAS

Para determinar las masas se han establecidos masas equivalentes a la clase OIML F1, debido que las masas existentes en el laboratorio de metrología no son adecuada por el diseños masas establecidas por la norma OIML R-111.6. Se deben de diseñar para que sean adecuadas al diseño propuesto.

El error permitido máximo (δm o mpe)

El valor absoluto máximo es la diferencia entre la masa convencional medida y el valor nominal del patrón de masa.

UNIDADES Y VALORES NOMINALES PARA LOS PESOS

Unidades

Las unidades usadas son:

- Para la masa, el miligramo (mg), el gramo (g) y el kilogramo (kg)
- Para la densidad, el kilogramo por el metro cúbico (kg m^{-3}).

Los valores nominales de la masa para los pesos o los sistemas del peso serán iguales 1×10^n kg, 2×10^n kg ó 5×10^n kg, donde “n” representa un número entero, cero positivo o negativo.

Secuencia de pesos:

Un sistema de pesos puede consistir en diversas secuencias de valores nominales.

(1; 1; 2; 5) $\times 10^n$ kg;

(1; 1; 1; 2; 5) $\times 10^n$ kg;

(1; 2; 2; 5) $\times 10^n$ kg;

(1; 1; 2; 2; 5) $\times 10^n$ kg

Donde “n” representa un número entero, cero positivo o negativo.

Un sistema de pesos puede también abarcar los pesos múltiples, que tienen el mismo valor nominal (ejemplo, 10 piezas del sistema tiene una capacidad nominal 5×10^n kg).

REQUISITOS METROLÓGICOS

Errores máximos permitidos en la verificación inicial y subsecuente o la inspección en servicio

- Los errores máximos permitidos para la verificación inicial de pesos individuales se dan en la tabla 1 y se relaciona con la masa convencional.

Nominal value*	Class E ₁	Class E ₂	Class F ₁	Class F ₂	Class M ₁	Class M ₁₋₂	Class M ₂	Class M ₂₋₃	Class M ₃
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	5.0	16	50	160	500		1 600		5 000
5 kg	2.5	8.0	25	80	250		800		2 500
2 kg	1.0	3.0	10	30	100		300		1 000
1 kg	0.5	1.6	5.0	16	50		160		500
500 g	0.25	0.8	2.5	8.0	25		80		250
200 g	0.10	0.3	1.0	3.0	10		30		100
100 g	0.05	0.16	0.5	1.6	5.0		16		50
50 g	0.03	0.10	0.3	1.0	3.0		10		30
20 g	0.025	0.08	0.25	0.8	2.5		8.0		25
10 g	0.020	0.06	0.20	0.6	2.0		6.0		20
5 g	0.016	0.05	0.16	0.5	1.6		5.0		16
2 g	0.012	0.04	0.12	0.4	1.2		4.0		12
1 g	0.010	0.03	0.10	0.3	1.0		3.0		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		2.0		
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	0.3				
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				

Cuadro No 40: Errores máximos permitidos para los pesos ($\pm \delta m$ están en mg)

Fuente: Documento de referencia OIML R111

Incertidumbre aplicada para cada peso.

La incertidumbre aplicada, U , para $k = 2$, de la masa convencional, será inferior o igual a la mitad del error máximo permitido en la tabla 1. $U \leq 1/3 \delta m$

$$m - (\delta m - U) \leq m_c \leq m_o + (\delta m - U) \text{ [Ec. 24]}$$

Donde:

U : incertidumbre aplicada $K= 2$

m : masa de un cuerpo rígido en (Kg)

δm : error máximo permitido en (mg)

m_c : masa convencional en (Kg)

m_o : masa nominal en (Kg)

Pesos de la clase F

Los pesos de la clase F pueden consistir en unos o más piezas fabricadas del mismo material.

- Clasificar los pesos de la clase F a partir de 1 g a 50 kilogramos.

A partir de 1 g a 50 kg se puede tener una cavidad de ajuste. El volumen de esta cavidad no excederá 1/4 del volumen total del peso. La cavidad será cerrada por medio de una perilla de elevación o por cualquier otro dispositivo conveniente.

Después del ajuste inicial, aproximadamente 1/2 parte del volumen total de la cavidad de ajuste será vacío.

- ✓ La superficie de los pesos de la clase F mayor o igual 1g, se pueden tratar con una capa metálica conveniente para mejorar su resistencia a la corrosión y dureza.
- ✓ Para la clase F carga mayor o igual 1 g, la dureza y la fragilidad de los materiales usados será por lo menos igual a la del latón exhausto.
- ✓ Para la clase F carga mayor o igual 50 kilogramos, la dureza y la fragilidad de los materiales usados para el cuerpo entero o para las superficies externas será por lo menos igual a la del acero inoxidable.

5.3.2 CÁLCULOS PARA DETERMINAR EL ERROR APROXIMADO DEL DISEÑO DEL CALIBRADOR DE TORQUIMETROS

δm: Este dato es establecido por medio de la cuadro No 40 (ver Pág. No 132) donde se desglosan los errores máximos permitidos para valores nominales en mg.

δr: Este dato equivale a $\pm 1 \times 10^{-3}$ m (metro) establecido por la correcciones de incertidumbre en el sistema métrico.

δg: Este dato se encuentra en la formula ya establecida en el boletín OIML No.127 en m/s^2 .

Para determinar el porcentaje de error utilizando en el diseño se calcula como se muestra a continuación:

$$\delta m = 1 \times 10^{-3} \text{ mg}$$

$$\delta r = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta g = 1 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$$

Formulas:

$$\sum \delta T_m + \delta T_r + \delta T_g = \delta T \text{ [Ec. 24]}$$

$$\delta T_{m_{Total}} = \sum \delta T_{m_1} + \delta T_{m_2} + \delta T_{m_3} \dots \delta T_{m_n} \text{ [Ec. 25]}$$

$$T = F \cdot d \text{ [Ec.26]}$$

$$F = m \cdot g \text{ [Ec. 27]}$$

$$\% E = \delta T / T \text{ [Ec. 28]}$$

Donde:

δT: error de torque máximo en sistema propuesto en (Nm)

δTm: error de torque con la utilización de masas en (Nm)

δTr: error de torque con el incertidumbre de la polea en (Nm)

δTg: error de torque con el % de error de la formula de gravedad (Nm)

T: torque en (Nm)

F: fuerza en (N)

m: masa en (Kg)

g: gravedad en m/s^2

d: distancia o brazo de palanca en (m)

%E: porcentaje de error calculado en el sistema

La masa máxima del sistema es 81.789 Kg. se le sumara el δTm de todos los errores máximos permisibles, para la combinación de juegos de masas que se utilizará en la masa máxima 4 masas de 20 Kg, 1 Kg, (500, 200, 50, 20,10) g (5, 2, 2) mg.

Calculo para la masa de 20 Kg.

$$\delta m \times r \times g = \delta Tm_{1-10} \text{ [Ec.29]}$$

$$100 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 9.781283 = \delta Tm$$

$$\delta Tm = 0.0048 \times 4$$

$$\delta Tm_1 = 1.9562 \text{ Nm}$$

Para 1Kg (dato de cuadro No 40, (Véase Pág. No 132)

$$\delta Tm_2 = 5 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 9.781283$$

$$\delta Tm_2 = 0.0244 \text{ Nm}$$

Para 500g (dato de cuadro No 40)

$$\delta Tm_3 = 2.5 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 9.781283$$

$$\delta Tm_3 = 0.0122 \text{ Nm}$$

Para 200g (dato de cuadro No 40)

$$\delta Tm_4 = 1 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 9.781283$$

$$\delta Tm_4 = 0.0048 \text{ Nm}$$

Para 50g (dato de cuadro No 40)

$$\delta Tm_5 = 0.3 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 9.781283$$

$$\delta Tm_5 = 0.0014 \text{ N m}$$

Para 20g (dato de cuadro No 40)

$$\delta Tm_6 = 0.25 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 9.781283$$

$$\delta Tm_6 = 0.0012 \text{ Nm}$$

Para 10g (dato de cuadro No 40)

$$\delta T_{m_7} = 0.2 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 9.781283$$

$$\delta T_{m_7} = 0.0009 \text{ Nm}$$

Para 5mg (dato de cuadro No 40)

$$\delta T_{m_8} = 0.020 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 9.781283$$

$$\delta T_{m_8} = 0.000098 \text{ Nm}$$

Para 2mg (dato de cuadro No 40)

$$\delta T_{m_9} = 0.020 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 9.781283$$

$$\delta T_{m_9} = 0.000098 \text{ Nm}$$

Para 2mg (dato de cuadro No 40)

$$\delta T_{m_{10}} = 0.020 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 9.781283$$

$$\delta T_{m_{10}} = 0.000098 \text{ Nm}$$

$$\delta T_{m_{\text{Total}}} = \sum \delta T_{m_1} + \delta T_{m_2} + \delta T_{m_3} \dots \delta T_{m_n} \text{ [Ec. 25]}$$

$$\delta T_{m_{\text{Total}}} = \sum (1.9562 + 0.0244 + 0.0122 + 0.0048 + 0.0014 + 0.0012 + 0.0009 + 0.00098 + 0.000098 + 0.000098)$$

$$\delta T_{m_{\text{Total}}} = \mathbf{2.0014 \text{ Nm}}$$

Donde:

$\delta T_{m_{1-10}}$: error de torque con la utilización de masas en (Nm)

δm : error de masa permitido para masas a utilizar en (mg)

r: radio de polea (brazo de palanca) en (m)

g: gravedad en (m/s²)

Cálculo para el $\delta r = 1 \text{ mm}$

$$m \times \delta r \times g = \delta Tr \text{ [Ec.30]}$$

$$\delta Tr = 81.789 \times 1 \times 10^{-3} \times 9.781283$$

$$\delta Tr = \mathbf{0.80 \text{ Nm}}$$

Donde:

δT_r : error de torque con el incertidumbre de la polea en (Nm)

m: masa en (Kg)

δr : error de radio de polea en (m)

g: gravedad en (m/s²)

Cálculo para el $\delta g = 0.01$

$\delta T_r = m \times r \times \delta g$ [Ec. 31]

$\delta T_g = 81.789 \times 0.5 \times 0.01$

$\delta T_g = 0.40 \text{ Nm}$

Donde:

δT_g : error de torque con el % de error de la formula de gravedad (Nm)

m: masa en (Kg)

r: radio de polea en (m)

δg : error de formula de cálculo de gravedad

$\delta T_{total} = \sum \delta T_{m_{Total}} + \delta T_r + \delta T_g$ [Ec.24]

$\delta T_{total} = 2.0014 + 0.80 + 0.40$

$\delta T_{total} = 3.2103 \text{ Nm}$

$\% E = \delta T_{total} / T$ [Ec.28]

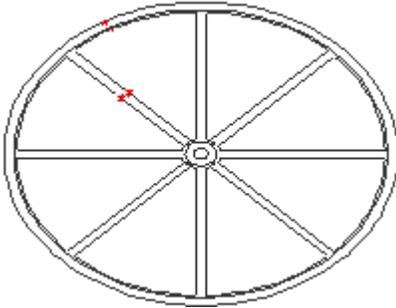
$\% E = 3.2103 / 400$

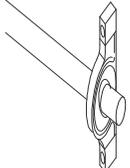
$\% E = 0.008$

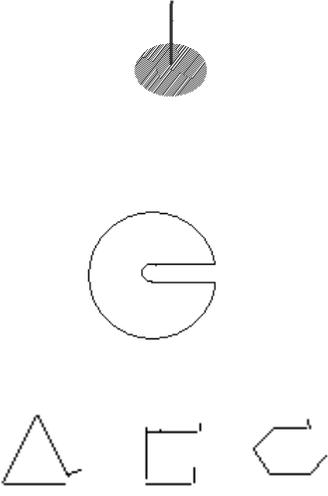
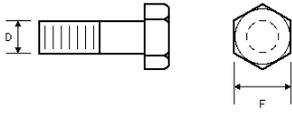
Conclusión: El error calculado es un aproximado y es menor al compararlo con lo que estima la norma ISO 6789 que el error permisible dependiendo el dispositivo a calibrar es de $\pm 4 \%$ y $\pm 6\%$.

