



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LABORATORIO
PARA MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA
ASINCRÓNICO EN LA EMPRESA AIS, UBICADO EN LA CIUDAD DE
QUITO**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor(a)

Armando Ramiro Enríquez Chicaiza

Tutor(a)

Ing. Juan Joel Segura D'Rouville Msc.

QUITO – ECUADOR
2023

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Armando Ramiro Enríquez Chicaiza, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARA MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA ASINCRÓNICO EN LA EMPRESA AIS, UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 4 días del mes de abril de 2023, firmo conforme:

Autor: Armando Ramiro Enríquez Chicaiza



Firma:

Número de Cédula: 1722250444

Dirección: Pichincha, Quito, Cotacollao, Cotacollao.

Correo Electrónico: armandenriquezra@gmail.com

Teléfono: 0995451790

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARA MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA ASINCRÓNICO EN LA EMPRESA AIS, UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO.” presentado por Armando Ramiro Enríquez Chicaiza, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 4 de abril de 2023

.....
Ing. Juan Joel Segura D´Rouville Msc.

C.I: 1756974968

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 4 de abril de 2023



Armando Ramiro Enríquez Chicaiza
1722250444

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema:” ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARA MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA ASINCRÓNICO EN LA EMPRESA AIS, UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 4 de abril de 2023

.....

Ing. Ana Álvarez Sánchez
LECTOR

.....

Ing. Alexis Suárez del Villar Labastida
LECTOR

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mis padres por ser el eje fundamental de mi vida, quienes con mucho esfuerzo, cariño y dedicación han luchado para sacarme adelante y sin ellos nada de esto sería posible.

A mi hermano Lenin, quien es mi compañero de vida en las alegrías, tristezas y consejero en mis peores momentos y que vivió conmigo este camino de sacrificio y sirva de ejemplo en su vida.

Finalmente, a mis familiares y amigos que me aconsejaron y compartieron a mi lado, los buenos y malos momentos durante esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios y a la Virgen del Quinche por permitirme cumplir un sueño de mi infancia. A mis educadores, por brindarme el conocimiento y valores que me forman como una persona integra, a la universidad por abrirme las puertas para alcanzar un objetivo planteado en mi vida.

Finalmente, a mi tutor Ing. Joel Segura, por brindarme la confianza y el conocimiento tanto académico como humanístico.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
Marco Teórico.....	5
Antecedentes.....	7

Justificación.	8
Objetivo General:.....	9
Objetivo Específicos:	9
CAPÍTULO II.....	10
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	10
Diagnóstico de la situación actual.....	10
Área de estudio	19
CAPÍTULO III.....	22
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	22
Desarrollo de la propuesta.	22
Resultados esperados.	78
Cronograma de actividades.....	79
Análisis financiero.	81
CAPÍTULO IV.....	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
Conclusiones.....	83
Recomendaciones	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Motores que retornan a la planta.</i>	3
Tabla 2: <i>Facturación</i>	14
Tabla 3: <i>Facturas de motores</i>	15
Tabla 4: Porcentajes de Facturas.....	15
Tabla 5: <i>Análisis financiero</i>	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Uso de las principales normas internacionales</i>	1
Figura 2: <i>Porcentaje de reproceso de motores, período 2019</i>	3
Figura 3: <i>Porcentaje de reproceso de motores, período 2020</i>	4
Figura 4: <i>Porcentaje de reproceso de motores, período 2021</i>	4
Figura 5: <i>Motores asincrónicos de 440 Voltios</i>	10
Figura 6: <i>Diagrama de flujo</i>	11
Figura 7: <i>Personal encargado de realizar pruebas</i>	12
Figura 8: <i>Pruebas de motores</i>	12
Figura 9: <i>Diagrama de Ishikawa</i>	13
Figura 10: <i>Porcentaje de participación en los tres períodos</i>	16
Figura 11: <i>Porcentaje de participación para el período 2019</i>	17
Figura 12: <i>Porcentaje de participación para el período 2020</i>	18
Figura 13: <i>Porcentaje de participación del período 2021</i>	19
Figura 14: <i>Modelo Operativo</i>	20
Figura 15: <i>Actividades del cronograma de actividades</i>	79
Figura 16: <i>Cronograma de actividades</i>	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: PORTADA NTE INEN 2 498:2009 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS. REQUISITOS	89
Anexo 2: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS. REQUISITOS. ALCANCE	90
Anexo 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS. REQUISITOS. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA	91
Anexo 4: NIVEL DE FORMACIÓN DEL PERSONAL. OPERARIO 1	92
Anexo 5: NIVEL DE FORMACIÓN DEL PERSONAL. OPERARIO 2	93
Anexo 6: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DESARROLLADO EN PROJECTLIBRE.	94
Anexo 7: COSTO DE ADQUISICIÓN DEL DINAMÓMETRO	94
Anexo 8: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL DINAMÓMETRO.....	95
Anexo 9: CÁLCULO DE COSTOS POR MANO DE OBRA.....	95
Anexo 10: FORMATO PARA REPORTE DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO.....	96
Anexo 11: FORMATO PARA REPORTE DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARTE II.....	97
Anexo 12: CENTRO DE METROLOGÍA CUARTEL RUMIÑAHUI.	98

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARA MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA ASINCRÓNICO EN LA EMPRESA AIS, UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO.

AUTOR(A): Armando Ramiro Enríquez Chicaiza

TUTOR (A): Ing. Juan Joel Segura D´Rouville Msc.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se realiza en una empresa dedicada a brindar soluciones integrales e ingenieriles a las industrias. La misma no cuenta con los protocolos necesarios para realizar de forma satisfactoria las pruebas de funcionamiento a los motores trifásicos asincrónicos de corriente alterna. Por lo expuesto anteriormente es necesario para la organización contar con los mencionados protocolos para un buen desenvolvimiento de sus actividades, satisfacción a sus clientes, reducción de reprocesos y una posible certificación. Para darle solución a la problemática mencionada anteriormente, se procede a realizar la adecuación del proceso y los respectivos subprocesos concernientes a las pruebas de funcionamiento de los motores de CA, con respecto a la normativa NTE INEN 2 498:2009 vigente en Ecuador. La misma se adaptada a los requerimientos de la organización para elaborar los protocolos correspondientes a cada una de las pruebas indicadas en la mencionada norma. Además, se realiza la confección de los diagramas de flujo basados en la norma Business Process Model and Notation (BPMN), para cada uno de los subprocesos que conforman el protocolo de pruebas en los motores objeto estudio. Se confeccionan los protocolos conformados por cuatro gamas para la ejecución de las pruebas a los motores; cada una de ellas encaminadas a una correcta realización de las pruebas con el fin de dar cumplimiento a los estándares normados, minimizar los reprocesos y lograr la satisfacción de los clientes. Asimismo, los diagramas de flujo constituyen una representación gráfica de los pasos a seguir en cada subproceso, lo cual contribuye a una mejor interpretación del mismo por parte del operador. Con la implantación de este protocolo se espera un incremento sustancial en el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por la norma antes mencionada, conjuntamente una reducción de los reprocesos que inicialmente se encontraban en un porcentaje de 26, 16 y 21% para los años 2019, 2020 y 2021 respectivamente. Permitiendo crear las condiciones favorables en la organización para que la misma pueda aspirar a una futura certificación de sus procesos por parte de entidades nacionales e internacionales.

DESCRIPTORES: laboratorio, motor, norma, protocolo.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TEMA: ELABORATION OF THE LABORATORY TEST PROTOCOL FOR ASYNCHRONOUS ALTERNATING CURRENT ELECTRIC MOTORS AT AIS COMPANY, LOCATED IN THE CITY OF QUITO.

AUTOR: Armando Ramiro Enríquez Chicaiza

TUTOR: Ing. Juan Joel Segura D'Rouville Msc.

ABSTRACT

This research is performed in a company dedicated to providing integral and engineering solutions to industries. However, it needs the necessary protocols to perform the operation tests on asynchronous three-phase alternating current motors satisfactorily. For the above, the organization must have the protocols mentioned above for good development of its activities, customer satisfaction, reduction of reprocesses, and possible certification. To solve the problem mentioned above, we proceed to adapt the process and the respective sub-processes concerning the functional tests of the AC motors concerning the NTE INEN 2 498: 2009 standard in force in Ecuador. It is adapted to the organization's requirements to develop the protocols corresponding to the tests indicated in the standard mentioned above. In addition, the preparation of flow diagrams based on the Business Process Model and Notation (BPMN) standard is carried out for each subprocess that makes up the test protocol in the engines under study. The protocols consisting of four ranges are made up for the execution of the tests on the engines. Each of them aimed at a correct performance of the tests to comply with the regulated standards, minimize reprocesses and achieve customer satisfaction. Likewise, flowcharts are a graphical representation of the steps to be followed in each sub-process, contributing to the operator's better interpretation of it. With the implementation of this protocol, a substantial increase in compliance with the quality standards established by the standard mentioned above is expected, together with a reduction in reprocesses that were initially at a percentage of 26, 16, and 21% for the years 2019, 2020, and 2021 respectively—allowing to create favorable conditions in the organization so that it can aspire to a future certification of its processes by national and international entities.

KEYWORDS: engine, laboratory, protocol, standard.

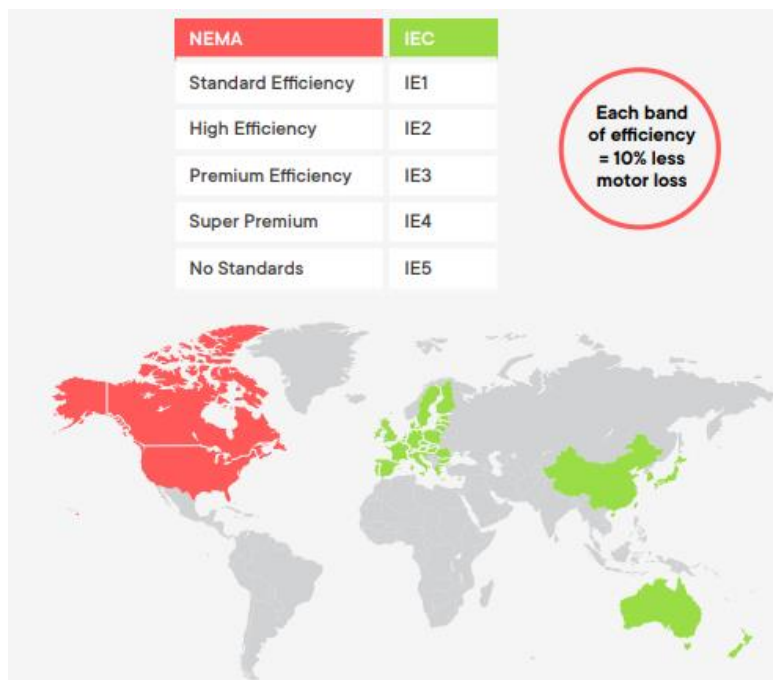
CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Dentro de las industrias los motores eléctricos son imprescindibles, por lo que existen numerosos patrones por todos los países que ratifican la gran importancia que tiene la energía eléctrica consumida por éstos, para un motor de potencia superior a los 700 W convierte aproximadamente el 75% de energía eléctrica en mecánica, siendo utilizada para el accionamiento de bombas, grúas entre otras. (Vaquero, 2018)

Figura 1:

Uso de las principales normas internacionales



Nota. Obtenido de 4E PEET, Status of Electric Motor Regulations 2022, Regulated Efficiency Requirements, <https://www.iea-4e.org/peet/publications/4e-peet-status-of-electric-motor-regulations-2022/>

Como se puede observar en la **Figura 1**, a nivel de Norte América la norma que se aplica para verificar y certificar el correcto funcionamiento de motores y generadores es la

denominada ANSI/NEMA MG 1-2021, contiene los parámetros sobre su rendimiento, la seguridad, las pruebas, la construcción y fabricación de motores y generadores, tanto de corriente alterna como corriente directa. (*NEMA MG-1: Motors and Generators*, s/f)

Dentro de Latinoamérica, tomando como referencia países que son considerados potencias y que tienen la capacidad de llevar procesos de producción a gran escala como México y Brasil empresas como WEG deciden situar sus sucursales, los cuales para garantizar que sus motores cumplan con los parámetros de calidad, establecidos por la norma ISO 9001: 2015, para el diseño, ensayo, desarrollo, fabricación, pruebas, entre otros servicios de los motores eléctricos de distintas potencias y clases. En Perú la única empresa habilitada por parte de INACAL para realizar pruebas eléctricas a motores es SGS DEL PREU S.A.C. ubicada en la ciudad de Lima, bajo la normativa ISO, que certifica el diseño, construcción, pruebas y suministros de motores. (Hernández, 2020)

Dentro del territorio ecuatoriano la entidad que se encarga de proporcionar los lineamientos para realizar pruebas eléctricas a motores es el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), la cual se encuentra establecida en la normativa NTE INEN 2 498: 2009 con el título: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS. REQUISITOS, **Anexo 2**.

Dentro de AIS se efectuaron 108 pruebas en motores de corriente alterna trifásicos durante tres años, como se detalla en la **Tabla 1**.

Tabla 1:

Motores que retornan a la planta.

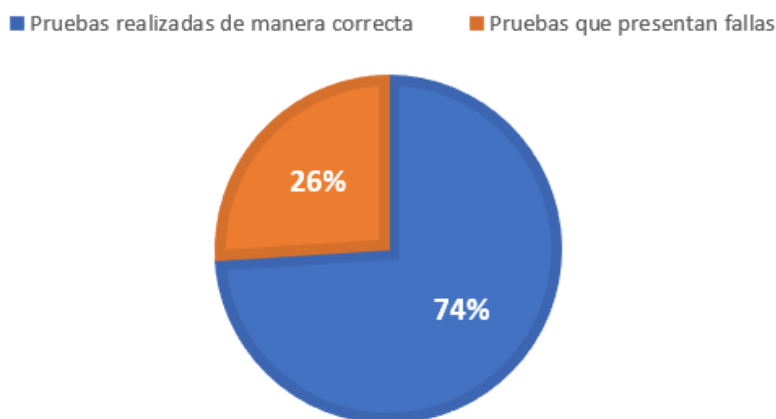
Período	Pruebas realizadas	Motores devueltos	Porcentaje de reproceso
2019	39	10	26%
2020	31	5	16%
2021	38	8	21%

Nota. Datos de reprocesos proporcionados por AIS.

Durante el año 2019 se realizaron treinta y nueve (39) pruebas a motores, de los cuales diez (10) regresaron a la planta debido a desperfectos en su funcionamiento. Lo anteriormente expuesto indica que un 26% de las pruebas realizadas requirió un reproceso de la misma como se puede observar en la **Figura 2**.

Figura 2:

Porcentaje de reproceso de motores, período 2019.



Nota. Reproceso de motores dentro de la planta. Fuente: AIS.

Durante el año 2020 se realizaron treinta y uno (31) pruebas de motores, de los cuales cinco (5) regresaron a la planta debido a desperfectos en su funcionamiento. Lo anteriormente

expuesto indica que un 16% de las pruebas realizadas requirió un reproceso de la misma como se puede observar en la **Figura 3**.

Figura 3:

Porcentaje de reproceso de motores, período 2020.



Nota. Reproceso de motores dentro de la planta. Fuente: AIS.

Durante el año 2021 se realizaron treinta y ocho (38) pruebas a motores, de los cuales ochos (8) regresaron a la planta debido a desperfectos en su funcionamiento. Lo anteriormente expuesto indica que un 21% de las pruebas realizadas requirió un proceso de la misma como se puede observar en la **Figura 4**.

Figura 4:

Porcentaje de reproceso de motores, período 2021.



Nota. Reproceso de motores dentro de la planta. Fuente: AIS.

Marco Teórico

Protocolo:

Conjunto de normas que establecen por ley o uso y costumbre la precedencia que deben tener las personas para cumplir un objetivo. (Urreta Okeranza, 2021)

(Vaquero, 2018) afirma que:

Motor es toda máquina que transforma una energía de otro tipo en la entrada, en energía de salida mecánica. El elemento de salida es un eje normalmente. Entre los diferentes tipos de motores se encuentran los motores eléctricos, los cuales reciben energía eléctrica y la transforman en mecánica. (p. 6)

Laboratorio de pruebas:

Elemento de gran importancia que permite determinar parámetros de funcionamiento de acuerdo con normativas establecidas por instituciones rectoras, con la finalidad de garantizar la validez del procedimiento ejecutado y valores conseguidos.(Hernández, 2020)

Eficiencia:

La razón entre la potencia de salida y entrada del motor, expresada en porcentaje.
(NTE INEN 2 498, 2009)

Potencia de entrada:

Es un parámetro que indica la potencia eléctrica que toma el motor de la línea.(NTE INEN 2 498, 2009)

Potencia de salida:

Es la potencia mecánica disponible en la salida del motor en el eje, este es el encargado de transmitir la velocidad y torque.(NTE INEN 2 498, 2009)

Potencia nominal:

Es la potencia mecánica máxima de salida en condiciones normales indicada en la placa del motor.(NTE INEN 2 498, 2009)

Pérdidas por efecto Joule:

Son causadas por la circulación de corriente en los conductores del estator y rotor, que se muestran en forma de calor. (NTE INEN 2 498, 2009)

Pérdidas por fricción:

Son causadas por la oposición de rodamientos al movimiento mecánico.(NTE INEN 2 498, 2009)

Antecedentes

AIS es una empresa ecuatoriana legalmente constituida, situada en la ciudad de Quito desde el año 2012, que no cuenta con una normativa aplicable para el procedimiento de pruebas de motores eléctricos trifásicos, el proceso se lo realiza de manera empírica y por experiencia de los trabajadores lograda a través de los años.

La problemática que se evidencia dentro de la organización consiste que, al recibir un motor en la planta, no cuenta con un procedimiento para comprobar el correcto funcionamiento de éste. El mismo se realiza de forma empírica, con la finalidad de diagnosticar su posible fallo y corregirlo. Ya cumplido con el arreglo del motor se realiza su comprobación de manera no técnica. En caso de no percibir fallas se procede a enviar a la organización para su montaje. Con la finalidad de cumplir con los requerimientos del actual mercado y la necesidad de adaptarse al mismo, se vuelve indispensable la aplicación de una norma técnica que garantice la calidad del servicio prestado al cliente o contratante.

Justificación

La elaboración del protocolo de pruebas de laboratorio para motores eléctricos de corriente alterna asincrónicos es **importante** para la organización, debido a que constituye una guía técnica para el desempeño del proceso de pruebas de motores, garantizándose de este modo la calidad del servicio prestado.

El **impacto** que genera a la organización el contar con una guía técnica procedimental para la realización de las pruebas de motores radica en una reducción del tiempo de ejecución de las mismas, un incremento de calidad en el desarrollo del proceso; así como una mayor satisfacción en los clientes

La propuesta se considera de gran **utilidad**, para la organización pues tendrá una guía técnica procedimental para la realización de pruebas a los motores. La misma, podrá aspirar en un futuro a la certificación de dicho proceso por parte de organismos nacionales e internacionales.

