



Ministerio de Educación Superior
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO

Dr. Antonio Núñez Jiménez.
Facultad Metalurgia y Electromecánica
Moa - Holguín

TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al título de Ingeniero Eléctrico.

Título: Construcción de un puesto de medición para la determinación de eficiencia en Variadores de Velocidad.

Autor: Reinier Sánchez Santos.

Tutor: Ing. Osmany Pérez Aballe.

Año 53 del triunfo de la Revolución.



Ministerio de Educación Superior

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO

Dr. Antonio Núñez Jiménez.

Facultad Metalurgia y Electromecánica

Moá – Holguín

TRABAJO DE

DIPLOMA

En opción al título de Ingeniero Eléctrico.

Título: Construcción de un puesto de medición para la determinación de eficiencia en Variadores de Velocidad.

Autor: Reinier Sánchez Santos

Tutor: Ing. Osmany Pérez Aballe

Año 53 de la Revolución

Declaración de Autoridad

Yo:

Diplomante: Reinier Sánchez Santos

Tutor: Ing. Osmany Pérez Aballe

Autor del Trabajo de Diploma:

*Construcción de un puesto de medición para la determinación de eficiencia en
Variadores de Velocidad.*

*Certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero
Metalúrgico de Moa (ISM M) Dr. Antonio Núñez Jiménez, el cual podrá hacer uso
del mismo con la finalidad que estime necesaria.*

Diplomante.

Reinier Sánchez Santos Ing.

Tutor.

Osmany Pérez Aballe

Dedicatoria

Dedico este Trabajo Diploma a todas aquellas personas que de una forma u otra posibilitaron su realización.

Especialmente a mis padres por el apoyo que me han brindado durante la carrera, a mis compañeros de beca en el cuarto y a todos mis amigos.

Y de manera especial a mi hermosa hijita Carolina Sánchez Verdecía que desde muy pequeña me hizo sentir una persona más responsable al estudio y gracias a eso desde entonces podré llegar a ser un profesional.

Pensamiento

"En lo tocante a la ciencia, la autoridad de un millar no es superior al humilde razonamiento de una sola persona."

"La mayor sabiduría que existe es conocerse a uno mismo."

Galileo Galilei

Agradecimientos

He de expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres por el interés que ha demostrado en el transcurso de mi carrera, a todos mis compañeros que me brindaron su apoyo incondicional, de forma general a aquellos que han brindado su apoyo y han hecho posible la realización de este trabajo.

De carácter especial agradezco a mi tutor Ing. Osmany Pérez Aballe por su ayuda, entrega, y comprensión en el trayecto de mi formación como profesional y realización de este trabajo.

Agradezco al Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz por posibilitarme estudiar en una sociedad donde el estudio es prioridad de toda persona y a la Revolución por las infinitas posibilidades que ha abierto con su leal protección a todos los estudiantes del país.

En general a todos Gracias



Resumen

El presente trabajo muestra la realización de un sistema de medición para determinar parámetros eléctricos en accionamientos con variadores de velocidad, en el mismo se mencionan una serie de métodos generalmente utilizados en la determinación de eficiencia en estos sistemas acoplados con motores de inducción, además del cálculo de los parámetros principales que rigen el comportamiento del accionamiento, pretendiendo de este modo resolver de forma simple el cálculo y demostración de la deficiente información sobre la calidad y eficiencia en accionamientos con variadores de velocidad.

Se ha descrito en cada uno de los pasos y casos a seguir de forma clara y concisa cada una de las formas de cálculo a las que se refiere, para que un usuario sin previos estudios del tema pueda determinar cada una de las variables que pueda estar afectando el funcionamiento del sistema.

En la implementación del método, se realizaron programas en el software profesional Microsoft Excel, donde usted pueda visualizarlas formas de ondas a través de los cálculos en graficas que muestran los sucesos del trabajo implementado en el dominio para la determinación de la eficiencia en accionamientos con convertidores de frecuencia.



A b s t r a t

The present work shows the realization of a system of mensuration in order to determine electric parameters in accionamientos with variadores of speed, they in the same are mentioned a series of methods generally utilized in the determination of efficiency in these systems coupled with motors of induction, besides the calculation of the parameters principals that govern the behavior of the accionamiento, pretending thereby resolve the calculation and demonstration of the faulty information on the quality and efficiency in accionamientos with variadores of speed of simple form.

You it have been described in each one of the passes and cases to follow each one of the forms of calculation to those that you/he/she/it refer, from clear and concise form so that an user without previous studies of the topic could determine each one of the variables that I/he/she/it/you could be affecting the operation of the system.

In the implementation of the method, they were carried out programs in the professional software Microsoft Excel, where you could view the forms of waves through the calculations in graphs that show the going of the work implemented.



Índice

Declaración de Autoridad	I
Dedicatoria	II
Pensamiento	III
Agradecimientos	IV
Resumen	V
Abstrat.....	VI
Índice.....	1
Introducción	3
Situación Problémica.....	3
Problema Científico	3
Objetivo.....	4
Hipótesis	4
Objeto de estudio	4
Campo de acción.....	4
Resultados esperados	5
Métodos y técnicas experimentales.....	5
Estado del arte.....	5
CAPITULO I: MARCO TEORICO CONCEPTUAL	7
1.1 Introducción	7
1.2 Variador de Velocidad	7
1.3 Principio de funcionamiento del convertidor de frecuencia.	8
1.4 Métodos empleados para la regulación de velocidad.....	9
1.4.1 Control por tensión:	9
1.4.2 Control por frecuencia:	10
1.4.3 Particularidades del método de control de frecuencia:	11
1.5 Regímenes de trabajo del convertidor de frecuencia.	15
1.5.1 Funcionamiento a par constante:.....	15
1.5.2 Funcionamiento a par variable:.....	15
1.5.3 Funcionamiento a potencia constante:	16
1.5.4 Accionamientos para elevadores.....	19
1.5.5 Control de flujo en ventiladores:.....	20
1.6 Variables necesarias para la determinación del Rendimiento.....	21
1.7 Rendimiento:.....	21
1.8 Métodos de evaluación del rendimiento en el campo de accionamientos eléctricos que presentan motores de inducción	22
1.9 Método de los datos de placa:.....	22
1.10 Método del deslizamiento:.....	24
1.11 Método de la corriente:	24
1.12 Método de segregación de las pérdidas:	25
1.13 Métodos estadísticos:	25
1.14 Método del momento en el entrehierro	25
1.15 Como efectuar mediciones en el variador de velocidad:	26
1.15.1 Tensión de alimentación:	27
1.15.2 Corriente de entrada:.....	27



1.15.3 Tensión de salida:.....	28
1.16 Conclusiones del capítulo	28
CAPÍTULO II Desarrollo e implementación de métodos	29
2.1 Introducción	29
2.2 Métodos de las corrientes.....	29
2.3 Magnitudes necesarias:	30
2.4 Diseño ideal del esquema a montar:	31
2.4.1 Condiciones para determinar el cálculo:.....	34
2.5 Esquema real a montar:.....	37
2.5.1 Red de alimentación, forma de onda y armónicos:	37
2.5.2 Causas que originan la distorsión armónica.....	37
2.5.3 Efectos y consecuencias severas en el motor:.....	38
2.5.4 Resistencias a utilizar en el esquema a montar:.....	39
2.5.5 Propiedades de medición de los osciloscopios DS-1000	40
2.5.6 Características principales.....	40
2.5.7 Motor trifásico:	43
2.6 Descripción del software.....	44
2.7 Conclusiones del capítulo.....	47
CAPÍTULO III RESULTADOS OBTENIDOS	48
3.1 Introducción al capítulo	48
3.2 Análisis técnico del funcionamiento del sistema	48
3.3 Valoración económica.....	49
3.4 Impacto social.....	51
3.5 Instrucciones para el usuario.....	51
3.6 Instrucciones de mantenimiento.....	52
3.7 Mantenimiento de los dispositivos.....	53
3.7.1 Almacenamiento	53
3.8 Conclusiones del capítulo	53
Conclusiones generales.....	54
Recomendaciones.....	54
Bibliografía.....	55
Anexos	57



Introducción

El actual escenario energético mundial está atravesando por una crisis, en la cual, hay que explotar todas las alternativas que tributen al uso más racional de los portadores energéticos. En un apreciable por ciento de los accionamientos eléctricos en la industria del níquel cubana están presentes los variadores de velocidad, En el presente trabajo se realiza un análisis de los diferentes aspectos relacionados con los temas que son discutidos en la bibliografía consultada, con el fin de disponer de los elementos básicos y de las tendencias actuales que resultan esenciales para el desarrollo del mismo. Son de una gran importancia los temas relacionados con la eficiencia energética en los procesos ligados a accionamientos eléctricos donde estén presentes los variadores de velocidad.

El objetivo principal del presente capítulo consiste en exponer las bases teóricas y trabajos precedentes relacionados con las normas de consumo de energía en los accionamientos

Situación Problemática.

Los variadores de velocidad usualmente operan a altas eficiencias, pero el conjunto del variador de velocidad y motor de inducción no se ha estudiado como un sistema con la profundidad que merece, al existir cambios bruscos de cargas o de variación de los parámetros de alimentación de el motor, esto puede provocar fluctuaciones de eficiencia con respecto a la eficiencia medida de forma puntual. Por esto es necesario determinar con mediciones de forma de onda la curva de eficiencia.

Problema Científico

La no existencia de un sistema de medición para determinar la eficiencia en accionamientos a variadores de velocidad alimentando motores de inducción, utilizando las formas de ondas de tensión y corrientes.



O b j e t i v o

Construir un sistema de medición para determinar el comportamiento de la eficiencia en accionamientos eléctricos.

Hipótesis

Si se diseña un sistema de medición, así como el software que procese los datos obtenidos, entonces se podrá determinar el comportamiento de la curva que represente la eficiencia en los accionamientos eléctricos.

O b j e t o d e e s t u d i o

Accionamientos eléctricos con variadores de velocidad.

C a m p o d e a c c i ó n

Eficiencia energética en accionamientos eléctricos

T a r e a s

- Estudio de los métodos de mediciones avanzadas en instalaciones a variadores de velocidad.
- Determinación de los parámetros fundamentales para el cálculo de eficiencia en variadores de velocidad y en motores de inducción.
- Diseño del sistema de medición de eficiencia en variadores de velocidad.
- Desarrollo e implementación del software para el análisis de los datos obtenidos.
- Determinación analítica y experimental del comportamiento de la eficiencia en los variadores de velocidad.



Resultados esperados

Construir un sistema de medición para la realización de las pruebas.

Obtener el comportamiento de la eficiencia para el variador

Métodos y técnicas experimentales

- Método de investigación bibliográfica.
- Análisis y síntesis
- Método de investigación teórica para caracterizar el objeto de estudio así como sus principales variables.
- Simulación computacional con el Microsoft Excel como herramienta.
- Método de la investigación experimental a escala semi-industrial.

Estado del arte

A partir del análisis de los trabajos precedentes, se definirá la metodología a seguir para la determinación del comportamiento de la eficiencia en variadores de velocidad, se elaborará la base teórica que sustenta la investigación y se realizará una caracterización integral del estado actual del objeto de estudio, en los accionamientos eléctricos especificados.

Una investigación científica de acuerdo a lo planteado por Aróstegui, J. M. y otros en 1975 [1], en cualquier área del conocimiento debe siempre estar sustentada por una investigación empírica y por una investigación teórica, de ahí que sea necesario utilizar los métodos que caracterizan a cada una de ellas para desarrollar científicamente las mismas a partir de una clara caracterización del objeto, del planteamiento del problema, los objetivos, la hipótesis y las tareas.

Para desarrollar la investigación fueron consultados diferentes trabajos y estudios, orientando la revisión bibliográfica en dos líneas fundamentales; por una parte, la información relacionada con el enfoque teórico y metodológico del



estudio a realizar y por otra, los trabajos sobre el tema de la variación de velocidad, mediante tensión y frecuencia, y la eficiencia en motores de inducción.

Como se conoce, los motores de inducción tienen una elevada eficiencia cuando operan con sus cargas y torques nominales [Bodson, 1996] [2]. Así mismo operando con cargas ligeras, o a momento variable las pérdidas del hierro se incrementan dramáticamente, reduciendo considerablemente la eficiencia [Kusko y Galler, 1983] [3].

Lo más avanzado, y perfeccionado que se tiene hasta ahora son los Accionamientos de Velocidad Ajustable (AVA), comercialmente llamados variadores de velocidad, que constituyen en sí convertidores de frecuencia o Inversores Sinusoidales de Voltajes con modulación por ancho de pulsos (VSI a PWM, sus siglas en inglés), el funcionamiento práctico más usual en la industria de estos se reduce a la utilización constante del cociente de frecuencia y tensión, para así mantener aproximadamente constante la densidad del flujo, así como también permanece prácticamente constante el momento máximo. [Pérez Abril, 2010] [4].

Es a veces aconsejable una desviación con respecto a esta regla de $U_1/f =$ constante en los casos en que el momento de la carga disminuye rápidamente con la reducción de la velocidad donde M es proporcional con N^2 provocando una reducción del flujo y mejorando los indicadores energéticos del motor ($\cos(\alpha)$ y η). [Diego Felipe, P 2010][5].



CAPITULO I: MARCO TEORICO CONCEPTUAL

1.1 Introducción

En el presente capítulo profundizaremos mediante el estudio y el conocimiento de fuentes de información de los medios que se abundan en el contexto a tratar. Hacemos varias referencias a bibliografías que contemplan ejemplares de conocimientos referido al estudio de los accionamientos eléctricos con motores de inducción y sobre la eficiencia energética que garantiza el estado y comportamiento de las cargas motoras en dichos accionamientos.

1.2 Variador de Velocidad

El Variador de velocidad es en un sentido amplio un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores. También son convertidores de energía encargados de modular la energía que recibe el motor. Un variador de frecuencia (siglas VFD, Drive o bien AFD (Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD) drivers de CA. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia). Otra definición sería, los variadores de velocidad son dispositivos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables. Resumiendo para minimizar las pérdidas en el motor es necesario adecuar su velocidad con los requerimientos que exigen las cargas mecánicas. Lo más avanzado, y perfeccionado que se tiene hasta ahora son los Accionamientos de Velocidad Ajustable (AVA), comercialmente llamados variadores de velocidad, que constituyen en sí convertidores de frecuencia o Inversores Sinusoidales de Voltajes con modulación por ancho de pulsos (VSI a PWM), aunque también pueden ser modulados por la amplitud de sus pulsos



(VSI a PAM); también están los Inversores Sinusoidales de Corrientes (CSI, siglas en inglés).

1.3 Principio de funcionamiento del convertidor de frecuencia.

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estator. La maquinaria industrial generalmente es accionada a través de motores eléctricos, a velocidades constantes o variables, pero con valores precisos. No obstante, los motores eléctricos generalmente operan a velocidad constante y con valores que dependen de la alimentación y de las características propias del motor, los cuales no se pueden modificar fácilmente. Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad.

Los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores, equipos de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras, entre otras.

Un variador de velocidad puede consistir en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad del mismo. La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita cambiar la velocidad de forma continua (sin ser un motor paso a paso) también puede ser designado como variador de velocidad.

El controlador del dispositivo de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada CA en CC usando un puente rectificador llamado circuito intermedio. La energía intermedia CC es convertida con toda la potencia en una señal sinusoidal de CA usando un circuito inversor conmutado con una frecuencia y una tensión regulable, que dependerán de los valores de consigna, a esta segunda etapa también se le suele llamar ondulator. Todo el conjunto del convertidor de frecuencia recibe el nombre de



inversor. Tan pronto como aparecieron los interruptores semiconductores fueron introducidos en los VFD, ellos han sido aplicados para los inversores de todas las tensiones que hay disponible. Actualmente, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) son usados en la mayoría de circuitos inversores. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fase, un variador de velocidad).

1.4 Métodos empleados para la regulación de velocidad

1.4.1 Control por tensión:

El control por tensión es un método usado fundamentalmente para el control de ventiladores pero se emplea también en bombas. Esta técnica se basa en (por medio de un regulador) generar una tensión variable para aplicarlo al motor. En épocas anteriores, el regulador era siempre un transformador con diferentes "taps"; pero hoy, se emplean reguladores electrónicos.

Debido a que la frecuencia en el estator del motor permanece constante, este tipo de control produce una variación del deslizamiento del rotor y, en consecuencia, de la velocidad.

El método se basa en que el momento desarrollado por un motor asincrónico es aproximadamente proporcional al cuadrado de la tensión aplicada a sus terminales (ver Figura 1).

El requerimiento de alta resistencia en el rotor para la obtención de una gama de regulación de la velocidad lo suficientemente grande y el de una mayor capacidad de ventilación para la operación a bajas velocidades implica que, por lo general, los motores estándar no puedan utilizarse para el control por tensión.

La disminución de la velocidad se logra a costa de un aumento de las pérdidas en el rotor, las cuales provocan un mayor calentamiento en el mismo. El calor es generado principalmente a una velocidad de alrededor de $2/3$ de la velocidad nominal.



Para mayor seguridad, el motor que se va a trabajar con control por tensión se selecciona usualmente de una capacidad mayor que la requerida (normalmente un valor más en la escala de potencia).

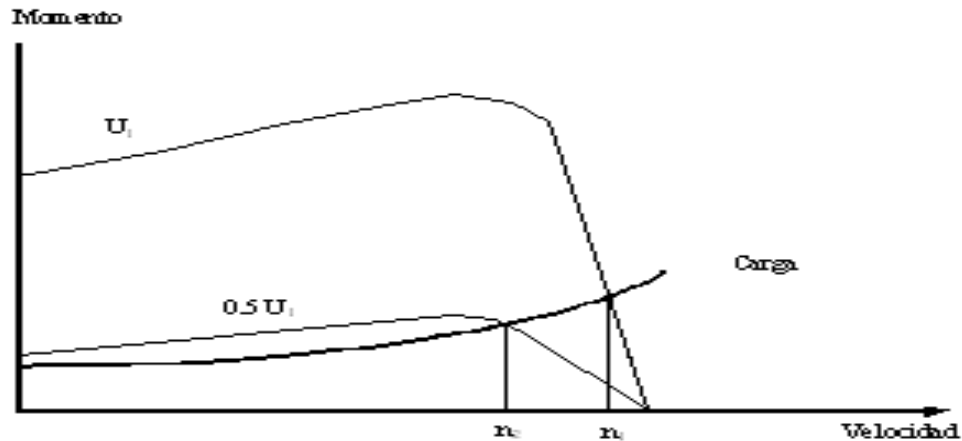


Figura 1 Control de velocidad por medio de la variación de la tensión terminal. (Características de momento contra deslizamiento).