5.4 DISEÑO

5.4.1 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES A UTILIZARSE EN EL DISEÑO PROPUESTO Y SUS VARIANTES

FIGURA	DESCRIPCION
<p data-bbox="282 625 621 655">Polea de Aluminio fundido</p> 	<p data-bbox="706 527 1357 701">Aluminio: es un metal muy ligero con un peso específico de 2,7 g/cm³ un tercio del peso del acero. Su resistencia puede adaptarse a la aplicación que se desee modificando la composición de su aleación.</p> <p data-bbox="706 709 1357 961">El aluminio genera de forma natural una capa de óxido que lo hace muy resistente a la corrosión. Los diferentes tipos de tratamiento de revestimiento pueden mejorar aún más esta propiedad. Resulta especialmente útil para aquellos productos que requieren de protección y conservación.</p> <p data-bbox="706 970 1357 1180">El aluminio es dúctil y tiene una densidad y un punto de fusión bajos. Esta situación de fundido, puede procesarse de diferente manera. Su ductibilidad permite que los productos de aluminio se fabriquen en una fase muy próxima al diseño final del producto.</p>
<p data-bbox="277 1360 626 1423">Ejes y Dado de sujeción fabricados con acero 1045</p> 	<p data-bbox="706 1461 1357 1556">Acero 1045: acero usado para la fabricación de piezas de maquinas, que están sometidas a esfuerzos.</p>
FIGURA	DESCRIPCION

<p style="text-align: center;">Chumacera</p> 	<p>Las chumaceras se componen de un rodamiento rígido de bolas (series 62 y 63) y su alojamiento (housing) de material hecho con hierro fundido (alto grado) o de acero prensado, disponibles en variadas formas.</p> <p>Por lo general y dependiendo de su aplicación, las chumaceras se clasifican en dos tipos:</p> <p>a) No relubricables</p> <p>b) Relubricables</p> <p>El uso de la chumacera tipo relubricables se hace necesario cuando se presentan situaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cuando la temperatura de operación alcanza los 100° C 2. En salpicadura de agua y/o cualquier otro liquido nocivo al rodamiento 3. En maquinaria de uso intermitente operando en áreas con alta humedad
<p style="text-align: center;">Baleros o Rodamientos</p> 	<p>Los rodamientos rígidos de bolas, se caracterizan por tener una ranura o surco profundo tanto en el anillo interior como en el exterior. Estos rodamientos, pueden absorber carga radial y axial en ambos sentidos, como también las fuerzas resultantes de estas cargas.</p>
<p style="text-align: center;">Cable</p> 	<p>Cable de acero con diámetro de 1/2 pulgada para la sujeción de porta masas.</p>
<p style="text-align: center;">FIGURA</p>	<p style="text-align: center;">DESCRIPCION</p>

<p>Porta masa y masas</p> 	<p>Las portas masas y masas se elaboraran con acero 7210.</p> <p>El porta masas estará diseñado que tenga una masa de 20 Kg. Debido al juego de masa establecido.</p> <p>Los juegos de masas estarán conformados de la siguiente manera: 1 2 2 5 miligramos (por las variaciones que impactan en centésimas así tener un instrumento altamente confiable) 10 20 20 50 gramos 100 200 200 500 gramos 1 2 2 5 Kg 20 Kg (4 masas)</p> <p>El diseño de las masas para las de 20 kg debe ser de forma de disco de pesas con una ranura en medio para tener una mayor facilidad en el manejo de estas.</p> <p>Las masas en gramos su forma puede ser de cilíndricas.</p> <p>Las masa en miligramos en alambre de acero de forma triangular, pentágono, cuadrado,</p>
<p>Pernos y Tuercas de sujeción</p> 	<p>La resistencia del perno está determinada por su diámetro y por el material del cual está hecho. La resistencia y tipo de acero del perno están marcados en alto relieve en la cabeza de los pernos. Grado 8.0</p>
<p>Estructura de la mesa de Trabajo Con Angulo 1 1/2" x 1/4"</p>	<p>Angulo de acero corriente.</p>

Cuadro No 41: Especificaciones de materiales

5.4.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL INSTRUMENTO CALIBRADOR

5.4.2.1 CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL EJE DE LA POLEA DE 1M DE DIÁMETRO.

Propuesta de diseño 3.1

Datos Generales

$$F=m.g \quad [\text{Ec.32}]$$

F: fuerza en (N)

m: masa en (Kg)

g: gravedad en (m/s^2)

Carga máxima = 400 N.m

Cálculo de masa máxima:

$$T= F. r \quad [\text{Ec. 33}]$$

Se sustituye la [Ec. 32] en [Ec. 33] para despejar m

$$T= m. g. r \quad [\text{Ec.34}]$$

Despejando :

$$m= T / g. r$$

$$m= (400)/(9.781283)(.5)$$

$$\text{masa máx.} = 81.788 \text{ Kg.}$$

Donde:

T: torque en (Nm)

m: masa en (Kg)

r: radio de polea (brazo de palanca) en (m)

g: gravedad en (m/s^2)

Gravedad= 9.781283 m/s^2 (El dato de gravedad se calculo con la formula de gravedad local del boletín N° 127 de la OIML; Donde la altitud y latitud se tomaron en la ubicación del laboratorio de metrología de la Universidad Don Bosco por medio la herramienta Google earth que se encuentra en Internet.)

Donde:

Latitud en grados= 13.715046 °

Altitud en m= 628 m

$F_{max} = m \cdot g$ [Ec.35]

$F_{max} = (81.7889) (9.781283) = 799.9936 \text{ N}$; fuerza máxima que estará sometido el sistema.

Momento máximo de corte ver fig. No 26

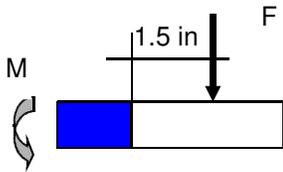


Figura No 34. Momento máximo

Los datos que a continuación se presentan se tomaron de la tabla: características y propiedades mecánicas a la tensión de algunos aceros rolados en caliente y estirados en frío (Ver anexo No 7, Pág. No 231) el acero que se tomó para el análisis del eje es 1045 debido a que se encuentra en el mercado nacional y cumple con las características del diseño.

Acero 1045 HR; $S_y = 310 \text{ Mpa}$

Donde:

S_y : resistencia de fluencia; (Mpa)

HR: Rolado en caliente

n: Factor de seguridad

El factor de seguridad es de 2.5^{13} debido que para el diseño de maquinas es necesario dejar un factor holgado por inconvenientes fuera del alcance del operador.

¹³ Fuente de información: diseño de maquinas – Deutschman, Michels Factor de seguridad de 2.5 para materiales promedio que trabajen sujetos a carga y esfuerzos que puedan calcularse.

Las fórmulas que se presentan establecen carga estática – flexión y torsión¹⁴:

$$\delta_x = \frac{32M}{\pi d^3} \quad [\text{Ec.37}]$$

$$\zeta_{\max} = \frac{16 T}{\pi d^3} \quad [\text{Ec.38}]$$

Donde:

σ_x = Esfuerzo de flexión en (Mpa)

ζ_{xy} = Esfuerzo de torsión en (Mpa)

d= diámetro de eje en (m)

M= Momento flexionante en (Nm)

T= Momento torsionante en (Nm)

π = constante pi

Cálculo del momento

$$M = F \cdot r \quad [\text{Ec.39}]$$

$$M = (799.9936) (0.0381)$$

$$M = \mathbf{30.47 \text{ N.m}}$$

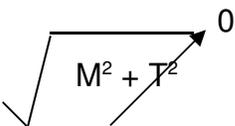
Donde:

M: momento en (Nm)

F: fuerza (N)

r: radio de polea (m)

Para la [Ec. 38] $T = 0$, porque en el análisis no hay momento de torsión queda:

$$\zeta_{\max} = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{M^2 + T^2} \quad [\text{Ec.40}]$$


Si el análisis o diseño se hace con base al esfuerzo cortante máximo entonces el valor ζ_{adm} es:

$$\zeta_{\text{adm}} = \frac{S_{sy}}{n}; \quad S_{sy} = 1/2 S_y \quad [\text{Ec.41}]$$

¹⁴ Fuente de información: Diseño de Ingeniería Mecánica- Shigley & R. Mischke.

$$\zeta_{adm} = S_y / 2n$$

Donde:

S_y : Resistencia fluencia cortante en (Mpa)

S_y : resistencia de fluencia; (Mpa)

n : factor de seguridad

Para determinar el diámetro se iguala la [Ec.40] y [Ec.41] cuando se conoce un factor de seguridad; mediante la **teoría de esfuerzo cortante máximo** "afirma que se inicia la fluencia siempre que en cualquier elemento el esfuerzo cortante máximo se vuelve igual al esfuerzo cortante máximo"¹⁵.

$$\zeta_{max} = \frac{16 M}{\pi d^3} = \frac{S_y}{2n} \quad [Ec.42]$$

Despejando d de la [Ec. 42] tenemos:

$$d^3 = \frac{32. M. n}{\pi S_y} \quad [Ec.43]$$

$$d = \left[\frac{32. M. n}{\pi S_y} \right]^{1/3}$$

$$d = \left[\frac{(32) (30.47) (2.5)}{\pi (310 \times 10^6)} \right]^{1/3} = \mathbf{0.013577 \text{ m}}$$

$$0.013577 \cancel{\text{ m}} \times \frac{1 \text{ plg}}{0.0254 \cancel{\text{ m}}} = 0.5345 \text{ plg.}$$

0.5345 plg es el diámetro mínimo que se necesita para soportar la fuerza a la que se someterá el eje.

Cálculos para el rodamiento adecuado en el diseño.

¹⁵ Fuente de información: Diseño de Ingeniería Mecánica- Shigley & R. Mischke, Teoría del esfuerzo cortante máximo.

Fórmulas para determinar rodamientos.

$$C_o = V \cdot F \quad [\text{Ec. 44}]$$

$$C_d = \frac{F \cdot f_l}{f_n} \quad [\text{Ec.45}]$$

Donde:

C_d =Carga dinámica en (N)

C_o =Capacidad carga estática (N)

V =Factor de rotación

F =Fuerza aplicada en (N)

f_n =Factor de velocidad

f_l =Factor vida útil

$V=1$ Es cuando la pista de rodamiento interna gira

$V = 1.2$ Es cuando la pista de rodamiento externo gira

Cálculo de rodamientos para el eje:

$$C_o = (1.2) (799.9936) = 959.992 \text{ N} \quad [\text{Ec.44}]$$

Cálculo de C_d para vida útil el 100% "se define el 100 % porque en el sistema no va estar sometido a alta revoluciones"¹⁶.

$$C_d = \frac{(799.9936) (6)}{(1.5)} = 3199.97 \text{ N} \quad [\text{Ec. 45}]$$

Calculo de C_d para vida útil el 50%.

$$C_d = \frac{(799.9936) (4)}{(1.5)} = 2133.32 \text{ N}$$

Para la selección del cojinete se toma por la tabla: selección de cojinetes (Ver anexo No 8 Pág. No 232).

Φ diámetro de eje = 1.1811 plg.

El tipo de rodamiento a utilizar en el sistema son:

- Serie 6200

¹⁶ Fuente de información: Diseño de Ingeniería Mecánica- Shigley & R. Mischke, vida útil de cojinete

- No 6206
- Rodamiento de bola de una hilera

5.4.2.1.1 CÁLCULO PARA EL EJE DONDE SE COLOCARÁN DOS POLEAS PARA EL CAMBIO DEL SENTIDO

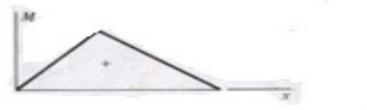
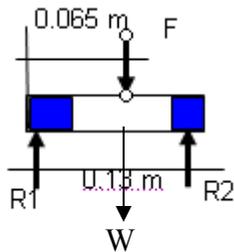


Figura No 35. Momento máximo

Para el cálculo de este eje es necesario determinarlo por medio de momentos debido a que el eje estará en movimiento.

Determinación peso de la polea 4 plg:

$$W = m \cdot g \quad [\text{Ec. 46}]$$

Donde:

W : peso en (N)

m : masa en (m)

g : gravedad en (m/s^2)

masa de polea:

$$m = (\rho_{Al} \cdot v) \quad [\text{Ec. 47}]$$

$$\rho_{Al} = 2700 \text{ Kg/m}^3$$

volumen:

$$V = V_{\text{barra}} + V_{\text{rueda}} \quad [\text{Ec. 48}]$$

$$V_{\text{barra}} = A^2 r \quad [\text{Ec. 49}]$$

$$V_{\text{barra}} = (0.0254)(0.0254)(0.1016)$$

$$V_{\text{barra}} = (0.000065) (8)^{17}$$

$$V_{\text{barra}} = 0.000524 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{rueda}} = 2\pi r A^2 \text{ [Ec.50]}$$

$$V_{\text{rueda}} = (2)(\pi)(0.1016)(0.0254)(0,254)$$

$$V_{\text{rueda}} = 0.000411 \text{ m}^3$$

$$v = 0.000524 + 0.000411$$

$$v = 0.000935 \text{ m}^3$$

Donde:

v: volumen en (m^3)

A: area en (m^2)

r: radio de polea en (m)

ρ_{Al} : densidad del aluminio en (Kg/m^3)

$$m = (2700)(0.000935)$$

$$m = 2.52 \text{ Kg}$$

$$W = (2.520)(9,781283)$$

$$W = 24.692 \text{ N}$$

$$\sum M_{R1} = 0 \quad \text{[Ec. 51]}$$

$$R2 (0.13) - (F) (0.065) - (W)(0.065) = 0$$

$$R2 (0.13) - (799.9936 + 24.692) (0.065) = 0$$

$$R2 = (799.9936 + 24.692) (0.065) / (0.13)$$

$$R2 = \mathbf{412.34 \text{ N}}$$

Donde:

M: momento

R2: reacción en un punto en (N)

F: fuerza en (N)

r: distancia en (m)

W: peso de polea

¹⁷ Se multiplica por 8 por el número de rayos que tiene la polea.

$$R1 = F + W - R2 \quad [\text{Ec.52}]$$

$$R1 = (799.9936) + (24.692) - (399.997)$$

$$R1 = \mathbf{412.34 \text{ N}}$$

Donde:

R1: reacción en un punto en (N)

R2: reacción en un punto en (N)

F: fuerza en (N)

$$M_{\max} = F \cdot r + W \cdot r \quad [\text{Ec.53}]$$

$$M_{\max} = (799.9936 + 24.692) (0.065)$$

$$M_{\max} = \mathbf{53.6045 \text{ Nm}}$$

Para este análisis se utilizaron las ecuaciones [Ec.40] y [Ec. 41]

$$\zeta_{\max} = \frac{16 M}{\pi d^3} = \frac{S_y}{2n} \quad [\text{Ec. 42}]$$

Despejando d de [Ec. 42] :

$$d^3 = \frac{32 \cdot M \cdot n}{\pi S_y} \quad [\text{Ec. 43}]$$

$$d = \left[\frac{32 \cdot M \cdot n}{\pi S_y} \right]^{1/3}$$

$$d = \left[\frac{(32) \cdot (53.6045) (2.5)}{\pi (310 \times 10^6)} \right]^{1/3} = \mathbf{0.01639 \text{ m}}$$

$$0.01639 \cancel{\text{ m}} \times \frac{1 \cancel{\text{ plg}}}{0.0254 \cancel{\text{ m}}} = \mathbf{0.6452 \text{ plg.}}$$

Fórmulas para determinar rodamientos.

$$C_o = V \cdot F \quad [\text{Ec.54}]$$

$$C_d = \frac{F \cdot f \cdot l}{f_n} \quad [\text{Ec.55}]$$

Donde:

C_d = Carga dinámica en (N)

C_o = Capacidad carga estática en (N)

V = Factor de rotación

F = Fuerza aplicada (N)

$f \cdot l$ = Factor de velocidad

f_n = Factor vida útil

$V = 1$ Es cuando la pista de rodamiento interna gira

$V = 1.2$ Es cuando la pista de rodamiento externo gira

Cálculo de rodamientos para el eje:

$$C_o = (1) (399.997) = 399.997 \text{ N}$$

$$C_d = \frac{(399.997) (6)}{(1.5)} = 1599.99 \text{ N}$$

Para la selección del cojinete se toma por la tabla: selección de cojinetes (Ver anexo No8 Pág. No232).