Con la presente propuesta se **beneficiará** tanto la organización como los clientes; para la primera, le permite contar con una guía técnica procedimental en correspondencia a su objeto social. Con respecto a los clientes los mismos recibirán un servicio dentro de los estándares de calidad, con su respectiva reducción de fallas en el equipamiento.

La propuesta se considera **factible**, debido a que se cuenta con el total apoyo por parte de la directiva de la organización. Además, se tiene acceso a toda la información requerida para su elaboración tomando como referencia la norma NTE INEN 2 498:2009.

Objetivo General

Elaborar el protocolo de pruebas de laboratorio correspondiente a motores de corriente alterna asincrónico trifásico, mediante la revisión bibliográfica de la norma NTE INEN 2 498:2009, para ser validados por la empresa AIS.

Objetivo Específicos

- Diagnosticar la situación actual con respecto a las pruebas de laboratorio en motores de corriente alterna trifásicos, mediante la aplicación de herramientas de Ingeniería Industrial para identificar la problemática existente en el servicio.
- Diseñar un protocolo de pruebas a motores trifásicos de corriente alterna, mediante la aplicación de la norma NTE INEN 2 498:2009, para que la organización cuente con un instrumento directriz respecto a dicha actividad.
- Proponer diagramas de flujo correspondientes a cada una de las pruebas de laboratorio que se deben realizar a los motores trifásicos de CA, mediante la aplicación de la norma BPMN, con la finalidad de lograr una representación gráfica y detallada del proceso a realizar.

CAPÍTULO II INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual

Es de suma importancia conocer si la organización maneja o se rige por un procedimiento para realizar la comprobación del funcionamiento de los motores eléctricos trifásicos asincrónicos de corriente alterna a un nivel de voltaje de 220 y 440 voltios, como se puede observar en la **Figura 5**. Tanto, al ingresar a la planta con vistas a la realización de sus respectivas pruebas, así como para la ejecución de forma satisfactoria previo a su entrega a los clientes.

Figura 5:

Motores asincrónicos de 440 Voltios

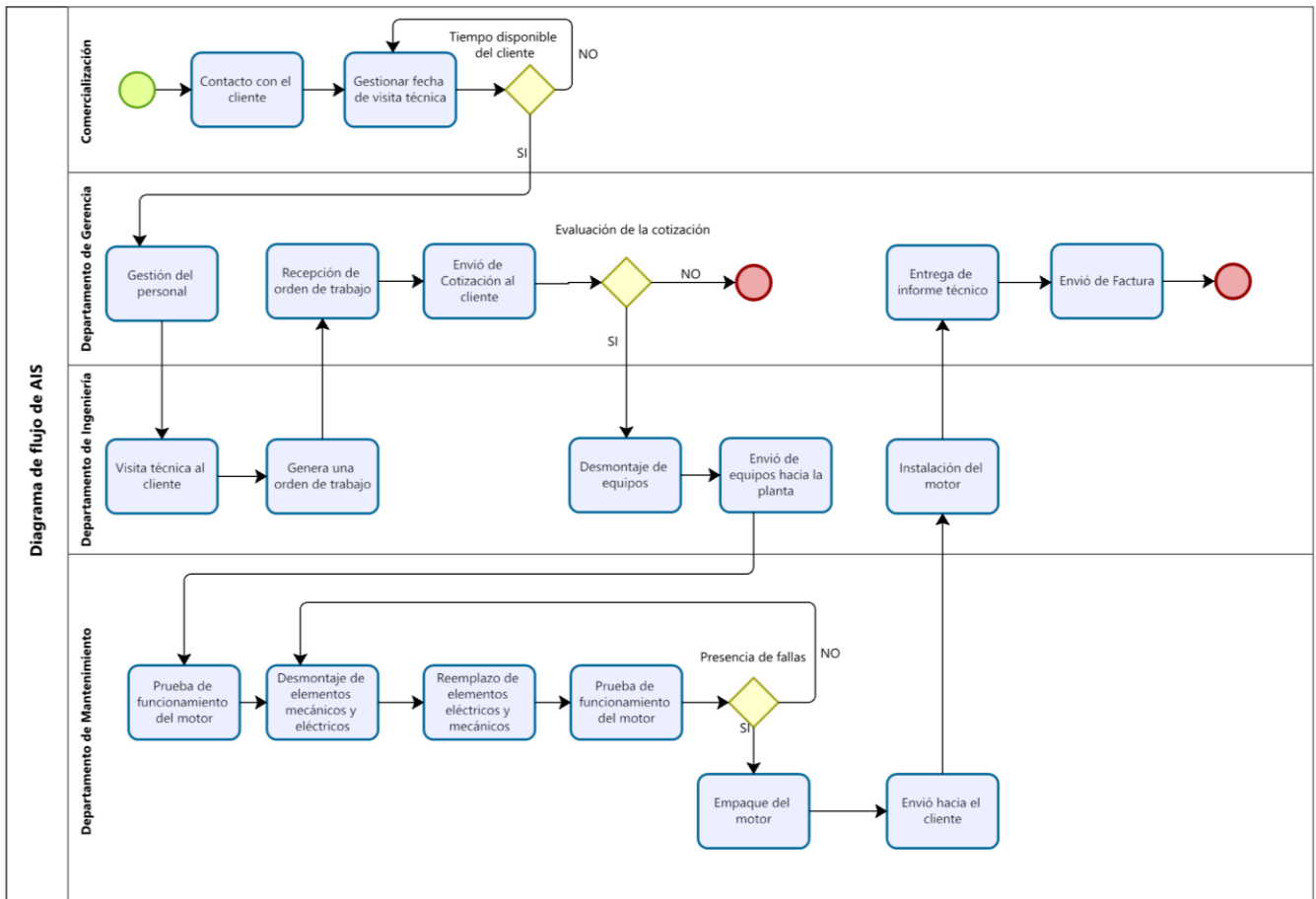


Nota. Motores de izaje y trolley enviados de La libertad hacia Quito, AIS.

En visitas realizadas a la instalación se pudo apreciar mediante un recorrido en la misma cómo se realizaba el proceso de mantenimiento y pruebas de funcionamiento de los motores asincrónicos de corriente alterna trifásicos del cual se obtuvo el diagrama de flujo bajo la normativa BPMN que se encuentra en la **Figura 6**.

Figura 6:

Diagrama de flujo



Nota. Diagrama de flujo, del proceso de mantenimiento de motores de AIS. Elaborado: Por el autor.

Durante las visitas realizadas hacia la Empresa se pudo evidenciar el proceso de pruebas de motores ejecutados en la misma; así como conocer si el nivel de calificación técnica por parte de los operarios se encuentra en correspondencia con la actividad que realizan, como se evidencia en la **Figura 7**; también las herramientas y actividades empleadas en dicho proceso **Figura 8**, de lo cual se pudo concluir lo siguiente: carencia documental de los protocolos necesarios para la realización de las pruebas en los motores objetos de estudios, a través de la norma NTE INEN 2 498:2009. Como resultado de las visitas

realizadas se pueden realizar un análisis aplicando la herramienta ingenieril denominada diagrama de Ishikawa para determinar la causa del problema de la organización como se observa en la **Figura 9**.

Figura 7:

Personal encargado de realizar pruebas



Nota. La figura muestra al personal probando un motorreductor en AIS.

Figura 8:

Pruebas de motores



Nota. Pinza amperimétrica empleada para comprobar el consumo de corriente AIS.

Figura 9:

Diagrama de Ishikawa



Nota. Diagrama causa-efecto del análisis del procedimiento de pruebas a motores eléctricos trifásicos de CA en AIS. Elaborado. Por el autor.

Para el desarrollo del diagrama presentado en la **Figura 9**, se encontró dentro del procedimiento de pruebas de funcionamiento de motores, el problema principal, se da por la ausencia de un protocolo para ejecutar las pruebas de funcionamiento del motor de corriente alterna, éste se realiza de forma empírica, no considerando un procedimiento que se rija por una norma que garantice la calidad del servicio prestado. Mediante la aplicación del diagrama Causa-Efecto, se puede valorar al respecto, la falta de un protocolo establecido o regido por la normativa NTE INEN 2 498:2009 para ejecutar las pruebas de funcionamiento de motores trifásicos asincrónicos de corriente alterna, la carencia de elementos e instrumentos y la

calificación necesaria del personal para realizar la tarea como se puede observar en el **Anexo 4** y **Anexo 5**.

Se recabo información sobre la importancia de los motores dentro de la empresa, a través, de las facturas generadas de las ventas, reparaciones y mantenimientos, desde el año 2019 hasta el 2021. Para la investigación no ha sido considerado el año 2022 por no haberse efectuado el cierre respectivo del mismo. En la **Tabla 2**, se puede evidenciar el cálculo del porcentaje de facturas que involucran a motores, mediante la división de las facturas relacionadas con el número total de las mismas, dando como resultado los siguientes porcentajes 27%, 26%, 38% para el período desde el año 2019 al 2021 respectivamente.

Tabla 2:

Facturación

Período	Número total de facturas	Relacionadas con Motores	% de Facturas que involucran motores
2019	144	39	27 %
2020	119	31	26 %
2021	99	38	38 %

Nota. Datos obtenidos del historial de facturación de la organización, porcentajes calculados de la división del número de facturas sobre las relacionadas con motores. Elaborado. Por el autor.

De los datos obtenidos del historial de facturación, se procede a separar de cada período las facturas que fueron destinadas a ventas de equipos nuevos, equipos que se realizaron mantenimiento tanto preventivo como correctivo y equipos que fueron destinados para reparar como se puede evidenciar en la **Tabla 3**. Se calcula el porcentaje de participación de cada una dentro del período establecido como la división del total de facturas

donde intervienen motores para ventas, mantenimiento y reparación cuyos resultados están en la **Tabla 4**. Por ejemplo: el porcentaje de participación de ventas del período 2019 se calcula 39 dividido para 14 obteniendo en 36% de participación.

Tabla 3:

Facturas de motores

Facturas				
Período	Venta	Mantenimiento	Reparación	Total
2019	14	22	3	39
2020	8	15	8	31
2021	9	17	12	38
Total	31	54	23	108

Nota. Número de facturas de ventas, mantenimiento y reparación de motores por parte de AIS.

Elaborado. Por el autor.

Tabla 4:

Porcentajes de Facturas

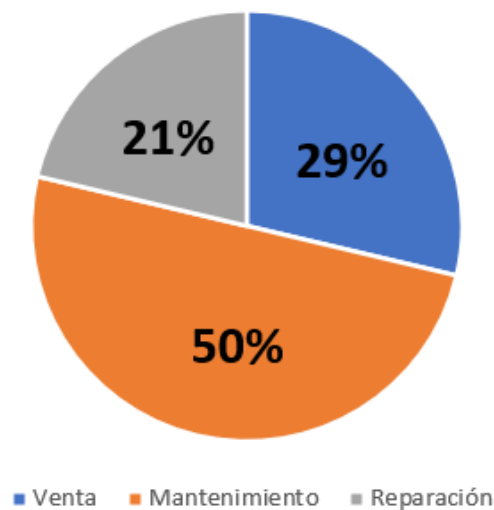
Facturas			
Período	Venta	Mantenimiento	Reparación
2019	36%	56%	8%
2020	26%	48%	26%
2021	24%	45%	32%

Nota. Porcentaje de participación de ventas, mantenimiento y reparación de motores en cada período. Elaborado. Por el autor.

Los resultados obtenidos de la **Tabla 3** al sumar de forma vertical se obtienen los totales de participación de ventas, mantenimiento y reparación de motores para los tres períodos considerados en la investigación. El cálculo de porcentaje se calcula dividiendo el total de cada columna para el total de facturas involucradas, por ejemplo: las facturas de mantenimiento son 54 se divide para el total que son 108 da como resultado 50% de participación de los tres períodos evaluados, los resultados se encuentran en la **Figura 10**.

Figura 10:

Porcentaje de participación en los tres períodos.



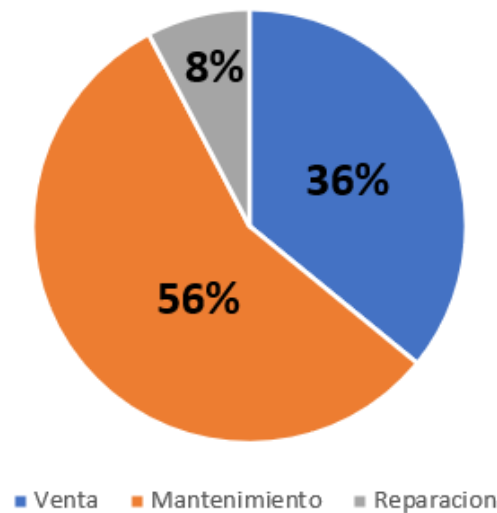
Nota: Participación de ventas, mantenimiento y reparación durante 2019 hasta 2021.

Elaborado. Por el autor.

Con los datos de la **Tabla 4**, para el período de facturación 2019 se pueden observar en la **Figura 11**, los porcentajes de participación calculados donde se ven involucrados motores para venta, mantenimiento y reparación que son resultado de la división del número total de facturas generadas en este período para cada categoría por ejemplo: el porcentaje de ventas se obtiene de la división de 14 facturas involucradas para 39 que es el total de facturas que implican motores, obteniendo un 36% de participación.

Figura 11:

Porcentaje de participación para el período 2019.



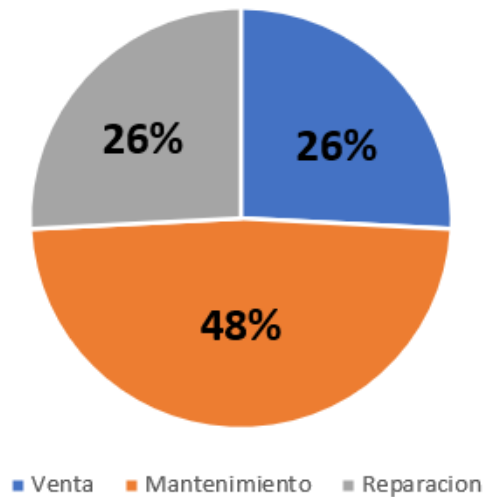
Nota. Participación de ventas, mantenimiento y reparación en el período 2019. Elaborado.

Por el autor.

Con los datos de la **Tabla 4**, para el período de facturación 2020 se pueden observar en la **Figura 12** los porcentajes de participación donde se ven involucrados motores para venta, mantenimiento y reparación que son resultado de la división del número total de facturas generadas para cada una de las categoría por ejemplo: el porcentaje de mantenimiento de equipos tanto preventivos como correctivos, se obtiene de la división de 15 facturas involucradas para 31 que es el total de facturas que implican motores, dando como resultado el 48% de participación.

Figura 12:

Porcentaje de participación para el período 2020.

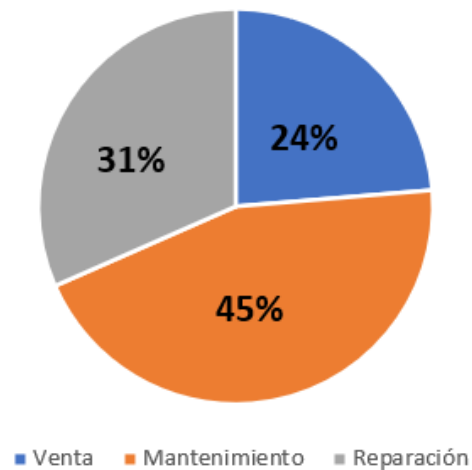


Nota. Participación de ventas, mantenimiento y reparación en el período 2020. Elaborado. Por el autor

Con los datos de la **Tabla 4**, para el período de facturación 2021 se pueden observar en la **Figura 13** los porcentajes de participación donde se ven involucrados motores para venta, mantenimiento y reparación que son resultado de la división del número total de facturas generadas para cada una de las categoría por ejemplo: el porcentaje de reparaciones de equipos, se obtiene de la división de 12 facturas involucradas para 38 es el total de facturas que implican motores, dando como resultado el 31% de participación.

Figura 13:

Porcentaje de participación del período 2021.



Nota. Participación de ventas, mantenimiento y reparación en el período 2021. Elaborado.

Por el autor.

Área de estudio

Dominio: Empresa, Sociedad y Tecnología. ESTec.

Línea de investigación: Sistemas Industriales.

Sub línea de investigación: Producción, análisis, diseño, simulación, logística, validación, P+L1, mantenimiento y mejora de sistemas productivos combinando calidad, costo y tiempos de entrega oportunos.

Campo: Ingeniería Industrial.

Área: Calidad.

Aspecto: Protocolo de pruebas de laboratorio para motores asincrónicos trifásicos de corriente alterna.

Objetivo de estudio: AYALA INDUSTRIAL SOLUTIONS (AIS).

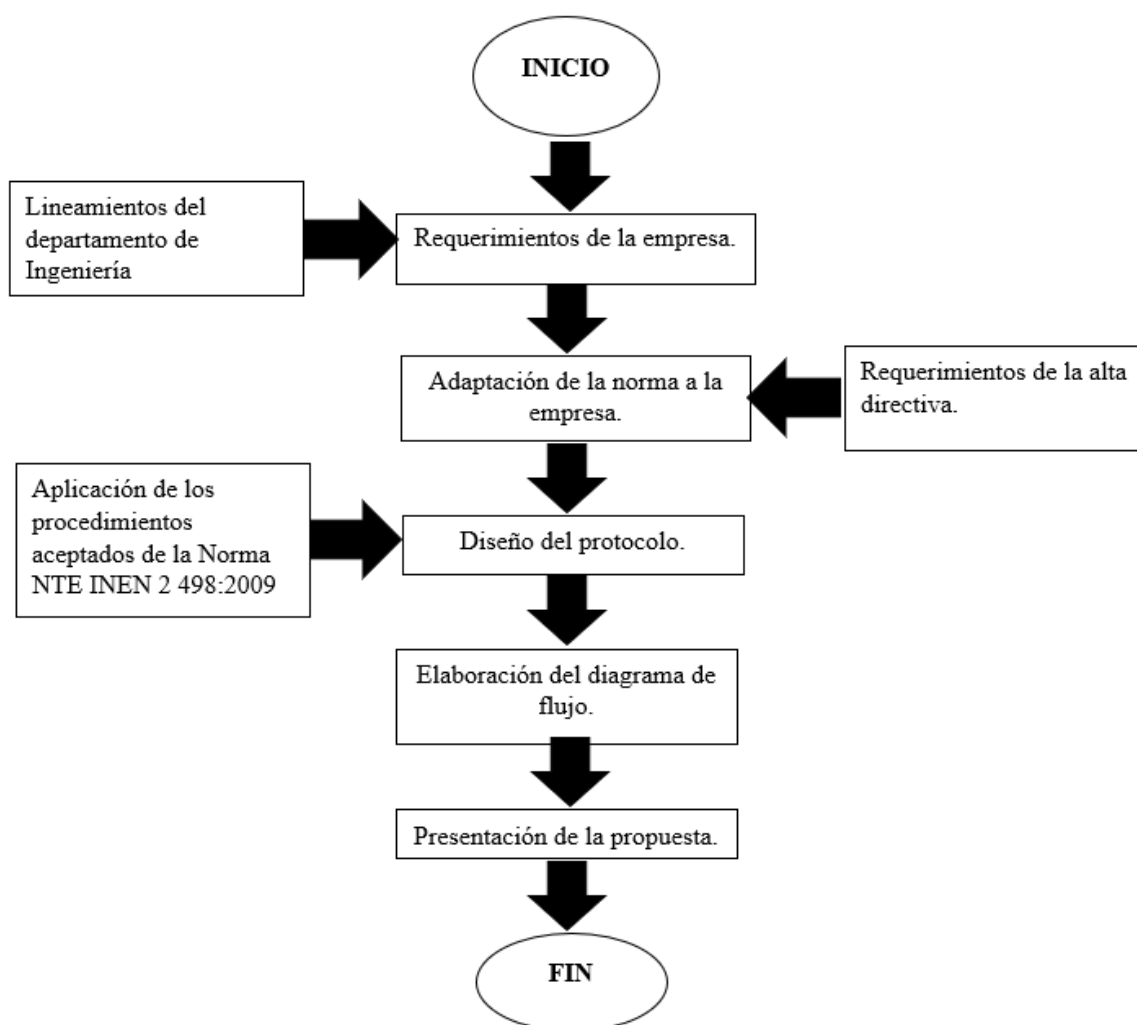
Período de análisis: 2019-2021

Modelo Operativo.