Los reguladores de tensión utilizados más frecuentemente, están equipados con filtros de armónicos, funciones para el arranque suave y para la protección del motor. El sistema de control se combina con reguladores de presión o temperatura integrados.

En instalaciones residenciales, hoteleras o en aquellas con equipos electrónicos sensibles, el regulador de tensión debe equiparse con supresores de interferencia para radiofrecuencias. Cuando menos, deben emplearse cables apantallados.

1.4.2 Control por frecuencia:

Como se planteó anteriormente, controlar la velocidad de un motor de jaula de ardilla por frecuencia puede considerarse el método más eficaz y eficiente. A continuación, se analizan algunas características básicas del mismo.

1.4.3 Particularidades del método de control de frecuencia:

El método se fundamenta en que la velocidad sincrónica del campo magnético rotatorio de un motor asincrónico puede ser controlada por medio de la variación de la frecuencia de línea, ya que:

$$n_s = \frac{120f}{P} \quad (\text{rpm})$$

Dónde: **n**; velocidad sincrónica (**rpm**); **f**; frecuencia de la línea (**Hz**); **P**; número de polos.

Para mantener la densidad de flujo aproximadamente constante, la tensión de línea debe variarse también proporcionalmente a la frecuencia, es decir, $U_1/f = \text{constante}$. El momento máximo permanece también prácticamente constante en esas condiciones. El método más utilizado actualmente es el control de la tensión y la frecuencia, utilizando técnicas de modulación por ancho de pulso (MAP o PWM, por sus siglas en inglés). En la Figura 2 se muestra un esquema de este tipo de variador de velocidad.

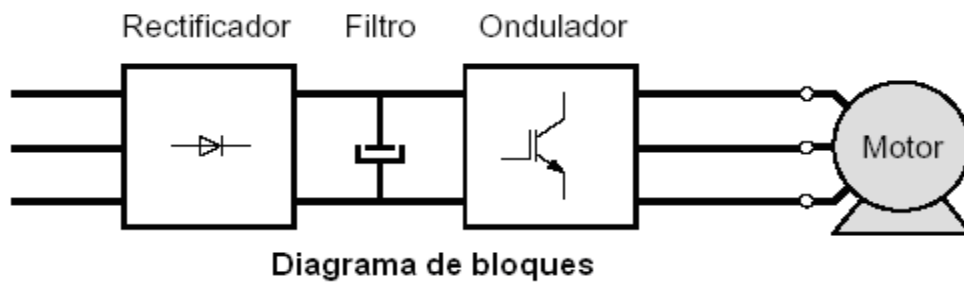


Figura 2. Esquema de bloque del variador de velocidad con modulación por ancho de pulso (PWM).

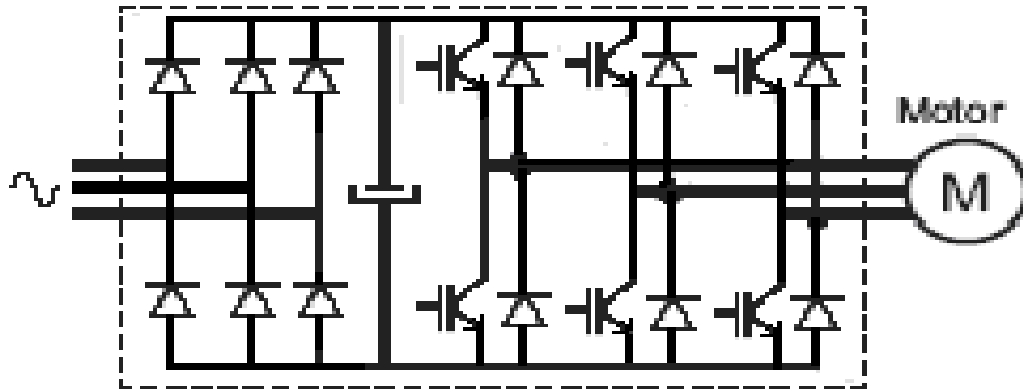


Figura 2.1 Esquema interno de los bloques del variador de velocidad con modulación por ancho de pulso (P W M).

Tanto la frecuencia como la tensión de salida pueden controlarse independientemente. La Figura 2.2 muestra las formas de ondas típicas de tensión de salida de una fase del accionamiento, para la situación en que la frecuencia y la tensión han variado simultáneamente en forma lineal. Estas formas de onda son simplificadas en la figura, ya que el accionamiento tiene una frecuencia portadora mucho más alta que la que se muestra.

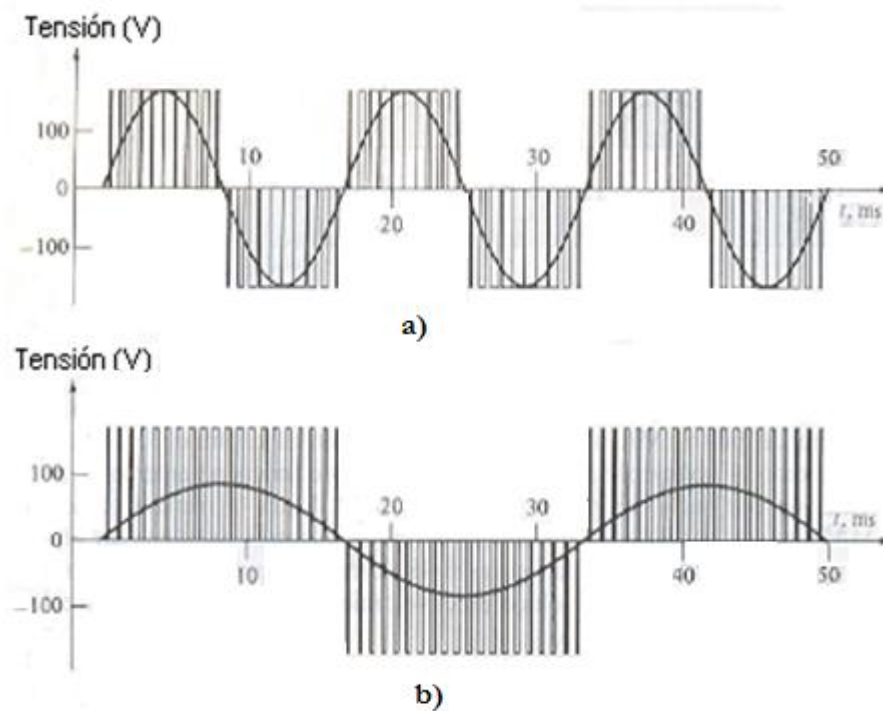


Figura 2.2 Control de tensión y frecuencia con P W M

a) 120 V , 60 Hz

b) 60 V , 30 Hz.



En la Figura 2.2 a) se observa la tensión de salida ajustada a una frecuencia de 60 Hz y una tensión efectiva de 120 V. La Figura 2.2 b) muestra la salida ajustada a una frecuencia de 30 Hz y una tensión efectiva de 60 V. Obsérvese que la máxima tensión producida por el accionamiento permanece igual en los dos casos; el nivel de tensión efectiva se controla por la fracción de tiempo en que la tensión se activa; y la frecuencia, por la velocidad a la cual la polaridad de las pulsaciones se conmuta de positivo a negativo y viceversa.

Es a veces aconsejable una desviación con respecto a la regla $U_1/f = \text{constante}$, en los casos en que el momento de la carga disminuye rápidamente con la reducción de la velocidad, por ejemplo, en los accionamientos de cargas centrífugas donde $M \propto n^2$. En este caso, la disminución mucho más rápida de la tensión en comparación con la frecuencia, provoca una reducción del flujo y mejora los indicadores energéticos del motor ($\cos \varphi$ y η), al mismo tiempo que la disminución del momento máximo no es peligrosa desde el punto de vista de la capacidad de sobrecarga.

En adición a su función de regular la velocidad, los convertidores de frecuencia actuales ofrecen otras características ventajosas. A continuación se verán algunas de ellas:

- a) Por medio de una alta frecuencia de pulsos, es posible lograr una corriente casi sinusoidal en el motor, un contenido mínimo de armónicos y un bajo nivel de ruido, aunque las pérdidas a altas frecuencias de pulsos pueden ser elevadas.
- b) Reducción del desgaste mecánico de la bomba y aumento de su duración.
- c) Reducción de las oscilaciones de presión en la red de líneas y mayor cuidado de éstas.
- d) Es posible seleccionar entre distintas funciones de aceleración y desaceleración, permitiendo arranques y paradas suaves. Puede proveerse un incremento del momento de arranque de 150% o más con respecto al momento nominal. Esto significa un arranque confiable, aún con cargas elevadas.

e) Simplificación de la red de tuberías al eliminar válvulas de estrangulación, control por bypass, etc.

f) El motor suele tener una capacidad elevada en un intervalo de frecuencia de 35 a 50 Hz para una máquina de 50 Hz. Esto significa que, en muchas ocasiones, el motor y el convertidor de frecuencia no tienen que sobredimensionarse. El área bajo la curva representa el intervalo típico donde un motor controlado por frecuencia puede cargarse sin necesidad de enfriamiento adicional. Si el motor se utiliza en forma continua en el área sobre la curva a bajas velocidades, se requiere un enfriamiento separado. Alternativamente, puede seleccionarse un motor de mayor capacidad.

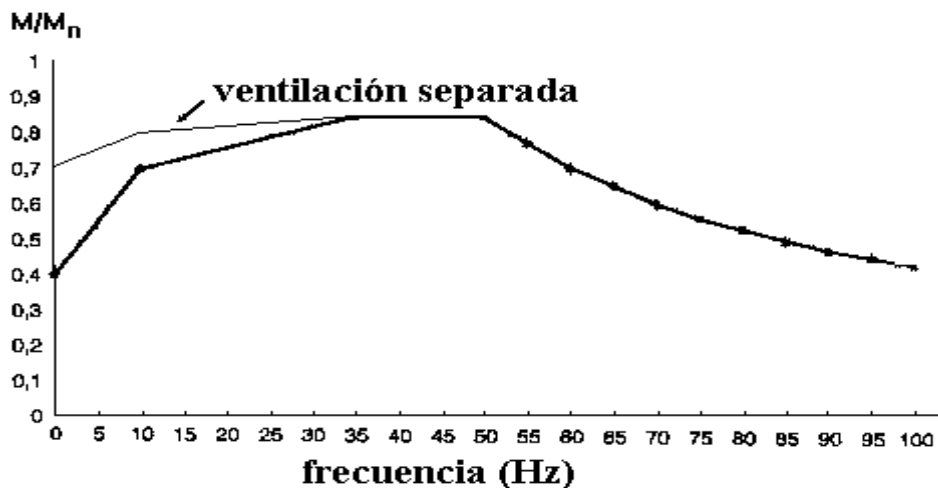


Figura 4. Ejemplo de comportamiento de la carga de un motor controlado por un convertidor de frecuencia

g) Debido a las características de diseño de los convertidores, el factor de potencia del sistema convertidor – motor es cercano a la unidad.

h) Otra excelente característica es la facilidad de un arranque volante (flying), esto es, conectar un motor que está girando.

h) Un frenado efectivo puede lograrse utilizando un sistema integrado al equipo o una unidad extra de frenado dinámico (frenado con corriente directa). De esta forma es posible, por ejemplo, mantener la carga estacionaria. El paso de la condición de frenado a la de arranque a plena carga se ejecuta fácilmente.



g) Gracias a las propiedades de estas nuevas generaciones de convertidores de frecuencia, el ruido en el motor es muy bajo. Esto permite su uso en medios sensibles al ruido como oficinas, instalaciones hoteleras y hospitales.

1.5 Regímenes de trabajo del convertidor de frecuencia.

1.5.1 Funcionamiento a par constante:

Se denomina funcionamiento a par constante cuando las características de la carga son tales, que, en régimen permanente, el par solicitado es sensiblemente constante sea cual sea la velocidad (figura 5). Este modo de funcionamiento se utiliza en las cintas transportadoras y en las amasadoras. Para este tipo de aplicaciones, el variador debe tener la capacidad de proporcionar un par de arranque importante (1,5 veces o más el par nominal) para vencer los rozamientos estáticos y para acelerar la máquina (inercia). Ver la siguiente figura.

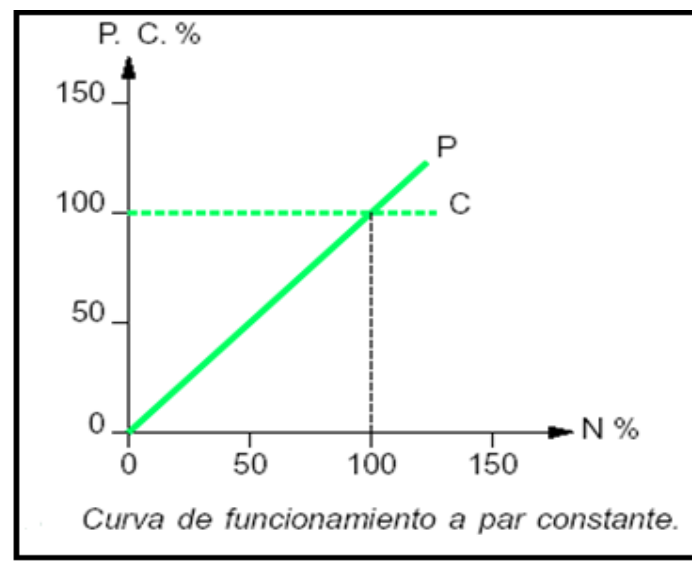


Figura 5 Característica de funcionamiento a par constante.

1.5.2 Funcionamiento a par variable:

Se denomina funcionamiento a par variable cuando las características de la carga son tales que en régimen permanente, el par solicitado varía con la velocidad. Es en concreto el caso de las bombas volumétricas con tornillo de Arquímedes cuyo par crece linealmente con la velocidad (figura 5a) o las

máquinas centrífugas (bombas y ventiladores) cuyo par varía con el cuadrado de la velocidad (figura 5b).

Para un variador destinado a este tipo de aplicaciones, es suficiente un par de arranque mucho menor (en general 1,2 veces el par nominal del motor). Muy frecuentemente dispone de funciones complementarias como la posibilidad de omitir las frecuencias de resonancia correspondientes a las vibraciones indeseables de la máquina. Es imposible funcionar más allá de la frecuencia nominal de la máquina porque sería una carga insostenible para el motor y el variador.

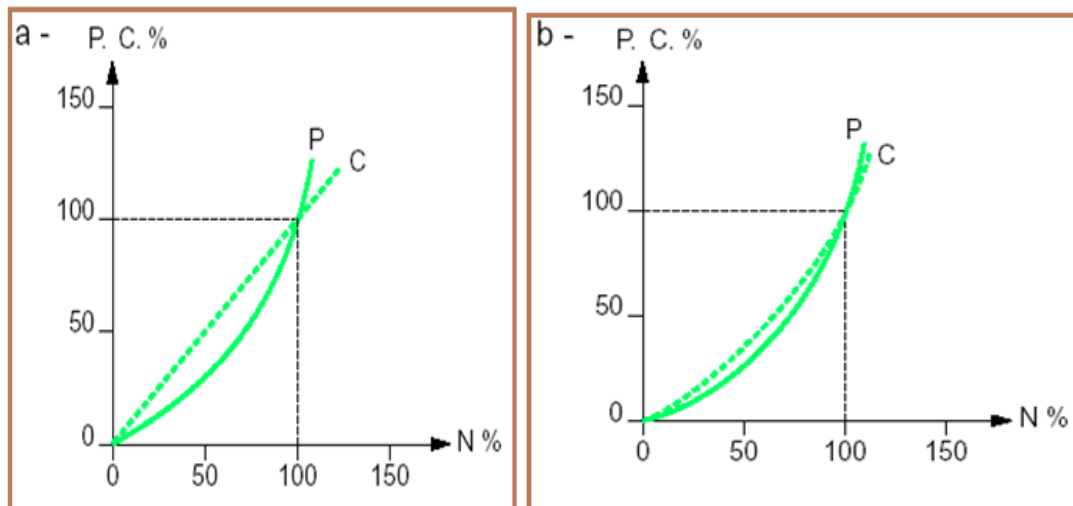


Figura 5a, 5b Característica de funcionamiento a par variable.

1.5.3 Funcionamiento a potencia constante:

Es un caso particular del par variable. Se denomina funcionamiento a potencia constante cuando el motor proporciona un par inversamente proporcional a la velocidad angular (figura 5c). Es el caso, por ejemplo, de una embrolladora cuya velocidad angular debe disminuir poco a poco a medida que aumenta el diámetro de la bobina por acumulación de material. Es también el caso de los motores de huso de las máquinas herramienta. El margen de funcionamiento a potencia constante es por definición limitado: a baja velocidad, por la corriente proporcionada por el variador, y a gran velocidad, por el par disponible del



motor. En consecuencia, el par motor disponible con los motores asíncronos y la capacidad de conmutación de las máquinas de corriente continua deben ser comprobados.

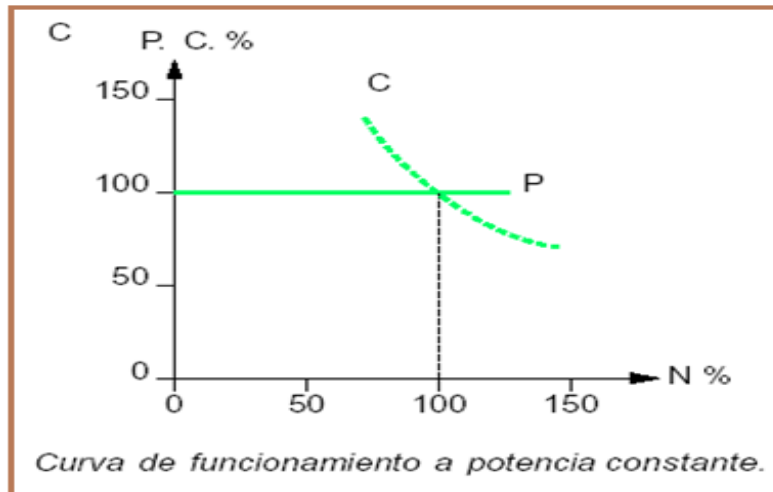


Figura 5c Característica de funcionamiento a potencia constante.