Φ diámetro de eje = **1.1811 plg**

Rodamiento:

- Serie 6200
- No 6206
- Rodamiento de bola de una hilera

5.4.2.2 CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL EJE DE LA POLEA DE 1M DE DIÁMETRO.

Propuesta de diseño 3.2

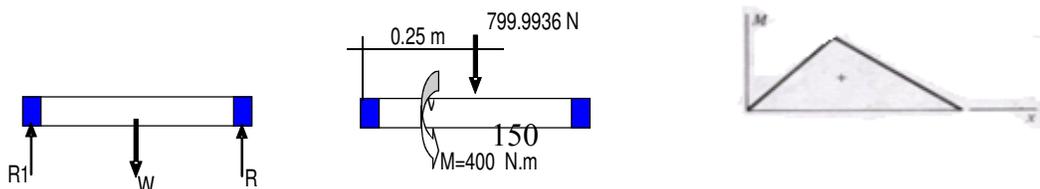


Figura No 36. Momento máximo

Determinación peso de la polea 1m:

Para la determinación del W de la polea se utilizaron la misma ecuaciones del cálculo de polea de 4 plg.

$$W = m \cdot g \text{ [Ec. 46]}$$

Donde:

W: peso en (N)

m: masa en (m)

g: gravedad en (m/s^2)

masa de polea:

$$m = (\rho_{Al} \cdot v) \text{ [Ec. 56]}$$

$$\rho_{Al} = 2700 \text{ Kg/m}^3$$

volumen:

$$V = V_{\text{barra}} + V_{\text{rueda}} \text{ [Ec. 57]}$$

$$V_{\text{barra}} = A^2 r \text{ [Ec. 58]}$$

$$V_{\text{barra}} = (0.0254)(0.0254)(0.5)$$

$$V_{\text{barra}} = (0.00032) (8)$$

$$V_{\text{barra}} = 0.00258 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{rueda}} = 2\pi r A^2 \text{ [Ec.59]}$$

$$V_{\text{rueda}} = (2)(\pi)(0.5)(0.0254)(0,254)$$

$$V_{\text{rueda}} = 0.00202 \text{ m}^3$$

$$v = 0.00258 + 0.00202$$

$$v = 0.004161 \text{ m}^3$$

Donde:

v: volumen en (m^3)

A: area en (m^2)

r: radio de polea en (m)

ρ_{Al} : densidad del aluminio en (Kg/m³)

$$m = (2700)(0.004161)$$

$$m = 12.43 \text{ Kg}$$

$$W = (12.43)(9.781283)$$

$$W = 121.66 \text{ N}$$

$$\sum M_c = 0 \text{ [Ec.60]}$$

$$R_1 (0.5) - (F) (0.25) + W (0.25) = 0$$

$$M_{\max} = (799.9936 + 121.66)(0.25)$$

$$R_1 (0.5) - (799.9936 + 121.66) (0.25) = 0$$

$$M_{\max} = \mathbf{230.6049 \text{ N}}$$

$$R_1 = (799.9936 + 121.66) (0.25) / (0.5)$$

$$T_{\max} = \mathbf{400 \text{ Nm}}$$

$$R_1 = \mathbf{461.30 \text{ N}}$$

$$R_1 = R_2$$

Para determinar el diámetro se iguala la [Ec.38] y [Ec.41] cuando se conoce un factor de seguridad; mediante la **teoría de esfuerzo cortante máximo** "afirma que se inicia la fluencia siempre que en cualquier elemento el esfuerzo cortante máximo se vuelve igual al esfuerzo cortante máximo"¹⁸.

$$\zeta_{\max} = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{M^2 + T^2} = \frac{S_y}{2n} \quad \text{[Ec. 61]}$$

Despejando d de [Ec.61] se obtiene :

$$d^3 = \frac{32 \cdot n}{\pi S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \text{ [Ec. 62]}$$

$$d = \left[\frac{32 \cdot n}{\pi S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

¹⁸ Fuente de información: Diseño de Ingeniería Mecánica- Shigley & R. Mischke, Teoría del esfuerzo cortante máximo.

$$d = \left[\frac{(32)(2.5) \cdot ((230.60)^2 + (400)^2)^{1/2}}{\pi (310 \times 10^6)} \right]^{1/3} = 0.0335 \text{ m}$$

$$0.0335 \cancel{\text{ m}} \times \frac{1 \text{ plg}}{0.0254 \cancel{\text{ m}}} = 1.32 \text{ plg}$$

Cálculo para Rodamiento:

Cd=Carga dinámica en (N)

Co=Capacidad carga estática en (N)

V=Factor de rotación

F=Fuerza aplicada (N)

f l=Factor de velocidad

f n=Factor vida útil

$$Co = (1) (399.99) = 399.99 \text{ N}$$

$$Cd = \frac{(399.99) (6)}{(1.5)} = 1599.96 \text{ N}$$

Para la selección del cojinete se toma por la tabla: selección de cojinetes (Ver anexo No 8 Pág. No232).

Φ diámetro de eje = **1.5748 plg**

Rodamiento :

- Serie 6200
- No 6208
- Rodamiento de bola de una hilera

5.4.2.3 DATOS DE RESISTENCIA DE POLEAS.

Compresión que estará sometida la polea.

$$\sigma = F/A \text{ [Ec.62]}$$

$$F= 799.9936 \text{ N}$$

$$A= (0.0254\text{m} \times 0.0254 \text{ m})$$

$$\sigma = (799.9936) / (0.0254) (0.0254) = 1.23 \text{ M pa}$$

$$\sigma = \mathbf{1.23 \text{ M pa}}$$

Donde:

σ = esfuerzo de compresión en (Mpa)

F= fuerza en (N)

A = area en (m²)

$$\zeta_{\max} = 3F / 2A^2 \text{ [Ec. 63]}$$

$$\zeta_{\max} = (3) (799.9936) / (2)(0.0254)^2 = 1.85 \text{ M pa}$$

$$\zeta_{\max} = \mathbf{1.85 \text{ Mpa}}$$

Donde:

ζ_{\max} = esfuerzo cortante máximo debido a flexión en (Mpa)

F= fuerza en (N)

A = área en (m²)

Los valores de esfuerzo de compresión y esfuerzo cortante en la que estará sometida la polea dan como resultado que el material de la polea aluminio puede ser el de menor resistencia porque los valores son mínimos comparados con los esfuerzos de fluencia de las aleaciones de aluminio.

5.4.2.4 SUJECCION DE POLEA CON CABLE DE ACERO.

El cable acero se sujetará a la polea por medio de una muesca que se le elaborará que consiste en un agujero en la polea se ensamblará el cable y se sujetará por un prisionero esto se fabricará en el maquinado de la polea.

5.4.2.5 DIMENSIONAMIENTO DE CABLE DE ACERO.

Los cables de torzal lang tienen los alambres de cada torón y los torones que forman en cable, torcidos en el mismo sentido. Este tipo de cable es más resistente al desgaste por abrasión y a la falla por fatiga. ¹⁹

Cálculos:

Los datos se obtuvieron de tabla datos de cables metálicos de acero. (Ver anexo No 9 Pág. No 233)

$$\sigma = E(d_w/D) \quad [\text{Ec.64}]$$

Donde:

σ : esfuerzo en (Kpsi)

E: modulo de elasticidad en (Mpsi)

d_w : diámetro de cable en (plg)

D: diámetro de polea en (plg)

Se tomo un tipo de cable de la tabla que fuera más fácil de manejar conociendo los datos por medio de la table anexo No 9.

Despejando d_w de la [Ec. 64] se tiene :

$$d_w = (\sigma \cdot D) / E \quad [\text{Ec.65}]$$

$$d_w = (100 \times 10^3)(39.37) / 14 \times 10^6$$

$$d_w = 0.28 \text{ plg}$$

Por seguridad se deja un diámetro de cable de **3/8 plg**

5.4.2.6 CONCLUSIONES DE DIMENSIONAMIENTO DEL DISEÑO.

Para determinar las dimensiones de ejes y la selección de rodamientos se realizó cálculos basándose en libros de diseño mecánico que ayudaron a determinar los materiales y dimensiones de estos elementos, para que estos trabajen en

¹⁹ Fuente de información: Diseño de Ingeniería Mecánica- Shigley & R. Mischke, cables metálicos.

condiciones eficientes, tomando en cuenta aceros de existentes en el mercado nacional.

Para la selección de ejes se ejecutaron los siguientes pasos:

- 1- Se seleccionó un acero que estuviera disponible en el mercado nacional.
- 2- Se sometieron a cálculos matemáticos para determinar diámetro, entre otras características.
- 3- Luego se aplicaron fórmulas que determinaron qué tipo de eje es el adecuado tomando en cuenta la capacidad máxima de carga que soporta el diseño propuesto.
- 4- Obtención de las dimensiones mínimas de soporte del eje.

Para selección de rodamientos se realizó lo siguiente:

- 1- En los rodamientos a través de fórmula se calcula la carga estática y dinámica.
- 2- La carga se busca por medio de tablas para determinar el tipo de rodamiento.
- 3- Se verifica el diámetro interior que posee el rodamiento.
- 4- Se comprará este con el diámetro del eje donde se sujetará el Rodamiento.

Para selección de las poleas se realizó los siguientes pasos:

La polea se encuentra dimensionada por estructura del diseño propio sólo se procedió a analizar el tipo de material a utilizarse, el material seleccionado "Aluminio" cumple con características propias del diseño:

- Fácil de maquinar
- No corrosivo
- Liviano, entre otros.

Los análisis a los que se sometió el aluminio son los siguientes:

1- Compresión

2- Esfuerzo cortante

El resultado fue holgado debido a la carga que éste soportará y la ventaja es que el material puede ser de menor resistencia y esté soportaría la carga su costo sería menor.

5.4.3 DIBUJO DEL DISEÑO CALIBRADOR DEL TORQUÍMETRO

5.5 ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA UTILIZARSE EN LA CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.

Para elaborar el procedimiento de calibración de torquímetros o llaves dinamométricas es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros.

5.5.1 SERVICIOS DE CALIBRACIÓN.

En este apartado se desarrollan aspectos técnicos, que son requisitos a cumplir por las Entidades que Ofrecen el Servicio de Calibración. La norma ISO 17025 que refiere a la acreditación de los laboratorios de calibración y ensayo, como parámetro en este estudio se analiza en los siguientes requisitos:

5.5.1.1 REQUISITOS A CUMPLIR POR LA NORMA ISO 17025

Personal.

Se destaca que este debe ser calificado sobre la base de una educación apropiada para realizar dicho trabajo, con el entrenamiento, experiencia y habilidad demostrada toda esta información debe estar disponible e incluir la fecha de autorización y confirmación de su competencia técnica, y si se le está proporcionando al personal el entrenamiento para que desarrolle las habilidades, se debe proveer la supervisión con políticas y procedimientos, además de poseer el perfil actualizado de puestos para todo el personal involucrado en los ensayos y / o calibraciones.

Instalaciones y Condiciones Ambientales.

Estas deben de ser las que faciliten un funcionamiento correcto de las calibraciones y ensayos que se realicen dentro de ella, además debe monitorear según los procedimientos previos establecidos las condiciones ambientales como pueden ser partículas de: polvo, temperatura, humedad relativa, vibración entre otros. Todos los factores que puedan influir sobre la calidad de los resultados.

Es importante señalar que se debe tener controlado el acceso y uso de áreas que puedan afectar la calidad de los resultados.

Métodos de Calibración, Ensayo y Validación.

Los métodos y procedimientos apropiados para las calibraciones y ensayos debe incluir al menos el muestreo, manipulación, transporte, almacenamiento y preparación del equipo que serán objeto de una calibración o ensayo, y la incertidumbre cuando sea apropiado de las mediciones según técnicas estadísticas.

Todos estos métodos deben poseer instructivos sobre el uso y operación del equipo relevante, y si ocurriese alguna desviación de los métodos estas tienen que ser documentadas, justificadas técnicamente, autorizadas y aceptadas por el cliente.

Los métodos deben ser conocidos por los clientes de preferencia deben ser normalizados si estos han sido desarrollados en los laboratorios deben de ser una actividad planificada y asignada por un personal calificado y con los recursos necesarios y deben poseer la validación antes de ser utilizado.

Equipo

Un laboratorio debe de poseer todo los objetos de muestreo, equipo de medición requeridos para la correcta ejecución de sus actividades, y si se ve en necesidad de utilizar equipos de afuera debe asegurar que cumple los requisitos de la norma internacional.

Es importante que el equipo debe establecer los programas de calibración para magnitudes o valores claves de los instrumentos cuando estas tengan un efecto significativo sobre la calidad de los resultados. Además la inclusión de los procedimientos para el manejo seguro, transporte, almacenamiento, mantenimiento de los mismos con el fin de evitar el deterioro. Es igualmente importante resaltar el correcto funcionamiento y estado del equipo con revisiones que den resultados satisfactorios antes de que un equipo realice un servicio.

Trazabilidad

Todo el equipo utilizado que tenga efecto significativo sobre la exactitud o validez de los resultados de calibración, ensayo y muestreo debe estar calibrado antes de

prestar el servicio, así como poseer un programa y procedimiento de calibración de sus equipos.

Esta trazabilidad de los equipos en un laboratorio se establece al SI de sus patrones de medición y sus instrumentos de medida por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones que los enlazan a los patrones primarios relevantes de las unidades de medidas SI.