El presente esquema que se propone se basa en un modelo operativo enfocado en lograr los objetivos planteados, como se observa en la **Figura 14**.

Figura 14:

Modelo Operativo



Nota. Diagrama de bloques desarrollado para alcanzar el objetivo. Fuente:

Dimensionamiento de un grupo electrógeno mediante la identificación de la carga eléctrica instalada en la planta de agua potable la fortuna, en el cantón Shushufindi provincia de Sucumbíos. Elaborado. Por el autor.

Requerimientos de la empresa: el departamento de ingeniería de la Empresa elabora los lineamientos, al ser el encargado de ejecutar las pruebas de motores eléctricos trifásicos asincrónicos de corriente alterna; al ser el personal especializado en manejar los distintos parámetros que se deben verificar en el proceso, entre ellos el voltaje nominal requerido.

Adaptación de la norma a la empresa: se efectuará la revisión y aprobación de los requerimientos planteados por parte de la alta directiva de la organización. Una vez aceptados se eligen y adaptan los distintos ítems aplicables de la norma con cada uno de los parámetros manifestado.

Diseño del protocolo: se desarrollan los ítems que indica la norma para el cumplimiento de cada una de las pruebas de los motores.

Elaboración del diagrama de flujo: se realizan los respectivos diagramas de flujo de cada uno de los protocolos planteados para la ejecución de las pruebas de laboratorio.

Presentación de la propuesta: culminado los distintos protocolos de pruebas de laboratorio de motores eléctricos trifásicos asincrónicos de corriente alterna, se presentará a la alta directiva que será la encargada de la revisión, aprobación y ejecución de éstos.

CAPÍTULO III


PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Desarrollo de la propuesta.

El proyecto investigativo se basa en el desarrollo del modelo operativo propuesto en la **Figura 14** con el propósito de conseguir los objetivos planteados. Mediante la selección de la norma relacionada con procedimientos de pruebas de motores, la cual es la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 498:2009 denominada EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS. REQUISITOS como se puede evidenciar en el **Anexo 1** que contiene procedimientos de pruebas de motores monofásicos y trifásicos. A partir de la norma NTE INEN 2 498:2009 se realizará una adecuación de la misma a las condiciones y requerimientos de la Empresa. Los procedimientos para realizar las distintas pruebas de funcionamiento de motores seleccionadas constarán de un diagrama de flujo bajo la normativa BPMN, los cuales se desarrollarán en este capítulo.


Con las condiciones y requerimientos claros por parte de la empresa se debe diseñar el protocolo para los distintos manuales de procedimientos, en el cual se define cada actividad a realizar en las distintas pruebas de laboratorio para motores eléctricos asincrónicos trifásicos de corriente alterna a un voltaje de 220 y 440 voltios, bajo un formato manejado por la organización, que contenga los requisitos necesarios a cumplir por un protocolo, los cuales consisten en: portada, índice de contenido, objetivos, alcance, responsables, definiciones, equipos, desarrollo de las actividades a realizar en cada prueba de funcionamiento para motores trifásicos de corriente alterna, diagrama de flujo y registros.

**PROTOCOLO DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARA
MOTORES ELÉCTRICOS ASINCRÓNICOS TRIFÁSICOS DE
CORRIENTE ALTERNA**

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba	VERSIÓN	001
	Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	Página	1 / 14




Protocolo de Pruebas de laboratorio
Condiciones de la prueba y
Procedimiento de pruebas de motores
asincrónicos trifásicos de corriente
alterna

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba	VERSIÓN	001
	Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	Página	2 / 14



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	3
2. ALCANCE.....	3
3. RESPONSABLES.....	3
4. DEFINICIONES.....	3
5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPOS DE PRUEBA.....	6
6. DESARROLLO.....	7
7. DIAGRAMA DE FLUJO.....	13
8. REGISTRO.....	14

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	VERSIÓN	001
		Página	3 / 14

1. OBJETIVO

Establecer los parámetros necesarios que deben de cumplirse en cada una de las pruebas de laboratorio correspondiente a motores asincrónicos de corriente alterna a 220 y 440 voltios, mediante la adaptación de la norma NTE INEN 2 498:2009, con la finalidad de garantizar los estándares indicado en los parámetros nominales del equipo.

2. ALCANCE

Este protocolo aplica para el área de pruebas de motores asincrónicos trifásicos de 220 y 440 voltios de corriente alterna.

3. RESPONSABLES


Jefe de ingeniería: persona responsable de dar seguimiento y verificar el cumplimiento del procedimiento descrito en el presente instructivo.

Colaborador: persona responsable de llevar a cabo las pruebas de laboratorio de motores asincrónicos e informar de las novedades presentes durante la ejecución de las pruebas.

4. DEFINICIONES

Eficiencia. Es la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada, expresada en porcentaje y se puede calcular con las siguientes expresiones:

- $[\text{Potencia de salida} / \text{potencia de entrada}] \times 100.$
- $[(\text{Potencia de entrada} - \text{pérdidas}) / \text{potencia de entrada}] \times 100.$
- $[\text{Potencia de salida} / (\text{potencia de salida} + \text{pérdidas})] \times 100.$

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	VERSIÓN	001
		Página	4 / 14

Eficiencia mínima asociada. Valor mínimo de eficiencia que debe cumplir un motor eléctrico.

Eficiencia nominal (η). Valor de la eficiencia indicado en la placa o chapa del motor eléctrico.

Motor eléctrico. Es una máquina que tiene la función de convertir energía eléctrica en energía mecánica.

Motor eléctrico trifásico. Es un motor que utiliza energía eléctrica de corriente alterna trifásica para desarrollar su trabajo.

Motor eléctrico abierto. Es un motor que posee aberturas para ventilación, la función de estas es permitir el paso del aire exterior hacia el embobinado para el enfriamiento.

Motor eléctrico cerrado. Es un motor en el cual la armazón impide el intercambio entre el exterior e interior de aire.

Motor eléctrico de inducción. Se conecta un elemento ya sea el rotor o el estator a la fuente de energía y el otro elemento no conectado trabaja por inducción electromagnética.


Motor eléctrico estacionario. Durante el funcionamiento no puede desplazarse, comúnmente utilizado para mover máquinas fijas.

Motor eléctrico tipo jaula de ardilla. Es un motor cuyos conductores del rotor son barras ubicadas en las ranuras del núcleo secundario.

Potencia de entrada. Es un parámetro que indica la potencia eléctrica que toma el motor de la línea.

Potencia de salida. Es la potencia mecánica disponible en la salida del motor en el eje, este es el encargado de transmitir la velocidad y torque.

Potencia nominal. Es la potencia mecánica máxima de salida en condiciones normales indica en la placa del motor.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	VERSIÓN	001
		Página	5 / 14

Dinamómetro. Dispositivo que permite aplicar una carga mecánica en un motor de manera continua y controlada, durante su funcionamiento puede incluir dispositivos para medir el par torsional y la frecuencia de rotación.

Factor de Corrección del Dinamómetro (FCD). Es el par torsional requerido para superar la oposición al movimiento durante la condición de carga mínima.

Pérdidas en el núcleo. Causadas por las alternaciones generadas por el campo magnético en el material activo del estator y el rotor por efectos de histéresis y corrientes parásitas.

Pérdidas indeterminadas. Estas son la parte de las pérdidas que no se encuentran en la suma de las pérdidas por efecto Joule en el estator y en el rotor, las pérdidas en el núcleo, y pérdidas por fricción y ventilación.

Pérdidas por efecto Joule. Son causadas por la circulación de corriente en los conductores del estator y rotor, que se muestran en forma de calor.

Pérdidas por fricción y ventilación. Son causadas por la oposición que muestran ventiladores y rodamientos al movimiento mecánico.

Pérdidas totales. Es la resta de la potencia de entrada y la potencia de salida.


Potencia de entrada. Potencia eléctrica tomada de la línea por parte del motor.

Potencia de salida. Potencia mecánica utilizable en el eje del motor.

Potencia nominal. Potencia descrita en la placa de la información del motor o conocida como potencia mecánica de salida.

Régimen continuo. Régimen nominal que debe efectuar un motor en funcionamiento continuo.

Régimen nominal. Es el estado de funcionamiento a tensión y frecuencia eléctricas nominales, medidas en los terminales, en la que el motor desarrolla los valores indicados en su placa o chapa de características.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba	VERSIÓN	001
	Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	Página	6 / 14

Resistencia entre terminales del motor. Resistencia medida entre dos terminales en la caja de bornes del motor.

Torquímetro. Dispositivo acoplado entre los ejes del motor y del dinamómetro, cuya función es transmitir y medir el par de torsión. Dependiendo de la capacidad puede determinar la potencia mecánica desarrollada por el motor.


5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPOS DE PRUEBA

Los equipos de medición necesarios para llevar a cabo la medición deben elegirse con el propósito que el valor leído esté incluido en el intervalo de la escala recomendado por el fabricante del equipo, o en su defecto, dentro del tercio superior de la escala de éste. Los instrumentos digitales que sean necesarios para la ejecución de las pruebas de motores deberán estar calibrados con una incertidumbre máxima de $\pm 0,5\%$ de plena escala.

Cuando los transformadores de corriente y potencial sean necesarios, se deben hacer correcciones para tener en cuenta los errores de relación y fase en las lecturas de voltaje, corriente y potencia eléctricas. Los errores del transformador de corriente y potencial no deben ser mayores de 0,5%.

El dinamómetro debe elegirse de modo que, en su carga mínima, la potencia de salida del motor solicitada no supere el 15% de su potencia. Para evitar la influencia del acoplamiento del motor con él, durante el desarrollo de los ensayos de equilibrio térmico, con carga de trabajo mínima posible sobre el dinamómetro, estos se deben realizar sin desacoplar el motor entre ellos. Los equipos necesarios para desarrollar la prueba tanto de medición, equipos y aparatos los siguientes:

- Multímetro a cuatro terminales.
- Equipo que sea capaz de controlar la tensión de alimentación.


	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	VERSIÓN	001
		Página	7 / 14

- Equipo que tenga la capacidad de medir o detectar temperatura por resistencia o termopares.
- Equipo para el control de la tensión de alimentación.
- Frecuencímetro.
- Voltímetros.
- Amperímetros.
- Vatímetro trifásico.
- Dinamómetro.
- Torquímetro.
- Tacómetro.
- Cronometro.

6. DESARROLLO

Condiciones de la prueba:

- Todo motor que sean objeto de pruebas de funcionamiento deberá estar en posición horizontal.
- La frecuencia eléctrica de la fuente de alimentación para las distintas pruebas será la frecuencia eléctrica nominal que se muestra en la chapa o placa de identificación del motor con una variación de $\pm 0,5\%$.
- La tensión de alimentación eléctrica en corriente alterna para el ensayo, será la tensión eléctrica nominal indicada en la chapa o placa de identificación del motor, medida en los terminales, sin superar el $\pm 0,5\%$, con un desequilibrio máximo autorizado de $\pm 0,5\%$.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba	VERSIÓN	001
	Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	Página	8 / 14

- El porcentaje de desequilibrio es igual a 100 veces como máximo la tensión eléctrica de cada fase por la tensión eléctrica media, dividida por la tensión media.
- La Distorsión Armónica Total (DAT) de la onda de tensión eléctrica no debe superar el 5%. La DAT puede ser expresado en forma de porcentaje y se calcula con la siguiente formula:

$$DAT = \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n V_i^2}{V_1^2}} \right] * 100$$

Donde:

V_i = Amplitud de cada armónica.


V_1 = Amplitud de la fundamental.

Procedimiento de prueba.

Antes de iniciar la ejecución de los ensayos o pruebas se debe registrar la temperatura y el valor óhmico de los devanados del estator. Para esto, es necesario ubicar al interior del motor al menos dos detectores de temperatura de resistencia o termopares, o en cada una de las cabezas de los devanados, o en las muescas del núcleo del estator, asegurándose de que permanezcan fuera de las trayectorias destinadas por el enfriamiento del motor.

a) Parámetros iniciales.

Se procede a medir las resistencias entre los terminales de los devanados del estator y la temperatura correspondiente. Con los datos resultantes de la medición anterior se deben registrar parámetros que se describen a continuación:

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	VERSIÓN	001
		Página	9 / 14

- 1) Resistencias medidas entre los terminales de los devanados del estator entre R1-2, R1-3 y R2-3, en ohmios. Posteriormente se calcula de la resistencia de referencia (R_i), será el valor más cercano a la media de las registradas.
- 2) La media de las temperaturas presentes en los devanados del estator (t_i), medida en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- 3) La temperatura ambiente registrada en el momento a realizar el ensayo o prueba (t_{ai}), medida en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).


b) Prueba para alcanzar el equilibrio térmico.

A través de esta prueba o ensayo, se puede determinar la resistencia y temperatura de los devanados del motor que funciona a plena carga. El motor funciona a la velocidad nominal hasta que logre alcanzar el equilibrio térmico en cada uno de los sensores de temperatura empleados. Los terminales ubicados en la línea del motor deben ser desenergizados y desconectados, se proceden a hacer la medición y registro de la resistencia entre los terminales determinados en el inciso a de este procedimiento y el tiempo especificado en la tabla 1.

Tabla1. Tiempo al cual se debe realizar la medición de la resistencia de referencia de los devanados del estator.

Potencia Nominal en kW	Tiempo (s)
37,5 o menor	30 segundos
Mayor de 37,5 a 150	90 segundos
Mayor a 150	120 segundos

b.1) Cuando excede el tiempo determinado por la normativa descrita en la tabla 1, se dibuja la curva de enfriamiento fundamentada en la resistencia entre el par de terminales de referencia, usando mínimo 10 valores separados por 30 segundos, para determinar la

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	VERSIÓN	001
		Página	10 / 14


resistencia al tiempo de espera detallado en la tabla 1. Cuando los tiempos detallados en la tabla 1 son más del doble para la primera lectura en el registro, se cancela y se repite el ensayo o prueba. Se debe medir y registrar los siguientes puntos:

- 1) Resistencia entre las terminales de referencia (R_f), medidos en ohmios.
- 2) La media de las temperaturas manifestadas en los devanados del estator (t_f), en °C
- 3) La temperatura La media de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, (t_{af}), medida en grados Celsius (°C).
- 4) El tiempo en que se estableció la resistencia (R_f), medida en segundos (s).

c) Prueba de funcionamiento.

Al finalizar la prueba anterior, se opera el motor a su voltaje eléctrico medido en los terminales, frecuencia eléctrica y potencia nominales, hasta recuperar el equilibrio térmico. Se deben aplicar de manera descendente dos valores de carga arriba de la potencia nominal, 130% y 115%; así como cuatro valores de carga al 100%, 75%, 50% y 25% de la potencia nominal, con una tolerancia de $\pm 2\%$. Los siguientes parámetros son medidos y registrados para cada valor de carga:

- 1) La media de los voltajes entre terminales, medidos en voltios (V).
- 2) Frecuencia eléctrica de alimentación, en Hz
- 3) La media de las corrientes eléctricas de línea (I_m), medidos en amperios (A).
- 4) La potencia de entrada (P_e), en kW
- 5) El par torsional del motor (T_m), en N·m
- 6) La frecuencia de rotación (n_m), en min-1
- 7) La media de las temperaturas descubiertas en los devanados del estator para cada uno de los valores de carga, (t_m), medida en grados Celsius (°C).

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba	VERSIÓN	001
	Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	N	
		Página	11 / 14

8) La temperatura ambiente para cada uno de los valores de carga (t_{am}), en °C.

d) Carga mínima posible en el dinamómetro.


El dinamómetro se debe configurar a su carga mínima y el motor se pone en funcionamiento a su voltaje eléctrico medido en los terminales y frecuencia eléctrica nominal, hasta que la potencia de entrada no cambie más del 3% durante un período de 30 minutos. Con la potencia de entrada afianzada a la carga mínima del dinamómetro, se procede a realizar la medición y registro de los siguientes puntos:

- 1) La media de los voltajes entre los terminales, medidos en voltios (V).
- 2) La frecuencia eléctrica de alimentación, en Hz
- 3) La media de las corrientes eléctricas de línea, ($I_{mín}$), medidas en amperios (A).
- 4) La potencia de entrada, ($P_{mín}$), en kW
- 5) El par torsional del motor, ($T_{mín}$), en N·m
- 6) La frecuencia de rotación, ($n_{mín}$), en min⁻¹
- 7) La media de las temperaturas descubiertas por los sensores de temperatura empleados en los devanados, ($t_{mín}$), medidos en grados Celsius (°C).
- 8) Se comprueba que el motor bajo prueba contenga en su placa o chapa la potencia de salida (P_d) y esta sea menor al 15% de su potencia nominal. Donde P_d , en kW, se calcula de la siguiente manera:

$$P_d = \frac{T_{min} \times n_{min}}{9549} \quad [kW]$$

e) Prueba de operación en vacío.