La mayoría de las marcas incluyen dentro del propio convertidor protecciones para el motor, tales como protecciones contra sobre intensidad, sobre temperatura, fallo contra desequilibrios, defectos a tierra, etc, además de ofrecer procesos de arranque y frenados suaves mediante rampas de aceleración y de frenado, lo que redundará en un aumento de la vida del motor y las instalaciones. Como debe saberse, el uso de convertidores de frecuencia añade un enorme potencial para el ahorro de energía disminuyendo la velocidad del motor en muchas aplicaciones, además aportan los siguientes beneficios:

Mejora el proceso de control y por lo tanto la calidad del producto.

Se puede programar un arranque suave, parada y freno

Amplio rango de velocidad, par y potencia. (Velocidades continuas y discretas).

Bucles de velocidad.

Puede controlar varios motores.

Factor de potencia unitario.

Respuesta dinámica comparable con los drivers de DC.

Capacidad de by-pass ante fallos del variador.



Protección integrada del motor.

Marcha paso a paso (comando JOG).

Con respecto a la velocidad los convertidores suelen permitir dos tipos de control:

Control manual de velocidad: La velocidad puede ser establecida o modificada manualmente (display de operador). Posibilidad de variación en el sentido de giro.

Control automático de velocidad: Utilizando realimentación se puede ajustar la velocidad automáticamente. Esta solución es la ideal para su instalación en aplicaciones en las que la velocidad demandada varía de forma continua.

El control de procesos, eficiencia de trabajo y el ahorro de la energía son tres de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad. Históricamente, los variadores de velocidad fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero, al igual que los accionamientos eléctricos requieren de una categoría rigurosa de eficiencia del trabajo dentro del mismo proceso. El control de velocidad con el empleo de convertidores de frecuencia para ventiladores se incrementa crecientemente. Al igual que para el caso de las bombas, en la aplicación con ventiladores este método proporciona varias ventajas en cuanto al consumo de energía, facilidades operacionales, costos de mantenimiento, el medio ambiente y otros. El uso de los variadores de C.A. Vacon, es una de estas posibilidades de utilización de los convertidores para mejorar la eficiencia del proceso para controlar caudal y presión en lugar de utilizar compuertas o válvulas aporta ahorros energéticos substanciales, consiguiendo un rápido retorno de la inversión inicial. Ver las imágenes siguientes en aplicaciones de los variadores en bombas centrífugas y ventiladores. A continuación se muestra las imágenes que darán muestras del control de ventiladores y bombas centrífugas.

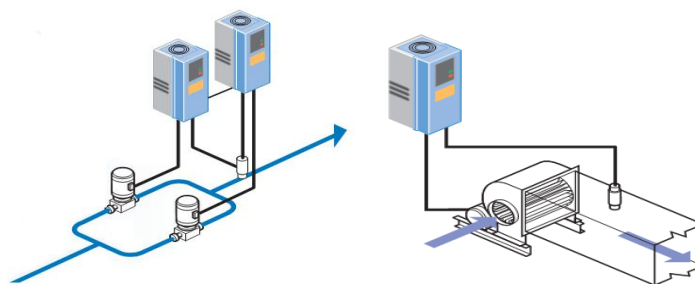


Figura 6: Control para bombas o ventiladores.

1.5.4 Accionamientos para elevadores

La utilización para elevadores de sistemas de control por frecuencia del tipo frecuencia variable-tensión variable (con una técnica PWM con alta frecuencia de conmutación) empleando un motor asincrónico, resulta también la mejor manera de regular la velocidad.

El módulo de accionamiento está en interface con la computadora que controla el elevador, la cual produce los comandos para arranques, paradas y los modos de operación. El sistema de accionamiento trabaja inteligentemente en todos los modos y fases de la operación del elevador.

En la Figura continuación se puede observar, para distintas velocidades, el consumo de corriente con un sistema de ese tipo (llamado aquí $V^3 F$ por sus fabricantes) en comparación con un control de tensión variable (ACVV). La ventaja es especialmente notable a bajas velocidades.

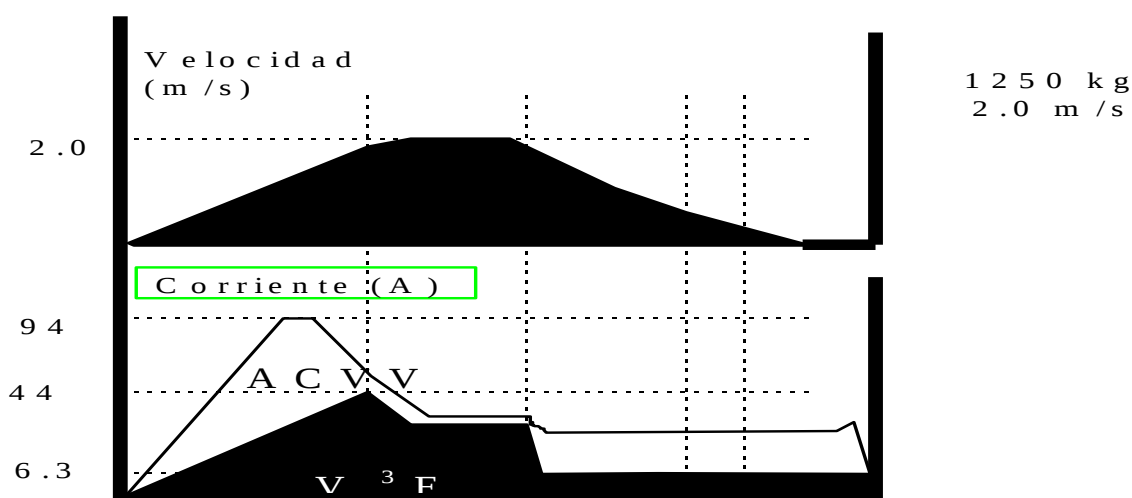




Figura7: Consumo de corriente en función de las velocidades de operación en elevadores. (Método de tensión variable y método tensión variable-frecuencia variable)

1.5.5 Control de flujo en ventiladores:

Los motores son los dispositivos más ampliamente utilizados para convertir la energía eléctrica en alguna otra forma útil, representando el 70% del consumo total. Una gran parte de ésta energía se aplica a motores de inducción para accionar bombas, sopladores y ventiladores, considerándose que el 50% de los motores en uso están destinados a este tipo de cargas.

Las bombas y ventiladores son calculados para cubrir los requerimientos máximos de la carga, sin embargo, es común que el sistema demande una amplia gama de puntos de operación, hasta fracciones de los parámetros de diseño. Elementos como válvulas reguladoras o compuertas son ampliamente utilizados en ventiladores y bombas para adecuarse a estas necesidades y aunque son confiables y simples afectan severamente la eficiencia del sistema. El continuo desarrollo de variadores de velocidad plantea una alternativa más eficiente para el control de flujo, permitiendo aprovechar los accionamientos existentes.

El ventilador más comúnmente empleado, es el tipo centrífugo, el cual imparte la energía al aire por la fuerza centrífuga, incrementando su presión y produciendo un flujo a la salida.

En la Figura siguiente se muestra la curva presión-flujo para un ventilador centrífugo a una velocidad dada. Las curvas estándar comprenden una familia de éstas para diferentes velocidades e incluyen las eficiencias y requerimientos de potencia.

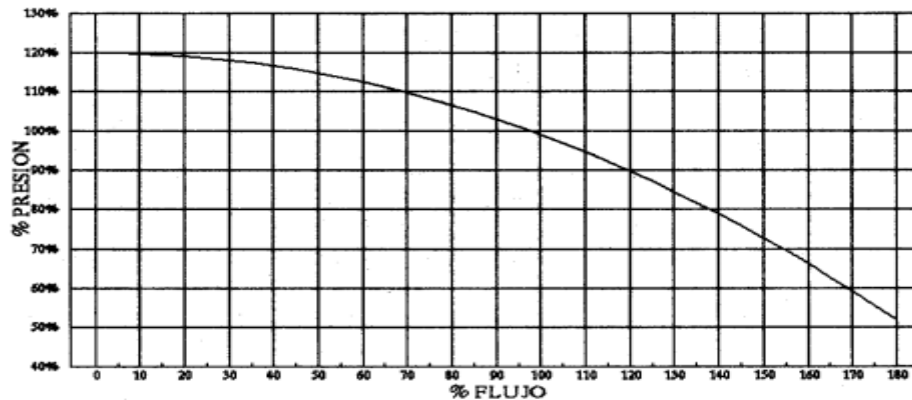


Figura 8 Curva del ventilador centrífugo

1.6 Variables necesarias para la determinación del Rendimiento

Rendimiento del motor en condiciones reales de operación:

El cálculo de la eficiencia de los motores para las diferentes condiciones de operación se realiza aproximadamente según:

$$\eta_{Ajustada} = \left(\eta_{FC} + A_{VV} \right) A_{DV} - A_R$$

(1.5.1)

D ó n d e:

$\eta_{Ajustada}$: eficiencia de operación, evaluada al factor de carga actual y ajustada por las condiciones de operación.

η_{FC} : eficiencia del motor evaluada sólo a partir de las condición de carga actual.

A_{VV} : ajuste por variación de voltaje.

A_{DV} : ajuste por desbalance de voltaje.

A_R : ajuste por rebobinado

1.7 Rendimiento:

Muchos ingenieros tienden a considerar los datos de placa como valores veraces y comprobados. Sin embargo, hay que tener presente que éstos son el resultado de la evaluación estadística de un gran número de máquinas



similares y que se obtienen de ensayos efectuados bajo una de estas normas que se establecen y aparecen a continuación:

IEC 34-2 extensamente aplicada en el mundo;

IEEE -112 y NEMA /MG 1 (aplicadas fundamentalmente en Norteamérica),

JEC-37 empleadas en el Japón,

CS-390 utilizadas en Canadá.

(La **NEMA /MG 1** y la **CS-390** armonizan con la **IEEE-112**).

1.8 Métodos de evaluación del rendimiento en el campo de accionamientos eléctricos que presentan motores de inducción

- a) Método de los datos de placa
- b) Método del deslizamiento
- c) Método de la corriente
- d) Método del circuito equivalente
- e) Método de segregación de pérdidas
- f) Métodos estadísticos
- g) Método del momento en el entrehierro
- h) Método del momento en el eje o método directo

1.9 Método de los datos de placa:

Este método se basa en considerar la eficiencia de placa constante para todo estado de carga de la máquina. Sin embargo, una parte de los motores industriales trabajan por debajo del 75% de carga. En este rango, la dependencia de la eficiencia con la carga no debe considerarse constante.

En forma general, las máquinas de mayor potencia y menor número de polos tienden a mantener la eficiencia aproximadamente constante. Las de menor potencia y menor velocidad manifiestan un notable decrecimiento de la eficiencia para factores de carga inferiores al 50%.



Con este método existen otras dificultades:

El tipo de norma que sustenta el valor de placa

Los datos de placa son el resultado de la evaluación estadística de un gran número de máquinas similares y de ensayos efectuados bajo una de estas normas.

La calidad de la energía en campo, con relación a las condiciones en las cuales se determinaron los datos de placa.

Si el motor es rebobinado o modificado.

Es criterio que en los motores de potencia inferior a 30 kW la eficiencia se reduce en un 2% y en un 1% para mayores potencias, excluyendo aquellos reparados en talleres acreditados en programas de alta calidad EASA-Q o ISO 9000.

La eficiencia nominal por placa se utiliza para determinar la eficiencia operacional y el estado de carga de la manera siguiente:

Se toma la medición de la potencia de entrada o en su defecto el voltaje, la corriente y el factor de potencia promedio de las fases. Se calcula la potencia de entrada según:

Luego se calcula la potencia de entrada nominal por:

$$kW_{ENTRADA_{NOM}} = \frac{kW_{SALIDA_{NOM}}}{\eta_{NOM}} \quad (1.8.1)$$

Se calcula el factor de carga como:

$$kW_{ENTRADA} = \frac{\sqrt{3} V_{PROM} I_{PROM} \cos \phi}{1000} \quad (1.8.2)$$

$$FC = \frac{kW_{ENTRADA}}{kW_{ENTRADA_{NOM}}} \times 100 \% \quad (1.8.3)$$



Con el % FC y las características del fabricante se puede precisar la eficiencia operacional

1.10 Método del deslizamiento:

Este método supone que el estado de carga es proporcional a la relación del deslizamiento medido y el deslizamiento nominal

$$kW_{SALIDA} = \frac{S_{MEDIDO}}{S_{NOMINAL}} \times kW_{SALIDA_{NOM}} = \frac{n_{sinovica} - n_{medida}}{n_{sinovica} - n_{nominal}} \times kW_{SALIDA_{NOM}} \quad (1.9.1)$$

1.11 Método de la corriente:

Este método propone que el estado de carga es proporcional a la relación de la corriente medida y la corriente nominal:

$$kW_{SALIDA} = \frac{I_{MEDIDA}}{I_{NOMINAL}} \times kW_{NOMINAL} \quad (1.10.1)$$

Cuando hay variación en la magnitud del voltaje aplicado en las condiciones de trabajo, se realiza la modificación siguiente:

$$kW_{SALIDA} = \frac{I_{MEDIDA}}{I_{NOMINAL}} \times \frac{V_{MEDIDO}}{V_{NOMINAL}} \times kW_{NOMINAL} \quad (1.10.2)$$

Esta ecuación es útil para determinar estados de carga entre el 50 % y plena carga. La corriente al 50 % de la carga también podría obtenerse de los datos del fabricante o por estimados del (MOTOR MASTER+).



1.12 Método de segregación de las pérdidas:

Este método determina la magnitud de las pérdidas totales como la suma de cinco grupos mostrados en la Tabla a continuación (donde también se da el porcentaje aproximado que representa de las pérdidas totales para un diseño estándar de la NEMA tipo B). Se requiere un banco de pruebas.

Tipos de Pérdidas	% del Total
Pérdidas en el (Cu) del estator	37
Pérdidas en el (Cu) del rotor	18
Pérdidas en el núcleo	20
Pérdidas adicionales	16
Pérdidas en fricción y ventilación	9
Pérdidas Totales	100

Tabla 1: Pérdidas en el motor asíncrono.

1.13 Métodos estadísticos:

Son métodos basados en la recopilación de una gran cantidad de datos de motores de distintos fabricantes, con los que se elabora una gran base de datos que sirve para la determinación de la eficiencia del motor que se desee. Un ejemplo conocido de este tipo de método es el que emplea el (MOTOR MASTER+).

El único inconveniente es que las características operacionales del motor pueden diferir de las que se encuentran en la base de datos (entre otros casos, si el motor ha sido rebobinado)

1.14 Método del momento en el entrehierro

El método de la medición del momento en el entrehierro parte de determinar la potencia en el entrehierro para deducir la potencia en el eje y requiere la medición de voltajes y corrientes de línea instantáneos y del procesamiento de un grupo de ecuaciones integrales. La variante más sofisticada necesita las



formas de onda. Sus limitaciones son similares a las del método del torque en el eje en un ambiente de campo.

1.15 Como efectuar mediciones en el variador de velocidad:

Medidas en la entrada: Cualquier multímetro de verdadero valor eficaz de buena calidad puede medir la tensión de entrada de forma correcta, que debe variar alrededor del 1% entre sí al medirse de fase a fase sin carga. Un desequilibrio significativo puede producir un funcionamiento inadecuado en el motor y debe corregirse tan pronto como sea posible.

Medidas en la salida: Técnicamente se dice que un multímetro digital de verdadero valor eficaz lee el calentamiento que la tensión no sinusoidal produce en la carga (el motor), mientras que la lectura de la tensión de salida en el display del controlador sólo muestra el valor eficaz de la componente fundamental (normalmente entre 30 y 60 Hz). Las causas de esta diferencia son el ancho de banda y el filtrado. Muchos de los multímetros digitales de verdadero valor eficaz actuales tienen anchos de banda de hasta 20 kHz o superiores, lo que provoca que respondan no sólo a la componente fundamental, que es a lo que el motor responde realmente, sino a todas las componentes de alta frecuencia generadas por el variador de velocidad. Además, si el multímetro digital no está protegido del ruido de alta frecuencia, los altos niveles de ruido eléctrico producidos por el variador hacen que la diferencia en ambas medidas se incremente considerablemente. Esta combinación de ancho de banda y filtrado hace que muchos multímetros de verdadero valor eficaz muestren lecturas entre un 20% y un 30% superiores a lo que indica el controlador del variador.

El multímetro Fluke 87 V, con su función de filtro pasa bajo, realiza de forma precisa la medida de tensión, corriente y frecuencia de salida del variador tanto en los terminales del variador como del motor. Con el filtro seleccionado, las lecturas del 87 V para la tensión y la frecuencia (velocidad del motor) coinciden con las indicaciones de la pantalla de la etapa de control. El filtro pasa bajo también permite realizar medidas de corriente



precisas si se utiliza con sondas de corriente de tipo “efecto Hall”. Todas estas medidas son especialmente útiles cuando se realizan en el motor y los indicadores del variador no están a la vista, y por tanto se necesita una medida real y precisa en la pantalla del multímetro.

1.15.1 Tensión de alimentación:

1. Para medir la tensión de alimentación de CA en la entrada del variador:
2. Seleccione la función de tensión CA del 87 V.
3. Conecte la sonda negra a uno de los tres terminales de fase.
4. Conecte la sonda roja a uno de los otros dos terminales de fase y anote la lectura.
5. Ahora, mueva la sonda roja a la tercera fase y anote la lectura.
6. Asegúrese de que la diferencia entre estas dos lecturas no supere el 1 %.