El enlace al SI se puede alcanzar por referencia a un patrón nacional los cuales pueden ser de orden primarios. Cuando se usa servicios de calibraciones externas, la trazabilidad de las mediciones debe ser garantizada por el uso de servicios de calibración de laboratorios que puedan demostrar competencia, capacidad de medición y trazabilidad.

Manejo de objetos de ensayos y calibración.

El laboratorio debe poseer procedimientos de transporte, recepción, manejo, protección, almacenamiento, retención y disposición de los objetos de ensayos y calibración, además de un sistema para identificar a los mismos, durante su permanencia en el laboratorio, éste debe ser diseñado de manera que los objetos no se confundan físicamente o cuando se hace referencia a ellos en registros o documentos que se mencionen.

Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración.

Para lograr este ítem se debe tener procedimientos de control de calidad para monitorear la validez de los resultados de los ensayos y calibraciones y los resultados tienen que registrados a modo que se pueda detectar la tendencia de los mismos, este monitoreo se debe planificar y revisar para su cumplimiento.

Informe de Resultados.

Es un reporte de cada uno de los ensayos y calibraciones realizadas en una manera clara y objetiva. Estos informes se denominan Informe de Ensayos o Certificados de calibración según sea el caso y deben incluir toda la información requerida por el

cliente y para poder dar la interpretación adecuada del mismo los requisitos mínimos que debe contener son:

- Título: “Certificado de Calibración” o “Informe de Ensayo”.
- Nombre, Dirección, Localización donde se han sido realizadas las calibraciones.
- Identificación única del certificado de calibración o informe de ensayo (como numero seriado).
- Nombre y dirección el cliente.
- Identificación del método usado.
- Descripción, condición e identificación sin ambigüedad de los objetos calibrados o ensayados.
- Fecha de recepción de los objetos y aplicación de los resultados y fechas de realización del ensayo y / o calibración.
- Referencia al plan y los procedimientos de muestreo utilizados.
- Resultados de la calibración y / o ensayos.
- Resultados de incertidumbre.
- Nombres, funciones y firmas o equivalente de las personas que autorizan el certificado de calibración o informe de ensayo.

5.5.2 CERTIFICADO DE CALIBRACION

La viñeta es la evidencia de que el instrumento ha sido calibrado.

Según el criterio debe de poseer los siguientes datos:

- Código
- Fecha de calibración
- Fecha sugerida de la próxima de calibración
- Iniciales del responsable
- La palabra: CALIBRADO

Nota: puede ser vertical u horizontal.

Un diseño de un certificado de calibración debe poseer la siguiente información:

- Generalidades del Cliente.
- Generalidades del Mensurando.
- Procedimiento o Normativa en que se basa la calibración.
- Resultados de calibración y incertidumbre asociada.
- Trazabilidad vigente.
- Firma del Responsable.

Uso de los certificados de calibración

Esta nota se refiere a los documentos que contienen los resultados de la calibración de un instrumento. El resultado de una calibración es la relación entre las lecturas de un instrumento y los valores indicados por un patrón.

Es posible que estos instrumentos, una vez calibrados, se usen para calibrar otros, en cuyo caso los instrumentos calibrados tendrán a su vez la función de patrones.

1- Contenido de los certificados

El contenido de los certificados de calibración está prescrito en la cláusula 5.10 de la norma 17025²⁰ que, en términos generales, incluye:

- a. La identificación del instrumento bajo calibración.
- b. La identificación del poseedor del instrumento.
- c. Los resultados de la calibración, compuestos esencialmente por: Los errores de medición de las lecturas del instrumento respecto a los valores indicados del patrón, y la incertidumbre de tales errores (la información sobre los errores y sus incertidumbres puede presentarse en forma de tablas, gráficas o ecuaciones).
- d. Las condiciones relevantes observadas durante la calibración, el método de calibración, en ocasiones el origen de la trazabilidad.
- e. Información que avala su validez, limitaciones y advertencias.

²⁰ NSR ISO/IEC 17025:1999

Aún cuando un certificado de calibración no incluye obligatoriamente la verificación del cumplimiento con un requisito, frecuentemente los emisores incluyen resultados de verificación con respecto a normas, reglamentos o especificaciones. Debe notarse que tales requisitos pueden ser establecidos por el propio usuario del instrumento y por lo tanto el laboratorio de calibración no dispone generalmente de tal información.

2. Beneficios para el usuario:

a. Correcciones

El principal beneficio para un usuario, es usar la información sobre el error de medición de las lecturas del instrumento en relación al patrón para corregirlas, y asegurar su trazabilidad con una incertidumbre apropiada. Si esta información no se aprovecha, el costo de la calibración se convierte en un dispendio. Cuando no es práctico corregir cada lectura con los resultados de la calibración, debe aumentarse la incertidumbre de las mediciones correspondientemente.

b. Incertidumbre

El resultado de una medición es incompleto sin la expresión de su incertidumbre. El usuario debe estimar la incertidumbre de su medición considerando las contribuciones pertinentes, en las cuales debe incluir necesariamente la proveniente de la calibración, tomada del certificado, y combinarlas apropiadamente.

c. Evidencia de calibración

El certificado de calibración constituye una evidencia que demuestra que el instrumento ha sido calibrado, útil en aquellos esquemas, como ISO 9000, en los que la calibración de los instrumentos de medición es un requisito. Desafortunadamente, éste es el único uso que frecuentemente se da a los certificados de calibración y se ignoran los demás, siendo por lo tanto muy alta la relación costo / beneficio para el usuario.

d. Evidencia de trazabilidad

Un certificado de calibración también constituye una evidencia de la trazabilidad de los resultados de calibración, trazabilidad que se trasladaría a las mediciones del usuario si se le asocia la respectiva incertidumbre. Esta evidencia usualmente está soportada en la declaración del laboratorio de calibración.

3. Precauciones al usar un certificado de calibración.

Un certificado de calibración comunica los resultados de la calibración obtenidos bajo las condiciones en el laboratorio de calibración y mediante los procedimientos del mismo. Por tanto, estrictamente los resultados sólo son válidos bajo estas circunstancias. Sin embargo, para fines prácticos se considera que los resultados siguen siendo válidos por un lapso que depende de las características del instrumento y el uso.

5.5.2.1 EJEMPLO DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

INFORME DE CALIBRACION

Numero:

Área de calibración:

Instrumento:

Fabricante:

Modelo:

Código cliente:

Intervalo de medición:

Solicitante:

Dirección:

Fecha de recepción equipo:

Fecha de calibración:

Número de páginas incluyendo anexos: 4

Calibrado por:

Revisado por:

Laboratorista de Metrología

Coordinador Laboratorio

Procedimiento utilizado: Procedimiento de calibración para llaves de torque.

Condiciones ambientales:

Temperatura:

humedad relativa:

Trazabilidad y patrones utilizados:

Patrones:

Marca :

Certificado de calibración de:

Resultados de la calibración:

Incertidumbre asociada a la medición:

Condiciones de recepción del equipo:

Evaluación	Estado en el momento de la calibración

Resultados de las mediciones:

Exactitud:

Observaciones:

Notas:			
Especificación: PCP- 0001		Fecha Emitida: septiembre 2006 LOGO DE LA EMPRESA	PAGINA 1 DE 6
Descripción: Procedimiento Para Calibración de torquímetro			Por: MIRNA ALVARENGA, MARIO BENAVIDES
 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN 1- Objetivos <ul style="list-style-type: none">Realizar una adecuada calibración de los torquímetros o llaves dinamométricas.Asegurar que los patrones de masa a utilizar posean trazabilidad vigente para evitar datos erróneos en las mediciones. 2- Alcance. <p>Este procedimiento es de uso general y es de aplicación para el área de la empresa que requiera realizar calibración de torquímetros o llaves dinamométricas en un intervalo de 0 – 400 Nm.</p>			
emitido: San Salvador	Razón de actualización: Primera Edición	revisado por: coordinador del area	aprobado por: Gerencia

Especificación: PCP- 0001		Fecha Emitida: septiembre 2006	PAGINA 2 DE 6
Descripción: Procedimiento Para Calibración de torquímetro		LOGO DE LA EMPRESA	Por: MIRNA ALVARENGA, MARIO BENAVIDES
<p>3. Responsabilidades.</p> <p>Es responsabilidad de la persona encargada de ejecutar la calibración tener en cuenta lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Llevar un registro de la fecha en que realizó la calibración. ✓ Establecer la clase apropiada de acuerdo a la aplicación para cada instrumento. ✓ Seguir los pasos detallados en el procedimiento ✓ Cuando se realice la calibración revisar y avalar los resultados obtenidos en el procedimiento por medio de su firma en el certificado de calibración emitido. ✓ Notificar por escrito a la persona encargada del área, cuando el instrumento se encuentre fuera de especificación. ✓ Tomar las acciones preventivas-correctivas respecto a la calibración cuando un instrumento se encuentre fuera de especificación. <p>4- Definiciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de calibración: Dispositivo utilizado para la calibración de las herramientas dinamométricas. • Recalibración: Es volver a calibrar en diferentes periodos 3, 6,12, 16 meses. 			
emitido: San Salvador	razón de actualización: Primera Edición	revisado por: Coordinador del area	aprobado por: Gerencia

Especificación: PCP- 0001		Fecha Emitida: septiembre 2006	PAGINA 3 DE 6
Descripción: Procedimiento Para Calibración de torquímetro		Por: MIRNA ALVARENGA, MARIO BENAVIDES	
LOGO DE LA EMPRESA			
<ul style="list-style-type: none"> • Calibración: Conjunto de operaciones que establecen, bajo unas condiciones especificadas, la relación entre los valores de las magnitudes indicados por un instrumento de medición o un sistema de medición, o los valores representados por una medición de material o un material de referencia, y los valores correspondientes de la magnitud obtenidos por los patrones. • Instrumentos de medición: los medios técnicos con los cuales se efectúan las mediciones y que comprenden las medidas materializadas y los aparatos de medición. • Patrón (o Standard): medida materializada, aparato de medición o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o varios valores conocidos de una magnitud para transmitirlos por comparación a otros instrumentos de medición. 			
emitido: San Salvador	Razón de actualización: Primera Edición	revisado por: Coordinador del area	aprobado por: Gerencia

Especificación: PCP- 0001		Fecha Emitida: LOGO DE LA EMPRESA septiembre 2006	PAGINA 4 DE 6
Descripción: Procedimiento Para Calibración de torquímetro		Por: MIRNA ALVARENGA, MARIO BENAVIDES	

5- FLUJOGRAMA DE PROCEDIMIENTO

```

graph TD
    Inicio([Inicio]) --> D1{¿Cumple con 0 -400 Nm?}
    D1 -- NO --> Inicio
    D1 -- SI --> I1[Inspeccionar estado del torquímetro]
    I1 --> D2{¿Cumple con condiciones de calibración?}
    D2 -- NO --> Inicio
    D2 -- SI --> C1[Calibrar el instrumento]
    C1 --> C2[Calculo de los errores e incertidumbre del instrumento]
    C2 --> C3[Colocar viñeta de calibración]
    C3 --> C4[Elaborar certificado de calibración]
    C4 --> Fin([Fin])
  
```

emitido: San Salvador	Razón de actuali Primera Edici	revisado por: Coordinador del area	aprobado por: Gerencia
--------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	---------------------------

Especificación: PCP- 0001		Fecha Emitida: septiembre 2006	PAGINA 5 DE 6
Descripción: Procedimiento Para Calibración de torquímetro		LOGO DE LA EMPRESA	Por: MIRNA ALVARENGA, MARIO BENAVIDES
<p>6- METODOLOGÍA</p> <p>6.1 Revisar listado de instrumentos y equipos de medición y control.</p> <p>6.2 Procedimiento de Inspección general del instrumento a calibrar</p> <p>6.2.1 Si no encontró ninguna anomalía, calibrar siguiendo el procedimiento normalmente aceptado.</p> <p>6.2.2 Estabilizar térmicamente el instrumento a las condiciones en donde se va realizar la calibración en un tiempo determinado.</p> <p>6.3 Procedimiento de calibración</p> <p>6.3.1 Preparar el protocolo o colector de datos.</p> <p>6.3.2 Registro de datos de identificación del instrumento en el protocolo: número de registro, fecha, instrumento, marca, rango de medición, valor mínimo de escala, tipo, número de serie, N^o interno de identificación, solicitante, dirección, patrón utilizado.</p>			
emitido: San Salvador	Razón de actualización: Primera Edición	revisado por: Coordinador del area	aprobado por: Gerencia

6.3.3 Con base a la información del intervalo de la calibración seleccionar los cinco puntos de calibración.

6.3.4 Preparar el material a utilizar: patrones de masa, base para sujeción de masas, accesorios de acoples entre otros.			
Especificación: PCP- 0001	Fecha Emitida: septiembre 2006	PAGINA 6 DE 6	
Descripción: Procedimiento Para Calibración de torquímetro LOGO DE LA EMPRESA		Por: MIRNA ALVARENGA, MARIO BENAVIDES	
<p>6.3.5 Colocar la base del Torquímetro en el dado de la polea Verificar el Alineamiento basado en la ISO 6789</p> <p>6.3.6 Fijar el Torquímetro y colocar las masas a colocarse en el porta pesas de acuerdo a los 5 puntos a evaluarse.</p> <p>6.3.7 Repetir el procedimiento anterior 6.3.6 en los puntos de calibración seleccionados en el apartado</p> <p>6.3.8 El técnico analizará los resultados efectuando los cálculos correspondientes y elaborara el certificado de calibración.</p> <p>6.3.9 y los comparará con las especificaciones del proceso, si no cumple notificará inmediatamente al encargado del área.</p> <p>6.3.10 Someter a aprobación el equipo con el jefe del de área.</p> <p>6.3.11 Si el instrumento está dentro de especificaciones, el técnico colocará la etiqueta de calibrado, hará el certificado y anotará en la hoja de vida del equipo.</p>			
emitido: San Salvador	Razón de actualización: Primera Edición	revisado por: Coordinador del area	aprobado por: Gerencia

CONCLUSIONES

Después de presentar los antecedentes, marco teórico, desarrollo de la investigación de campo, procedimientos, evaluaciones de las alternativas y propuesta de diseño se concluye lo siguiente:

- El desarrollo de la investigación de campo sobre el servicio de calibración de torquímetros o llaves dinamométricas en el país permitió conocer la situación actual que se vive en el campo metroológico de par torsional, donde se manifiesta a través de encuesta y entrevistas realizadas al personal de la industria la necesidad de poseer el servicio a nivel nacional, y los beneficios que las empresas obtendrán de implementarse.
- La identificación de un mercado potencial fue un aspecto importante que permitió que las empresas de la industria salvadoreña se beneficien con el servicio de calibración en un futuro.
- Se determinó a través del estudio que en El Salvador no se cuenta con entidades que proporcionen el servicio de calibración de torquímetros.
- Los parámetros tomados en cuenta para el diseño involucra dimensionamiento, análisis de materiales, patrones trazables y existentes en el país, el rango de trabajo establecido a través de las encuestas, con esta información se logró proponer el instrumento calibrador de torquímetros para que pueda ser construido e implementado, además el trabajo contiene información bibliográfica y bases necesarias para que pueda ser construido por ramas afines a la Ing. Industrial.