El motor se desacopla del dinamómetro y funciona en vacío a su voltaje eléctrico nominal en los terminales del motor a su frecuencia eléctrica nominales hasta que la potencia de entrada no varía más del 3% durante un período de 30 minutos. En forma

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba	VERSIÓN	001
	Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	Página	12 / 14

descendente se emplean tres o más valores de voltaje entre el 125% y el 60% del voltaje eléctrico nominal aplicado, alejados uniformemente; de manera similar, tres o más valores entre el 50% y el 20% del voltaje de alimentación nominal o donde la corriente eléctrica de línea de alimentación llega al mínimo o se vuelve inestable. Para cada uno de los valores de voltaje, se debe medir y registrar:

- 1) La media de los voltajes medidos entre los terminales, medidos en voltios (V).
- 2) La frecuencia eléctrica de alimentación, en Hz.
- 3) La media de las corrientes eléctricas de línea, (I_0), medida en amperios (A).
- 4) La potencia de entrada en vacío, (P_0), en kW
- 5) La frecuencia de rotación, (n_0), en min-1
- 6) La media de las temperaturas descubiertas en los devanados del estator en cada valor de tensión, (t_0), medidas en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

7. DIAGRAMA DE FLUJO

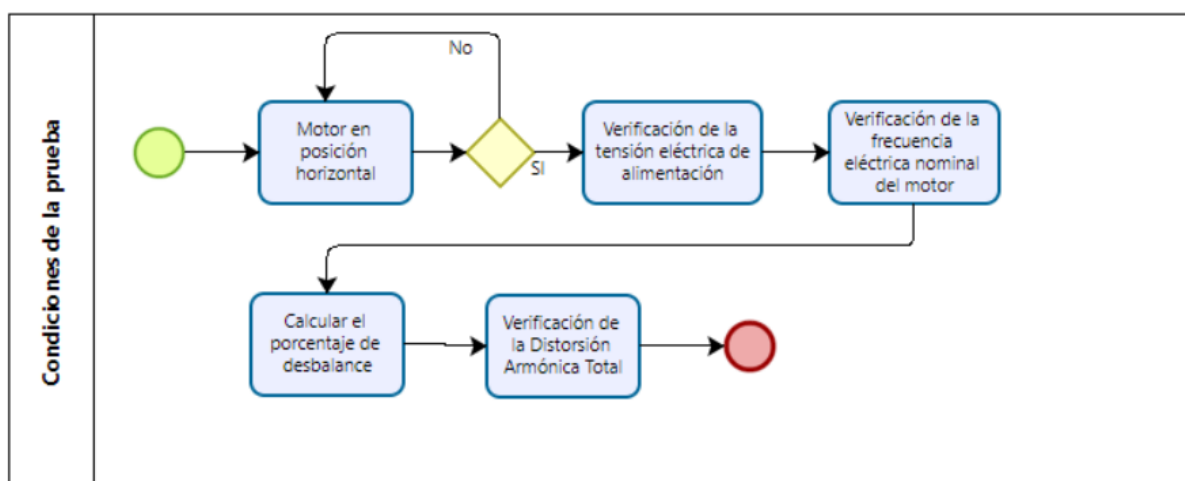



Ilustración 1: Condiciones que se debe tener para ejecutar de la prueba

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba	VERSIÓN	001
	Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	N	Página

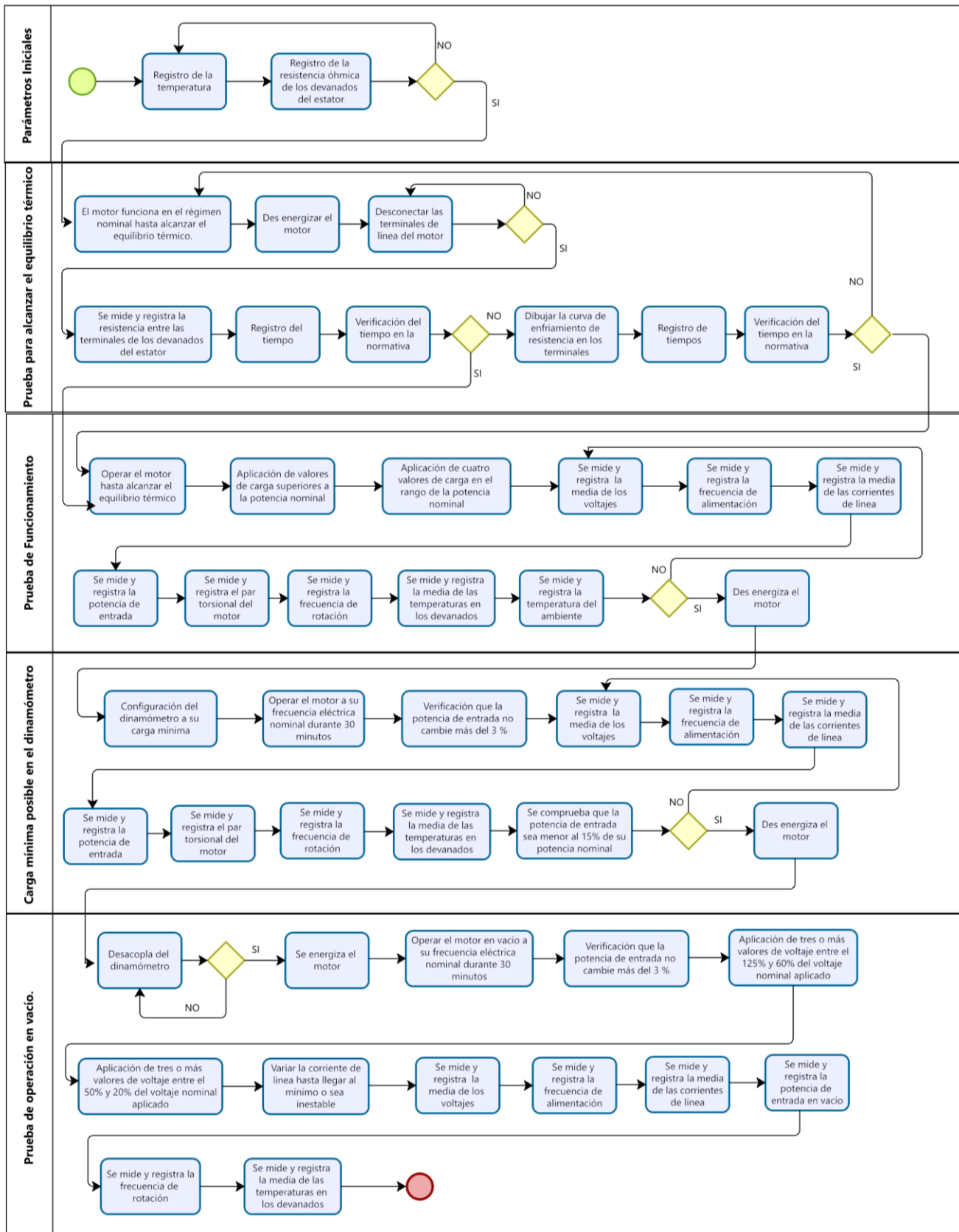




Ilustración 2: Condiciones de la prueba, procedimiento de pruebas de motores asincrónicos trifásicos.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Condiciones de la prueba	VERSIÓN	001
	Procedimiento pruebas de motores Asincrónicos trifásicos	N	
		Página	14 / 14

8. REGISTRO


ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Nombre:	Nombre:	Nombre:

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	1 / 17



Protocolo de Pruebas de laboratorio


Segregación de pérdidas

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	2 / 17



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	3
2. ALCANCE.....	3
3. RESPONSABLES.....	3
4. DEFINICIONES.....	3
5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPOS DE PRUEBA.....	6
6. DESARROLLO.....	7
7. DIAGRAMA DE FLUJO.....	15
8. REGISTRO.....	17

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	3 / 17

1. OBJETIVO

Establecer los parámetros necesarios que deben de cumplirse en cada una de las pruebas de laboratorio correspondiente a motores asincrónicos de corriente alterna a 220 y 440 voltios, mediante la adaptación de la norma NTE INEN 2 498:2009, con la finalidad de garantizar los estándares indicado en los parámetros nominales del equipo.

2. ALCANCE

Este protocolo aplica para el área de pruebas de motores **asincrónicos** trifásicos de 220 y 440 voltios de corriente alterna.

3. RESPONSABLES

Jefe de ingeniería: persona responsable de dar seguimiento y verificar el cumplimiento del procedimiento descrito en el presente instructivo.

Colaborador: persona responsable de llevar a cabo las pruebas de laboratorio de motores asincrónicos e informar de las novedades presentes durante la ejecución de las pruebas.


4. DEFINICIONES

Eficiencia. Es la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada, expresada en porcentaje y se puede calcular con las siguientes expresiones:

- $[\text{Potencia de salida} / \text{potencia de entrada}] \times 100.$
- $[(\text{Potencia de entrada} - \text{pérdidas}) / \text{potencia de entrada}] \times 100.$
- $[\text{Potencia de salida} / (\text{potencia de salida} + \text{pérdidas})] \times 100.$

Eficiencia mínima asociada. Valor mínimo de eficiencia que debe cumplir un motor eléctrico.

Eficiencia nominal (η). Valor de la eficiencia indicado en la placa o chapa del motor eléctrico.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	4 / 17

Motor eléctrico. Es una máquina que tiene la función de convertir energía eléctrica en energía mecánica.

Motor eléctrico trifásico. Es un motor que utiliza energía eléctrica de corriente alterna trifásica para desarrollar su trabajo.

Motor eléctrico abierto. Es un motor que posee aberturas para ventilación, la función de estas es permitir el paso del aire exterior hacia el embobinado para el enfriamiento.

Motor eléctrico cerrado. Es un motor en el cual la armazón impide el intercambio entre el exterior e interior de aire.

Motor eléctrico de inducción. Se conecta un elemento ya sea el rotor o el estator a la fuente de energía y el otro elemento no conectado trabaja por inducción electromagnética.

Motor eléctrico estacionario. Durante el funcionamiento no puede desplazarse, comúnmente utilizado para mover máquinas fijas.


Motor eléctrico tipo jaula de ardilla. Es un motor cuyos conductores del rotor son barras ubicadas en las ranuras del núcleo secundario.

Potencia de entrada. Es un parámetro que indica la potencia eléctrica que toma el motor de la línea.

Potencia de salida. Es la potencia mecánica disponible en la salida del motor en el eje, este es el encargado de transmitir la velocidad y torque.

Potencia nominal. Es la potencia mecánica máxima de salida en condiciones normales indica en la placa del motor.

Dinamómetro. Dispositivo que permite aplicar una carga mecánica en un motor de manera continua y controlada, durante su funcionamiento puede incluir dispositivos para medir el par torsional y la frecuencia de rotación.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	5 / 17

Factor de Corrección del Dinamómetro (FCD). Es el par torsional requerido para superar la oposición al movimiento durante la condición de carga mínima.

Pérdidas en el núcleo. Causadas por las alternaciones generadas por el campo magnético en el material activo del estator y el rotor por efectos de histéresis y corrientes parásitas.

Pérdidas indeterminadas. Estas son la parte de las pérdidas que no se encuentran en la suma de las pérdidas por efecto Joule en el estator y en el rotor, las pérdidas en el núcleo, y pérdidas por fricción y ventilación.

Pérdidas por efecto Joule. Son causadas por la circulación de corriente en los conductores del estator y rotor, que se muestran en forma de calor.

Pérdidas por fricción y ventilación. Son causadas por la oposición que muestran ventiladores y rodamientos al movimiento mecánico.

Pérdidas totales. Es la resta de la potencia de entrada y la potencia de salida.

Potencia de entrada. Potencia eléctrica tomada de la línea por parte del motor.


Potencia de salida. Potencia mecánica utilizable en el eje del motor.

Potencia nominal. Potencia descrita en la placa de la información del motor o conocida como potencia mecánica de salida.

Régimen continuo. Régimen nominal que debe efectuar un motor en funcionamiento continuo.

Régimen nominal. Es el estado de funcionamiento a tensión y frecuencia eléctricas nominales, medidas en los terminales, en la que el motor desarrolla los valores indicados en su placa o chapa de características.

Resistencia entre terminales del motor. Resistencia medida entre dos terminales en la caja de bornes del motor.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	6 / 17

Torquímetro. Dispositivo acoplado entre los ejes del motor y del dinamómetro, cuya función es transmitir y medir el par de torsión. Dependiendo de la capacidad puede determinar la potencia mecánica desarrollada por el motor.


5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPOS DE PRUEBA

Los equipos de medición necesarios para llevar a cabo la medición deben elegirse con el propósito que el valor leído esté incluido en el intervalo de la escala recomendado por el fabricante del equipo, o en su defecto, dentro del tercio superior de la escala de este. Los instrumentos digitales que sean necesarios para la ejecución de las pruebas de motores deberán estar calibrados con una incertidumbre máxima de $\pm 0,5\%$ de plena escala.

Cuando los transformadores de corriente y potencial sean necesarios, se deben hacer correcciones para tener en cuenta los errores de relación y fase en las lecturas de voltaje, corriente y potencia eléctricas. Los errores del transformador de corriente y potencial no deben ser mayores de 0,5%.

El dinamómetro debe elegirse de modo que, en su carga mínima, la potencia de salida del motor solicitada no supere el 15% de su potencia. Para evitar la influencia del acoplamiento del motor con él, durante el desarrollo de los ensayos de equilibrio térmico, con carga de trabajo mínima posible sobre el dinamómetro, estos se deben realizar sin desacoplar el motor entre ellos. Los equipos necesarios para desarrollar la prueba tanto de medición, equipos y aparatos los siguientes:

- Multímetro a cuatro terminales.
- Equipo que sea capaz de controlar la tensión de alimentación.
- Equipo que tenga la capacidad de medir o detectar temperatura por resistencia o termopares.


	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	7 / 17

- Equipo para el control de la tensión de alimentación.
- Frecuencímetro.
- Voltímetros.
- Amperímetros.
- Vatímetro trifásico.
- Dinamómetro.
- Torquímetro.
- Tacómetro.
- Cronometro.

6. DESARROLLO

Condiciones de la prueba:

- Todo motor que sean objeto de pruebas de funcionamiento deberá estar en posición horizontal.
- La frecuencia eléctrica de la fuente de alimentación para las distintas pruebas será la frecuencia eléctrica nominal que se muestra en la chapa o placa de identificación del motor con una variación de $\pm 0,5\%$.
- La tensión de alimentación eléctrica en corriente alterna para el ensayo, será la tensión eléctrica nominal indicada en la chapa o placa de identificación del motor, medida en los terminales, sin superar el $\pm 0,5\%$, con un desequilibrio máximo autorizado de $\pm 0,5\%$.
- El porcentaje de desequilibrio es igual a 100 veces como máximo la tensión eléctrica de cada fase por la tensión eléctrica media, dividida por la tensión media.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	8 / 17

- La Distorsión Armónica Total (DAT) de la onda de tensión eléctrica no debe superar el 5%. La DAT puede ser expresado en forma de porcentaje y se calcula con la siguiente formula:

$$DAT = \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n V_i^2}{V_1^2}} \right] * 100$$

Donde:

V_i = Amplitud de cada armónica.

V_1 = Amplitud de la fundamental.


Procedimiento de prueba.

Antes de iniciar la ejecución de los ensayos o pruebas se debe registrar la temperatura y el valor óhmico de los devanados del estator. Para esto, es necesario ubicar al interior del motor al menos dos detectores de temperatura de resistencia o termopares, o en cada una de las cabezas de los devanados, o en las muescas del núcleo del estator, asegurándose de que permanezcan fuera de las trayectorias destinadas por el enfriamiento del motor.

Parámetros iniciales.

Se procede a medir las resistencias entre los terminales de los devanados del estator y la temperatura correspondiente. Con los datos resultantes de la medición anterior se deben registrar parámetros que se describen a continuación:

- 1) Resistencias medidas entre los terminales de los devanados del estator entre R1-2, R1-3 y R2-3, en ohmios. Posteriormente se calcula de la resistencia de referencia (R_i), será el valor más cercano a la media de las registradas.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	9 / 17

- 2) La media de las temperaturas presentes en los devanados del estator (t_i), medida en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- 3) La temperatura ambiente registrada en el momento a realizar el ensayo o prueba (t_{ai}), medida en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

Segregación de pérdidas

a) Se determinan las pérdidas generadas por la fricción y ventilación y se realiza el cálculo de las pérdidas en el núcleo. Los cálculos que se describen a continuación permiten apartar el origen de las pérdidas en vacío:

- 1) Se procede a restar de la potencia de entrada medida en vacío, (P_0) las pérdidas de los devanados del estator (I^2R_{EO}) para cada uno de los valores de tensión eléctrica calculadas con la siguiente ecuación:

$$I^2R_{EO} = 0,0015 \times I_0^2 * R_{EO}$$

Donde:

I_0 = Promedio de las corrientes eléctricas de línea en vacío en amperios (A)


R_{EO} = Resistencia entre las terminales de referencia, en ohm, corregida al promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator para cada valor de tensión eléctrica, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$R_{EO} = R_i \times \frac{t_0 + K}{t_i + K} \quad [\Omega]$$

Donde:

R_i = Resistencia de referencia medidas en ohmios.

t_0 = Promedio de las temperaturas de los devanados para cada uno de los valores de tensión medidos en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	10 / 17

t_i = La media de las temperaturas de los devanados del estator en frío medidos en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).


K = Constante del material, en el caso del cobre puro toma el valor de 234,5.

Para otros tipos materiales presentes en los devanados, deberá consultar el valor descrito por el fabricante.

- 2) Se dibujar la curva la cual que contenga la potencia de entrada con el motor funcionando en vacío (P_0) menos las pérdidas en los devanados del estator (I^2R_{E0}) contra el voltaje en vacío, con cada uno de los valores de voltaje entre el 125% y el 60% del valor nominal.
 - 3) Se dibuja una curva que contenga los datos de la potencia de entrada en vacío (P_0) menos las pérdidas en los devanados del estator (I^2R_{E0}) frente al cuadrado de la tensión eléctrica, para cada uno de los valores de voltaje entre el rango de 50% y el 20% del valor nominal o hasta que el valor de la corriente eléctrica de línea sea mínima o inestable. Se extrapola la curva a la tensión eléctrica en vacío igual a cero. El valor de la potencia de entrada en este punto pertenece a las pérdidas generadas por la fricción y ventilación (P_{fv}).
 - 4) La curva resultante del punto anterior será objeto de cálculo de las pérdidas del núcleo, (P_h) a la tensión eléctrica nominal, restando de la potencia de entrada en vacío (P_0) las pérdidas en los devanados del estator (I^2R_{E0}) y las pérdidas generadas por la fricción y ventilación (P_{fv}).
- b) Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el estator.

Se calculan las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator (I^2R_m) para cada uno de los seis valores de carga, utilizando la siguiente ecuación:

$$I^2R_m = 0,0015 \times I_m^2 \times R_m \quad [kW]$$

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	11 / 17

Donde:

I_m = Promedio de las corrientes de línea en amperios (A).

R_m = Resistencia entre los terminales de referencia del estator, corregida a la temperatura de los devanados para cada valor de carga mediante la siguiente ecuación:

$$R_m = R_i \times \frac{t_m + K}{t_i + K} \quad [\Omega]$$

Donde:

R_i = Resistencia en ohm

t_m = Promedio de las temperaturas de los devanados por cada valor de carga en °C

t_i = Promedio de las temperaturas de los devanados del estator en °C

K = Constante del material, para cobre puro es igual a 234,5. En caso de tener otro material en los devanados, debe usarse el valor descrito por el fabricante.

c) Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el rotor.

Se calculan las pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor (I^2R_r) en cada uno de los seis valores de carga aplicados utilizando la siguiente ecuación:

$$I^2R_r = (P_e - I^2R_m - R_h) \times S_m \quad [kW]$$

Donde:


P_e = Potencia de entrada para cada valor de carga medida.