1.15.2 Corriente de entrada:

La medida de la corriente de entrada suele requerir una sonda de corriente accesoria. Puede utilizar una sonda tipo transformador sólo de CA (i200, 80i-400) o una sonda de tipo efecto Hall CA/CD (i410, i1010).

Sonda tipo transformador: Seleccione medida mA/A CA en el multímetro. Las lecturas en miliamperios de la pantalla son las lecturas reales de corriente de fase en amperios.

Sonda de tipo efecto Hall: Seleccione medida de tensión CA del 87 V. Pulse el botón amarillo para activar el filtro pasa bajo. Esto permite que el multímetro suprima el ruido de alta frecuencia generado por el controlador del variador.

Las lecturas en mili voltios que aparecen en la pantalla del 87 V son las lecturas reales de corriente de fase en amperios. Coloque la sonda de corriente en cada uno de los cables de fase de alimentación de entrada sucesivamente, anotando cada una de las tres lecturas obtenidas.



Asegúrese de que la diferencia entre unas lecturas y otras no supere el 10 % para garantizar un equilibrio adecuado.

1.15.3 Tensión de salida:

1. Para medir la tensión de salida CA en el variador o en los terminales del motor: Seleccione medida de tensión de CA en el 87 V.
2. Conecte la sonda a uno de los terminales del motor o de salida del variador. Conecte la sonda roja a uno de los otros dos terminales.
3. Pulse el botón amarillo para activar el filtro pasa bajo. Anote la lectura.
4. Mueva la sonda roja al tercer terminal de tensión de salida del variador y anote la lectura.
5. Asegúrese de que la diferencia entre estas dos lecturas no supere el 1 % . Las lecturas también deben coincidir con la pantalla del controlador (si está disponible).
6. Si el filtro paso bajo no está activado, las lecturas de tensión de salida pueden ser de un 10 % a un 30 % superiores, como en un multímetro digital normal.

1.16 Conclusiones del capítulo

De forma de resumen queremos obtener los resultados de los objetivos principales de este presente capítulo que consiste en exponer las bases teóricas y trabajos precedentes relacionados con las normas de consumo de energía en los accionamientos. De forma sintética una breve reseña histórica sobre los eventos reflejados en el capítulo así como los más importantes se tienen en cuenta para la realización de los cálculos posteriormente en los restantes capítulos. Resaltar la metodología que se utilizó para las bases del cálculo así como la gravedad de los distintos problemas encontrados en los sistemas de los accionamientos eléctricos industriales y la posterior posibilidad de corregir estas dificultades.



CAPÍTULO II Desarrollo e implementación de métodos.

2.1 Introducción

En este presente capítulo daremos a conocer la consistencia del sistema de medición que se utilizara y describiremos cada una de las partes del mismo, además de analizar las mediciones obtenidas así como la implementación del software en el cual se procesaran estos resultados para alcanzar los objetivos trazados en este trabajo para así poder caracterizar la energía que entregan al sistema. También permite de manera sencilla y sin un equipamiento complejo visualizar las formas de ondas y el contenido armónico de la energía que es entregada a la carga. Además se recogen métodos para la determinación de parámetros necesarios como la visualización de los armónicos que perjudican la calidad de la onda, y los diferentes cálculos para estimar la curva de la eficiencia en los mismos. La metodología que se va a utilizar en el sistema de medición en el objetivo de alcanzar la eficiencia de los accionamientos eléctricos que presentan motores de inducción para el siguiente trabajo se hará énfasis en el mismo a continuación en el capítulo 1 epígrafe 1.10.

De forma breve podemos sugerir que el método a utilizar es el mas idóneo en este caso a implementar en la obtención de los parámetros establecidos al determinar las curvas de eficiencia en estos accionamientos nos referimos al método de las corrientes tal que el mismo se aplica a condiciones que posteriormente se abundaran en el siguiente epígrafe 2.1 pero aplicable cuando existe variaciones de tensión, demostrando así que por la expresión matemática se obtienen una serie de parámetros importantes a la hora de evaluar la potencia de trabajo de la carga y su respectiva eficiencia.

2.2 Métodos de las corrientes

Estando dentro del análisis del método que utilizaremos conocido por **Métodos de las corrientes** en el cual se describe, cuando hay variación en la magnitud del voltaje aplicado en las condiciones de trabajo, se realiza la modificación de otras expresiones de cálculos de métodos donde se propone el estado de la carga relacionadas a la corrientes medidas y la corriente nominal simplificando este condición como resultado se obtuvo la expresión siguiente:



$$kW_{SALIDA} = \frac{I_{MEDIDA}}{I_{NOMINAL}} \times \frac{V_{MEDIDO}}{V_{NOMINAL}} \times kW_{NOMINAL} \quad (2.1.1)$$

Expresión que determina potencia de salida por el eje de la maquina asincrónica.

Referente a un accionamiento eléctrico con motor de inducción la potencia de salida por el eje del motor en (kW) se puede conocer si se tiene la corriente medida por un instrumento electrónico capaz de conocer estos parámetros como por ejemplo el osciloscopio, dividido por la corriente nominal parámetro de chapa del equipo, multiplicado por la tensión medida en el instrumento, dividido por la tensión nominal relacionada en la chapa del motor, multiplicada por la potencia referida en la chapilla del motor. Esta ecuación es útil para determinar estados de carga entre el 50 % y plena carga. La corriente al 50 % de la carga también podría obtenerse de los datos del fabricante.

2.3 Magnitudes necesarias:

Es de vital importancia especificar los parámetros eléctricos en el cual el diseño está basado, en el esquema se refleja visualmente las conexiones de entrada de los instrumentos que toman estas mediciones eléctricas, el osciloscopio (1) es capaz de mostrar variables eléctricas como son tensiones de alimentación, corrientes de fases, ángulo de desfasaje entre las tensiones y corriente de fases y con estos parámetros podemos calcular las respectivas potencias P,Q,S en la entrada del variador muestreando el comportamiento de la red trifásica así como la frecuencia de alimentación. El osciloscopio (2) muestra el comportamiento de la carga motora después de la conexión del variador conectado al motor muestreando parámetros como son tensiones de alimentación de la carga, corrientes de fases, ángulo de desfasaje entre las tensiones y corriente de fases impuestas por el variador y las correspondientes potencias.

2.4 Diseño ideal del esquema a montar:

En el esquema siguiente podemos reflejar un diagnóstico de la implementación del método a utilizar además de visualizar el sistema de medición donde se obtienen los datos para ser procesados el proyecto. El diseño consta de un sistema de alimentación trifásico que a su vez está conectado con un convertidor de frecuencia atado a una carga trifásica inductora en este caso un motor de inducción también conectado a ellos un osciloscopio a la entrada del variador de frecuencia muestreando los parámetros eléctricos de la red y otro a la salida del convertidor muestreando los datos referentes a la carga conectada al motor. El variador nos muestra los posibles gráficos del comportamiento del accionamiento mientras que los instrumentos toman valores adquiridos en el transcurso del tiempo en el accionamiento eléctrico para así ser comparados y procesados en un software para comparar la veracidad de la eficiencia del accionamiento mostrado al poder construir la curva de comportamiento de la eficiencia.

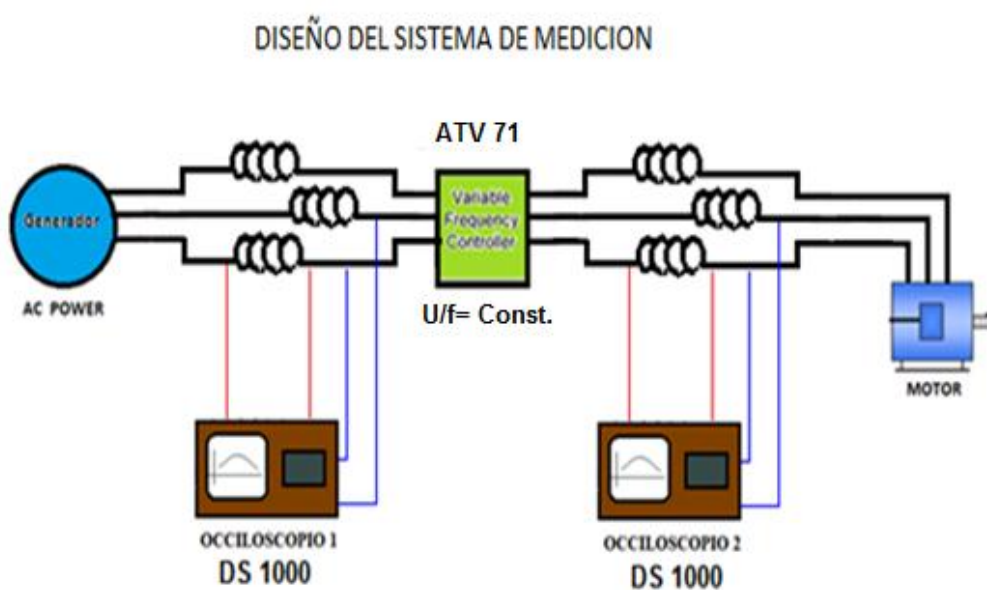


Figura 9: Esquema de análisis y construcción del sistema de medición en la realización de pruebas y obtención de datos, gráficos y respuestas del accionamiento eléctrico.

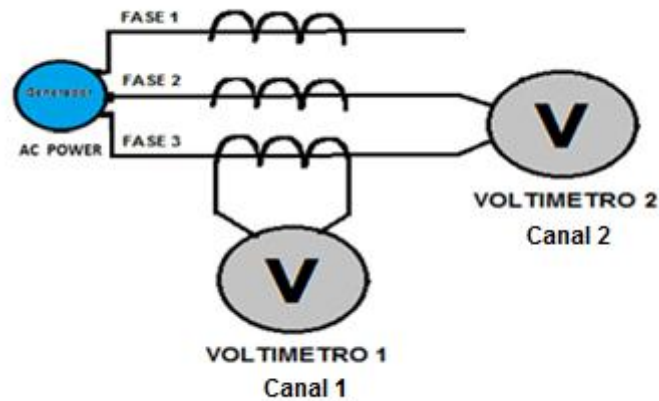


Figura 9a: Esquema simplificado del diseño del sistema de medición mostrando cómo se efectúa las mediciones.

En este esquema representamos como se efectúa el sistema de medición desde la fase 2 a la fase 3 por el voltímetro 2, además la caída de tensión al circular la corriente por la resistencia en la fase 3 se visualiza en el voltímetro 1 conectado el instrumento en el canal dos, esta se calcula por la siguiente expresión:

$$I l = \frac{U \text{ volt}}{R \text{ cht}} \quad (2.4.1)$$

Dónde: (**IL**) corriente línea; (**U volt**) caída de tensión en la resistencia; (**R sht**) valor real de la resistencia en ohmios.

A continuación representamos las formas de ondas tomadas las mediciones por el osciloscopio DS1000 observando en el comportamiento de las mismas como una opción representemos el voltímetro en el esquema ya que DS 1000 posee esta opción dentro de las gamas de opciones a utilizar



Figura b: Formas de ondas de la medición a la entrada de la red referida a V1.

En este esquema estos valores se representan si en las fases existe una carga lo que conectada a ella de manera que visualizamos tensión si en la resistencia hay corriente circulando a la carga... No es objetivo representarla esta carga en la figura ya que solo nos enmarcamos en que se comprenda el sistema como funciona.

Por otra parte para encontrar los valores de tensiones de fases (ver ejemplo en la fase 2 y 3) nos referimos a la medición en el voltímetro 2, los valores que se muestrean en los archivos de memorias tomadas por el instrumento deben de dividirse por la raíz de tres al convertirse la tensión de línea en tensión de fase sabiendo que el comportamiento de las fases son balanceadas y su expresión es la siguiente al igual que sus respectivas formas de ondas:

$$U_f = \frac{U_L}{\sqrt{3}} \quad (2.4.2)$$

Dónde: (U_f) tensión de fase; (U_L) tensión de fase.

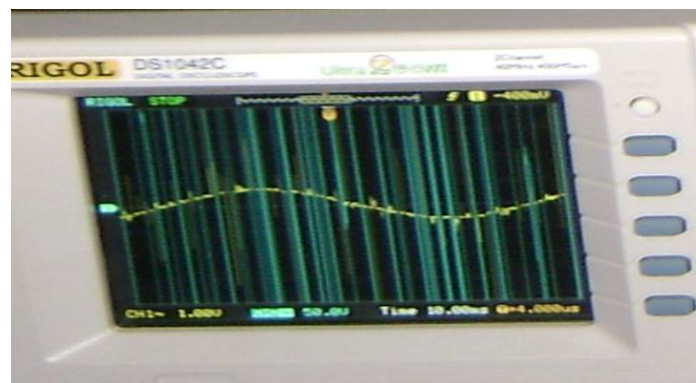


Figura 9c: muestra de las formas de ondas de las mediciones a la salida del variador, refiriéndose al V2.



En el análisis de los circuitos trifásicos en presencia de armónicos tenemos que tener en cuenta las condiciones siguientes. La FEM solo tiene armónicos de orden impar; la tercera FEM constituye un sistema balanceado en el sentido en el que tiene igual forma de onda y sus armónicos fundamentales están desfasados en 120° . Los armónicos que están $(1 + 6k)$ donde $(k=0,1,2,3,\dots,7)$ son sistemas trifásicos balanceados ABC.

2.4.1 Condiciones para determinar el cálculo:

Condición # 1: Es de vital importancia aclarar que al calcular las potencias en las etapas del accionamiento como en la entrada del convertidor referida a la red trifásica estamos refiriéndonos a la alimentación del accionamiento lo podemos calcular por la expresión que a continuación se define;

$$P_{entrada} = \sqrt{3} U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2.4.3)$$

O más conocida en detalles por esta expresión:

$$P(3f) = \sqrt{3} * U * I * (\cos \varphi)$$

Dónde: $P(3f)$ Potencia trifásica; (U) Tensión; (I) Corriente; $(\cos \varphi)$ Factor de potencia.

$$\eta = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} = \frac{P_2}{P_1} \quad (2.4.4)$$

Dónde: (η) Eficiencia del accionamiento eléctrico; (P_{salida}) Potencia de salida refiriéndose a la potencia de la máquina (P_2) ; $(P_{entrada})$ Potencia antes calculada llamada potencia de entrada.

Condición # 2: A la salida del variador de frecuencia como etapa intermedia del accionamiento podemos obtener los cálculos de la misma por las expresiones siguientes según artículo publicado en internet <http://www.ujae.es/investiga>:



$$\eta_k = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + k_0 + k_1 P_{out} + k_2 P_{out}^2} \quad (2.4.5)$$

D ó n d e :

(P e n t r a d a) Potencia de entrada: es la potencia instantánea disponible a la entrada del inversor en (W)

(P s a l i d a) Potencia de salida: es la potencia instantánea suministrada a la salida del inversor

(P n o m i n a l) Potencia nominal: esta es la potencia nominal de salida del inversor en (W).

P o u t = P s a l i d a / P n o m i n a l; (adimensional).

k 0 es el coeficiente que representa las pérdidas de autoconsumo (adimensional).

(k 1) representa las pérdidas proporcionales a la potencia (adimensional).

(k 2) representa las pérdidas proporcionales al cuadrado de la potencia (adimensional).

(η_k) esta es la eficiencia instantánea de conversión

Para determinar la eficiencia a la salida del variador de velocidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$\eta_{sistema} = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} * 100\% \quad (2.4.6)$$

Donde la potencia de salida del variador de velocidad se calcula de la siguiente manera:

$$P_{salida} = \sqrt{3} U.I.f_p \quad (2.4.7)$$

(Aclarar que esta potencia de salida es trifásica y la frecuencia y tensión las impone el variador de forma variable.)



Y para el cálculo de potencia de entrada se realiza con las mediciones de la manera mostrada, por ejemplo en la condición #1.

$$P_{entrada} = \sqrt{3} U.I. fp \quad (2.4.8)$$

(Aclarar que esta potencia de entrada es trifásica y el factor de potencia está dado por la intercepción de las formas de ondas entre tensión y corriente más conocido como periodo de las ondas.)

Nota instructiva: $\cos \varphi 2 = Fp$

Conociendo los parámetros para calcular la potencia trifásica a la salida del variador solo nos falta el factor de potencia que está dada por el periodo entre la intercepción de las formas de ondas de la corriente para el caso 1 y la tensión de fase para el caso 2, aclarar que este factor de potencia esta afectado por la suma de ángulo 30 grados de desfase entre la tensión de línea y la tensión de fase quedando así la expresión:

$$\cos \varphi 1 = \frac{P_1}{U_1 \cdot I_1} \text{ por lo tanto resulta que; } \varphi 1 = \arctan \frac{P_1}{U_1 \cdot I_1} \quad (2.4.9 a)$$

$$\text{Entonces } \varphi 2 = \left(\arctan \frac{P_1}{U_1 \cdot I_1} \right) + 30^\circ \quad (2.4.9)$$

Condición # 3: Por último la potencia en el eje del motor como carga lo podemos efectuar a través de la siguiente expresión:

$$P_{salida} (kW) = \frac{I_{medida}}{I_{nominal}} * \frac{V_{medido}}{V_{nominal}} * P_{nominal} (kW) \quad (2.4.9a)$$

Para determinar la eficiencia se debe emplear la expresión que a continuación se enuncia:

$$\eta = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} = \frac{P_2}{P_1} \quad (2.4.10)$$

2.5 Esquema real a montar:

2.5.1 Red de alimentación, forma de onda y armónicos:

En el presente proyecto se hará de forma de síntesis una breve caracterización de la red en la cual se trabaja a un bajo nivel de tensión o conocido como redes residenciales, industriales de 220V, 440V trifásico. Se dice que existe distorsión armónica cuando la onda sinusoidal, prácticamente pura, que generan las centrales eléctricas sufre deformaciones en las redes de alimentación a los usuarios.

A los armónicos se les designa normalmente por su orden, un número que resulta de la relación existente entre su propia frecuencia y la de la componente fundamental.