- Se efectuó un diagnóstico basado en la situación actual para determinar el problema y las alternativas de solución.
- El análisis costo beneficio se realizó con el propósito de dar un dato aproximado de los costos que incurriría y beneficio cualquier entidad que quiera implementar el servicio de calibración en el país, además se demostró que la solución factible es la propuesta 3.2 por razones de diseño y costos.
- El desarrollo del tema permitió establecer diseños que permiten a toda persona o empresario que quiera construir e implementar el calibrador de torquímetros, para que el servicio de calibración pueda ser implementados y no depender de otros países.
- Se elaboro un procedimiento guía para llevar a cabo el servicio de calibración en el país se estableció a partir de la norma ISO 6789.

RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta que las dos propuestas de diseño son factibles para que cualquier persona o entidad que los construya e implemente.
- La adopción de cualquier diseño esta condicionada por la capacidad y destreza técnica en el área de metrología que debe poseer la persona que implemente y construya el diseño así como, la habilidad en lo que a calibración refiere.
- Para que el diseño se implemente y construya en su siguiente etapa deberá someterse a un estudio mecánico donde se realicen pruebas de ensayo de los materiales, se recomienda que de realizarse es necesario la fusión de la Ing. Mecánica e Industrial.
- La propuesta puede ser rediseñada para un mejor funcionamiento utilizando mejores dispositivos, componentes, tecnología, materiales, y es necesario que estudiantes de Ingeniería industrial se interesen en el área de diseño mecánico.
- De implementarse el servicio de calibración no solo es necesario calibrar instrumentos si no que se implementen por parte de laboratorios acreditados capacitaciones a los empleados que operan los torquímetros par un mejor uso y prolongar la vida útil de esta herramienta.

FUENTES DE INFORMACIÓN

BIBLIOGRÁFICAS O TEXTOS CONSULTADOS

1) Como Elaborar y Asesorar una Investigación de tesis

Primera Edición

Editorial: Prentice Hall

Autor: Carlos Muñoz Razo

2) ¿Cómo Hacer Una Tesis?

Segunda Edición

Editorial: LIMUSA

Autor: Dr. Salvador Mercado H

3) Dinámica II: Mecánica Para Ingeniería y sus Aplicaciones

Segunda Edición

Editorial: McGraw Hill

Autor: David J. MacGill & Milton King

4) Diseño de Ingeniería Mecánica

Quinta Edición

Editorial: McGraw Hill

Autor: Joseph Shigley & Charles R. Mischke

4) Diseño de Maquinas

Primera Edición

Editorial: CECSA

Autor: Deutschman, Michels & Wilson

TESARIO BIBLIOTECA RAFAEL MEZA AYAU, UNIVERSIDAD DON BOSCO

1) Diseño y Construcción de un Cargador Neumático de Tiras de Cartón

SITIOS WEB

1) www.cenam.com.mx

2) www.Llog.com

3) www.incomer.com

4) www.cem.es/cem/es_ES/presentación/laboratorio.jsp?op=fuerza_lab_par

5) www.OIML.com

6) www.acavisa.es

7) www.iso.org

8) www.bmi.gob.sv

OTRAS

1) Personal de Energy Internacional

GLOSARIO

GLOSARIO ACRÓNIMOS

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación.

CEM: Centro Metrología de España.

CENAM: Centro Nacional de Metrología, México.

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, El Salvador.

EUROMET: Metrología de la Región Europea.

ISO: Organización Internacional para la Estandarización.

METAS: Metrólogos Asociados.

N / A: No Aplica.

OIML: Organización Internacional de Metrología Legal.

SI : Sistema Internacional

UDB: Universidad Don Bosco.

UES: Universidad El Salvador.

GLOSARIO TÉCNICO

A

Acreditación: Según la agrupación interamericana de acreditación conocida por sus siglas en inglés, IAAC (InterAmerican Accreditation Cooperation), la acreditación es el procedimiento por el cual una autoridad reconocida en la materia provee un reconocimiento formal a una persona o institución sobre su competencia para llevar a cabo tareas específicas. Los centros acreditados pueden asociarse a fabricantes o a entidades de servicios públicos. En todo caso, estos centros son inspeccionados a intervalos regulares por las autoridades de acreditación. Aún cuando se trate de entidades privadas, desde el momento en que se les delega ciertos poderes por parte del Estado, estas organizaciones representan los intereses del Estado.

Ajuste: operación destinada a poner un instrumento de medición en estado de funcionamiento adecuado para su uso.

B

Beneficio: Provecho, utilidad o ganancia obtenidos en lo económico y financiero.

Birlos: Tornillo sin cabeza

C

Calibración: La calibración (103) es el grupo de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre valores indicados por un medio de medición o por un sistema de medición, o valores representados por una medida materializada, y los correspondientes valores conocidos de una magnitud medida. Por “valores conocidos” se entiende, comúnmente, los valores (convencionales)

verdaderos atribuidos a los patrones y equipos usados como referencias en la calibración.

El certificado de calibración incluye datos de los resultados de la calibración y garantiza que, cuando ello se especifica, el instrumento de medición calibrado puede ser trazado hacia los patrones nacionales.

Certificación: A diferencia de la verificación, en la certificación las pruebas oficiales son llevadas a cabo por un centro o laboratorio acreditado.

Costo: Cantidad que se da o que se paga por algo.

Cronograma: Neologismo que señala un programa de actividades ordenados en el tiempo en el que además se suele especificar la duración de cada actividad, lugar de realización, responsable, etc. Puede ser escrito literalmente o en forma de tabla.

D

Diagnóstico: Tarea práctica (no creativa) consistente en el análisis de los datos obtenidos con el sólo fin de obtener las mediciones necesarias antes de pasar al análisis de las hipótesis.

Diseño: Disciplina que trata de la concepción formal de los productos manufacturados. En consecuencia, debe ocuparse del aspecto estético, de su eficiencia funcional y de la adecuación productiva y comercial. El diseño industrial es una actividad que incluye una amplia gama de procesos creativos y sistemáticos.

E

Efectividad: La medida según la cual se han logrado los objetivos o resultados planificados.

Eficacia: Extensión en el tiempo en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.

Eficiencia: Relación entre el resultado alcanzado y recursos utilizados.

Exactitud: Viene medida por el error, siendo tanto mayor cuanto menor sea éste. Se sigue la norma de que el instrumento de medida debe tener una exactitud diez veces superior a la prescrita para la medida de la pieza, así para medir décimas de milímetro, se usará un instrumento que aprecie centésimas de milímetro.

G

Galga: Herramienta utilizada en la mecánica automotriz para comprobar la dimensión o forma de una pieza.

I

Instrumento: Objeto simple o formado por una combinación de piezas, y que es adecuado para un uso concreto. Para la realización de operaciones manuales técnicas o delicadas.

M

Magnitud: Atributo de un fenómeno que puede ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.

Medición: Conjunto de operaciones que tienen como objetivo determinar el valor de una magnitud.

Metrología: Ciencia de las mediciones. La metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos relacionados con las mediciones, independientemente de la incertidumbre y de la rama de la ciencia o la tecnología donde ellas ocurran.

Mensurando: Magnitud particular sujeta a medición, especificación del mensurando puede necesitar indicaciones relativas a magnitudes tales como el tiempo, la temperatura y la presión.

P

Patrón: Es la medida materializada de un aparato o de un sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad.

Proceso: Se entiende por proceso el conjunto de actividades relativas a la obtención, elaboración, fabricación, preparación, conservación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación, transporte, distribución, importación y exportación, almacenamiento y expendio o suministro al público de los dispositivos médicos.

R

Resolución: La diferencia más pequeña entre las indicaciones de un dispositivo indicador que puede ser distinguido significativamente.

T

Torquímetro o llaves dinamométricas: Es un instrumento que se utiliza para medir el torque aplicado al apretar una tuerca o perno.

Trazabilidad: Propiedad del resultado de una medición o el valor de un patrón, por el cual puede ser relacionado con los patrones de referencia, usualmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones, teniendo establecidas las incertidumbres.

V

Verificación: Confirmación mediante examen y aportación de pruebas de que se han cumplido unos determinados requisitos. [Guía ISO/IEC 17025: 1990 Requisitos generales para la competencia de laboratorios de calibración y ensayo, 3ª edición].

ANEXOS

ANEXO No 1

ENTREVISTA DIRIGIDA A EMPRESAS DE LA INDUSTRIA SALVADOREÑA QUE POSEEN TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMÉTRICAS

ANEXO No 2

FORMATO DE ENCUESTA

ANEXO Nº 3

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EMPRESAS DE LA INDUSTRIA SALVADOREÑA QUE DEMANDAN EL SERVICIO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMETRICAS

ANEXO Nº 4

NORMA ISO 6789, ADOPTADA POR AENOR, ESPAÑA

ANEXO No 5

CALCULO DE LA ACELARACION LOCAL DE GRAVEDAD

ANEXO No 6

PROCEDIMIENTO UTILIZADO POR ARAGÓN VALENCIA Y ASOCIADOS

ANEXO No 7

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS A LA TENSIÓN DE ALGUNOS ACEROS ROLADOS EN CALIENTE Y ESTIRADOS EN FRÍO

ANEXO No 8

SELECCIÓN DE RODAMIENTOS DE BOLAS DE UNA HILERA

ANEXO No 9

DATOS DE CABLE METÁLICOS DE ACERO

ANEXO No1. ENTREVISTA DIRIGIDA A EMPRESAS DE LA INDUSTRIA SALVADOREÑA QUE POSEEN TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMÉTRICAS

#	Pregunta	Si	No
1.	Conoce usted ¿Que es la Metrología?		
2.	¿Poseen torquímetros?		
3.	Es importante para usted el uso del torquímetro en sus actividades.		
	¿Por qué?		
4.	Considera importante calibrar sus torquímetros.		
	¿Por qué?		
5.	Conoce usted empresas que proporcionen en el país el servicio de calibración de torquímetros.		
	¿Cuáles?		
6.	Conoce usted empresas que proporcionen el servicio de calibración de torquímetros en el extranjero.		

#	Pregunta	Si	No
	¿Cuáles?		
7.	Considera usted que las empresas que proporcionan el servicio de calibración responden satisfactoriamente con la demanda de este.		
8.	¿Que pasaría si sus instrumentos “torquímetros” no son calibrados?		
9.	¿Que parámetros toma para verificar la condición en que se encuentran sus torquímetros?		
10.	¿Que beneficios cree que obtendría si se calibrará el torquímetro en el país bajo un patrón de referencia certificado?		

ANEXO No2. FORMATOS DE ENCUESTAS



UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ENCUESTA A EMPRESAS QUE DEMANDAN EL SERVICIO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS

I. DATOS DE LA EMPRESA

Nombre de la empresa:

Contacto en la empresa: _____

Teléfono: _____ E-mail: _____

Fecha de la encuesta: _____

II. CONDICIÓN DE LA ENCUESTA

INDICACIONES: Conteste las siguientes preguntas según se le indique.

1. ¿Poseen normas de calidad implementadas?

Si No

2. ¿Están certificados ISO 9001:2000?

Si No

3. ¿Sus clientes les exigen que sus productos o servicios sean elaborados bajo normas de calidad?

Si No

4. ¿Poseen Torquímetros?

Si No

Si su respuesta es si continúe con la encuesta pero si, su respuesta es no muchas gracias.

5. ¿Cuántos torquímetros poseen?

Menos de 4 Entre 4 y 8 Más de 8

6. ¿Que tipos de torquímetros utiliza en las tareas que realizan?

Tipo Click 

Tipo de Aguja 

Tipo de Carátula 

Otro, especifique _____

7. ¿Sus torquímetros se encuentran en los siguientes rangos?

20 – 200 Nm 200 - 400 Nm 400 – 600 Nm

8. ¿Sus equipos son calibrados?

Si No

9. De la siguiente lista de equipos ¿Cuáles calibra en el extranjero y cuáles en el país?

Si los calibra en el país coloque N
Si los calibra en el extranjero coloque E
Si no los calibra coloque X
Si no posee dejar en blanco

<input type="checkbox"/> Calibrador Universal	<input type="checkbox"/> Manómetro	<input type="checkbox"/> Torquímetro
<input type="checkbox"/> Micrómetro	<input type="checkbox"/> Vacuómetro	<input type="checkbox"/> Multímetro
<input type="checkbox"/> Cintas Métricas	<input type="checkbox"/> Balanzas	<input type="checkbox"/> Termocuplas

Si en la casilla de torquímetro su respuesta es N ó E pasar a la pregunta 9, si coloca X pasar a la 10 y seguir con la encuesta.

10. ¿Quién le proporciona el servicio de calibración?

Universidad Don Bosco (UDB)
 Universidad de El Salvador (UES)
 Aragón Valencia y Asociados

Otro, especifique _____

11. ¿Por qué no calibra sus instrumentos?