P_h = Pérdidas del núcleo calculadas

S_m = Deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona (n_s) para cada valor de carga, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$S_m = \frac{n_s - n_m}{n_s}$$

Donde:

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	12 / 17

n_s = Frecuencia de rotación síncrona en min-1

n_m = Frecuencia de rotación para cada valor de carga medida, en min-1.

d) Cálculo del Factor de Corrección del Dinamómetro (FCD).

Si la medición del par se realiza entre el motor objeto de prueba y el dinamómetro, las pérdidas de este no afectan a la medición, por lo que este paso no es necesario. Con las mediciones realizadas se procede a realizar el cálculo de:

- 1) El deslizamiento por unidad de la frecuencia de rotación con respecto a la frecuencia de rotación síncrona, con el dinamómetro a su carga mínima, de acuerdo con la siguiente ecuación (S_{min}):

$$S_{min} = \frac{n_s - n_{min}}{n_s}$$

Donde:

n_s = Frecuencia de rotación síncrona, en min-1

n_{min} = Frecuencia de rotación con el dinamómetro a su carga, en min-1.

- 2) Las pérdidas por efecto Joule en el estator con el dinamómetro a su carga mínima:

$$I^2 R_{min} = 0,015 \times I_{min}^2 \times R_{min} \quad [kW]$$


Donde:

I_{min} = La media de las corrientes de línea durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro en amperios (A)

R_{min} = Resistencia de referencia corregida a la temperatura de los devanados del estator durante la prueba con carga mínima en el dinamómetro, calculada mediante la siguiente ecuación:

$$R_{min} = R_i \times \frac{t_{min} + K}{t + K} \quad [\Omega]$$

En donde:

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	13 / 17

R_i = Resistencia de referencia medida en ohmios.

t_{\min} = La media de las temperaturas de los devanados del estator con el dinamómetro a su carga en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

t_i = La media de las temperaturas de los devanados del estator en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

K = Constante del material, en caso del cobre puro el valor de 234,5 para el cobre. En caso de presencia de otro material en los devanados, deberá usarse el valor recomendado por el fabricante.

3) El factor de corrección del dinamómetro:

$$FCD = \frac{9549}{n_{\min}} [(P_{\min} - I^2 R_{\min} - P_h)(1 - S_{\min})] - \frac{9549}{n_o} [P_o - I^2 R_{EO} - P_h] - T_{\min} \quad [N.m]$$

Donde:

P_{\min} = Potencia de entrada con el dinamómetro a su carga mínima en kW

P_n = Pérdidas en el núcleo calculadas en kW

$P_o - I^2 R_{EO}$ = Es calculado en kW

T_{\min} = Par torsional del motor con el dinamómetro a su carga mínima, medida en N.m


n_o = Frecuencia de rotación en vacío, en min-1

e) Cálculo de la potencia de salida corregida.

Si la medición del par se realiza entre el motor objeto de prueba y el dinamómetro, las pérdidas del dinamómetro no afectan a la medición, por lo que este paso no es necesario.

1) Se deducen los valores de par torsional corregido (T_c) sumando el factor de corrección del dinamómetro FCD, a los valores de par medidos (T_m).

2) Se calcula la potencia de salida corregida de acuerdo con la siguiente ecuación:

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	14 / 17

$$P_s = \frac{T_c \times n_m}{9549} \quad [kW]$$

Donde:

T_c = Par torsional corregido del motor para cada valor de carga, en N·m

n_m = Frecuencia de rotación para cada valor de carga, en min-1

f) Cálculo de las pérdidas indeterminadas.

Para deducir las pérdidas indeterminadas en cada uno de los seis valores de carga medidos se calcula la potencia residual (P_{res}) como la siguiente ecuación:

$$P_{res} = P_e - P_s - I^2 R_m - P_h - P_{fv} - I^2 R_r \quad [kW]$$

Donde:

P_e = Potencia de entrada para cada valor de carga medida

P_s = Potencia de salida corregida para cada punto de carga, en kW

$I^2 R_m$ = Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada punto de carga, en kW

P_h = Pérdidas en el núcleo, en kW

P_{fv} = Pérdidas por fricción y ventilación, en kW

$I^2 R_r$ = Pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada punto de carga, en kW


$$P_{res} = A T_c^2 + B \quad [kW]$$

Donde:

T_c = Par torsional corregido del motor para cada valor de carga, en N·m

A = Pendiente de la recta para el análisis de regresión lineal

B = Intersección de la recta con el eje de las ordenadas

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	15 / 17

- 1) Si el coeficiente de correlación g es menor que 0,9, se elimina el peor punto y se calculan nuevamente A y B. Si el valor de g se incrementa hasta hacerlo mayor que 0,9, se usa el segundo cálculo, caso contrario, la prueba no fue satisfactoria, indicando errores en la instrumentación, de lectura o ambos.
- 2) Se debe indagar la fuente de estos errores y corregirse, para a continuación repetir las pruebas. Cuando el valor de A se establece conforme al párrafo anterior, se pueden calcular las pérdidas indeterminadas para cada uno de los valores de carga de la siguiente forma:

$$P_{ind} = AT_c^2 \quad [kW]$$

Donde:

T_c = Par torsional corregido del motor para cada valor de carga, medida en (N·m).

A = Pendiente de la recta.

7. DIAGRAMA DE FLUJO

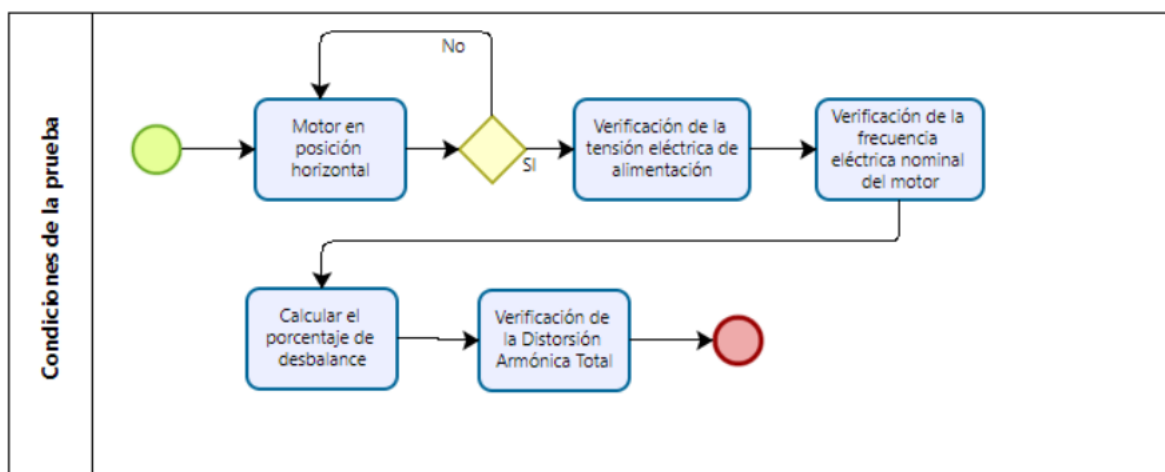



Ilustración 1: Condiciones que se debe tener para ejecutar de la prueba.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	16 / 17

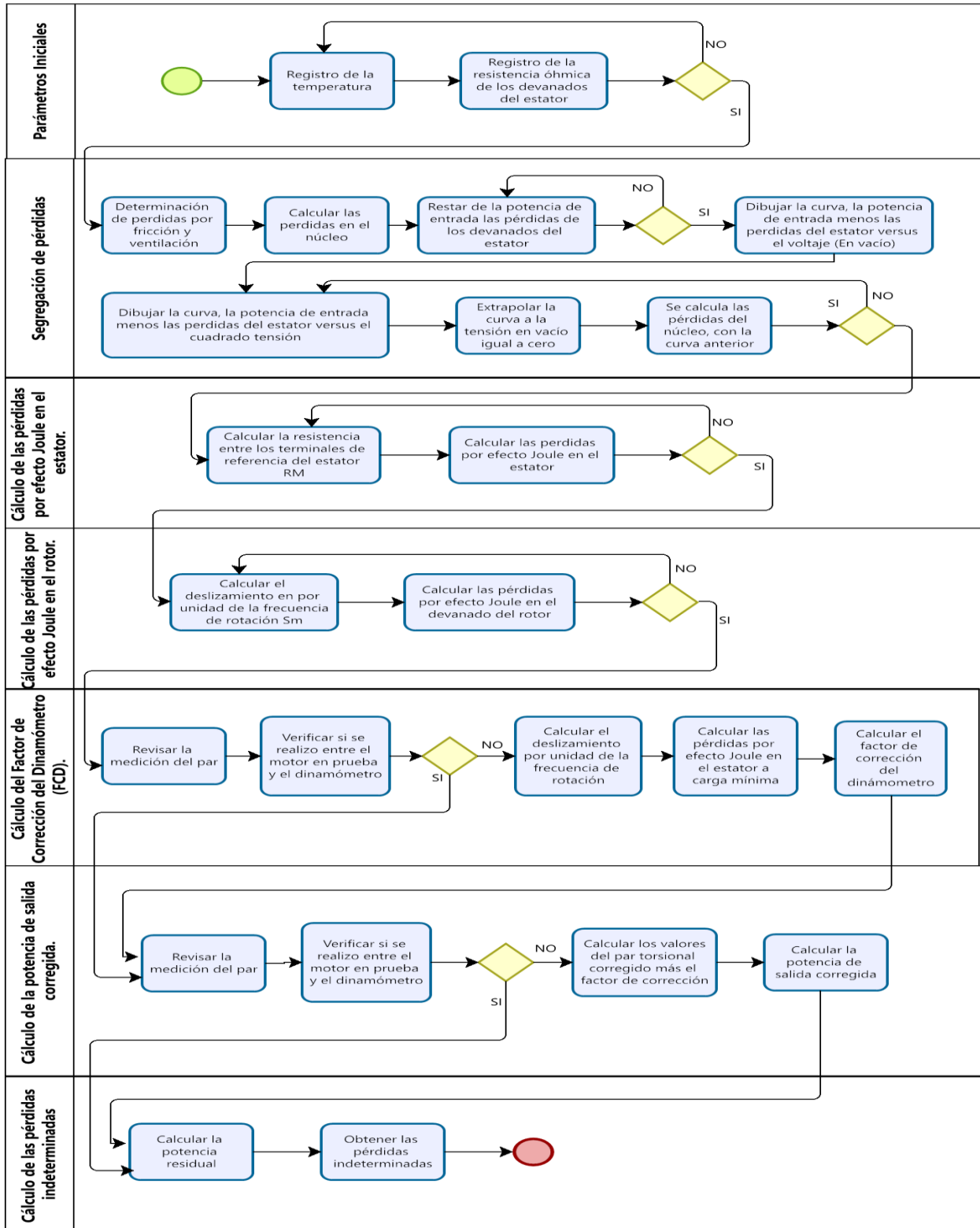




Ilustración 2: Procedimiento de segregación de pérdidas aplicada para pruebas de motores.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-000
	Segregación de pérdidas	VERSIÓN	001
		Página	17 / 17


8. REGISTRO

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Nombre:	Nombre:	Nombre:

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	1 / 12




**Protocolo de Pruebas de
laboratorio
Corrección por
temperatura para las
pérdidas por efecto Joule**

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	2 / 12



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	3
2. ALCANCE.....	3
3. RESPONSABLES.....	3
4. DEFINICIONES.....	3
5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPOS DE PRUEBA.....	6
6. DESARROLLO.....	7
7. DIAGRAMA DE FLUJO.....	11
8. REGISTRO.....	12

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	3 / 12

1. OBJETIVO

Establecer los parámetros necesarios que deben de cumplirse en cada una de las pruebas de laboratorio correspondiente a motores asincrónicos de corriente alterna a 220 y 440 voltios, mediante la adaptación de la norma NTE INEN 2 498:2009, con la finalidad de garantizar los estándares indicado en los parámetros nominales del equipo.

2. ALCANCE

Este protocolo aplica para el área de pruebas de motores asincrónicos trifásicos de 220 y 440 voltios de corriente alterna.

3. RESPONSABLES

Jefe de ingeniería: persona responsable de dar seguimiento y verificar el cumplimiento del procedimiento descrito en el presente instructivo.


Colaborador: persona responsable de llevar a cabo las pruebas de laboratorio de motores asincrónicos e informar de las novedades presentes durante la ejecución de las pruebas.

4. DEFINICIONES

Eficiencia. Es la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada, expresada en porcentaje y se puede calcular con las siguientes expresiones:

- $[\text{Potencia de salida} / \text{potencia de entrada}] \times 100.$
- $[(\text{Potencia de entrada} - \text{pérdidas}) / \text{potencia de entrada}] \times 100.$
- $[\text{Potencia de salida} / (\text{potencia de salida} + \text{pérdidas})] \times 100.$

Eficiencia mínima asociada. Valor mínimo de eficiencia que debe cumplir un motor eléctrico.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	4 / 12

Eficiencia nominal (η). Valor de la eficiencia indicado en la placa o chapa del motor eléctrico.

Motor eléctrico. Es una máquina que tiene la función de convertir energía eléctrica en energía mecánica.

Motor eléctrico trifásico. Es un motor que utiliza energía eléctrica de corriente alterna trifásica para desarrollar su trabajo.

Motor eléctrico abierto. Es un motor que posee aberturas para ventilación, la función de estas es permitir el paso del aire exterior hacia el embobinado para el enfriamiento.

Motor eléctrico cerrado. Es un motor en el cual la armazón impide el intercambio entre el exterior e interior de aire.

Motor eléctrico de inducción. Se conecta un elemento ya sea el rotor o el estator a la fuente de energía y el otro elemento no conectado trabaja por inducción electromagnética.


Motor eléctrico estacionario. Durante el funcionamiento no puede desplazarse, comúnmente utilizado para mover máquinas fijas.

Motor eléctrico tipo jaula de ardilla. Es un motor cuyos conductores del rotor son barras ubicadas en las ranuras del núcleo secundario.

Potencia de entrada. Es un parámetro que indica la potencia eléctrica que toma el motor de la línea.

Potencia de salida. Es la potencia mecánica disponible en la salida del motor en el eje, este es el encargado de transmitir la velocidad y torque.

Potencia nominal. Es la potencia mecánica máxima de salida en condiciones normales indica en la placa del motor.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	5 / 12

Dinamómetro. Dispositivo que permite aplicar una carga mecánica en un motor de manera continua y controlada, durante su funcionamiento puede incluir dispositivos para medir el par torsional y la frecuencia de rotación.

Factor de Corrección del Dinamómetro (FCD). Es el par torsional requerido para superar la oposición al movimiento durante la condición de carga mínima.

Pérdidas en el núcleo. Causadas por las alternaciones generadas por el campo magnético en el material activo del estator y el rotor por efectos de histéresis y corrientes parásitas.

Pérdidas indeterminadas. Estas son la parte de las pérdidas que no se encuentran en la suma de las pérdidas por efecto Joule en el estator y en el rotor, las pérdidas en el núcleo, y pérdidas por fricción y ventilación.

Pérdidas por efecto Joule. Son causadas por la circulación de corriente en los conductores del estator y rotor, que se muestran en forma de calor.

Pérdidas por fricción y ventilación. Son causadas por la oposición que muestran ventiladores y rodamientos al movimiento mecánico.


Pérdidas totales. Es la resta de la potencia de entrada y la potencia de salida.

Potencia de entrada. Potencia eléctrica tomada de la línea por parte del motor.

Potencia de salida. Potencia mecánica utilizable en el eje del motor.

Potencia nominal. Potencia descrita en la placa de la información del motor o conocida como potencia mecánica de salida.

Régimen continuo. Régimen nominal que debe efectuar un motor en funcionamiento continuo.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	6 / 12

Régimen nominal. Es el estado de funcionamiento a tensión y frecuencia eléctricas nominales, medidas en los terminales, en la que el motor desarrolla los valores indicados en su placa o chapa de características.

Resistencia entre terminales del motor. Resistencia medida entre dos terminales en la caja de bornes del motor.


Torquímetro. Dispositivo acoplado entre los ejes del motor y del dinamómetro, cuya función es transmitir y medir el par de torsión. Dependiendo de la capacidad puede determinar la potencia mecánica desarrollada por el motor.

5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPOS DE PRUEBA

Los equipos de medición necesarios para llevar a cabo la medición deben elegirse con el propósito que el valor leído esté incluido en el intervalo de la escala recomendado por el fabricante del equipo, o en su defecto, dentro del tercio superior de la escala de este. Los instrumentos digitales que sean necesarios para la ejecución de las pruebas de motores deberán estar calibrados con una incertidumbre máxima de $\pm 0,5\%$ de plena escala.

Cuando los transformadores de corriente y potencial sean necesarios, se deben hacer correcciones para tener en cuenta los errores de relación y fase en las lecturas de voltaje, corriente y potencia eléctricas. Los errores del transformador de corriente y potencial no deben ser mayores de 0,5%.

El dinamómetro debe elegirse de modo que, en su carga mínima, la potencia de salida del motor solicitada no supere el 15% de su potencia. Para evitar la influencia del acoplamiento del motor con él, durante el desarrollo de los ensayos de equilibrio térmico, con carga de trabajo mínima posible sobre el dinamómetro, estos se deben realizar sin

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	7 / 12


desacoplar el motor entre ellos. Los equipos necesarios para desarrollar la prueba tanto de medición, equipos y aparatos los siguientes:

- Multímetro a cuatro terminales.
- Equipo que sea capaz de controlar la tensión de alimentación.
- Equipo que tenga la capacidad de medir o detectar temperatura por resistencia o termopares.
- Equipo para el control de la tensión de alimentación.
- Frecuencímetro.
- Voltímetros.
- Amperímetros.
- Vatímetro trifásico.
- Dinamómetro.
- Torquímetro.
- Tacómetro.
- Cronometro.

6. DESARROLLO

Condiciones de la prueba:

- Todo motor que sean objeto de pruebas de funcionamiento deberá estar en posición horizontal.
- La frecuencia eléctrica de la fuente de alimentación para las distintas pruebas será la frecuencia eléctrica nominal que se muestra en la chapa o placa de identificación del motor con una variación de $\pm 0,5\%$.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	8 / 12

- La tensión de alimentación eléctrica en corriente alterna para el ensayo, será la tensión eléctrica nominal indicada en la chapa o placa de identificación del motor, medida en los terminales, sin superar el $\pm 0,5\%$, con un desequilibrio máximo autorizado de $\pm 0,5\%$.
- El porcentaje de desequilibrio es igual a 100 veces como máximo la tensión eléctrica de cada fase por la tensión eléctrica media, dividida por la tensión media.
- La Distorsión Armónica Total (DAT) de la onda de tensión eléctrica no debe superar el 5%. La DAT puede ser expresado en forma de porcentaje y se calcula con la siguiente formula:

$$DAT = \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n V_i^2}{V_1^2}} \right] * 100$$


Donde:

V_i = Amplitud de cada armónica.

V_1 = Amplitud de la fundamental.

Procedimiento de prueba.