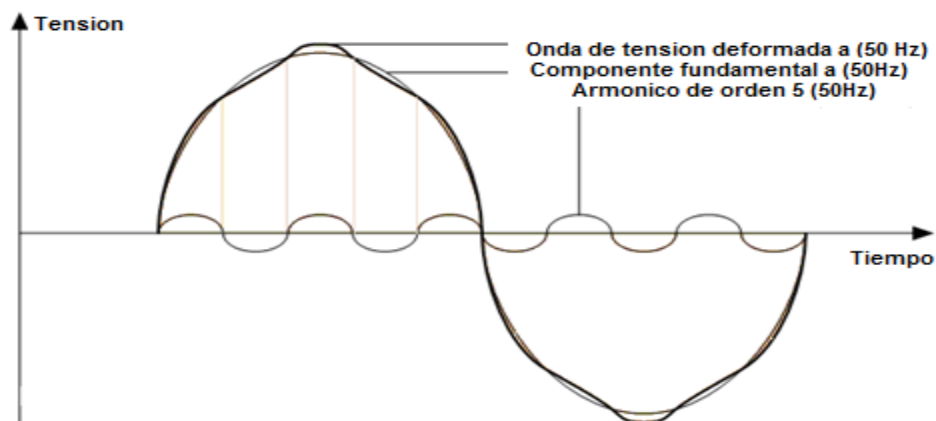


Figura10: Onda de tensión deformada y sus componentes.

2.5.2 Causas que originan la distorsión armónica.

Existen algunos equipos que emiten armónicos a la red general de alimentación eléctrica, El problema con cargas no lineales es la forma no sinusoidal que la corriente adopta, producto de las diferentes ondas (múltiplos enteros de la fundamental), que a ella se suman y que son originadas por las cargas no lineales. Esta deformación de las señales de tensión y corriente se expresa usualmente en términos de "Distorsión Armónica".



2.5.3 Efectos y consecuencias severas en el motor:

En referencia a la carga esta es también sensible a las condiciones de la energía entregada desde la red de distribución. De esta forma, los desequilibrios de tensión, la presencia de armónicas y otras perturbaciones de su alimentación, producirán efectos de oscilaciones en el eje, calentamiento adicional de los devanados y pérdidas adicionales en el motor. Muchos de estos efectos son despreciables frente a las magnitudes normales de torque, pero su presencia en forma continua durante el funcionamiento de la máquina produce generalmente funestas consecuencias.

Por otra parte la sección del inversor utiliza los IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) para convertir la tensión continua del circuito intermedio en una tensión de salida con frecuencia variable. Los IGBT envían pulsos de duración variable hacia el motor y como respuesta se obtiene una corriente casi sinusoidal. Los IGBT conmutan a una frecuencia entre 2 a 16kHz, llamada frecuencia portadora. Una frecuencia portadora alta reduce el ruido acústico del motor pero disminuye la eficiencia y la longitud permisible del cable hacia el motor. Además, los IGBT generan mayor calor a una frecuencia portadora más alta. Los IGBT pueden generar altos picos de voltaje que son potencialmente perjudiciales para el motor. Estos picos se producen por el fenómeno de reflexión que duplica el voltaje del circuito DC. Estos picos originan perforaciones en el aislamiento del motor.

Las tensiones armónicas provocan daños en el rotor, debido a que la presencia de dichas tensiones induce torques oscilatorias que se superponen al torque normal de la máquina. Estas oscilaciones inciden en mayores esfuerzos en rodamientos y descansos y mayores pérdidas de roce asociadas. Como la presencia de cualquier armónico produce mayores temperaturas que su no presencia, el evitar la aparición de armónicos implicará prolongar la vida útil de la máquina. Dado que el aislamiento de los devanados del motor es lo que define su grado de soporte a las temperaturas, un devanado con mejor aislamiento podrá soportar, en general, mayores temperaturas de funcionamiento.



2.5.4 Resistencias a utilizar en el esquema a montar:

El alambre micrón también conocido como cable de Níquel/Cromo es un tipo de elemento térmico resistivo usado en casi cualquier dispositivo termo-eléctrico tal como un resistor. El micrón está compuesto de un 80% de Níquel y un 20% de Cromo. Son preferibles los cables de micrón con aislantes para evitar pequeños cortocircuitos, pero los que no llevan aislante deberían funcionar igualmente bien si se toman las medidas adicionales necesarias para aislar los cables. También se usa la cinta Kapton o bien la cinta de teflón para un mejor aislamiento. En electrónica, un shunt es una carga resistiva a través de la cual se deriva una corriente eléctrica. Generalmente la resistencia de un shunt es conocida con precisión y es utilizada para determinar la intensidad de corriente eléctrica que fluye a través de esta carga, mediante la medición de la diferencia de tensión o voltaje a través de ella, valiéndose de ello de la ley de Ohm;

$$(I = V/R). \quad (2.3.11)$$

En el diseño ideal del circuito a montar en estas resistencias shunt, su principio de funcionamiento es semejante a los transductores, fueron confeccionadas capas de soportar corrientes hasta más de 10 amperes y valores de media tensión de longitud promedio de cinco metros y 1,4 ohm aproximadamente, que generan pequeños niveles de tensiones que son convertidos en señales utilizadas en software para alcanzar el comportamiento de la carga a través de ecuaciones y gráficos.



Figura 11: Material que participa en la construcción de los resistores shunt

2.5.5 Propiedades de medición de los osciloscopios DS-1000

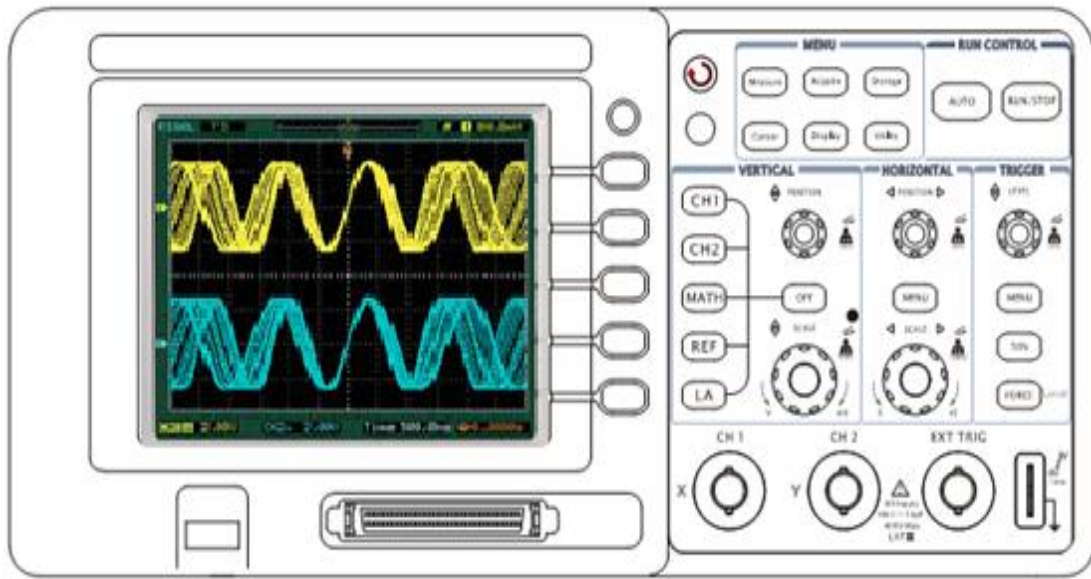


Figura 11: Vista frontal del osciloscopio serie DS1000.

Los osciloscopios digitales de la serie **DS-1000** poseen anchos de banda de 40 MHz a 100 MHz y memoria de 1M, además dispone de disparos avanzados para capturar las señales más complejas y con un diseño ultra compacto. Disponen de una frecuencia de muestro en tiempo real de 1GS/s su pantalla TFT tiene un brillo excepcional. Además incluyen una conexión USB host, con lo que se puede insertar una memoria USB y almacenar las señales capturadas. Disponibles la opción de incorporar un **analizador lógico** de 16 canales (modelos D) para así disponer de un completo MSO (osciloscopio de señal mixta).

2.5.6 Características principales

- 2 canales + disparo externo
- Ancho de banda de 50 MHz y 100 MHz
- Muestreo de 1GS/s en tiempo real y de 25GS/s en equivalente
- 16 canales digitales (versión D)
- Memoria de 1M muestras
- 20 medidas automáticas
- Pantalla de 5.7" color TFT



- Comunicación con el PC por puerto USB o RS-232 para transmisión en tiempo real
- Disparos avanzados: Flanco, Anchura pulso, Pendiente, Alternado, TV (patrón y duración en versión D)
- Base de tiempos principal y retardada
- Drivers Lab View
- FFT
- Compatible con impresoras Pic Bridge

Incluye

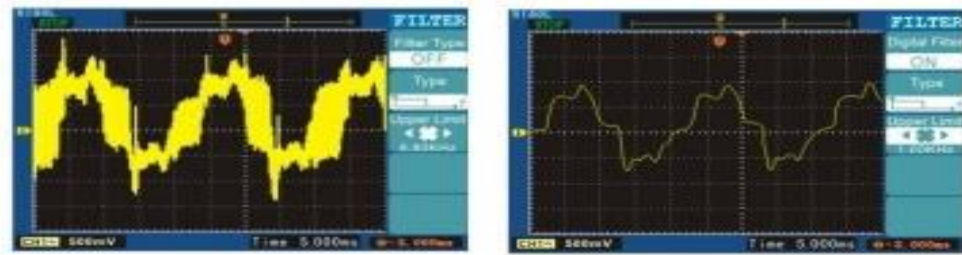
- Cable de alimentación, Cable USB, 2 sondas x1/x10, CD ROM, manual
- Adaptador 16 canales para el analizador lógico (sólo versión D)
- Garantía de 3 años

Optativo de 16 cauces digitales, osciloscopio Mixto señalado), cada cauce puede ser puesto por separado o independientemente, o en un 8 grupo del pedazo Mono/ Color que TFT LCD Despliega a 320* 234 resolución USB almacenamiento e impresión apoya, con descarga vía USB conexión ajustable intensidad de las formas d ondas automático por facilidad de usa Preserva 10 formas de ondas 10 arreglos, apoyos CSV y formato del bitmap Recientemente este diseño tardó en examinar esta función, fácil darles atención a ambos detalles y apreciación global de las formas de ondas además de 20 medidas Automáticas, cursor automático rastrea las medidas de las formas de ondas registradas, registro y repartición de las formas de ondas dinámico selección del usuario calibración del desplazamiento rápida Builten FFT función, Frecuencia se opone a Filtros digitales, incluye LPF, HPF, BPF, BRF Paso/ Función de la Falta, optically aisló Paso/ rendimiento de la Falta Agrega, Substrae y Multiplica Mathematic Funciones Tipos del disparador avanzados incluyen: Borde, Video, anchura del Pulso, esta alternativa, dibuja y permite darle duración a los osciloscopio Mixto señalado). Ajustable activa sensibilidad.

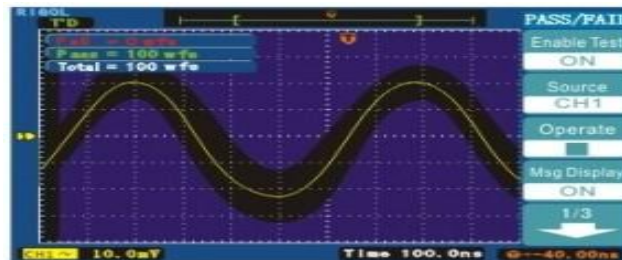
Filtros digitales: Los osciloscopios de la serie DS1000 disponen de 4 tipos de filtros digitales programables: Paso Bajo, Paso Alto, Banda pasante y banda



eliminada. Estas funciones son muy útiles para permitir al usuario analizar y medir señales complicadas así como eliminar molestos ruidos.



Ultrazoom: La base de tiempos en estos osciloscopios digitales retardada permite realizar un zoom en tiempo real, con un factor de ampliación de 3000:1 sin pérdida de resolución.



Función pasa/no pasa: La función Pasa/No pasa permite generar máscaras para localizar cualquier señal anormal. Ideales para producción. La función pasa/no pasa opera basada en una norma definida por el usuario. Se define una tolerancia permitida para que la señal capturada sea considerada correcta.

Reducido tamaño: Su tamaño de 303mm x 154mm x 47mm es bastante inferior al de los modelos convencionales, ahorrando mucho espacio.

Pantalla color: Su pantalla TFT de color de 5.7" dispone de una resolución de 320x234, ayudando en gran manera a visualizar la señal fácilmente, especialmente cuando se muestran muchos datos o formas de onda.

Conexión a PC: Permite conectarse fácilmente a la PC a través del puerto USB posibilitando transferir una medición o visualizar en modo online el osciloscopio.



2.5.7 Motor trifásico:

El motor usado en un sistema variador de frecuencia es normalmente un motor de inducción trifásico. Algunos tipos de motores monofásicos pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos. Varios tipos de motores asíncronos ofrecen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más apropiados para la mayoría de propósitos y son generalmente la elección más económica. Motores diseñados para trabajar a velocidad fija son usados habitualmente, pero la mejora de los diseños de motores estándar aumenta la fiabilidad y consigue mejor rendimiento del VFD (Variador de frecuencia). Conociendo las características de funcionamiento del motor que a continuación se define, el motor asincrónico trifásico consta de un estator bobinado de dos o más polos por fase y de un rotor construido por chapas de hierro silicio, que puede tener un bobinado (rotor bobinado) o puede tener barras longitudinales unidas entre sí (jaula de ardilla).

La siguiente tabla muestra los correspondientes datos reales necesarios del motor trifásico que se harán las pruebas, en la construcción del sistema de medición de las tomas de las mediciones tales que rijan el funcionamiento más eficiente del accionamiento eléctrico.

A continuación les ofrecemos las características correspondientes del motor a utilizar en la construcción del sistema de medición:

DATOS DE CHAPA DEL MOTOR A UTILIZAR	
Conexión delta Δ	Conexión estrella Y
U= 220V I= 15,4A	U= 380V I= 0,9A
U= 320V I= 14,9A	U= 400V I= 0,6A
U= 240V I= 15,0A	U= 415V I= 8,7A
F= 50Hz	Cos ϕ = 0,81
Nn = 4250rpm P = 4000W	Masa = 31Kg

Tabla: 2 Datos de chapa del motor de muestra en el sistema de medición

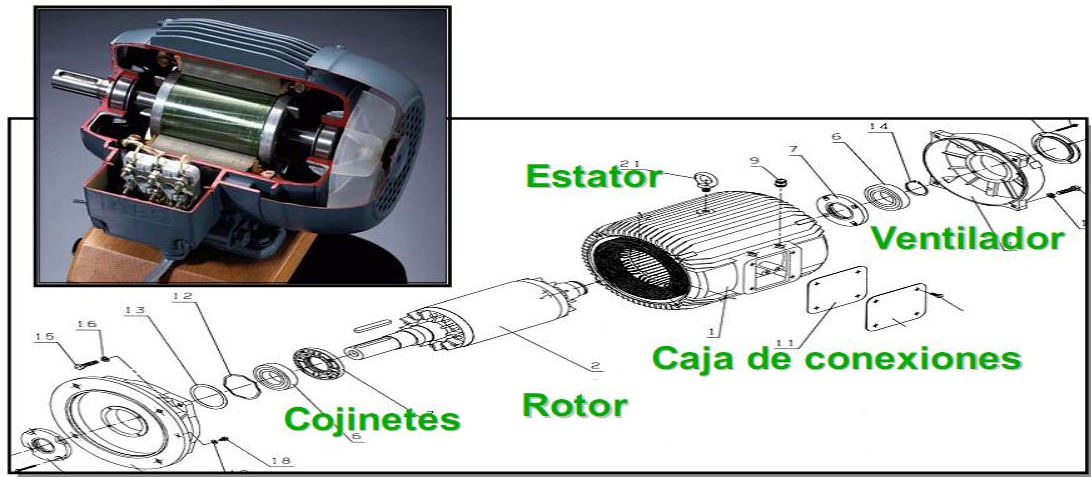


Figura 12: Partes constructivas del motor asincrónico, desintegración del mismo.

2.6 Descripción del software

El programa utilizado en el trabajo es un software profesional dentro del paquete de Microsoft Office la herramienta Microsoft Excel el cual es una hoja de cálculo que permite realizar muchas operaciones de cálculo con tan solo ejecutarlo el mismo te sugiere varias opciones de trabajo, consultando el menú ayuda te brinda como poder trabajar con el software y entender las aplicaciones del mismo. Aquí le podemos asegurar que el trabajo fue de gran utilidad pues me permitió llegar a realizar los cálculos de los parámetros que me rigen el accionamiento para lograr las gráficas de tiempo en función de la eficiencia a la entrada del variador de velocidad, a la salida y posteriormente a la salida del eje del motor para así desde esta manera poder comprobar el estado de la eficiencia del motor en el estado de trabajo en el cual el mismo está operando a las condiciones reales de tiempo.

En este programa se pudo efectuar las siguientes operaciones de cálculos:

Convertir los datos mostrados por los osciloscopios en el formato (csv) e importarlos en la hoja de cálculo como datos numéricos dentro de tablas que muestran parámetros eléctricos que rigen la eficiencia energética del accionamiento.

Determinar el periodo de las formas de ondas para la determinación en forma creciente o decreciente del intercepto por el eje de abscisas para conocer el



tiempo que transcurre una sinusoide al comienzo y conclusión de las mismas y el desfase entre las formas de ondas de tensión y corriente.