Por falta de información de empresas que calibren sus instrumentos
 Porque no cree necesario invertir en la calibración

Otro, especifique _____

12. ¿Cuál es el costo que incurre en la calibración del torquímetro?

- Menos de \$200
- De \$200 a \$300
- De \$300 a \$400
- Más de \$400

13. ¿Cuánto es el tiempo para su calibración?

- Menos de un mes
- De 1 a 2 meses
- De 2 a 3 meses
- Más de 3 meses

14. ¿Cuál es el tiempo de uso de sus torquímetro en sus actividades diarias?

- 2 horas semanales
- De 3 a 5 horas semanales
- De 5 a 25 horas semanales
- Más de 25 horas semanales

15. ¿El Período para calibrar sus torquímetros es?

- 12 meses
- 6 meses
- 3 meses
- 1 mes

16. Bajo que criterios calibra sus torquímetros

- Por estar fuera de especificación
- Por normas o reglas internas
- Por especificaciones del fabricante
- Otro, especifique _____

Si su respuesta de la pregunta 7 en la casilla de torquímetro resulto E ó X contestar las preguntas 17 y 18.

17. ¿Le gustaría que el servicio de calibración lo proporcionaran en el país?

- Si
- No

18. ¿Qué beneficios cree usted que obtendría al tener el servicio de calibración en el país?

- Reducción de costos.
- Reducción de tiempo.

Otro, especifique _____

ANEXO No 3.LISTA DE VERIFICACIÓN PARA EMPRESAS DE LA INDUSTRIA SALVADOREÑA QUE DEMANDAN EL SERVICIO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS O LLAVES DINAMOMETRICAS.

ITEM	ASPECTOS A EVALUAR	SI	NO
1	¿Poseen torquímetros o llaves dinamométricas?		
2	¿Calibran sus torquímetros o llaves dinamométricas?		
3	¿La calibración la realizan a nivel nacional?		
4	¿La calibración la realizan a nivel extranjero?		
5	¿Poseen un patrón de referencia para verificar el estado de su instrumento?		
6	¿Poseen procedimientos para el uso adecuado de torquímetros?		
7	¿Posee personal capacitado internamente para la calibración de los torquímetros?		
8	¿Los procedimientos que utiliza son internos establecidos por la empresa?		
9	¿Los procedimientos que utiliza son establecidos por especificación del fabricante?		
10	¿Utiliza sus instrumentos aunque estos se encuentren fuera de especificación?		
11	¿Considera usted importante el uso del torquímetro en su empresa?		
12	¿Considera usted importante la calibración del torquímetro?		

ANEXO No 4.NORMA ISO 6789, ADOPTADA POR AENOR, ESPAÑA.

Esta norma se ha transcrito para fines educativos.

UNE-EN ISO 6789

Norma española

Enero 2004

TITULO	<p>Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas</p> <p>Herramientas dinamométricas manuales</p> <p>Requisitos y métodos de ensayo para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración</p> <p>(ISO 6789:2003)</p> <p><i>Assembly tools for screws and nuts. Hand torque tools. Requirements and test methods for design conformance testing, quality conformance testing and recalibration procedure. (ISO 6789:2003).</i></p> <p><i>Outils de manoeuvre pour vis et écrous. Outils dynamométriques à commande manuelle. Exigences et méthodes d'essai pour vérifier la conformité de conception, la conformité de qualité et la procédure de réétalonnage. (ISO 6789:2003).</i></p>
CORRESPONDENCIA	<p>Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 6789 de abril de 2003, que a su vez adopta íntegramente la Norma Internacional ISO 6789:2003.</p>
OBSERVACIONES	<p>norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 26789 de junio de 1995.</p>
ANTECEDENTES	<p>Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 16 <i>Herramientas</i> cuya Secretaría desempeña HERRAMEX.</p>

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 1619:2004

AENOR 2004
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

C Génova, 6
28004 MADRID-España

23 Páginas

Grupo 15

Versión en
español

Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas
Herramientas dinámicas manuales
Requisitos y métodos de ensayo para verificar la conformidad del
diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración
(ISO 6789:2003)

**Assembly tools for
screws and nuts. Hand
torque tools.
Requirements and test
methods for design
conformance testing,
quality conformance
testing and recalibration
procedure. (ISO
6789:2003).**

**Outils de manoeuvre pour
vis et écrous. Outils
dynamométriques à
commande manuelle.
Exigences et méthodes
d'essai pour vérifier la
conformité de conception,
la conformité de qualité et
la procédure de
réétalonnage. (ISO
6789:2003).**

**Schraubwerkzeuge.
Handbetätigte
Drehmoment-Werkzeuge.
Anforderungen und
Prüfverfahren für die
Typprüfung,
Annahmeprüfung und
das Rekalibrierverfahren.
(ISO 6789:2003).**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2003-03-24. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE
NORMALIZACIÓN European
Committee for Standardization Comité
Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

2003 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

ANTECEDENTES

El texto de la Norma EN ISO 6789:2003 ha sido elaborado por el Comité Técnico ISO/TC 29. Herramientas en colaboración con el CMC.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de octubre de 2003, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de octubre de 2003.

Esta norma sustituye a la Norma EN 26789:1994.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional ISO 6789:2003 ha sido aprobado por CEN como Norma Europea

EN ISO 6789:2003 sin ninguna modificación.

INTRODUCCIÓN

La revisión de la anterior edición de la Norma ISO 6789 ha resultado necesaria, debido a los requisitos de la Norma ISO 9001, ya que para definir el procedimiento de control de los dispositivos de ensayo, así como la introducción de servicios de calibración, de forma no ambigua se necesita de una guía en la Norma ISO 6789 para la calibración y las herramientas dinamométricas manuales.

En esta nueva versión se ha incluido información adicional sobre recalibración.

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma internacional especifica los requisitos para, y describe los métodos de ensayo y el marcado de, las herramientas dinamométricas manuales utilizadas para el apriete controlado de montajes atornillados.

Se aplica a las herramientas dinamométricas de acuerdo con el capítulo 4, en particular a las llaves dinamométricas de lectura directa y de disparo que corresponden a las herramientas números 258 y 259 de la Norma ISO 1703:1983.

2. NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

GUM – Guía para la evaluación de la incertidumbre en la medición.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de esta norma se utilizan los siguientes términos y definiciones.

3.1 Verificación de la conformidad del diseño: Aquellos requisitos a respetar durante el diseño o la modificación de herramientas dinamométricas manuales (véase el apartado 5.1).

3.2 Verificación de la conformidad de la calidad: Aquellos requisitos a respetar durante la fabricación de las herramientas dinamométricas manuales (véase el apartado 5.2).

3.3 Calibración: Conjunto de operaciones que establecen, bajo unas condiciones especificadas, la relación entre los valores de las magnitudes indicados por un instrumento de medición o un sistema de medición, o los valores representados por una medición de material o un material de referencia, y los valores correspondientes de la magnitud obtenidos por los patrones. [VIM:1993, definición 6.11]

NOTA: Para los fines específicos de esta norma internacional, se puede aplicar la siguiente definición:

Conjunto de operaciones que establecen, bajo unas condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados o señalados por una herramienta dinamométrica manual, y los valores correspondientes indicados por el dispositivo de calibración.

3.4 Recalibración: Aquellos requisitos a respetar durante la calibración de herramientas dinamométricas manuales

(Véase el apartado 5.3).

3.5 Herramienta dinamométrica de lectura directa (Tipo I): Herramienta que indica, por medio de una escala mecánica, de un dial o de un visor electrónico, el valor de un par ejercido por la herramienta sobre el extremo conducido.

3.6 Herramienta dinamométrica de disparo (Tipo II): Herramienta que se preajusta a un cierto valor de par, de forma que, cuando se alcanza el valor de par prescrito en el extremo conducido, se emite una señal (por ejemplo, de una forma audible, visible, perceptible).

3.6.1 Herramienta dinamométrica ajustable graduada (Tipo II, Clase A, Clase D y Clase G): Herramienta concebida para que la ajuste el usuario, que tiene una escala o un visor para ayudar a su ajuste.

3.6.2 Herramienta dinamométrica ajustable no graduada (Tipo II, Clase C y Clase F): Herramienta concebida para que la ajuste el usuario con la ayuda de un dispositivo de calibración.

3.6.3 Herramienta dinamométrica con par fijo (Tipo II, Clase B y Clase E): Herramienta no concebida para que la ajuste el usuario, es decir, con un ajuste único.

3.7 Dispositivo de calibración: Dispositivo utilizado para la calibración de las herramientas dinamométricas.

4. CLASIFICACIÓN

Las herramientas dinamométricas objeto de esta norma se clasifican del modo siguiente:

- a) Tipo I: Herramientas dinamométricas de lectura directa (véase el anexo A)
 - Clase A: llave de barra a torsión o a flexión.

- Clase B: Llave de caja rígida con escala graduada, dial o visor.
- Clase C: Llave de caja rígida e indicador electrónico de medida.
- Clase D: Destornillador con escala graduada, dial o visor.
- Clase E: Destornillador con indicador electrónico de medida.

b) Tipo II: Herramientas dinamométricas de disparo (véase el anexo B

- Clase A: Llave regulable con escala graduada o con visor.
- Clase B: Llave con par fijo.
- Clase C: Llave regulable sin escala graduada.
- Clase D: Destornillador regulable con escala graduada o con visor.
- Clase E: Destornillador con par fijo.
- Clase F: Destornillador regulable sin escala graduada.
- Clase G: Llave con barra de flexión, regulable con escala graduada.

5 REQUISITOS

5.1 Control de la conformidad del diseño

5.1.1 Generalidades. El fabricante debe ensayar muestras de llaves para verificar que son conformes con los apartados 5.1.2 a 5.1.7.

5.1.2 Asignación del cuadrado conductor. El tamaño del cuadrado conductor es una función del valor máximo del par de la herramienta correspondiente. La asignación se realiza de acuerdo con los valores dados en la tabla1.

Tabla 1 Asignación del cuadrado conductor

Valor Máximo del par Nm	Medida Nominal del cuadrado conductor ^a mm
30	6,3
135	10
340	12,5
1000	20
2100	25
^a De acuerdo con la norma ISO 1174-1	

5.1.3 Rango de medida especificado. Los requisitos y los métodos de ensayo correspondientes a esta norma internacional cubren un rango de medida especificado del 20% al 100% del valor máximo del par de la herramienta correspondiente.

Las escalas graduadas de las herramientas dinamométricas del Tipo 1 deben marcarse desde la posición cero.

5.1.4 Escalas. El espacio entre dos graduaciones sucesivas de una escala no debe exceder del 5% de la capacidad máxima.

5.1.5 Tolerancias

5.1.5.1 Herramientas dinamométricas de lectura directa (Tipo I). La desviación admisible entre el valor del par indicado por la herramienta y la indicación simultánea del dispositivo de ensayo debe ser tal como se especifica en la tabla 2.

Tabla 2 Desviación admisible (Tipo I)

Clase ²	Valor Máximo del Par	
	<= 10 N.m	> 10 N.m
A y B	± 6%	
D, E, y G	± 6 %	± 4%

²En el caso de herramientas dinamométricas con medida electrónica (clase A y clase D), los valores de la desviación admisible incluyen el error debido a la resolución del visor.

5.1.5.2 Herramientas dinamométricas de disparo (Tipo II). La desviación admisible entre el valor del par indicado sobre la escala (Clases A, D y G) o el valor nominal (Clases B y E) y el valor del par indicado por el dispositivo de ensayo debe ser tal como se especifica en la tabla 3.

Tabla 3 desviación admisible (Tipo II Clase A, B, D, E y G)

Clase ²	Valor Máximo del Par	
	<= 10 N.m	> 10 N.m
A y D	± 6%	
B, C y E	± 6 %	± 4%

²En el caso de herramientas dinamométricas con medida electrónica (clase C y clase E) y el valor indicado (clase B y clase D), los valores de la desviación admisible incluyen el error debido a la resolución del visor.

La desviación admisible entre el valor del par regulado y el valor del par indicado por el dispositivo de ensayo debe ser tal como se especifica en la tabla 4.

Tabla4 Desviación admisible (Tipo II, Clases C y F)

Clase	Valor Máximo del Par	
	$\leq 10 \text{ N.m}$	$> 10 \text{ N.m}$
C	$\pm 6\%$	
F	$\pm 6 \%$	$\pm 4\%$

Para las clases C y F, el valor del par regulado es igual a la media aritmética de 10 lecturas de ensayo, efectuadas conforme al apartado 6.4.

5.1.6 Ensayo de sobrecarga. Después de ajustar al 100% del valor máximo del par, las herramientas dinamométricas a ensayar deben someterse tres veces en cada sentido de funcionamiento a un valor de par igual al 125% de la capacidad máxima (o de la capacidad nominal para las herramientas de Tipo II, Clases B y E). Esto no aplica a las herramientas de par limitado.

5.1.7 Ensayo de durabilidad. Todas las herramientas dinamométricas a ensayar deben someterse a 5 000 ciclos en cada sentido de funcionamiento, a la capacidad máxima (o a la capacidad nominal para las herramientas de Tipo II, Clases B y E), y una velocidad de entre 5 ciclos/min. Y 10 ciclos/min.

Después del ensayo de durabilidad, la herramienta dinamométrica debe permanecer dentro de las tolerancias para el par especificadas en el apartado 5.1.5 y no debe

presentar ningún daño físico que pueda ser perjudicial para la exactitud y la seguridad.

5.2 Control de la conformidad de la calidad

Todas las herramientas deben ensayarse conforme al apartado 6.3 y deben satisfacer los requisitos del apartado 5.1.5.

5.3 Recalibración

5.3.1 Método. Todas las herramientas deben ensayarse conforme al apartado 6.3 y deben satisfacer los requisitos del apartado 5.1.5.