Antes de iniciar la ejecución de los ensayos o pruebas se debe registrar la temperatura y el valor óhmico de los devanados del estator. Para esto, es necesario ubicar al interior del motor al menos dos detectores de temperatura de resistencia o termopares, o en cada una de las cabezas de los devanados, o en las muescas del núcleo del estator, asegurándose de que permanezcan fuera de las trayectorias destinadas por el enfriamiento del motor.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	9 / 12

Parámetros iniciales.

Se procede a medir las resistencias entre los terminales de los devanados del estator y la temperatura correspondiente. Con los datos resultantes de la medición anterior se deben registrar parámetros que se describen a continuación:

- 1) Resistencias medidas entre los terminales de los devanados del estator entre R1-2, R1-3 y R2-3, en ohmios. Posteriormente se calcula de la resistencia de referencia (R_i), será el valor más cercano a la media de las registradas.
- 2) La media de las temperaturas presentes en los devanados del estator (t_i), medida en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- 3) La temperatura ambiente registrada en el momento a realizar el ensayo o prueba (t_{ai}), medida en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

Corrección por temperatura para las pérdidas por efecto Joule

- a) Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el estator corregidas por temperatura.

Se realiza el cálculo de las pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator corregidas de la temperatura ambiente (t_{af}) a la temperatura ambiente de 25°C , para cada uno de los seis valores de carga medidos usando la siguiente ecuación:

$$I^2 R_{mc} = 0,0015 \times I_m^2 \times R_{mc} \quad [kW]$$


Donde:

I_m = La media de las corrientes de línea para cada valor de carga en amperios (A).

R_{mc} = Resistencia de referencia (R_f) corregida a una temperatura ambiente de 25°C de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$R_{mc} = R_f \times \frac{t_c + K}{t_f + K} \quad [\Omega]$$

Donde:

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	10 / 12

t_c = La media de las temperaturas descubiertas en los devanados del estator (t_f), corregida a una temperatura ambiente de 25°C ($t_c = t_f + 25^\circ\text{C} - t_{af}$), en grados Celsius (°C).

t_f = La media de las temperaturas descubiertas en los devanados del estator, durante la prueba de equilibrio térmico a plena carga en °C

K = Constante del material, en caso del cobre puro su valor es de 234,5. En caso de presentarse otro material en los devanados, deberá usarse el valor recomendado por el fabricante.

b) Cálculo de las pérdidas por efecto Joule en el rotor corregidas por temperatura.

Se realiza el cálculo de las pérdidas por efecto Joule en los devanados del rotor, corregidas de la temperatura ambiente (t_{af}) a la temperatura ambiente de 25°C, para cada uno de los seis valores de carga medidos usando la siguiente ecuación:

$$I^2 R_{rc} = (P_e - I^2 R_{mc} - P_h) \times S_{mc} \quad [kW]$$

Donde:


$$S_{mc} = S_m \times \frac{t_c + K}{t_m + K}$$

Donde:

S_{mc} = Deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona, referido a una temperatura ambiente de 25°C;

S_m = Deslizamiento en por unidad de la frecuencia de rotación síncrona.

T_m = La media de las temperaturas de los devanados por cada valor de carga, en grados Celsius (°C).

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	11 / 12

t_c = La media de las temperaturas detectadas en los devanados del estator, (t_f),
 corregida a una temperatura ambiente de 25°C ($t_c = t_f + 25^{\circ}\text{C} - t_{af}$), en grados Celsius
 ($^{\circ}\text{C}$).

t_{af} = Temperatura ambiente durante la prueba de equilibrio térmico a plena carga, en
 grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

K = Constante del material, en caso del cobre puro el valor es de 234,5. En caso de
 presentarse otro material en los devanados, deberá usarse el valor recomendado por el
 fabricante.

7. DIAGRAMA DE FLUJO

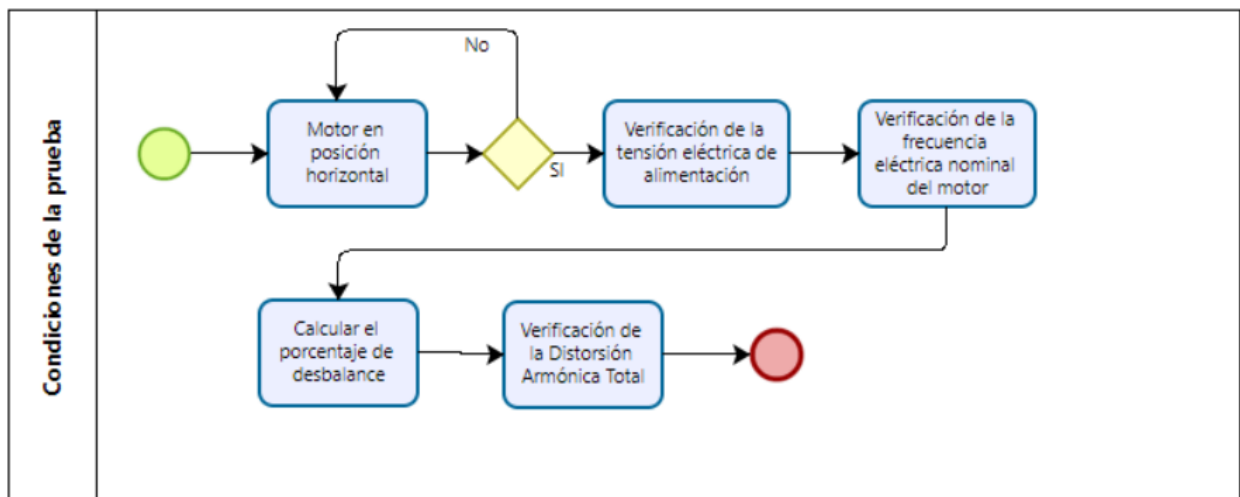



Ilustración 1: Condiciones que se debe tener para ejecutar de la prueba.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-003
	CORRECCIÓN POR TEMPERATURA PARA LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE	VERSIÓN	001
		PÁGINA	12 / 12

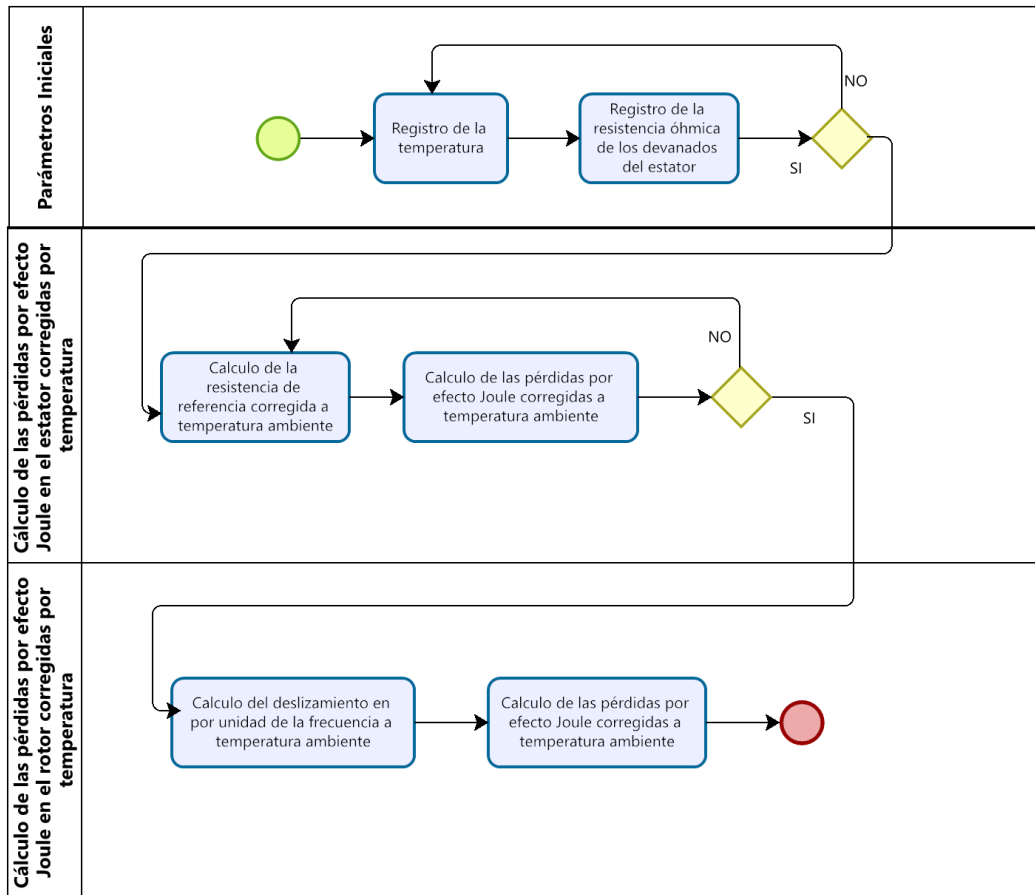



Ilustración 2: Procedimiento de corrección por temperatura, aplicada para pruebas de motores.

8. REGISTRO


ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Nombre:	Nombre:	Nombre:

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	1 / 11



Protocolo de Pruebas de laboratorio


Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	2 / 11



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	3
2. ALCANCE.....	3
3. RESPONSABLES.....	3
4. DEFINICIONES.....	3
5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPOS DE PRUEBA.....	5
6. DESARROLLO.....	7
7. DIAGRAMA DE FLUJO.....	10
8. REGISTRO.....	11

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	3 / 11

1. OBJETIVO

Establecer los parámetros necesarios que deben de cumplirse en cada una de las pruebas de laboratorio correspondiente a motores asincrónicos de corriente alterna a 220 y 440 voltios, mediante la adaptación de la norma NTE INEN 2 498:2009, con la finalidad de garantizar los estándares indicado en los parámetros nominales del equipo.

2. ALCANCE

Este protocolo aplica para el área de pruebas de motores asincrónicos trifásicos de 220 y 440 voltios de corriente alterna.

3. RESPONSABLES

Jefe de ingeniería: persona responsable de dar seguimiento y verificar el cumplimiento del procedimiento descrito en el presente instructivo.


Colaborador: persona responsable de llevar a cabo las pruebas de laboratorio de motores asincrónicos e informar de las novedades presentes durante la ejecución de las pruebas.

4. DEFINICIONES

Eficiencia. Es la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada, expresada en porcentaje y se puede calcular con las siguientes expresiones:

- $[\text{Potencia de salida} / \text{potencia de entrada}] \times 100.$
- $[(\text{Potencia de entrada} - \text{pérdidas}) / \text{potencia de entrada}] \times 100.$
- $[\text{Potencia de salida} / (\text{potencia de salida} + \text{pérdidas})] \times 100.$

Eficiencia mínima asociada. Valor mínimo de eficiencia que debe cumplir un motor eléctrico.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	4 / 11

Eficiencia nominal (η). Valor de la eficiencia indicado en la placa o chapa del motor eléctrico.

Motor eléctrico. Es una máquina que tiene la función de convertir energía eléctrica en energía mecánica.

Motor eléctrico trifásico. Es un motor que utiliza energía eléctrica de corriente alterna trifásica para desarrollar su trabajo.

Motor eléctrico abierto. Es un motor que posee aberturas para ventilación, la función de estas es permitir el paso del aire exterior hacia el embobinado para el enfriamiento.

Motor eléctrico cerrado. Es un motor en el cual la armazón impide el intercambio entre el exterior e interior de aire.

Motor eléctrico de inducción. Se conecta un elemento ya sea el rotor o el estator a la fuente de energía y el otro elemento no conectado trabaja por inducción electromagnética.


Motor eléctrico estacionario. Durante el funcionamiento no puede desplazarse, comúnmente utilizado para mover máquinas fijas.

Motor eléctrico tipo jaula de ardilla. Es un motor cuyos conductores del rotor son barras ubicadas en las ranuras del núcleo secundario.

Potencia de entrada. Es un parámetro que indica la potencia eléctrica que toma el motor de la línea.

Potencia de salida. Es la potencia mecánica disponible en la salida del motor en el eje, este es el encargado de transmitir la velocidad y torque.

Potencia nominal. Es la potencia mecánica máxima de salida en condiciones normales indica en la placa del motor.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	5 / 11

Dinamómetro. Dispositivo que permite aplicar una carga mecánica en un motor de manera continua y controlada, durante su funcionamiento puede incluir dispositivos para medir el par torsional y la frecuencia de rotación.

Factor de Corrección del Dinamómetro (FCD). Es el par torsional requerido para superar la oposición al movimiento durante la condición de carga mínima.

Pérdidas en el núcleo. Causadas por las alternaciones generadas por el campo magnético en el material activo del estator y el rotor por efectos de histéresis y corrientes parásitas.

Pérdidas indeterminadas. Estas son la parte de las pérdidas que no se encuentran en la suma de las pérdidas por efecto Joule en el estator y en el rotor, las pérdidas en el núcleo, y pérdidas por fricción y ventilación.

Pérdidas por efecto Joule. Son causadas por la circulación de corriente en los conductores del estator y rotor, que se muestran en forma de calor.

Pérdidas por fricción y ventilación. Son causadas por la oposición que muestran ventiladores y rodamientos al movimiento mecánico.


Pérdidas totales. Es la resta de la potencia de entrada y la potencia de salida.

Potencia de entrada. Potencia eléctrica tomada de la línea por parte del motor.

Potencia de salida. Potencia mecánica utilizable en el eje del motor.

Potencia nominal. Potencia descrita en la placa de la información del motor o conocida como potencia mecánica de salida.

Régimen continuo. Régimen nominal que debe efectuar un motor en funcionamiento continuo.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	6 / 11

Régimen nominal. Es el estado de funcionamiento a tensión y frecuencia eléctricas nominales, medidas en los terminales, en la que el motor desarrolla los valores indicados en su placa o chapa de características.

Resistencia entre terminales del motor. Resistencia medida entre dos terminales en la caja de bornes del motor.


Torquímetro. Dispositivo acoplado entre los ejes del motor y del dinamómetro, cuya función es transmitir y medir el par de torsión. Dependiendo de la capacidad puede determinar la potencia mecánica desarrollada por el motor.

5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y EQUIPOS DE PRUEBA

Los equipos de medición necesarios para llevar a cabo la medición deben elegirse con el propósito que el valor leído esté incluido en el intervalo de la escala recomendado por el fabricante del equipo, o en su defecto, dentro del tercio superior de la escala de este. Los instrumentos digitales que sean necesarios para la ejecución de las pruebas de motores deberán estar calibrados con una incertidumbre máxima de $\pm 0,5\%$ de plena escala.

Cuando los transformadores de corriente y potencial sean necesarios, se deben hacer correcciones para tener en cuenta los errores de relación y fase en las lecturas de voltaje, corriente y potencia eléctricas. Los errores del transformador de corriente y potencial no deben ser mayores de 0,5%.

El dinamómetro debe elegirse de modo que, en su carga mínima, la potencia de salida del motor solicitada no supere el 15% de su potencia. Para evitar la influencia del acoplamiento del motor con él, durante el desarrollo de los ensayos de equilibrio térmico, con carga de trabajo mínima posible sobre el dinamómetro, estos se deben realizar sin

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	7 / 11


desacoplar el motor entre ellos. Los equipos necesarios para desarrollar la prueba tanto de medición, equipos y aparatos los siguientes:

- Multímetro a cuatro terminales.
- Equipo que sea capaz de controlar la tensión de alimentación.
- Equipo que tenga la capacidad de medir o detectar temperatura por resistencia o termopares.
- Equipo para el control de la tensión de alimentación.
- Frecuencímetro.
- Voltímetros.
- Amperímetros.
- Vatímetro trifásico.
- Dinamómetro.
- Torquímetro.
- Tacómetro.
- Cronometro.

6. DESARROLLO

Condiciones de la prueba:

- Todo motor que sean objeto de pruebas de funcionamiento deberá estar en posición horizontal.
- La frecuencia eléctrica de la fuente de alimentación para las distintas pruebas será la frecuencia eléctrica nominal que se muestra en la chapa o placa de identificación del motor con una variación de $\pm 0,5\%$.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	8 / 11

- La tensión de alimentación eléctrica en corriente alterna para el ensayo, será la tensión eléctrica nominal indicada en la chapa o placa de identificación del motor, medida en los terminales, sin superar el $\pm 0,5\%$, con un desequilibrio máximo autorizado de $\pm 0,5\%$.
- El porcentaje de desequilibrio es igual a 100 veces como máximo la tensión eléctrica de cada fase por la tensión eléctrica media, dividida por la tensión media.
- La Distorsión Armónica Total (DAT) de la onda de tensión eléctrica no debe superar el 5%. La DAT puede ser expresado en forma de porcentaje y se calcula con la siguiente formula:

$$DAT = \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n V_i^2}{V_1^2}} \right] * 100$$


Donde:

V_i = Amplitud de cada armónica.

V_1 = Amplitud de la fundamental.

Procedimiento de prueba.

Antes de iniciar la ejecución de los ensayos o pruebas se debe registrar la temperatura y el valor óhmico de los devanados del estator. Para esto, es necesario ubicar al interior del motor al menos dos detectores de temperatura de resistencia o termopares, o en cada una de las cabezas de los devanados, o en las muescas del núcleo del estator, asegurándose de que permanezcan fuera de las trayectorias destinadas por el enfriamiento del motor.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	9 / 11

Parámetros iniciales.

Se procede a medir las resistencias entre los terminales de los devanados del estator y la temperatura correspondiente. Con los datos resultantes de la medición anterior se deben registrar parámetros que se describen a continuación:

- 1) Resistencias medidas entre los terminales de los devanados del estator entre R1-2, R1-3 y R2-3, en ohmios. Posteriormente se calcula de la resistencia de referencia (R_i), será el valor más cercano a la media de las registradas.
- 2) La media de las temperaturas presentes en los devanados del estator (t_i), medida en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).
- 3) La temperatura ambiente registrada en el momento a realizar el ensayo o prueba (t_{ai}), medida en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

Cálculo de la potencia de salida a 25 °C.

Se realiza el cálculo de la potencia de salida corregida a la temperatura ambiente de 25 °C, para cada uno de los seis valores de carga usando la siguiente ecuación:

$$P_{sc} = P_e - P_h - P_{fv} - P_{ind} - I^2 R_{mc} - I^2 R_{rc} \quad [kW]$$

Donde:


P_{sc} = Potencia de salida corregida para cada punto de carga, referido a una temperatura ambiente de 25 °C, en kW

P_e = Potencia de entrada para cada valor de carga medida

P_h = Pérdidas en el núcleo, en kW

P_{fv} = Pérdidas por fricción y ventilación, en kW

P_{ind} = Pérdidas indeterminadas, en kW

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	10 / 11

I^2R_{mc} = Pérdidas por efecto Joule en los devanados del estator para cada punto de carga, referidas a una temperatura ambiente de 25°C, en kW

I^2R_{rc} = Pérdidas por efecto Joule en el devanado del rotor para cada punto de carga, referidas a una temperatura ambiente de 25°C, en kW.

Cálculo de la eficiencia.