Conociendo el valor de la frecuencia de entrada y salida a la carga, posteriormente por la expresión siguiente ($f = \frac{1}{T}$): procedemos a determinar el ángulo (ϕ) para lograr el desarrollo de los cálculos por las siguientes expresiones matemáticas.

$$\frac{f}{t(u,i)} = \frac{100}{X} \quad \text{Donde} \quad X = (\text{Dato}) \quad (2.6.1)$$

$$\frac{360^\circ}{y} = \frac{100}{X} \quad \text{Donde} \quad Y = (\phi) \quad (2.6.2)$$

Nomenclatura:

(f); Frecuencia; (t); Tiempo de transcurso del periodo de las formas de ondas de tensión y corrientes; (X) Dato obtenido de la expresión (2.7.1); (180°); Es el periodo de transcurrido las sinusoides; (Y); Es el valor real del ángulo (ϕ) Hallando el $\cos(\phi)$ podemos obtener el valor final del ángulo al que el accionamiento está operando en condiciones reales de trabajo

A continuación se muestra las gráficas en obtención de los resultados esperados de análisis y cálculos sobre las eficiencias tratadas en el transcurso de la realización del proyecto, las mismas tienen por nombre Graficas de la eficiencia alcanzada en el eje del motor, Graficas de la eficiencia alcanzada en la salida del Variador de Velocidad, Graficas de la eficiencia alcanzada en el Sistema.

En la obtención de la eficiencia del motor se obtuvo un resultado de un 80.72% del 100% como total, sometido el motor a las condiciones de tensiones de 32V, 10Hz producto a la regulacion de velocidad en le variador ATV 71. La siguiente figura muestra el comportamiento de la eficiencia calculada en el eje del motor a las condiciones antes mencionadas, es necesario referir que esta recta que se muestra esta dada al calcular la eficiencia en cada uno de los puntos que forma la onda, el tiempo que se analizo para esta grafica es de 16 milisegundos corespondiente a un ciclo de onda completa.

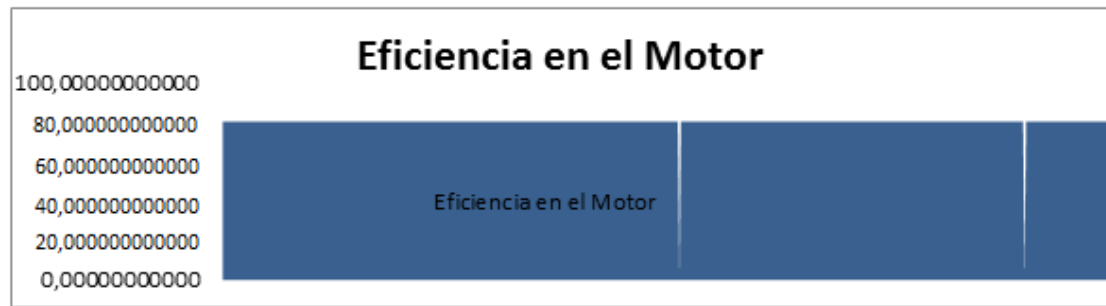


Figura 13: Grafica de la eficiencia alcanzada en el eje del motor.

En el comportamiento de la eficiencia en el variador de velocidad podemos darnos cuenta que el mismo está trabajando alrededor de un 120.69% del nominal el cual se muestra en la grafica.



Figura 14: Grafica de la eficiencia alcanzada en el Variador de Velocidad.

La eficiencia del sistema es de 97.43% que no es más que un promedio entre las eficiencias puras del variador de velocidad y la eficiencia del motor más las pérdidas en las cuales se incurren en el montaje y explotación del mismo.

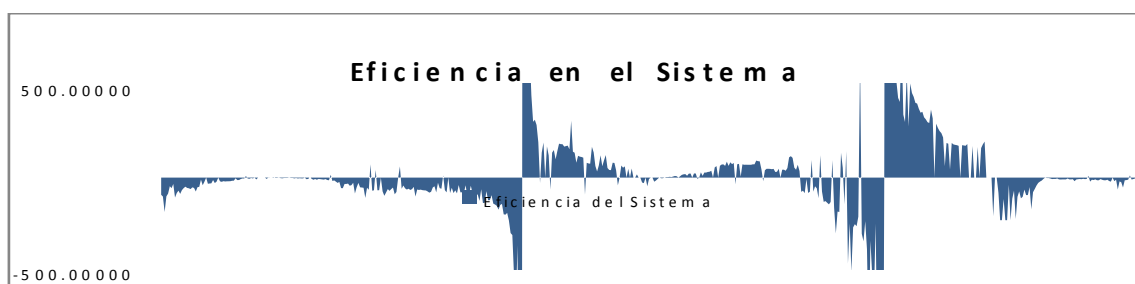


Figura 15: Grafica de la eficiencia alcanzada en el Sistema.



2.7 Conclusiones del capítulo.

En este capítulo comprobamos a través del cálculo y estudios realizados de los principios técnicos que los problemas fundamentales están asociados a eventos que están relacionados con la mala selección de los dispositivos que existen en acontecimientos industriales así como la visualización y corrección de los problemas detectados en el sistema de medición construido. Da lugar a los objetivos propuestos en el trabajo así como la satisfacción al concluir y mostrarlos a través de los cálculos ya antes expuestos.



CAPÍTULO III RESULTADOS OBTENIDOS

3.1 Introducción al capítulo

En el presente capítulo se muestra una explicación detallada de los resultados obtenidos en los esfuerzos, estudios trazados en el sistema de medición a montada. El sistema de prueba fue concebido a partir del proyecto conformado por las etapas de diseño, montaje, conexión, programación, pruebas. Los diagramas correspondientes para las etapas de Montaje y Conexión se visualizan en el Capítulo II. Además se puede ver una valoración técnico-económica, fundamental a la hora de contemplar un proyecto, debido a que es precisamente, el parámetro más importante y brinda la posibilidad de justificar las inversiones para garantizar fiabilidad del sistema, establecer mejoras. Igualmente mostramos un manual de instrucciones para el usuario junto con uno de mantenimiento el cual hace más fácil el trabajo con el sistema de medición y surtir un mejor uso del equipamiento montado.

3.2 Análisis técnico del funcionamiento del sistema

En este capítulo podemos afirmar que la realización del trabajo así como la construcción del sistema de medición para la determinación de la eficiencia de los accionamientos eléctricos en motores de inducción accionados por variadores de velocidad ATV 71 fue satisfactoria logrando con el mismo una buena regulación de velocidad y la obtención de los datos que posteriormente se utilizó en el software para dar veracidad a los parámetros y cálculos correspondientes a los mismos ya antes mencionados. El software es un programa en Matlab muy confiable se ajusta a las necesidades del trabajo en el procesamiento de datos para la obtención de los parámetros eléctricos de las características del accionamiento eléctrico reflejado en el sistema de medición construido. Este programa se puede instalar y trabajar en otras PC en los sistemas de muestreo industriales para la utilización del mismo en beneficios de dichas empresas. Por lo cual reafirmo que estos sucesos son de gran importancia en las áreas industriales así como la importancia del trabajo para la corrección de las dificultades que presentan hoy en días los accionamientos eléctricos en las industrias.



3.3 Valoración económica

Para la realización de la valoración técnico-económica de este trabajo se utilizó el método de preestimación, que es una de las formas de cálculo económico para estimar los costos. Este es un método bastante utilizado que permite realizar un análisis económicamente necesario y suficiente, mostrando la viabilidad o factibilidad de la propuesta realizada. Primeramente se necesita hacer una lista de los componentes y elementos utilizados para la construcción del circuito presupuesto, incluyendo en esta la cantidad, costo por unidad y costo total. A continuación se muestra la tabla (3.2) una lista que incluye todos los componentes utilizados en el sistema de medición para la determinación de la eficiencia en variadores de velocidad.

Materiales Utilizados	Cantidad de Materiales utilizados	Costo Inicial por producto en (\$)	Costo final por producto en (\$)
Osciloscopio serie DS 1042C RIGOL.	2	\$18725.000	\$35470.000
Material conductor en los resistores (micrón)	6x12 (Metros)	\$12.50x(Metro) \$12.50x12(Metros)	\$150.240
Software	1	\$250.000	\$250.000
TOTAL	9	\$18987.500	\$35670.240

Tabla (3) Representa el estado técnico-económica de los componentes utilizado en la construcción del Sistema de Medición.

Tomando en cuenta que el trabajo fue montado, pues el sistema ya fue diseñado, se requiere que su montaje sea llevado a cabo por especialista o un técnico medio en electricidad y un ingeniero para su calibración y ajuste, los cuales tienen como salario \$. 1.21/ hora y \$. 1.71/ hora respectivamente. Además, la realización de este trabajo no supera las 24 horas de trabajo.

El costo en salario del sistema de medición (Cs) será:

$$Cs = \$ 1.21 / h * 8 h + \$ 1.71 / h * 24 h$$

$$Cs = \$ 29.04 + \$ 41.04 = \$ 70.08$$



Entonces el costo total del proyecto será el costo en salario (Cs) más el costo de los componentes (Cc):

$$C_p = C_s + C_c$$

$$C_p = \$70.08 + \$35670.240$$

$$C_p = \$35740.320$$

Lo que implica un costo total de 893508.000 CUP. Siendo ésta inversión muy factible y de fácil recuperación por parte de la entidad que realice la operación financiera.

Queremos dar a conocer un resumen acerca del costo de inversión del equipo de medición del osciloscopio DS1000 inicialmente cuesta 749.000 en tarjetas CUP, como en el sistema construido se necesitan solo dos de estos ejemplares ascendiendo al costo total de 1498.000, según consultas en páginas visitadas en internet <http://www.precios.de.los.osciloscopios.series.DS1000>.

Además se utilizaron dos de los resistores shunt, con un precio de 0,5xMts en tarjetas CUP utilizando en total 12 metros del material ascendiendo a un precio total de 6.000 CUP según páginas en internet de este conductor según <http://www.precios.de.los.conductores.de.resistores.Shunt>, presentando cada una de ellas tres columnas de devanados de conductores espaciales al paso de la corriente eléctrica llamado micrón que el mismo presenta la propiedad de disipar la energía en forma de calor. En visitas a instalaciones de la industria de Cepro-niquel los usuarios de informáticas valoran que la construcción del software presenta un valor de 10.000 en tarjetas (CUP).

Con la implementación del sistema de medición las industrias cubana de energía eléctrica presentaran una mejor tendencia a mejorar los sistemas de generación de energía eléctrica industriales al poseer capacidades de accionamientos de motores mucho más eficientes capaces de realizar un óptimo funcionamiento en el puesto que se le fue concedido en el proceso que desempeña en el complejo de la industria donde está asignado, además las distorsiones que se generan en la FEM fundamental en la entrada del accionamiento en el sistema de distribución de la energía producto aquellos motores que están operando a condiciones donde no se conocen los estados energéticos y el consumo de potencias activas y reactivas serán conocidas, medidas y a la vez controlada por el sistema de medición una vez realizadas la



pruebas en el sistema de medición para posteriormente ser corregidas a una escala profunda de mejorar el sistema energético.

3.4 Impacto social

En el trabajo realizado podemos llegar a las siguientes conclusiones como impacto social del mismo en nuestra sociedad, protegiendo y mejorando así cotidianamente la supervivencia de la población que se expone a riesgos de vida humana en el trabajo que desempeña:

El estudio posibilita un paso de avance en cuanto a la construcción de un sistema de medición que proporcionan como ventajas la eficiencia del accionamiento eléctrico que permite al cliente la total confianza del equipamiento, además como garantiza una parte del proceso donde está implicado el accionamiento eléctrico en el complejo industrial o residencial si este se pone en practico el uso del mismo.

Para que no resulte factor de riesgo para el medio ambiente en elementos como se abordaran en el transcurso del trabajo como por ejemplo la emisión de radiación y otros elementos contaminantes, así como el ruido en grandes proporciones esta es una técnica más ecológica pues no provoca efectos secundarios peligrosos para el personal del área de trabajo y consumidores, ejemplos como estos recomendamos leer el manual de instrucciones como capacitación de trabajo realizado a lo largo del tiempo.

Muestra auge ya que proporciona una eficiencia a una carga motora en un accionamiento eléctrico mediante la utilización de un sistema de generación a nivel industrial estatal y un convertidor de frecuencia como cerebro que controla los requerimientos del accionamiento ajustado a un sistema de medición que pude muestrear esta fiabilidad del conjunto.

3.5 Instrucciones para el usuario

Este Manual es de vital importancia para el entendimiento y manipulación del puesto demostrativo, el cual debido a la cantidad de elementos conectados en él, en caso de reparación o avería del mismo se debe consultar las descripciones comentadas.



En el manual de mantenimiento, a partir de la experiencia del trabajo con los dispositivos que conforman el accionamiento, se realizó esta guía que resume el modo de reparación y mantenimiento de los elementos del sistema de prueba, con el objetivo de que este tenga un tiempo de vida útil más prolongado.

Recomendaciones

- La utilización de este manual por los usuarios del equipo.
- Cumplir cada recomendación de las etapas del mantenimiento asignado.
- Consultar al personal calificado en caso de la no comprensión de las instrucciones.
- Consultar al personal calificado o empresas en caso de averías o fallas del instrumento.

3.6 Instrucciones de mantenimiento

Para el mantenimiento del sistema de pruebas se hizo necesario crear este Manual de Mantenimiento, que permite guiar al usuario en caso de alguna falla o algún cambio que sea necesario realizar en el mismo y poder solucionar de forma rápida el problema.

Para solucionar las posibles averías que se puedan presentar en el panel, debe existir un personal calificado capaz de comprender y conocer todos los dispositivos que están formando parte de este, además de las posibles averías que en ellos se pudieran presentar y con la sistematicidad que debe darse mantenimiento a cada elemento. Por esta razón en este Manual de Mantenimiento se describen cada uno de los elementos que conforman el panel y sus fallas más frecuentes, además de la periodicidad del mantenimiento a los dispositivos del panel y las posibles soluciones que se le puede dar a las fallas.



3.7 Mantenimiento de los dispositivos.

El mantenimiento juega un papel importante porque del mismo depende la conservación del puesto de trabajo, contamos con condiciones ambientales desfavorables, proporcionándole menor durabilidad a los elementos que lo conforman. Por estas razones se necesita dar un mantenimiento general al mes o al año, no obstante se debe verificar y dar algún tipo de mantenimiento a cada dispositivo después de haberse utilizado. Para evitar roturas es necesario utilizar solamente los accesorios de este equipo y en roturas utilizar piezas de recambio específicas para este equipo pues el fabricante no se responsabiliza por ningún accidente que pudiera ocurrir como consecuencia de una reparación efectuada por otro personal técnico que no sea el autorizado. Para darle seguimiento a la posibilidad de una reparación de los osciloscopios fuera del período de garantía, consulte por favor con Abacanto Digital.

3.7.1 Almacenamiento

Si no van a utilizar el osciloscopio DS1000 durante 60 días o más, guárdela por favor en un entorno sin humedad para que se mantenga seco y listo para el uso en otros momentos.

3.8 Conclusiones del capítulo

El Procedimiento diseñado constituye una herramienta eficaz para la evaluación del desempeño empresarial, demostrándose su efectividad en la esfera de los servicios socio económico y la factibilidad del producto utilizado. La determinación de las exigencias técnico-organizativas permite identificar la existencia de problemas que surgen en la actualidad en el empleo de los recursos a utilizar en este proyecto, dado por el comportamiento desfavorable de la capacidad de los accionamientos utilizados sin la verdadera demostración de proyectos ingenieriles y cálculos de las eficiencias de dichos dispositivos de trabajo. El análisis económico-financiero mostró que la instalación de forma general presenta una buena salud financiera y permitió identificar la naturaleza de los problemas. Se comprobó a través del cálculo y estudios determinados de los principios técnicos que los problemas fundamentales están asociados a



eventos que están relacionados con la mala selección de los dispositivos en lugar de otro que sustituya aquel que es menos rentable e ineficiente en los procesos industriales, siendo estos los que a continuación se mencionan por citar algunos de estos ejemplos:

Conclusiones generales

Hemos podido observar, con la realización de este trabajo de diploma que:

- Se determinó que el método de las corrientes era el eficaz para el estudio de la eficiencia en el motor de inducción para este caso de estudio.
- Se diseñaron las herramientas correspondientes para la realización del sistema de medición.
- Se desarrollaron las aplicaciones computacionales necesarias para el análisis de las mediciones obtenidas.
- Se determinó analítica y experimental el comportamiento de la eficiencia en los variadores de velocidad, los motores de inducción y en el sistema.

Recomendaciones

- Implementarle herramientas al sistema de medición para variaciones de parámetros en tiempo real.
- Analizar la posibilidad de montaje del sistema de medición en la estación experimental del ISMM.
- Adicionarle software para análisis de armónicos, utilizando FFT.



Bibliografía.

- 1- Ángel Costa Montiel, capítulo III: convertidores de frecuencia.
- 2- Armando Llamas Terrés: Profesor del Departamento de ingeniería eléctrica del ITESM campus monterrey, efectos de las armónicas en los sistemas eléctricos.
- 3- Guía sobre la calidad de la onda en las redes eléctricas. UNESA comité de distribución, comisión técnica.
- 4- Guía para la calidad de la Energía, Centro Español de información del Cobre, Marzo 2001.
- 5- <http://www.precios de los osciloscopios series DS1000>.
- 6- http://reprap.org/wiki/Alambre_micron
- 7- http://es.wikipedia.org/wiki/Variadores_de_velocidad
- 8- Power Electronics: Converters, Applications and Design", Mohan, Undeland y Robbins,
- 9- Eletrônica de Potência", J. A. Pomilio, Universidade Estadual de Campinas, SP – Brasil
- 10- Electrónica de Potencia", D. W. Hart, Valparaíso University, Valparaíso Indiana.
- 11- <http://www.precios de los conductores de resistores Shunt>,
- 12- José Hugo Argañaraz, Mediciones Eléctricas - Medición De Potencia, Energía Y Factor De Potencia, Universidad Nacional Del Sur, Departamento De Ingeniería Eléctrica Y De Computadoras 2003.
- 13- J Kostenco, M.; Piotrosky, L. Máquinas Eléctricas, Tomo II. Editorial Mir, Moscú, 1976.
- 14- Luis D. Rojas Puro, Ivanilda Matile, Fabiana Toledo, Jose Hernández, , Cuba, , Estimador neuronal de pérdidas para eficiencia en Inversores a PWM de accionamientos con motores asincrónicos, Departamento de Eléctrica, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Departamento Ingeniería Eléctrica, Universidade do Mackenzie, Sao Paulo, Brasil.
- 15- Marcos Rangel Saura, Ing. Arturo Correa Saura, Electrónica de Potencia. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana, 1986.