5.3.2 Intervalo. Las herramientas dinamométricas deben considerarse como dispositivos de ensayo. Si el usuario aplica procedimientos para el control de los dispositivos de ensayo, las herramientas dinamométricas deben incluirse dentro de estos procedimientos. El intervalo de calibración debe elegirse sobre la base de factores de utilización tales que la precisión requerida, la frecuencia de utilización, la carga tipo durante la utilización, así como las condiciones de entorno durante la utilización y las condiciones de almacenamiento. El intervalo debe adaptarse según los procedimientos especificados para el control de los dispositivos de ensayo y por la evaluación de la experiencia adquirida durante la recalibración.

Si el usuario no aplica procedimientos de control, puede considerarse como un valor por defecto para el intervalo de re- calibración un periodo de utilización de 12 meses o 5 000 ciclos aproximadamente. Para la primera recalibración, el periodo de validez comienza con la primera puesta en funcionamiento de la herramienta dinamométrica por el usuario.

Además de estas especificaciones, deben respetarse las disposiciones tanto de fabricación como legales.

La herramienta dinamométrica debe recalibrarse si ha sido sometida a una sobrecarga superior a los valores dados en el apartado 5.1.6, después de una reparación o después de cualquier mala utilización que pudiera influir en los errores de medida.

6. CALIBRACIÓN

6.1 Dispositivo de calibración

La incertidumbre de medición máxima admisible para el dispositivo de calibración debe ser el $\pm 1\%$ del valor indicado. Las incertidumbres de medición deben calcularse conforme a la "Guía para la expresión de la incertidumbre de medición" (GUM), con un factor de cobertura $k = 2$.

El dispositivo de calibración debe ajustarse a cero antes de comenzar la calibración.

6.2 Temperatura de calibración

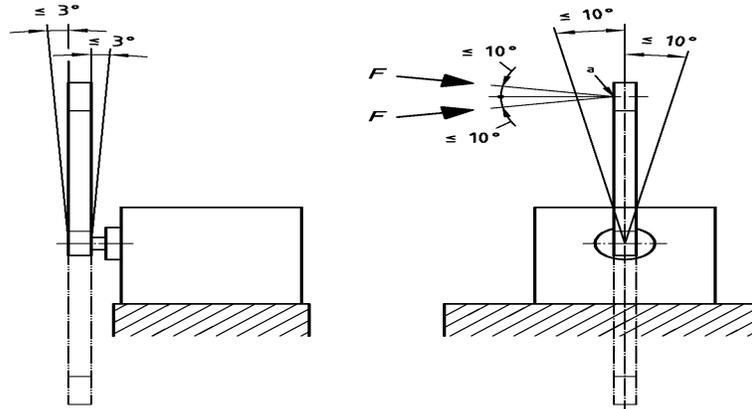
La calibración debe realizarse a una temperatura que no varíe en más de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta temperatura debe estar comprendida entre $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ (con una humedad relativa máxima del 90%) y debe documentarse.

6.3 Condiciones de calibración

6.3.1 Antes de comenzar la calibración, hay que asegurarse de que

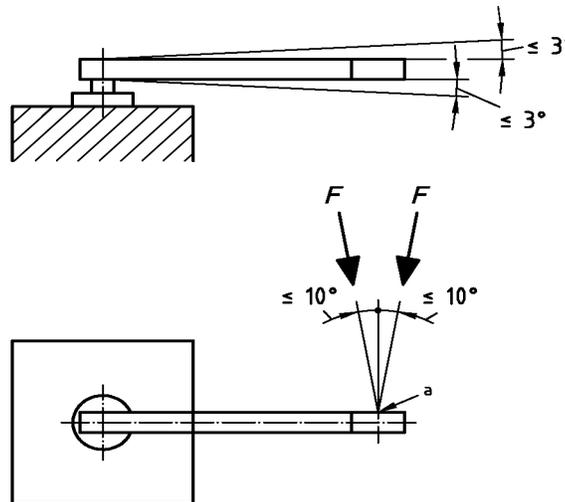
- a) El dispositivo de calibración está posicionado como indican las figuras 1, 2 ó 3;
- b) Para las herramientas dinamométricas del Tipo I, que la dirección de la lectura se hace perpendicular a la escala o al dial (compensación de paralelismo);
- c) Para las herramientas dinamométricas de lectura directa, Tipo I, antes de realizar el ensayo conforme al apartado 6.4, que se haya aplicado una precarga hasta el valor máximo en la dirección de utilización a ensayar, y después de haber ajustado a cero la aguja o el indicador electrónico. Para los ensayos en cualquier otra dirección, se debe repetir este procedimiento;
- d) Para las herramientas dinamométricas de disparo, Tipo II, antes de realizar el ensayo conforme al apartado 6.4, que se hayan efectuado cinco disparos sin medir en el sentido de funcionamiento, hasta el valor máximo (capacidad nominal de la herramienta). Para los ensayos en cualquier otra dirección, este procedimiento debe repetirse;
- e) Que la fuerza de ensayo, F , se aplica dentro de los límites especificados en las figuras 1 y 2, en el centro de la posición de agarre o en el punto de ensayo marcado;

f) Para el destornillador dinamométrico y las llaves dinamométricas en T, que la fuerza de ensayo, T, se aplica dentro de los límites especificados en la figura 3.



Línea de contacto, punto de ensayo marcado o centro de la posición de agarre

Fig. 1 – Ensayo de una llave en posición vertical



Línea de contacto, punto de ensayo marcado o centro de la posición de agarre.

Fig. 2 – Ensayo de una llave en posición horizontal

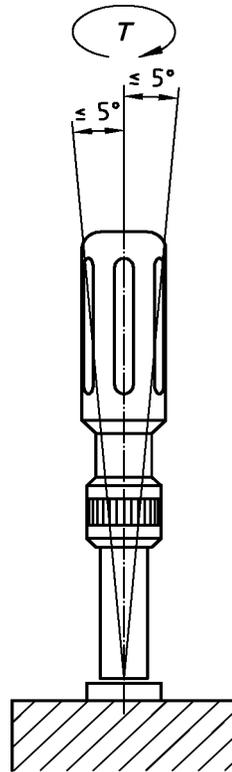


Fig. 3 – Ensayo de un destornillador dinámico y de una llave dinámico en T, en posición horizontal o vertical

6.3.2 Las herramientas dinámicas de Tipo I deben someterse a una carga creciente en el dispositivo de ensayo hasta que en ellas se indique el valor de ensayo. Las herramientas dinámicas de Tipo II deben someterse a una carga creciente en el dispositivo de ensayo hasta obtener el 80% del par de disparo. A partir del 80% de este valor, la carga debe aplicarse lentamente y sin brusquedades en un tiempo de duración de 0,5 s a 4 s.

Si, para herramientas dinámicas del Tipo I, el valor del par ha sobrepasado el valor del par a medir, el ensayo debe iniciarse de nuevo.

Los ensayos de herramientas dinámicas del Tipo II, a excepción de los de la

Clase B y de la Clase E, deben efectuarse con valores crecientes del reglaje, empezando desde el valor más bajo.

6.4 Procedimiento de calibración

Las herramientas dinamométricas deben verificarse al 20%, después a aproximadamente al 60%, y por último al 100% del valor máximo del par de la herramienta correspondiente (o al valor nominal para las herramientas del Tipo II, Clases B y E).

En el caso en el que la graduación del 20% del valor máximo del par no esta marcado sobre la herramienta dinamométrica, deben controlarse las tolerancias a la graduación inferior más próxima.

El número de mediciones en cada sentido de funcionamiento debe ser el siguiente:

- Tipo I, todas las clases: 5 mediciones consecutivas por cada punto de medición;
- Tipo II, Clases A, D y G: 5 mediciones consecutivas por cada punto de medición
- Tipo II, Clases B y E: 5 mediciones consecutivas al valor nominal;

- Tipo II, Clases C y F: 10 mediciones consecutivas por cada punto de medición.

Todas las lecturas obtenidas deben estar dentro de las tolerancias dadas en el apartado 5.1.5 y deben registrarse.

La evaluación de la desviación debe obtenerse mediante la fórmula siguiente:

$$A_x (\%) = \frac{(X_a - X_r) 100}{X_r}$$

Donde:

AS (%): Es la desviación calculada de la herramienta dinamométrica;

Xa: es el valor indicado de la herramienta dinamométrica;

Xr: es el valor de referencia (determinado por el dispositivo de calibración).

6.5 Ejemplos de calibración

EJEMPLO 1 Cálculo de la desviación de herramientas dinamométricas de lectura directa y de disparo (con excepción de las herramientas del Tipos II, Clases C y F):

- Valor indicado del dial, escala mecánica o visor (Tipo I, Clases A, B, C, D y E); o
- Valor ajustado de la escala mecánica o del visor (Tipo II, Clases A, D y G); o
- Valor nominal (Tipo II, Clases B y E):

$$X_a = 100 \text{ N.m}$$

Valores de referencia (determinados por el dispositivo de calibración):

$$X_{r1} = 100 \text{ N.m}$$

$$X_{r2} = 96 \text{ N.m}$$

$$X_{r3} = 103 \text{ N.m}$$

$$X_{r4} = 99 \text{ N.m}$$

$$X_{r5} = 101 \text{ N.m}$$

Desviaciones calculadas de las herramientas dinamométricas en porcentaje (%):

$$A_{s1} = \frac{(100-104) \times 100}{104}$$

$$A_{s1} = - 3.85\%$$

$$A_{s1} = \frac{(100-103) \times 100}{103}$$

$$A_{s1} = -2.91\%$$

$$A_{s1} = \frac{(100-96) \times 100}{96}$$

$$A_{s1} = 4.17\%$$

$$A_{s1} = \frac{(100-99) \times 100}{99}$$

$$A_{s1} = 1.01\%$$

$$A_{s1} = \frac{(100-101) \times 100}{101}$$

$$A_{s1} = 0.99\%$$

EJEMPLO 2 Cálculo de la desviación de las herramientas dinamométricas de disparo ajustables, no graduadas (Tipo II, Clases C y F):

Valor ajustado relativo a la media aritmética de 10 valores de referencia (determinados por el dispositivo de calibración)

$$X_a = \frac{X_{r1} + X_{r2} + \dots + X_{r3}}{10}$$

$$X_a = \frac{104 + 93 + 103 + 99 + 101 + 100.5 + 102.5}{10}$$

$$X_a = 102.9 \text{ N.m}$$

Valores de referencia (determinados por el dispositivo de calibración)

$$X_{r1} = 104 \text{ N.m}$$

$$X_{r2} = 96 \text{ N.m}$$

$$X_{r3} = 103 \text{ N.m}$$

$$X_{r4} = 99 \text{ N.m}$$

$$X_{r5} = 101 \text{ N.m}$$

$$X_{r6} = 98 \text{ N.m}$$

$$X_{r7} = 97 \text{ N.m}$$

$$X_{r8} = 101 \text{ N.m}$$

$$X_{r9} = 100,5 \text{ N.m}$$

$$X_{r10} = 102,5 \text{ N.m}$$

Desviaciones calculadas de las herramientas dinamométricas en porcentaje (%)

$$A_{s1} = \frac{(100,2-104) \times 100}{104}$$

$$A_{s1} = -3.65\%$$

$$A_{s2} = \frac{(100,2-96) \times 100}{96}$$

$$A_{s2} = 4.38\%$$

$$A_{s3} = \frac{(100,2-103) \times 100}{103}$$

$$A_{s3} = -2.72\%$$

$$A_{s4} = \frac{(100,2-99) \times 100}{99}$$

$$A_{s4} = 1.21\%$$

$$A_{s5} = \frac{(100,2-101) \times 100}{101}$$

$$A_{s5} = -0.79\%$$

$$A_{s6} = \frac{(100,2-98) \times 100}{98}$$

$$A_{s6} = 2.24\%$$

$$A_{s7} = \frac{(100,2-97) \times 100}{97}$$

$$A_{s7} = 3.30\%$$

$$A_{s8} = \frac{(100,2-101) \times 100}{101}$$

$$A_{s8} = -0.79\%$$

$$A_{s9} = \frac{(100,2-100.5) \times 100}{100.5}$$

$$A_{s9} = -0.30\%$$

$$A_{s10} = \frac{(100,2-102.5) \times 100}{102.5}$$

$$A_{s10} = -2.24\%$$

7 **MARCADO**

La herramienta dinamométrica debe llevar, de modo legible y permanente, las inscripciones siguientes:

- a) El valor máximo del par
- b) Las unidades de medida
- c) El sentido de funcionamiento (en los casos de herramientas de un solo sentido de funcionamiento)
- d) El nombre o la marca del fabricante (o de la marca comercial reconocida)
- e) Cuando esté acompañado de un certificado de calibración, la herramienta dinamométrica debe llevar un número de serie o una identificación. Si fuera

necesario, un número de identificación debe asignarlo el laboratorio de calibración.