Se realiza el cálculo de la eficiencia η_m para cada uno de los seis valores de carga usando la siguiente ecuación:

$$n_m = \frac{P_{sc}}{P_e} \quad [\%]$$

Donde:

P_{sc} = Potencia de salida corregida para cada punto de carga, referida a una temperatura ambiente de 25 °C, en kW

P_e = Potencia de entrada para cada valor de carga, en kW

7. DIAGRAMA DE FLUJO

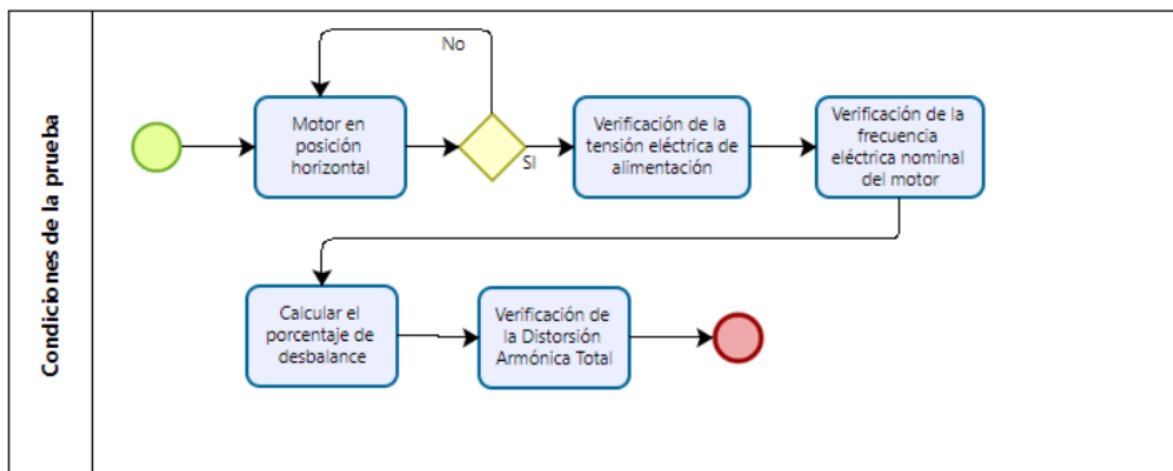



Ilustración 1: Condiciones que se debe tener para ejecutar de la prueba.

	PRUEBAS DE LABORATORIO	CÓDIGO	AING-PPM-004
	Cálculo de la potencia de salida a 25 °C y Eficiencia	VERSIÓN	001
		PÁGINA	11 / 11

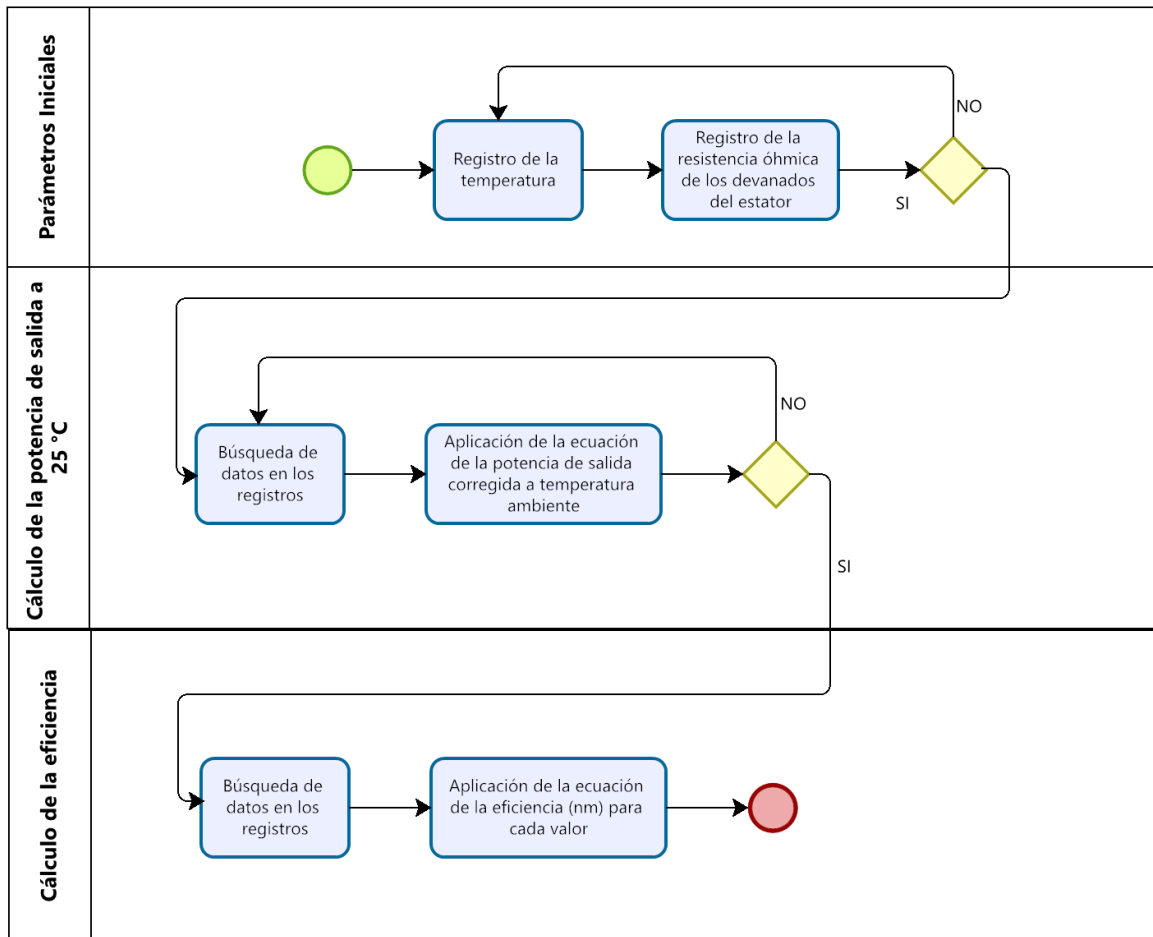


Ilustración 2: Procedimiento de cálculo de potencia de salida a 25 °C y la Eficiencia, aplicada para pruebas de motores.

8. REGISTRO

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Nombre:	Nombre:	Nombre:

Resultados esperados.

Con el protocolo para pruebas de laboratorio de motores trifásicos asíncronos de corriente alterna para voltajes de 220 y 440 voltios, se pretende lograr: un buen desenvolvimiento de las actividades, satisfacer al cliente, brindar un servicio de calidad, cumplir con los estándares establecidos por la Norma NTE INEN 2 498:2009 y, la reducción de reprocesos. Debido a la disminución de errores presentes en la ejecución de las pruebas de funcionamiento del motor, permitiendo verificar si el mantenimiento brindado cumple con los parámetros previstos y demandados por el cliente. El fin de este protocolo es desarrollar de manera correcta las actividades para ejecutar las pruebas de laboratorio en los motores antes mencionados.

El presente protocolo facilita información importante y precisa al operador de cómo debe realizar dichas actividades. Además, los diagramas de flujo de subproceso son una representación gráfica de los pasos a seguir, contribuyendo a una mejor interpretación del mismo por parte del operador designado por la alta directiva para llevar a cabo las pruebas de laboratorio en los motores asíncronos trifásicos de corriente alterna. En caso de ausencia del personal responsable de realizar dichas pruebas, el operador designado podrá regirse por éste y ejecutarlas sin ningún inconveniente.

Aprobados los procedimientos por parte de la alta directiva, se planeará la implementación de éstos, al mismo tiempo la capacitación a la persona responsable de realizar las pruebas de laboratorio, por lo que se debe planificar con el jefe de departamento y la alta directiva el cronograma de capacitación en AIS.

El protocolo se convierte en un requisito necesario si la Empresa decide acreditarse y lograr una certificación en el Servicio de Acreditación (SAE) bajo el título de Laboratorio de

Pruebas de Motores. Lo que provocará que AIS sea reconocido a nivel nacional e internacional, una vez que el protocolo sea implantando y aprobado.

Cronograma de actividades.

En el **Anexo 6** se presenta el cronograma de actividades para llevar a cabo la propuesta dentro de AIS, en el cual se contempla que durará 35 días laborables. En la **Figura 15** se evidencia las actividades a desarrollar a ejecutar en la propuesta, mientras que en la **Figura 16** se observa la representación gráfica del tiempo a transcurrir.

Figura 15:

Actividades del cronograma de actividades.

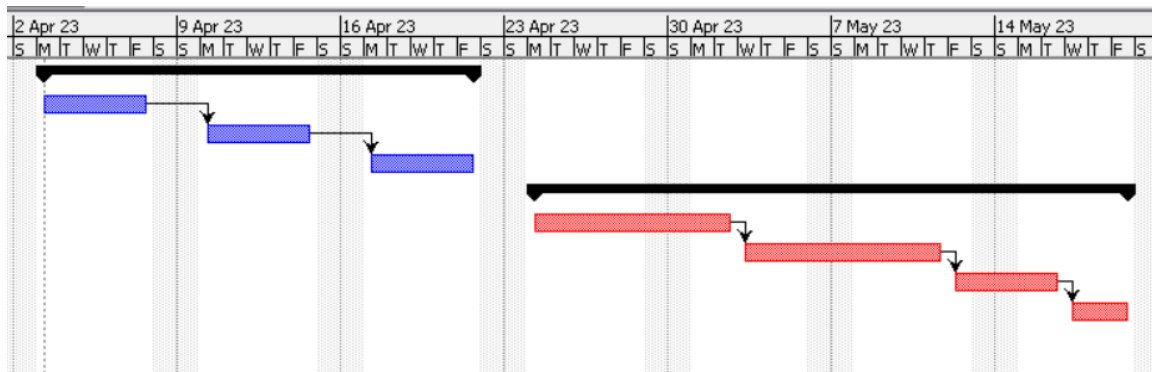
		Name	Duration	Start	Finish	Pr
1		Preparación	15 days	4/3/23 8:00 AM	4/21/23 5:00 PM	
2		Socialización a la alta directiva	5 days	4/3/23 8:00 AM	4/7/23 5:00 PM	
3		Revisión y aprobación de la propuesta	5 days	4/10/23 8:00 AM	4/14/23 5:00 PM	2
4		Socialización del protocolo al jefe de departamento y operador	5 days	4/17/23 8:00 AM	4/21/23 5:00 PM	3
5		Capacitación	20 days	4/24/23 8:00 AM	5/19/23 5:00 PM	
6		Capacitación del Primer Procedimiento	7 days	4/24/23 8:00 AM	5/2/23 5:00 PM	
7		Capacitación del segundo Procedimiento	7 days	5/3/23 8:00 AM	5/11/23 5:00 PM	6
8		Capacitación del tercer Procedimiento	3 days	5/12/23 8:00 AM	5/16/23 5:00 PM	7
9		Capacitación del cuarto Procedimiento	3 days	5/17/23 8:00 AM	5/19/23 5:00 PM	8

Nota. Cronograma de actividades a desarrollar para la implementación de la propuesta.

Elaborado: Por el autor.

Figura 16:

Cronograma de actividades.



Nota. Diagrama de Gantt del cronograma de actividades. Elaborado. Por el autor. Fuente: ProjectLibre.

Las actividades planteadas para el desarrollo se dividieron en dos y son las siguientes:

- Preparación: Todas las actividades previas a la implementación del protocolo.
 - Socialización a la alta directiva: se presenta el protocolo a la alta directiva, mediante una exposición de éste dentro de las instalaciones de la Empresa.
 - Revisión y aprobación: proceso interno en el que la alta directiva revisa y toma una decisión respecto a la aplicación o no del protocolo.
 - Socialización del protocolo al jefe de departamento y operador: se presenta el protocolo mediante una exposición y copias del mismo para su comprensión.
- Capacitación: capacitación respectiva de cada procedimiento y resolución de dudas.
 - Capacitación del primer procedimiento: exposición del procedimiento, resolución de dudas, ejecuta pruebas.
 - Capacitación del segundo procedimiento: exposición del procedimiento, resolución de dudas, ejecuta pruebas.
 - Capacitación del tercer procedimiento: exposición del procedimiento, resolución de dudas, ejecuta pruebas.

- Capacitación del cuarto procedimiento: exposición del procedimiento, resolución de dudas, ejecuta pruebas.

Análisis financiero.

En la **Tabla 5** se realizó el respectivo análisis de costos, tomando en cuenta las actividades descritas en dicha tabla, debido que la Empresa cuenta con la mayoría de los equipos necesarios para realizar las pruebas de laboratorio la mayoría de estos no son tomados en cuenta, se tiene la ausencia del equipo llamado dinamómetro, para la obtención de éste procedió a investigar el valor en el mercado, ante la ausencia en el mercado nacional se procedió a averiguar en otros países como se evidencia en el **Anexo 7**, con las características recomendadas por el fabricante **Anexo 8**,

Tabla 5:

Análisis financiero

Actividad	Cantidad	Costo unitario/ Costo por hora	Costo Total
Gerente	8 horas x 10 días 80 horas	\$ 21,214	\$ 1697,12
Jefe de departamento	8 horas x 5 días 40 horas	\$ 6,948	\$ 277.92
Capacitación a operador de la empresa	8 horas x 20 días 160 horas	\$ 4,011	\$ 641,76
Operador	8 horas x 25 días 200 horas	\$ 4,011	\$ 802,20
Costo de movilización dinamómetro	35 días 1	\$ 1,50 \$ 7400,00	\$ 52,50 \$ 7400,00
TOTAL			\$ 10871,50

Nota. Elaborado a partir del **Anexo 9**. Elaborado. Por el autor.

Costo de mano de obra.

El sueldo pactado por parte de la entidad y dentro de sus posibilidades se basó en un sueldo básico, es decir, 450 dólares. Se realizó el cálculo respectivo para determinar el costo por hora como se evidencia en el **Anexo 9**, obteniendo un valor de 4.011 dólares por hora. El resto de los costos obtenidos para el gerente y jefe de departamento se basa en la misma tabla del **Anexo 9**.

Costo de movilización.

El costo de movilización desde el domicilio hacia la organización fijo es de \$1,50 diarios por 35 días dan como resultado \$52,50.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Al realizar el diagnóstico de la situación actual en la Empresa AIS, aplicando como herramienta el diagrama de Ishikawa, se identificó como problemática existente las siguientes: no se cumple con el ciclo indicado para la calibración de los instrumentos, la ausencia de equipos para la realización de las pruebas (dinamómetro), el personal no está calificado para la tarea a realizar, no existe un protocolo para ejecutar las pruebas de funcionamiento del motor y la carencia de un banco de pruebas que cumpla con la norma NTE INEN 2 498:2009.
- En base a la norma NTE INEN 2 498:2009 se realizó el diseño de un Protocolo de pruebas de laboratorio, para la realización de pruebas en motores trifásicos asincrónicos de corriente alterna. El mismo consta de cuatro (4) fases consecutivas: la primera denominada Condiciones de la prueba y Procedimiento de prueba de Motores Asincrónicos Trifásicos, la segunda denominada Segregación de Pérdidas, la tercera denominada Corrección por temperatura para las pérdidas por efecto Joule y la cuarta denominada Cálculo de la Potencia de Salida a 25 °C y Eficiencia.
- De cada uno de los protocolos propuestos para realizar las pruebas a los motores trifásicos asincrónicos de corriente alterna se realizó un diagrama de flujo basado en la normativa BPMN, con la finalidad de que el operador tenga una guía gráfica del proceso a desarrollar que le permita comprender de mejor manera el protocolo que debe ejecutar en la realización de cada una de las pruebas.

Recomendaciones

- Implementar otras herramientas de Ingeniería Industrial que permitan identificar las deficiencias del proceso, los cuales deben ser mejorados, y cumplir con el principio de calidad, que plantea que todo proceso se puede mejorar.
- Se debe seleccionar a una persona encargada de revisar y aprobar el protocolo, la cual tenga conocimientos dentro del área de motores, con la finalidad de que se ejecuten de manera correcta y cumplan con los estándares establecidos por la Norma NTE INEN 2 498:2009, para evitar devoluciones, reprocesos y una inadecuada reputación de la empresa.
- Adoptar el formato para reporte de resultados de pruebas de laboratorio desarrollado en la norma oficial mexicana NOM-016-ENER-2016 Anexo 10 y Anexo 11, las cuales se tomaron como base referencial para desarrollar la normativa NTE INEN 2 498:2009.
- Capacitar a los trabajadores sobre el tema de diagramas de flujo y sus normas aplicadas al respecto, para comprender el funcionamiento de mejor manera del protocolo para una correcta ejecución del proceso a realizar.

Bibliografía:

4E PEET Status of Electric Motor Regulations 2022. (s/f). *4E Energy Efficient End-Use Equipment*. Recuperado el 17 de noviembre de 2022, de <https://www.iea-4e.org/peet/publications/4e-peet-status-of-electric-motor-regulations-2022/>

4E-PEET-Status-of-Electric-Motor-Regulations-2022.pdf. (s/f). Recuperado el 27 de enero de 2023, de <https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2022/07/4E-PEET-Status-of-Electric-Motor-Regulations-2022.pdf>

Cevallos Aleaga, J. P. (2010). *Diseño de un laboratorio de pruebas para transformadores de distribución para la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. - Loja* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/979>

Cubillo Sagüés, M. I., Gordaliza Lozoya, D., & García Sánchez, J. M. (2020). *Gestión de la eficiencia energética en el sector industrial*. AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. <https://elibro.net/es/ereader/utiec/171688>

Cumbajín Suárez, L. A. (2021). *Diseño de un manual de procedimientos de pruebas de rutina a transformadores de distribución monofásicos y trifásicos de la Empresa IERE S.A.* [BachelorThesis, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2289>

DOF - *Diario Oficial de la Federación*. (s/f). Recuperado el 26 de enero de 2023, de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4919668&fecha=19/04/2005#gsc.tab=0

Gómez Agundiz, X. (2018). *Gestión de costos y precios*. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/ereader/utiec/40538>

Hernández, E. (2020). *Diseño de Laboratorio de Pruebas a Motores eléctricos de hasta 10 HP para determinar sus Parámetros de operación-SAICOPSAC-Chiclayo-2019* [Universidad

César Vallejo].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50276/Hern%c3%a1ndez_LET-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS.

REQUISITOS, EL 04.01-406 22 (2009).

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2498.pdf>

López Flores, S. E. (2020). *Diseño del sistema de gestión de mantenimiento de transformadores en la Empresa Inedyc en la Ciudad Ambato*. [BachelorThesis, Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica].

<https://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/2146>

Morales Peláez, M. J. (2020). *ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA CAPACIDAD MÁXIMA DE CARGA PERMISIBLE DE LA RED ELÉCTRICA INTERNA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA SEDE QUITO* [BachelorThesis, Universidad Tecnológica Indoamérica].

<https://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/1613>

Motors and Generators. (2019, marzo 22). [Organizacion]. NEMA.

<https://www.nema.org/standards/view/motors-and-generators>

NEMA MG-1: Motors and Generators. (s/f). 671.

Norma NTE INEN 2 498: 2009.pdf. (s/f). Recuperado el 27 de enero de 2023, de

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2498.pdf>

Pozo Aguilar, J. F. del. (2022). *Gestión de Protocolo. HOTA0308*. IC Editorial.