- 16-Muhammad H. Rashid, Electrónica de Potencia, Circuitos, dispositivos y aplicaciones, parte I , Purdue University at Fort Wayne ,
- 17-Muhammad H. Rashid, Electrónica de Potencia, Circuitos, dispositivos y aplicaciones, parte II , Purdue University at Fort Wayne ,
- 18-Pere J.Riu Costa, Javier Rosell Ferrer, Juan ramos Castro, Sistemas de Instrumentación, Universidad Politécnica de Cataluña, Ediciones UPC 1995.
- 19-Voldek, A. I. Máquinas Eléctricas. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1974.
- 20- Gómez, J. "Determinación de la eficiencia de los motores asincrónicos con tensiones des balanceadas en condiciones de campo". Tesis de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Cienfuegos, Cuba, 2006.
- 21-MOTORMASTER
<http://www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/software.html>.
- 22-Andreas, J.C. "Energy-efficient electric motors. Selection and application". Second Edition, Marcel Dekker, Inc., New York, 1992.
- 23-Calidad y uso final de la energía eléctrica. M Sc. Ing. Gabriel Hernández Ramírez, M Sc. Ing Ignacio Romero Rueda ,M Sc. Ing. Reineris Montero Laurencio Moa 2011.



Anexos

Entrada							
Tiempo	U 1	U (i) 1	I1	VF1	Angulo 1(φ)	cos (φ 1)	P1VV
-0.03	-4.00	0.40	0.36364	-2.30940	0.33000	0.94604	-1.37606
-0.03	-10.00	0.40	0.36364	-5.77350	0.33000	0.94604	-3.44015
-0.03	-16.00	0.40	0.36364	-9.23760	0.33000	0.94604	-5.50425
-0.03	-22.00	0.40	0.36364	-12.70171	0.33000	0.94604	-7.56834
-0.03	-28.00	0.40	0.36364	-16.16581	0.33000	0.94604	-9.63243
-0.03	-32.00	0.40	0.36364	-18.47521	0.33000	0.94604	-11.00849
-0.03	-36.00	0.40	0.36364	-20.78461	0.33000	0.94604	-12.38455
-0.03	-42.00	0.60	0.54545	-24.24871	0.33000	0.94604	-21.67297
-0.03	-46.00	0.20	0.18182	-26.55811	0.33000	0.94604	-7.91235
-0.03	-52.00	0.20	0.18182	-30.02221	0.33000	0.94604	-8.94440
-0.03	-58.00	0.20	0.18182	-33.48632	0.33000	0.94604	-9.97645
-0.03	-62.00	0.20	0.18182	-35.79572	0.33000	0.94604	-10.66448
-0.03	-66.00	0.20	0.18182	-38.10512	0.33000	0.94604	-11.35251
-0.03	-72.00	0.20	0.18182	-41.56922	0.33000	0.94604	-12.38455
-0.03	-76.00	0.20	0.18182	-43.87862	0.33000	0.94604	-13.07259
-0.03	-80.00	0.20	0.18182	-46.18802	0.33000	0.94604	-13.76062
-0.03	-86.00	0.20	0.18182	-49.65212	0.33000	0.94604	-14.79266
-0.03	-90.00	0.20	0.18182	-51.96152	0.33000	0.94604	-15.48069
-0.03	-94.00	0.20	0.18182	-54.27093	0.33000	0.94604	-16.16872
-0.03	-100.00	0.20	0.18182	-57.73503	0.33000	0.94604	-17.20077
-0.03	-104.00	0.20	0.18182	-60.04443	0.33000	0.94604	-17.88880
-0.03	-108.00	0.20	0.18182	-62.35383	0.33000	0.94604	-18.57683
-0.03	-112.00	0.20	0.18182	-64.66323	0.33000	0.94604	-19.26486
-0.03	-116.00	0.80	0.72727	-66.97263	0.33000	0.94604	-79.81157
-0.03	-122.00	0.20	0.18182	-70.43673	0.33000	0.94604	-20.98494
-0.03	-126.00	0.20	0.18182	-72.74613	0.33000	0.94604	-21.67297
-0.03	-132.00	0.00	0.00000	-76.21024	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-134.00	0.20	0.18182	-77.36494	0.33000	0.94604	-23.04903
-0.03	-140.00	0.20	0.18182	-80.82904	0.33000	0.94604	-24.08108
-0.03	-144.00	0.20	0.18182	-83.13844	0.33000	0.94604	-24.76911
-0.03	-148.00	0.40	0.36364	-85.44784	0.33000	0.94604	-50.91428
-0.03	-152.00	0.20	0.18182	-87.75724	0.33000	0.94604	-26.14517
-0.03	-158.00	0.20	0.18182	-91.22134	0.33000	0.94604	-27.17722
-0.03	-162.00	0.00	0.00000	-93.53074	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-166.00	0.20	0.18182	-95.84014	0.33000	0.94604	-28.55328
-0.03	-172.00	0.20	0.18182	-99.30425	0.33000	0.94604	-29.58532
-0.03	-174.00	0.20	0.18182	-100.45895	0.33000	0.94604	-29.92934
-0.03	-180.00	0.20	0.18182	-103.92305	0.33000	0.94604	-30.96139
-0.03	-186.00	0.20	0.18182	-107.38715	0.33000	0.94604	-31.99343



Trabajo de Diploma

-0.03	-188.00	0.20	0.18182	-108.54185	0.33000	0.94604	-32.33745
-0.03	-192.00	0.20	0.18182	-110.85125	0.33000	0.94604	-33.02548
-0.03	-198.00	0.20	0.18182	-114.31535	0.33000	0.94604	-34.05752
-0.03	-200.00	0.20	0.18182	-115.47005	0.33000	0.94604	-34.40154
-0.03	-204.00	0.60	0.54545	-117.77945	0.33000	0.94604	-105.26871
-0.03	-210.00	0.20	0.18182	-121.24356	0.33000	0.94604	-36.12162
-0.03	-214.00	0.20	0.18182	-123.55296	0.33000	0.94604	-36.80965
-0.03	-216.00	0.60	0.54545	-124.70766	0.33000	0.94604	-111.46099
-0.03	-220.00	0.20	0.18182	-127.01706	0.33000	0.94604	-37.84169
-0.03	-224.00	0.20	0.18182	-129.32646	0.33000	0.94604	-38.52972
-0.03	-228.00	-0.20	-0.18182	-131.63586	0.33000	0.94604	39.21776
-0.03	-232.00	0.20	0.18182	-133.94526	0.33000	0.94604	-39.90579
-0.03	-236.00	0.20	0.18182	-136.25466	0.33000	0.94604	-40.59382
-0.03	-238.00	0.20	0.18182	-137.40936	0.33000	0.94604	-40.93783
-0.03	-244.00	0.20	0.18182	-140.87347	0.33000	0.94604	-41.96988
-0.03	-246.00	0.00	0.00000	-142.02817	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-252.00	0.20	0.18182	-145.49227	0.33000	0.94604	-43.34594
-0.03	-254.00	0.00	0.00000	-146.64697	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-256.00	0.00	0.00000	-147.80167	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-260.00	0.00	0.00000	-150.11107	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-260.00	0.00	0.00000	-150.11107	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-260.00	0.00	0.00000	-150.11107	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-260.00	0.20	0.18182	-150.11107	0.33000	0.94604	-44.72200
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	0.00	0.00000	-150.11107	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-260.00	0.00	0.00000	-150.11107	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-260.00	-0.20	-0.18182	-150.11107	0.33000	0.94604	44.72200
-0.03	-260.00	-0.20	-0.18182	-150.11107	0.33000	0.94604	44.72200
-0.03	-260.00	-0.20	-0.18182	-150.11107	0.33000	0.94604	44.72200
-0.03	-260.00	0.00	0.00000	-150.11107	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-260.00	-0.20	-0.18182	-150.11107	0.33000	0.94604	44.72200
-0.03	-260.00	-0.20	-0.18182	-150.11107	0.33000	0.94604	44.72200
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.20	-0.18182	-150.11107	0.33000	0.94604	44.72200
-0.03	-260.00	0.00	0.00000	-150.11107	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.20	-0.18182	-150.11107	0.33000	0.94604	44.72200
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.20	-0.18182	-150.11107	0.33000	0.94604	44.72200
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.20	-0.18182	-150.11107	0.33000	0.94604	44.72200
-0.03	-260.00	0.00	0.00000	-150.11107	0.33000	0.94604	0.00000

59



Trabajo de Diploma

-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	-0.40	-0.36364	-150.11107	0.33000	0.94604	89.44400
-0.03	-260.00	0.00	0.00000	-150.11107	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-260.00	-1.00	-0.90909	-150.11107	0.33000	0.94604	223.61001
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-260.00	-0.80	-0.72727	-150.11107	0.33000	0.94604	178.88801
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-260.00	-0.60	-0.54545	-150.11107	0.33000	0.94604	134.16601
-0.03	-258.00	-0.60	-0.54545	-148.95637	0.33000	0.94604	133.13396
-0.03	-256.00	-0.60	-0.54545	-147.80167	0.33000	0.94604	132.10191
-0.03	-252.00	-0.60	-0.54545	-145.49227	0.33000	0.94604	130.03782
-0.03	-250.00	-0.60	-0.54545	-144.33757	0.33000	0.94604	129.00577
-0.03	-248.00	-0.60	-0.54545	-143.18287	0.33000	0.94604	127.97373
-0.03	-244.00	-0.40	-0.36364	-140.87347	0.33000	0.94604	83.93976
-0.03	-242.00	-0.40	-0.36364	-139.71877	0.33000	0.94604	83.25173
-0.03	-240.00	-0.60	-0.54545	-138.56406	0.33000	0.94604	123.84554
-0.03	-238.00	-0.60	-0.54545	-137.40936	0.33000	0.94604	122.81350
-0.03	-236.00	-0.40	-0.36364	-136.25466	0.33000	0.94604	81.18763
-0.03	-234.00	-0.80	-0.72727	-135.09996	0.33000	0.94604	160.99921
-0.03	-228.00	-0.60	-0.54545	-131.63586	0.33000	0.94604	117.65327
-0.03	-226.00	-0.60	-0.54545	-130.48116	0.33000	0.94604	116.62122
-0.03	-220.00	3.20	2.90909	-127.01706	0.33000	0.94604	-605.46710
-0.03	-216.00	-0.60	-0.54545	-124.70766	0.33000	0.94604	111.46099
-0.03	-214.00	-0.60	-0.54545	-123.55296	0.33000	0.94604	110.42894
-0.03	-210.00	0.00	0.00000	-121.24356	0.33000	0.94604	0.00000
-0.03	-206.00	-0.60	-0.54545	-118.93416	0.33000	0.94604	106.30076
-0.03	-202.00	-0.80	-0.72727	-116.62475	0.33000	0.94604	138.98222
-0.03	-196.00	-0.60	-0.54545	-113.16065	0.33000	0.94604	101.14053
-0.03	-192.00	-0.80	-0.72727	-110.85125	0.33000	0.94604	132.10191
-0.03	-188.00	-0.60	-0.54545	-108.54185	0.33000	0.94604	97.01234
-0.03	-182.00	-1.40	-1.27273	-105.07775	0.33000	0.94604	219.13781
-0.03	-176.00	-0.60	-0.54545	-101.61365	0.33000	0.94604	90.82006



-0.03	-172.00	-0.60	-0.54545	-99.30425	0.33000	0.94604	88.75597
-0.03	-168.00	-0.60	-0.54545	-96.99485	0.33000	0.94604	86.69188
-0.03	-164.00	-0.80	-0.72727	-94.68544	0.33000	0.94604	112.83705
-0.03	-158.00	-0.60	-0.54545	-91.22134	0.33000	0.94604	81.53165
-0.03	-156.00	-0.60	-0.54545	-90.06664	0.33000	0.94604	80.49960
-0.03	-152.00	-1.00	-0.90909	-87.75724	0.33000	0.94604	130.72585
-0.03	-148.00	-0.60	-0.54545	-85.44784	0.33000	0.94604	76.37142
-0.03	-144.00	-0.40	-0.36364	-83.13844	0.33000	0.94604	49.53822
-0.03	-138.00	-0.60	-0.54545	-79.67434	0.33000	0.94604	71.21119
-0.03	-134.00	-0.80	-0.72727	-77.36494	0.33000	0.94604	92.19613
-0.03	-130.00	-0.60	-0.54545	-75.05553	0.33000	0.94604	67.08300
-0.03	-126.00	-1.20	-1.09091	-72.74613	0.33000	0.94604	130.03782
-0.03	-120.00	-0.60	-0.54545	-69.28203	0.33000	0.94604	61.92277
-0.03	-116.00	-0.60	-0.54545	-66.97263	0.33000	0.94604	59.85868
-0.03	-110.00	-1.00	-0.90909	-63.50853	0.33000	0.94604	94.60423
-0.03	-108.00	-0.60	-0.54545	-62.35383	0.33000	0.94604	55.73049
-0.03	-102.00	-0.60	-0.54545	-58.88973	0.33000	0.94604	52.63436
-0.03	-98.00	-0.80	-0.72727	-56.58033	0.33000	0.94604	67.42702
-0.03	-94.00	-0.60	-0.54545	-54.27093	0.33000	0.94604	48.50617
-0.03	-88.00	-0.60	-0.54545	-50.80682	0.33000	0.94604	45.41003
-0.03	-84.00	-0.60	-0.54545	-48.49742	0.33000	0.94604	43.34594
-0.03	-78.00	-0.60	-0.54545	-47.00000	0.33000	0.94604	42.00758
-0.03	-72.00	-0.80	-0.72727	-41.56922	0.33000	0.94604	49.53822
-0.03	-68.00	-1.00	-0.90909	-39.25982	0.33000	0.94604	58.48262
-0.03	-62.00	-0.80	-0.72727	-35.79572	0.33000	0.94604	42.65791
-0.03	-56.00	-0.81	-0.73636	-35.00000	0.33000	0.94604	42.23102
-0.03	-52.00	-0.80	-0.72727	-30.02221	0.33000	0.94604	35.77760
-0.03	-46.00	-0.60	-0.54545	-26.55811	0.33000	0.94604	23.73706
-0.03	-40.00	-0.60	-0.54545	-23.09401	0.33000	0.94604	20.64092
-0.03	-34.00	-0.65	-0.59091	-19.62991	0.33000	0.94604	19.00685
-0.03	-28.00	-0.60	-0.54545	-16.16581	0.33000	0.94604	14.44865
-0.03	-22.00	-0.60	-0.54545	-12.70171	0.33000	0.94604	11.35251
-0.03	-18.00	-1.40	-1.27273	-10.39230	0.33000	0.94604	21.67297
-0.03	-8.00	-0.60	-0.54545	-4.61880	0.33000	0.94604	4.12818

1: Parámetros de entrada y salida tomadas por el osciloscopio como resultado de las mediciones obtenidas por el instrumento para determinar el cálculo correspondiente.



Salida								
Tiempo (t)	U ₂	U _{(i)2}	I ₂	V _{fase2}	ángulo (φ ₂)	cos (φ ₂)	ángulo 1 (φ ₁)+30	P ₂ VV
-0.1610	-4.00	-0.60	-0.50000	-2.30940	0.55440	0.65128	30.55440	1.59062
-0.1610	-6.00	-1.10	-0.91667	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	4.37420
-0.1610	-8.00	-2.40	-2.00000	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	12.72494
-0.1600	-6.00	-2.40	-2.00000	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	9.54370
-0.1600	-6.00	-2.60	-2.16667	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	10.33901
-0.1600	-4.00	-2.40	-2.00000	-2.30940	0.55440	0.65128	30.55440	6.36247
-0.1600	-6.00	-2.20	-1.83333	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	8.74839
-0.1600	-7.00	-2.00	-1.66667	-4.04145	0.55440	0.65128	30.55440	9.27860
-0.1590	-8.00	-2.00	-1.66667	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	10.60411
-0.1590	-7.00	-2.00	-1.66667	-4.04145	0.55440	0.65128	30.55440	9.27860
-0.1590	-6.00	-2.20	-1.83333	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	8.74839
-0.1590	-8.00	-2.20	-1.83333	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	11.66453
-0.1590	-6.00	-2.40	-2.00000	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	9.54370
-0.1580	-6.00	-2.20	-1.83333	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	8.74839
-0.1580	-6.00	-2.00	-1.66667	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	7.95309
-0.1580	-6.00	-2.40	-2.00000	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	9.54370
-0.1580	-8.00	-2.00	-1.66667	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	10.60411
-0.1580	-9.00	-2.00	-1.66667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	11.92963
-0.1570	-8.00	-2.00	-1.66667	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	10.60411
-0.1570	-9.00	-2.00	-1.66667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	11.92963
-0.1570	-9.00	-2.80	-2.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	16.70148
-0.1570	-9.00	-2.00	-1.66667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	11.92963
-0.1570	-9.00	-2.00	-1.66667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	11.92963
-0.1560	-8.00	-2.00	-1.66667	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	10.60411
-0.1560	-9.00	-1.80	-1.50000	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	10.73667
-0.1560	-9.00	-1.00	-0.83333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	5.96481
-0.1560	-9.00	-1.80	-1.50000	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	10.73667
-0.1560	-9.00	-1.60	-1.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	9.54370
-0.1550	-9.00	-1.60	-1.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	9.54370
-0.1550	-9.00	-1.60	-1.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	9.54370
-0.1550	-9.00	-1.40	-1.16667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	8.35074
-0.1550	-9.00	-1.60	-1.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	9.54370
-0.1550	-8.00	-1.40	-1.16667	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	7.42288
-0.1540	-9.00	-1.40	-1.16667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	8.35074
-0.1540	-9.00	-1.20	-1.00000	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	7.15778
-0.1540	-9.00	-1.40	-1.16667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	8.35074
-0.1540	-9.00	-1.20	-1.00000	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	7.15778
-0.1540	-10.00	-1.21	-1.00833	-5.77350	0.55440	0.65128	30.55440	8.01936
-0.1530	-10.00	-1.20	-1.00000	-5.77350	0.55440	0.65128	30.55440	7.95309
-0.1530	-10.00	-1.20	-1.00000	-5.77350	0.55440	0.65128	30.55440	7.95309
-0.1530	-10.00	-1.20	-1.00000	-5.77350	0.55440	0.65128	30.55440	7.95309
-0.1530	-9.00	-1.20	-1.00000	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	7.15778