ANEXO A (Normativo)

HERRAMIENTAS DINAMOMÉTRICAS DE LECTURA DIRECTA: TIPO I

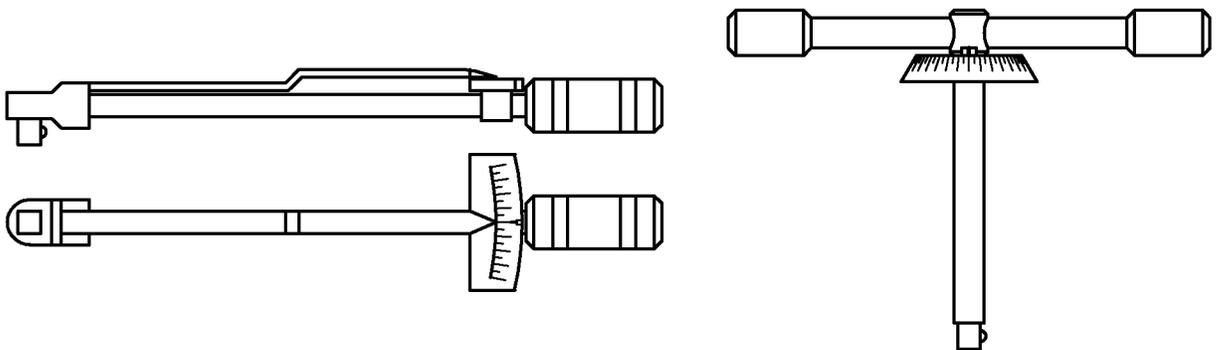


Fig. A.1 – Clase A: llave de barra a torsión o a flexión

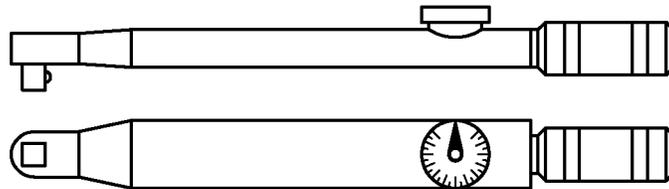


Fig. A.2 – Clase B: llave de caja rígida con escala graduada, dial o visor

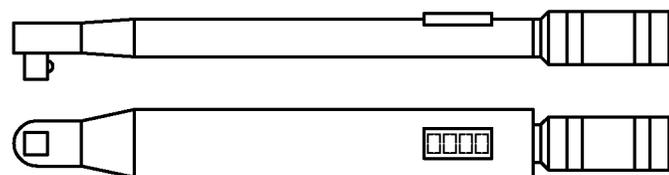


Fig. A.3 – Clase C: llave de caja rígida e indicador electrónico de medida

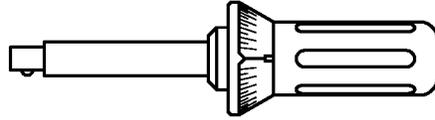


Fig. A.4 – Clase D: destornillador con escala graduada, dial o visor

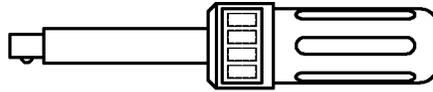


Fig. A.5 – Clase E: destornillador con indicador electrónico de medida

ANEXO B (Normativo)

HERRAMIENTAS DINAMOMÉTRICAS DE DISPARO: TIPO II

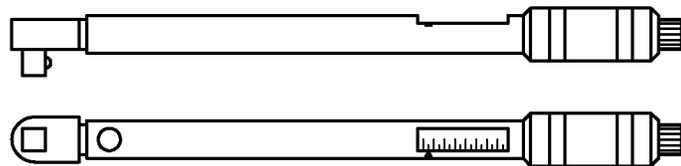


Fig. B.1 – Clase A: llave regulable con escala graduada o con visor

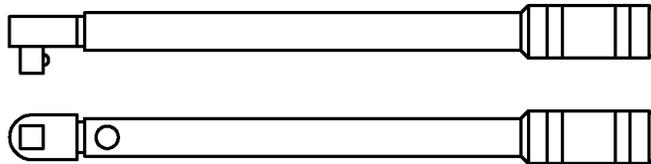


Fig. B.2 – Clase B: llave con par fijo

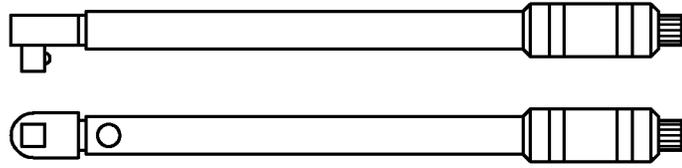


Fig. B.3 – Clase C: llave regulable sin escala graduada



Fig. B.4 – Clase D: destornillador regulable con escala graduada o con visor

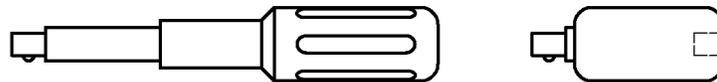


Fig. B.5 – Clase E: destornillador con par fijo

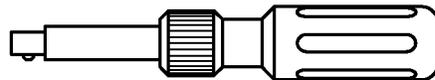


Fig. B.6 – Clase F: destornillador regulable sin escala graduada

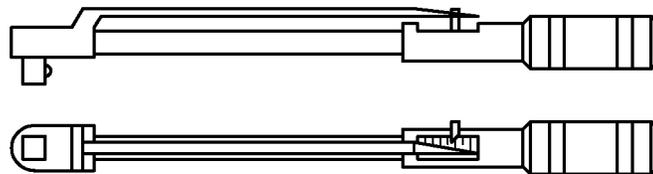


Fig. B.7 – Clase G: llave con barra de flexión, regulable con escala graduada

BIBLIOGRAFÍA

- 1- ISO 1174-1 – Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas. Cuadrados conductores. Parte 1: Cuadrados conductores para llaves de vaso a mano.
- 2- ISO 1703:1983 – Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas. Vocabulario.
- 3- ISO 9001 – Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.
- 4- Normas fundamentales. Vocabulario internacional de términos básicos y generales de metrología (VIM). BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 2ª edición, 1993.

ANEXO NACIONAL (Informativo)

Las normas europeas o internacionales que se relacionan a continuación, citadas en esta norma, han sido incorporadas al cuerpo normativo UNE con los códigos siguientes:

Norma Internacional	Norma UNE
ISO 1174-1 :1996	UNE 16503 – 1 : 1999
ISO 1703 1983	UNE 16500: 1992
ISO 9001 2000	UNE – EN ISO 9001:2000

ANEXO No 5.CALCULO DE LA ACELERACION LOCAL DE GRAVEDAD

Para conocer el valor “verdadero” de torquímetro que considera el valor de la aceleración local de la gravedad (g_l) en el lugar donde se utilice instrumento calibrador de torquímetros.

La aceleración local de la gravedad puede ser calculada con una diferencia máxima mejor a

± 0,01 % con la fórmula:

Donde:

$$g_l = G_E \left(1 + b_1 \cdot \text{sen}^2 \Phi - b_2 \cdot \text{sen}^2 2\Phi \right) - 3,086 \cdot 10^{-4} \cdot H$$

g_l= Aceleración local de la gravedad en m/s

Φ= Latitud en grados

H= Altitud del lugar, altura sobre el nivel del mar en m

G_E=9,780 318 m/s aceleración de la gravedad en el Ecuador a nivel del mar.

b₁=0,0053024

b₂=0,0000058

Nota: La expresión anterior para determinar el valor de g_l se ha extraído del Boletín OIML-Nº 127 (1992)

ANEXO No 6 PROCEDIMIENTO UTILIZADO POR LA EMPRESA ARAGÓN VALENCIA Y ASOCIADOS

Título: instrucción de trabajo para calibrar torquímetro de aprete.

1. Objetivo

1.1 Establecer lineamientos para la calibración de Torquímetro de apreté y así poder definir si son aceptables para el requerimiento del proceso.

2. Alcance

2.1 Este procedimiento aplica para establecer lineamientos para la calibración de Torquímetros de aprete.

3. Responsabilidades

3.1 Es responsabilidad del Ingeniero encargado de Procesos, Ingeniero encargado de planta, Ingeniero encargado de Servicios y/o Analista del Laboratorio, establecer la clase apropiada de acuerdo a la aplicación para cada instrumento.

3.2 Es responsabilidad del instrumentista los pasos detallados en el procedimiento.

3.3 Es responsabilidad del Ingeniero Encargado de Servicios revisar y avalar los resultados obtenidos en el procedimiento, a través de su firma en el certificado de calibración emitido.

3.4 Es responsabilidad del Ingeniero Encargado de Servicios notificar por escrito al Ingeniero encargado del área cuando el instrumento calibrado esté fuera de especificaciones.

3.5 Es responsabilidad del Ingeniero Encargado del área, tomar las acciones preventivas-correctivas respecto a la producción de un instrumento fuera de

especificación.

4. Referencias

4.1 Este documento está relacionado con la Sección 7.12 del Manual de Calidad de Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V. y con el procedimiento de Calibración (P-MET-02) del Manual de Procedimientos de Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V

5. Definiciones

5.1 Calibración: el conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre valores indicados por un aparato o sistema de medición, o los valores presentados por una medida materializada y los valores conocidos correspondientes de una magnitud medida.

5.2 Instrumentos de medición: los medios técnicos con los cuales se efectúan las mediciones y que comprenden las medidas materializadas y los aparatos de medición.

5.3 Patrón (o Standard): medida materializada, aparato de medición o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o varios valores conocidos de una magnitud para transmitirlos por comparación a otros instrumentos de medición.

6. Desarrollo

6.1 Revisar listado de instrumentos y equipos de medición y control

6.2 Procedimiento De Inspección

6.2.1 Inspeccionar visualmente los instrumentos a calibrar para detectar, golpes, abolladuras, distorsión en la escala, etc.

6.2.2 Si no encontró ninguna anomalía, calibrar siguiendo los procedimientos normalmente aceptados conforme a la P16 de la OIML

6.2.3 Localizar hoja de vida, para ver características de calibración

6.3 Procedimiento de calibración

6.3.1 Preparar el protocolo.

6.3.2 Preparar el material a utilizar: masa, cable de acero, base para torquímetro, base para sujeción de masas

6.3.3 Anotar los datos de identificación del instrumento en el protocolo: número de registro, fecha, instrumento, marca, rango de medición, valor mínimo de escala, tipo, número de serie, N° interno de identificación, solicitante, dirección, patrón utilizado.

6.3.4 Colocar la base del Torquímetro en una prensa hidráulica con celda de carga.

6.3.5 Poner el display a cero.

6.3.6 Fijar el Torquímetro y aplicarle fuerza hasta que su mecanismo se accione. Tomar lectura de los datos

6.3.7 Repetir el procedimiento anterior, en cinco puntos de la escala del instrumento; tomando tres lecturas por cada punto.

6.3.5 El instrumentista analizará los resultados y los comparará con las especificaciones del proceso, si no cumple notificará inmediatamente de forma verbal

al operador de la máquina, y por escrito al Ingeniero del área y al Ingeniero encargado de Servicios.

6.3.6 En caso de que el instrumento esté fuera de especificaciones el instrumentista procederá a ajustar *y/o* reparar el instrumento de acuerdo al manual del fabricante, para Juego regresar al paso 6.3.1

6.3.7 Si el instrumento está dentro de especificaciones, el instrumentista pondrá la etiqueta de calibrado, hará el certificado y anotará en la hoja de vida del equipo.

ANEXO No 7 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS A LA TENSIÓN DE ALGUNOS ACEROS ROLADOS EN CALIENTE Y ESTIRADOS EN FRÍO

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NÚM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESAMIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA, MPa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in, %	REDUCCIÓN EN ÁREA, %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

ANEXO No 8 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS DE BOLAS DE UNA HILERA

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga Pu	Velocidades		Masa	Designación	* - Rodamiento SKF Explorer
d	D	B	C	C0		Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm			kN		kN	rpm		kg	-	
28	68	18	25,1	13,7	0,585	22000	14000	0,29	63/28	
28,575	63,5	15,875	19,5	11,2	0,475	22000	15000	0,2	RLS 9	Sólo proveedores de recambios
28,575	63,5	15,875	19,5	11,2	0,475	-	7500	0,2	RLS 9-2RS1	Sólo proveedores de recambios
28,575	63,5	15,875	19,5	11,2	0,475	22000	12000	0,2	RLS 9-2Z	Sólo proveedores de recambios
28,575	71,438	20,637	28,1	16	0,67	19000	13000	0,35	RMS 9	Sólo proveedores de recambios
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32000	20000	0,027	61806	
30	42	7	4,49	2,9	0,146	-	9500	0,027	61806-2RS1	
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32000	16000	0,027	61806-2RZ	
30	47	9	7,28	4,55	0,212	30000	19000	0,051	61906	
30	47	9	7,28	4,55	0,212	-	8500	0,051	61906-2RS1	
30	47	9	7,28	4,55	0,212	30000	15000	0,051	61906-2RZ	
30	55	9	11,9	7,35	0,31	28000	17000	0,085	6006*	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	17000	0,12	6006*	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	-	8000	0,12	6006-2RS1*	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	14000	0,12	6006-2RZ*	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	14000	0,12	6006-2Z*	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	-	8000	0,12	6006-RS1*	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	17000	0,12	6006-RZ*	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	17000	0,12	6006-Z*	
30	55	19	13,3	8,3	0,355	-	8000	0,16	63006-2RS1	
30	62	16	23,4	12,9	0,54	24000	15000	0,19	6206 ETN9	
30	62	16	20,3	11,2	0,475	-	7500	0,2	6206-2RS1*	
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24000	12000	0,2	6206-2RZ*	
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24000	12000	0,2	6206-2Z*	

ANEXO No 9 DATOS DE CABLES METÁLICOS DE ACERO

Datos de cables metálicos de acero

CABLE	PESO POR PIE lb	DIÁMETRO MÍNIMO DE POLEA in	TAMAÑOS ESTÁNDARES d , in	MATERIAL	TAMAÑO DE ALAMBRES EXTERIORES	MÓDULO DE ELASTICIDAD* Mpsi	RESISTENCIA,† kpsi
6 × 7 de arrastre	1.50d ²	42d	¼-1½	Acero monitor	d/9	14	100
				Acero de arado	d/9	14	88
				Acero de arado dúctil	d/9	14	76
6 × 19 de izaje normal	1.60d ²	26d-34d	¼-2¾	Acero monitor	d/13-d/16	12	106
				Acero de arado	d/13-d/16	12	93
				Acero de arado dúctil	d/13-d/16	12	80
6 × 37, flexible especial	1.55d ²	18d	¼-3½	Acero monitor	d/22	11	100
				Acero de arado	d/22	11	88
8 × 19, flexible extra	1.45d ²	21d-26d	¼-1½	Acero monitor	d/15-d/19	10	92
				Acero de arado	d/15-d/19	10	80
7 × 7, para avión	1.70d ²	—	⅜-¾	Acero resistente a la corrosión	—	—	124
				Acero al carbono	—	—	124
7 × 9, para avión	1.75d ²	—	¼-1¾	Acero resistente a la corrosión	—	—	135
				Acero al carbono	—	—	143
De 19 alambres, para avión	2.15d ²	—	⅜-⅝	Acero resistente a la corrosión	—	—	165
				Acero al carbono	—	—	165