<https://elibro.net/es/ereader/utiec/221006>

Reveles, López, R. (2019). *Análisis de los elementos del costo*. Instituto Mexicano de Contadores Públicos. <https://elibro.net/es/ereader/utiec/123842>

Suárez del Villar Labastida, A., Álvarez Sánchez, A., Zambrano Jiménez, E. P., & Cedeño Tapia, J. A. (2022). *Aprendamos a manejar residuos en los mercados municipales*.

Universidad Tecnológica Indoamérica. <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/3772>

Urreta Okeranza. (2021). *Gestión de protocolo. UF0043* (diciembre 2021, Vol. 1). TUTOR FORMACION. <https://elibro.net/es/ereader/utiec/198550>

Vaquero, N. (2018, octubre). *EFICIENCIA EN MOTORES ELÉCTRICOS*. 9, 6.

WEG-guia-practica-de-capacitacion-tecnico-comercial-50026117-brochure-spanish-web.pdf. (s/f). Recuperado el 27 de enero de 2023, de

<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb1/hee/WEG-guia-practica-de-capacitacion-tecnico-comercial-50026117-brochure-spanish-web.pdf>

ANEXOS

**Anexo 1: PORTADA NTE INEN 2 498:2009 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES
ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS. REQUISITOS**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 498:2009

**EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS
ESTACIONARIOS. REQUISITOS.**

Primera Edición

STATIONARY ELECTRICAL MOTORS ENERGY EFFICIENCY. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Ingeniería eléctrica, maquinaria rotativa, motores, eficiencia energética, etiqueta, requisitos.
EL: 04.01-406
CDU: 621.313.13
CIU: 3831
ICS: 29.160.30 :13.300

**Anexo 2: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS.
REQUISITOS. ALCANCE**

CDU: 621.313.13
ICS: 29.160.30 :13.300



CIIU: 3831
EL 04.01-406

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS. REQUISITOS	NTE INEN 2 498:2009 2009-06
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los valores de eficiencia energética nominal y mínima asociada, y las características de la etiqueta informativa en cuanto a la eficiencia energética de los motores eléctricos estacionarios monofásicos y trifásicos.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a motores eléctricos estacionarios de inducción, de corriente alterna, monofásicos, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0,18 kW hasta 1,5 kW, de una sola frecuencia de rotación, de 2, 4 o 6 polos, de fase dividida o de capacitor de arranque, abiertos o cerrados.</p> <p>2.2 Esta norma se aplica a motores eléctricos estacionarios de inducción, de corriente alterna, trifásicos, jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 kW hasta 373 kW, de una sola frecuencia de rotación, de 2, 4, 6 u 8 polos, de uso general, abiertos o cerrados.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Eficiencia</i>. La eficiencia se define como la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada del motor eléctrico. Se expresa en por ciento y se calcula con alguna de las siguientes relaciones:</p> <p>a) $[Potencia\ de\ salida / potencia\ de\ entrada] \times 100,$ b) $[(Potencia\ de\ entrada - pérdidas) / potencia\ de\ entrada] \times 100,$ c) $[Potencia\ de\ salida / (potencia\ de\ salida + pérdidas)] \times 100.$</p> <p>3.1.2 <i>Eficiencia mínima asociada</i>. Es el valor mínimo de eficiencia que debe cumplir un motor eléctrico. Cada eficiencia nominal tiene una eficiencia mínima asociada.</p> <p>3.1.3 <i>Eficiencia nominal (η)</i>. Es el valor de la eficiencia indicado en la placa de datos o etiqueta informativa del motor eléctrico.</p> <p>3.1.4 <i>Motor eléctrico</i>. Es una máquina rotatoria que convierte energía eléctrica en energía mecánica</p> <p>3.1.5 <i>Motor eléctrico monofásico</i>. Es un motor eléctrico que utiliza para su operación energía eléctrica de corriente alterna monofásica y contiene un juego simple de bobinas en el estator.</p> <p>3.1.6 <i>Motor eléctrico trifásico</i>. Es un motor que utiliza para su operación energía eléctrica de corriente alterna trifásica y contiene tres conjuntos de bobinas dispuestas en círculo.</p> <p>3.1.7 <i>Motor eléctrico abierto</i>. Es un motor eléctrico que tiene aberturas para ventilación que permite el paso del aire exterior de enfriamiento, sobre y a través del embobinado del motor eléctrico.</p> <p>3.1.8 <i>Motor eléctrico cerrado</i>. Es un motor eléctrico cuya armazón impide el intercambio libre de aire entre el interior y el exterior de éste, sin llegar a ser hermético.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Ingeniería eléctrica, maquinaria rotativa, motores, eficiencia energética, etiqueta, requisitos.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquizaro Moreno E8-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

Anexo 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS.

REQUISITOS. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

NTE INEN 2 498

2009-06

7.1.2.2 Instrumentos de medición y equipo de prueba. Los instrumentos de medición deben seleccionarse para que el valor leído esté dentro del intervalo de la escala recomendado por el fabricante del instrumento, o en su defecto en el tercio superior de la escala del mismo. Los instrumentos analógicos o digitales deben estar calibrados con una incertidumbre máxima de $\pm 0,5\%$ de plena escala. Cuando se utilicen transformadores de corriente y de potencial, se deben realizar las correcciones necesarias para considerar los errores de relación y fase en las lecturas de tensión, corriente y potencia eléctricas. Los errores de los transformadores de corriente y potencial no deben ser mayores de $0,5\%$.

a) El dinamómetro debe seleccionarse de forma que a su carga mínima, la potencia de salida demandada al motor no sea mayor del 15% de la potencia nominal del mismo. Para evitar la influencia por el acoplamiento del motor con el dinamómetro durante el desarrollo de las pruebas de equilibrio térmico, funcionamiento, y carga mínima posible en el dinamómetro, éstas deben realizarse sin desacoplar el motor entre ellas. Los instrumentos de medición, equipos y aparatos para aplicar este método de prueba son los siguientes:

- a.1) Aparato para medir la temperatura detectada por los detectores de temperatura por resistencia o termopares
- a.2) Multimetro a cuatro terminales, para medir resistencias bajas
- a.3) Equipo para controlar la tensión de alimentación
- a.4) Frecuencímetro
- a.5) Voltímetros
- a.6) Amperímetros
- a.7) Vatímetro trifásico
- a.8) Dinamómetro
- a.9) Torquímetro o aparato para medir par torsional
- a.10) Tacómetro
- a.11) Cronómetro.

7.1.2.3 Procedimiento de prueba. Antes de comenzar las pruebas se deben registrar la temperatura y la resistencia óhmica de los devanados del estator. Para ello, se deben instalar dentro del motor, como mínimo, dos detectores de temperatura por resistencia o termopares, entre o sobre cada uno de los cabezales del devanado, o en las ranuras del núcleo del estator, procurando que queden fuera de las trayectorias del aire de enfriamiento del motor.

a) **Parámetros iniciales.** Se miden las resistencias entre terminales de los devanados del estator y la temperatura correspondiente. Se registran los siguientes parámetros:

- 1) Las resistencias entre terminales de los devanados del estator, en Ω
- 2) El promedio de las temperaturas detectadas en los devanados del estator (t_i), en $^{\circ}\text{C}$
- 3) La temperatura ambiente (t_a), en $^{\circ}\text{C}$.

a.1) Se designa como resistencia de referencia (R_r), a aquella con el valor más cercano al promedio de las tres registradas. Por ejemplo, si:

$$R_{1-2} = 4,8 \Omega$$

$$R_{1-3} = 5,0 \Omega$$

$$R_{2-3} = 5,2 \Omega$$

Entonces el valor de la resistencia de referencia será: $R_r = 5,0 \Omega$

b) **Prueba para alcanzar el equilibrio térmico.** Mediante esta prueba se determinan la resistencia y temperatura de los devanados del motor operando a carga plena. Se hace funcionar el motor a su régimen nominal hasta alcanzar el equilibrio térmico en todos los detectores de temperatura. Se desenergiza y se desconectan las terminales de línea del motor, se mide y registra la resistencia entre las terminales de la resistencia de referencia determinada en el inciso a, en el tiempo especificado en la tabla 3.

(Continúa)

Anexo 4: NIVEL DE FORMACIÓN DEL PERSONAL. OPERARIO 1



Secretaría de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

Quito, 12/12/2022

CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que _____ con documento de identificación número _____ registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre:

Número de documento de identificación:

Nacionalidad:

Género:

Título(s) de tercer nivel de grado

Número de registro	1032-2022-2410375
Institución de origen	UNIVERSIDAD UTE
Institución que reconoce	
Título	INGENIERO EN MECATRONICA
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2022-01-20
Observaciones	

Anexo 5: NIVEL DE FORMACIÓN DEL PERSONAL. OPERARIO 2



Secretaría de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

Quito, 12/12/2022

CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que [] con documento de identificación número [] registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre:

Número de documento de identificación:

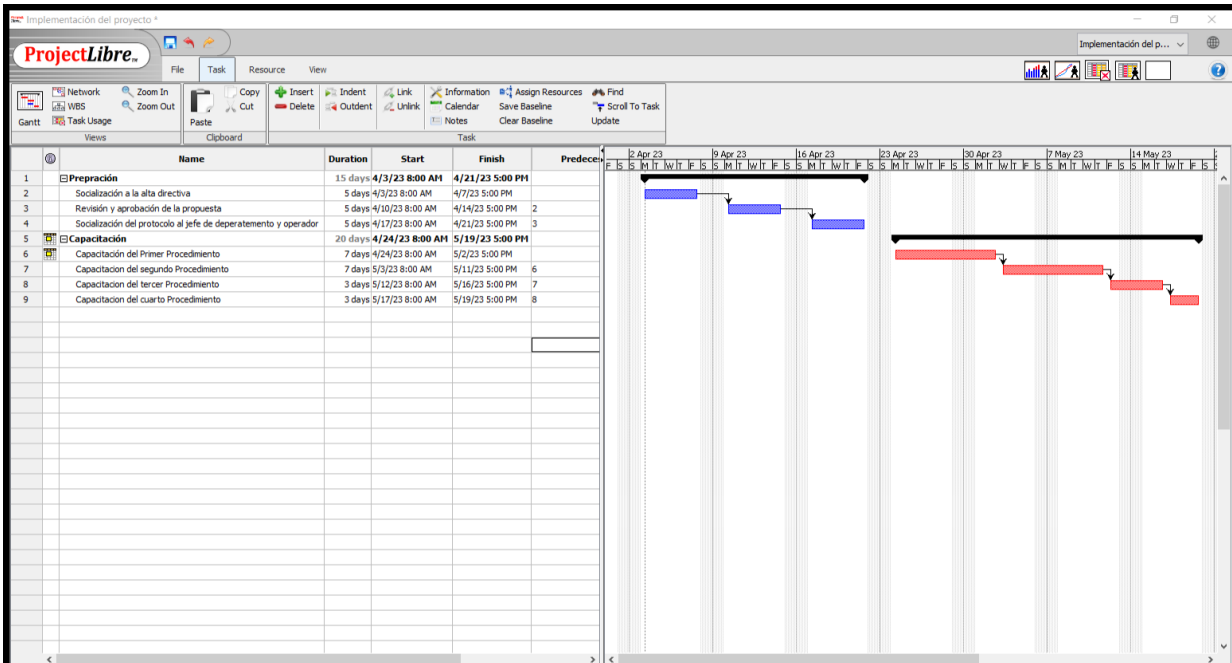
Nacionalidad:

Género:

Título(s) de tercer nivel de grado

Número de registro	1032-2022-2410369
Institución de origen	UNIVERSIDAD UTE
Institución que reconoce	
Título	INGENIERO EN MECATRONICA
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2022-01-20
Observaciones	

Anexo 6: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DESARROLLADO EN PROJECTLIBRE.

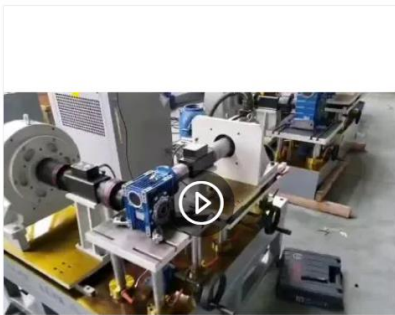


Anexo 7: COSTO DE ADQUISICIÓN DEL DINAMÓMETRO



Todas las categorías ▾ Por Producto ▾ Buscar Productos

Inicio > Instrumentos y Medidores > Instrumento de Prueba > Máquina de Prueba



Motor eléctrico Equipo de pruebas de dinamómetro de banco de pruebas con el mejor precio

Precio FOB de Referencia ⓘ

[Conseguir Precio Último >](#)

US\$ 6.000,00-8.800,00 / Set | 1 Set (Pedido Mínimo)

Diámetro máximo de la pieza de trabajo: > 3200mm

Ámbito masa de la pieza: > 20000kg

Tipo: Motor Test Bench

MAXCAPACITY: > 1000KN

Exactitud Grado: 1

Camino de carga: Carga Mecánica



Anexo 8: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL DINAMÓMETRO

Descripción de Producto		Información de la Compañía	
Información Básica.			
No. de Modelo.	motor dynamometer	Cargando Método	Carga dinámica
Visualización	Digital	Control	Control Computarizado
Peso	>2000Kg	Fuente De Alimentación	AC220V
Petróleo Cilindro Posición	Bajo	Rated Power	63kw
Rated Torque	250 N.M	Rated Speed	2000- 2600 Rpm
Max Speed	9000	Turning Inertia	0.18 Kgm2
Max Voltage	90VDC	Max Current	4 a
Cooling Water Pressure	0.1-0.3 MPa	Flow of Cooling Water	45 L/Min
Paquete de Transporte	Wooden Box	Especificación	DW160
Marca Comercial	Lanmec	Origen	China
Código del HS	9031809090	Capacidad de Producción	10000 Sets / Years

Anexo 9: CÁLCULO DE COSTOS POR MANO DE OBRA

RUBRO\EMPLEADO	Gerencia	Jefe	Operario	Presentador	TOTAL
Salario Mínimo Vital (2023)	450.0	450.0	450.0	450.0	
Sueldo	2500.0	800.0	450.0	450.0	3900.0
IESS Patronal (11,35%)	283.8	90.8	51.1	51.1	442.7
13	208.3	66.7	37.5	37.5	325.0
14	37.5	37.5	37.5	37.5	112.5
FR	208.3	66.7	37.5	37.5	325.0
Vacaciones	104.2	33.3	18.8	18.8	162.5
Desahucio	52.1	16.7	9.4	9.4	81.3
TRANSPORTE					0.0
Total Mensual	3394.2	1111.6	641.7	641.7	5348.9
Incremento	35.77%	38.95%	42.60%	42.60%	
Personal	3.0	1.0	12.0	6.0	
Total	10182.5	1111.6	7700.4	3850.2	13823.4
Horas mes	160	160	160	160	
Costo Minuto	0.354	0.116	0.067	0.067	
Costo Hora	21.214	6.948	4.011	4.011	
Costo hora extra 50%	31.820	10.422	6.016	6.016	
Costo hora extra 100%	42.427	13.895	8.021	8.021	

Anexo 10: FORMATO PARA REPORTE DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0.746 kW a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.

INFORME DE PRUEBAS Informe Número: _____

NOM-016-ENER-2016 Emisión: _____

Prueba requerida por: _____

Dirección del requisitor: _____

Fecha de requisición: _____ Fecha de terminación de la prueba: _____

Fecha de recepción de la muestra: _____ Vigencia del informe: _____

Descripción del motor:

Fabricante: _____	País de origen de fabricación: _____	
Potencia nom: (kW) _____ (CP)	Marca: _____	Categoría de producto: _____
Polos: (No) _____	Modelo: _____	No. de serie: _____
Tensión eléctrica nominal: _____ (V)	Armazón n: _____	Muestra número: _____
Corriente eléctrica nominal: _____ (A)	Tipo: _____	Fases: _____
Frecuencia de rotación: _____ (r/min)	Tipo de encl: _____	Factor de servicio: _____
Frecuencia eléctrica: _____ (Hz)		Letra de diseño: _____
Tiempo de operación: _____		Letra de clave: _____
Eficiencia nominal "η": _____		Clase de aislamiento: _____
Eficiencia aceptada "η _{aceptada} ": _____		Temp. amb. máxima: _____

8.3.1 Parámetros iniciales

Resistencia de referencia, R_i (Ω)

Promedio de las temperaturas, t_i (°C)

8.3.2 Prueba para alcanzar el equilibrio térmico.

Resistencia entre terminales de referencia, R_u (Ω)

Promedio de las temperaturas, t_u (°C)

Temperatura ambiente, t_{amb} (°C)

8.3.2.1 Cálculo del incremento de temperatura por resistencia

Temperatura de los devanados del estator en equilibrio térmico, t_w (°C)

Incremento de temperatura de los devanados del estator, Δt (°C)

Inc.8.3.3 Prueba de funcionamiento

% de la potencia nominal	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Par torsional del motor (medido) T_m (N·m)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Potencia de entrada P_e (kW)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Promedio de las corrientes eléctricas de línea I_m (A)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Frecuencia de rotación n_m (min-1)(r/min)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Promedio de temperaturas, t_m (°C)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Temperatura ambiente t_{amb} (°C)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Promedio de las tensiones eléctricas entre term., (V)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Frecuencia eléctrica de alimentación, (Hz)	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>

Eficiencia y Factor de Potencia

● PF ● Eficiencia

Anexo 11: FORMATO PARA REPORTE DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARTE II

Inc.8.3.5 Prueba de operación en vacío

% de tensión nominal.					
Promedio de las tensiones eléctricas entre $U_{p(r)}$, (V)					
Promedio de las corrientes eléctricas de línea I_L , (A)					
Potencia de entrada en vacío P_e , (kW)					
Promedio de temperaturas t_a , (°C)					
Frecuencia eléctrica de alimentación, (Hz)					

Coefficiente de correlación γ Después de eliminar 1 punto

Cálculos

Potencia de salida corregida, P_{sc} , (%)					
Potencia de salida corregida, P_{sc} , (HP)					
Potencia de salida corregida, P_{sc} , (kW)					
Promedio de las corrientes eléctricas de línea I_L , (A)					
Deslizamiento corregido, s_{sc} , (p.u.)					
Potencia de entrada P_e , (kW)					
Pérdidas de núcleo, P_n , (kW)					
Pérdidas por fricción y ventilación, P_{fv}					
Pérdidas indeterminadas, P_{ind} , (kW)					
Pérdidas por efecto Joule en el estator corregidas, P_{Rsc} , (kW)					
Pérdidas por efecto Joule en el rotor corregidas, P_{Rsc} , (kW)					
Factor de potencia, PF, (%)					
Eficiencia, η_m , (%)					

Eficiencia nominal η (%) (marcada en la placa de datos):

Eficiencia aceptada $\eta_{aceptada}$ (%):

La eficiencia nominal marcada por el fabricante en la placa de datos del motor es igual o mayor que la eficiencia de la Tabla 1 de la norma.

Probado por: _____ Revisado por: _____ Aprobado por: _____

Nombre: _____

Puesto: _____

Signatario Autorizado

Anexo 12: CENTRO DE METROLOGÍA CUARTEL RUMIÑAHUI.