Trabajo de Diploma

-0.1530	-9.00	-1.20	-1.00000	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	7.15778
-0.1520	-9.00	-0.80	-0.66667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	4.77185
-0.1520	-9.00	-1.00	-0.83333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	5.96481
-0.1520	-9.00	-1.00	-0.83333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	5.96481
-0.1520	-9.00	-1.80	-1.50000	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	10.73667
-0.1520	-4.00	-0.80	-0.66667	-2.30940	0.55440	0.65128	30.55440	2.12082
-0.1510	-6.00	-0.60	-0.50000	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	2.38593
-0.1510	-8.00	-0.80	-0.66667	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	4.24165
-0.1510	-6.00	-0.60	-0.50000	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	2.38593
-0.1510	-6.00	-0.80	-0.66667	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	3.18123
-0.1510	-4.00	-0.40	-0.33333	-2.30940	0.55440	0.65128	30.55440	1.06041
-0.1500	-6.00	-0.60	-0.50000	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	2.38593
-0.1500	-7.00	-0.40	-0.33333	-4.04145	0.55440	0.65128	30.55440	1.85572
-0.1500	-8.00	-1.00	-0.83333	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	5.30206
-0.1500	-7.00	-1.40	-1.16667	-4.04145	0.55440	0.65128	30.55440	6.49502
-0.1500	-6.00	-1.00	-0.83333	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	3.97654
-0.1490	-8.00	-1.40	-1.16667	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	7.42288
-0.1490	-6.00	-1.20	-1.00000	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	4.77185
-0.1490	-6.00	-1.20	-1.00000	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	4.77185
-0.1490	-6.00	-1.00	-0.83333	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	3.97654
-0.1490	-6.00	-0.40	-0.33333	-3.46410	0.55440	0.65128	30.55440	1.59062
-0.1480	-8.00	-0.20	-0.16667	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	1.06041
-0.1480	-9.00	-0.20	-0.16667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	1.19296
-0.1480	-8.00	-0.20	-0.16667	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	1.06041
-0.1480	-9.00	0.20	0.16667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-1.19296
-0.1480	-9.00	0.20	0.16667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-1.19296
-0.1470	-9.00	0.20	0.16667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-1.19296
-0.1470	-9.00	0.25	0.20833	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-1.49120
-0.1470	-8.00	0.40	0.33333	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	-2.12082
-0.1470	-9.00	0.40	0.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-2.38593
-0.1470	-9.00	0.40	0.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-2.38593
-0.1460	-9.00	0.20	0.16667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-1.19296
-0.1460	-9.00	0.40	0.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-2.38593
-0.1460	-9.00	0.40	0.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-2.38593
-0.1460	-9.00	0.40	0.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-2.38593
-0.1460	-9.00	0.40	0.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-2.38593
-0.1450	-9.00	0.40	0.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-2.38593
-0.1450	-8.00	0.50	0.41667	-4.61880	0.55440	0.65128	30.55440	-2.65103
-0.1450	-9.00	0.60	0.50000	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-3.57889
-0.1450	-9.00	0.80	0.66667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-4.77185
-0.1450	-9.00	0.40	0.33333	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-2.38593
-0.1440	-9.00	0.80	0.66667	-5.19615	0.55440	0.65128	30.55440	-4.77185
-0.1440	-12.00	0.60	0.50000	-6.92820	0.55440	0.65128	30.55440	-4.77185
-0.1440	-15.00	0.80	0.66667	-8.66025	0.55440	0.65128	30.55440	-7.95309
-0.1440	-18.00	0.80	0.66667	-10.39230	0.55440	0.65128	30.55440	-9.54370



Trabajo de Diploma

-0.1440	-14.00	0.80	0.66667	-8.08290	0.55440	0.65128	30.55440	-7.42288
-0.1430	-16.00	1.20	1.00000	-9.23760	0.55440	0.65128	30.55440	-12.72494
-0.1430	-16.00	0.80	0.66667	-9.23760	0.55440	0.65128	30.55440	-8.48329
-0.1430	-16.00	1.20	1.00000	-9.23760	0.55440	0.65128	30.55440	-12.72494
-0.1430	-12.00	1.00	0.83333	-6.92820	0.55440	0.65128	30.55440	-7.95309
-0.1430	-14.00	1.00	0.83333	-8.08290	0.55440	0.65128	30.55440	-9.27860
-0.1420	-16.00	1.00	0.83333	-9.23760	0.55440	0.65128	30.55440	-10.60411
-0.1420	-18.00	1.00	0.83333	-10.39230	0.55440	0.65128	30.55440	-11.92963
-0.1420	-20.00	1.00	0.83333	-11.54701	0.55440	0.65128	30.55440	-13.25514
-0.1420	-18.00	1.20	1.00000	-10.39230	0.55440	0.65128	30.55440	-14.31555
-0.1420	-20.00	1.20	1.00000	-11.54701	0.55440	0.65128	30.55440	-15.90617
-0.1410	21.00	1.20	1.00000	12.12436	0.55440	0.65128	30.55440	16.70148
-0.1410	-22.00	1.40	1.16667	-12.70171	0.55440	0.65128	30.55440	-20.41292
-0.1410	-18.00	1.40	1.16667	-10.39230	0.55440	0.65128	30.55440	-16.70148
-0.1410	-26.00	1.40	1.16667	-15.01111	0.55440	0.65128	30.55440	-24.12436
-0.1410	-30.00	1.60	1.33333	-17.32051	0.55440	0.65128	30.55440	-31.81234
-0.1400	-28.00	1.40	1.16667	-16.16581	0.55440	0.65128	30.55440	-25.98008
-0.1400	-34.00	1.40	1.16667	-19.62991	0.55440	0.65128	30.55440	-31.54724
-0.1400	-30.00	1.60	1.33333	-17.32051	0.55440	0.65128	30.55440	-31.81234
-0.1400	-36.00	1.60	1.33333	-20.78461	0.55440	0.65128	30.55440	-38.17481
-0.1400	-36.00	1.60	1.33333	-20.78461	0.55440	0.65128	30.55440	-38.17481
-0.1390	-36.00	1.50	1.25000	-20.78461	0.55440	0.65128	30.55440	-35.78889
-0.1390	-46.00	1.60	1.33333	-26.55811	0.55440	0.65128	30.55440	-48.77893
-0.1390	-38.00	1.80	1.50000	-21.93931	0.55440	0.65128	30.55440	-45.33259
-0.1390	-44.00	1.60	1.33333	-25.40341	0.55440	0.65128	30.55440	-46.65811
-0.1390	-40.00	1.80	1.50000	-23.09401	0.55440	0.65128	30.55440	-47.71852
-0.1380	-44.00	2.00	1.66667	-25.40341	0.55440	0.65128	30.55440	-58.32263
-0.1380	-40.00	1.80	1.50000	-23.09401	0.55440	0.65128	30.55440	-47.71852
-0.1380	-44.00	2.00	1.66667	-25.40341	0.55440	0.65128	30.55440	-58.32263
-0.1380	-45.00	2.00	1.66667	-25.98076	0.55440	0.65128	30.55440	-59.64815
-0.1380	-46.00	2.00	1.66667	-26.55811	0.55440	0.65128	30.55440	-60.97366
-0.1370	-46.00	2.00	1.66667	-26.55811	0.55440	0.65128	30.55440	-60.97366
-0.1370	-46.00	2.00	1.66667	-26.55811	0.55440	0.65128	30.55440	-60.97366
-0.1370	-50.00	2.20	1.83333	-28.86751	0.55440	0.65128	30.55440	-72.90329
-0.1370	-50.00	2.40	2.00000	-28.86751	0.55440	0.65128	30.55440	-79.53086
-0.1370	-54.00	2.20	1.83333	-31.17691	0.55440	0.65128	30.55440	-78.73555
-0.1360	-48.00	2.40	2.00000	-27.71281	0.55440	0.65128	30.55440	-76.34963
-0.1360	-52.00	2.00	1.66667	-30.02221	0.55440	0.65128	30.55440	-68.92675
-0.1360	-48.00	2.40	2.00000	-27.71281	0.55440	0.65128	30.55440	-76.34963
-0.1360	-52.00	2.20	1.83333	-30.02221	0.55440	0.65128	30.55440	-75.81942
-0.1360	-48.00	2.30	1.91667	-27.71281	0.55440	0.65128	30.55440	-73.16839
-0.1350	-52.00	2.40	2.00000	-30.02221	0.55440	0.65128	30.55440	-82.71210
-0.1350	-66.00	2.50	2.08333	-38.10512	0.55440	0.65128	30.55440	-109.35493
-0.1350	-52.00	2.60	2.16667	-30.02221	0.55440	0.65128	30.55440	-89.60477
-0.1350	-52.00	2.00	1.66667	-30.02221	0.55440	0.65128	30.55440	-68.92675



Trabajo de Diploma

-0.1350	-50.00	2.40	2.00000	-28.86751	0.55440	0.65128	30.55440	-79.53086
-0.1340	-52.00	2.00	1.66667	-30.02221	0.55440	0.65128	30.55440	-68.92675
-0.1340	-52.00	2.60	2.16667	-30.02221	0.55440	0.65128	30.55440	-89.60477
-0.1340	-54.00	2.80	2.33333	-31.17691	0.55440	0.65128	30.55440	-100.20888
-0.1340	-50.00	2.60	2.16667	-28.86751	0.55440	0.65128	30.55440	-86.15843
-0.1340	-52.00	2.80	2.33333	-30.02221	0.55440	0.65128	30.55440	-96.49744
-0.1330	54.00	2.80	2.33333	31.17691	0.55440	0.65128	30.55440	100.20888
-0.1330	-54.00	2.80	2.33333	-31.17691	0.55440	0.65128	30.55440	-100.20888
-0.1330	-64.00	2.80	2.33333	-36.95042	0.55440	0.65128	30.55440	-118.76609
-0.1330	-52.00	2.80	2.33333	-30.02221	0.55440	0.65128	30.55440	-96.49744
-0.1330	-58.00	2.80	2.33333	-33.48632	0.55440	0.65128	30.55440	-107.63176
-0.1320	-54.00	2.80	2.33333	-31.17691	0.55440	0.65128	30.55440	-100.20888
-0.1320	-60.00	2.80	2.33333	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-111.34321
-0.1320	-56.00	2.80	2.33333	-32.33162	0.55440	0.65128	30.55440	-103.92032
-0.1320	-58.00	2.90	2.41667	-33.48632	0.55440	0.65128	30.55440	-111.47576
-0.1320	-92.00	2.80	2.33333	-53.11622	0.55440	0.65128	30.55440	-170.72625
-0.1310	-58.00	2.80	2.33333	-33.48632	0.55440	0.65128	30.55440	-107.63176
-0.1310	-60.00	2.80	2.33333	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-111.34321
-0.1310	-58.00	2.80	2.33333	-33.48632	0.55440	0.65128	30.55440	-107.63176
-0.1310	-60.00	2.80	2.33333	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-111.34321
-0.1310	-60.00	2.80	2.33333	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-111.34321
-0.1300	-60.00	2.80	2.33333	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-111.34321
-0.1300	-64.00	2.80	2.33333	-36.95042	0.55440	0.65128	30.55440	-118.76609
-0.1300	-64.00	2.00	1.66667	-36.95042	0.55440	0.65128	30.55440	-84.83292
-0.1300	-60.00	2.00	1.66667	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-79.53086
-0.1300	-62.00	2.00	1.66667	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-82.18189
-0.1290	-60.00	1.80	1.50000	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-71.57777
-0.1290	-64.00	1.90	1.58333	-36.95042	0.55440	0.65128	30.55440	-80.59127
-0.1290	-42.00	2.00	1.66667	-24.24871	0.55440	0.65128	30.55440	-55.67160
-0.1290	-60.00	2.10	1.75000	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-83.50740
-0.1290	-62.00	2.12	1.76667	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-87.11280
-0.1280	-62.00	2.13	1.77500	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-87.52371
-0.1280	-66.00	2.15	1.79167	-38.10512	0.55440	0.65128	30.55440	-94.04524
-0.1280	-66.00	2.50	2.08333	-38.10512	0.55440	0.65128	30.55440	-109.35493
-0.1280	-62.00	2.55	2.12500	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-104.78191
-0.1280	-64.00	2.60	2.16667	-36.95042	0.55440	0.65128	30.55440	-110.28279
-0.1270	-60.00	2.40	2.00000	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-95.43703
-0.1270	-66.00	2.40	2.00000	-38.10512	0.55440	0.65128	30.55440	-104.98074
-0.1270	-68.00	2.50	2.08333	-39.25982	0.55440	0.65128	30.55440	-112.66872
-0.1270	-62.00	2.50	2.08333	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-102.72736
-0.1270	-66.00	2.50	2.08333	-38.10512	0.55440	0.65128	30.55440	-109.35493
-0.1260	-68.00	2.00	1.66667	-39.25982	0.55440	0.65128	30.55440	-90.13498
-0.1260	-66.00	2.00	1.66667	-38.10512	0.55440	0.65128	30.55440	-87.48395
-0.1260	-66.00	2.00	1.66667	-38.10512	0.55440	0.65128	30.55440	-87.48395
-0.1260	-44.00	2.00	1.66667	-25.40341	0.55440	0.65128	30.55440	-58.32263



-0.1260	-64.00	2.50	2.08333	-36.95042	0.55440	0.65128	30.55440	-106.04115
-0.1250	-64.00	2.10	1.75000	-36.95042	0.55440	0.65128	30.55440	-89.07456
-0.1250	-60.00	1.80	1.50000	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-71.57777
-0.1250	-66.00	1.88	1.56667	-38.10512	0.55440	0.65128	30.55440	-82.23491
-0.1250	-60.00	2.00	1.66667	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-79.53086
-0.1250	-62.00	2.00	1.66667	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-82.18189
-0.1240	-62.00	2.55	2.12500	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-104.78191
-0.1240	-62.00	2.55	2.12500	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-104.78191
-0.1240	-60.00	2.56	2.13333	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-101.79950
-0.1240	-60.00	2.66	2.21667	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-105.77604
-0.1240	-60.00	2.56	2.13000	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-101.64044
-0.1230	-62.00	2.10	1.75000	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-86.29098
-0.1230	-64.00	2.00	1.66667	-36.95042	0.55440	0.65128	30.55440	-84.83292
-0.1230	-60.00	2.01	1.67083	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-79.72969
-0.1230	-60.00	2.01	1.67417	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-79.88875
-0.1230	-64.00	2.00	1.66667	-36.95042	0.55440	0.65128	30.55440	-84.83292
-0.1220	-62.00	2.00	1.66667	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-82.18189
-0.1220	-62.00	2.00	1.66667	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-82.18189
-0.1220	-65.00	2.10	1.75000	-37.52777	0.55440	0.65128	30.55440	-90.46635
-0.1220	-55.00	2.50	2.08333	-31.75426	0.55440	0.65128	30.55440	-91.12911
-0.1220	-60.00	2.60	2.16667	-34.64102	0.55440	0.65128	30.55440	-103.39012
-0.1210	-62.00	2.56	2.13333	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-105.19282
-0.1210	-62.00	2.56	2.13333	-35.79572	0.55440	0.65128	30.55440	-105.19282
-0.1210	-52.00	2.46	2.05000	-30.02221	0.55440	0.65128	30.55440	-84.77990
-0.1210	-42.00	2.45	2.04167	-24.24871	0.55440	0.65128	30.55440	-68.19771
-0.1210	-54.00	2.15	1.79167	-31.17691	0.55440	0.65128	30.55440	-76.94611
-0.1200	-54.00	2.05	1.70833	-31.17691	0.55440	0.65128	30.55440	-73.36722
-0.1200	-56.00	2.60	2.16667	-32.33162	0.55440	0.65128	30.55440	-96.49744
-0.1200	-56.00	2.60	2.16667	-32.33162	0.55440	0.65128	30.55440	-96.49744
-0.1200	-56.00	2.65	2.20833	-32.33162	0.55440	0.65128	30.55440	-98.35316
-0.1200	-64.00	2.65	2.21167	-36.95042	0.55440	0.65128	30.55440	-112.57328

2: Tabla de datos de la salida de las mediciones tomadas por el instrumento



Trabajo de Diploma

Potenc.Motor	Efic. VV	Efic. SIST	Efic. Motor
1.28405	-115.59201	-93.31362	80.72670706916
3.53115	-127.15121	-102.64498	80.72670706916
10.27242	-231.18401	-186.62724	80.72670706916
7.70432	-126.10037	-101.79668	80.72670706916
8.34634	-107.33544	-86.64836	80.72670706916
5.13621	-57.79600	-46.65681	80.72670706916
7.06229	-70.63956	-57.02499	80.72670706916
7.49031	-42.81185	-34.56060	80.72670706916
8.56035	-134.01972	-108.18971	80.72670706916
7.49031	-103.73642	-83.74299	80.72670706916
7.06229	-87.69049	-70.78964	80.72670706916
9.41639	-109.37738	-88.29676	80.72670706916
7.70432	-84.06691	-67.86445	80.72670706916
7.06229	-70.63956	-57.02499	80.72670706916
6.42026	-60.83790	-49.11243	80.72670706916
7.70432	-69.35520	-55.98817	80.72670706916
8.56035	-71.68497	-57.86891	80.72670706916
9.63040	-77.06134	-62.20908	80.72670706916
8.56035	-65.58412	-52.94390	80.72670706916
9.63040	-69.35520	-55.98817	80.72670706916
13.48256	-93.36278	-75.36869	80.72670706916
9.63040	-64.21778	-51.84090	80.72670706916
9.63040	-61.92429	-49.98944	80.72670706916
8.56035	-13.28644	-10.72570	80.72670706916
8.66736	-51.16368	-41.30275	80.72670706916
4.81520	-27.52191	-22.21753	80.72670706916
8.66736	0.00000	0.00000	80.72670706916
7.70432	-41.40609	-33.42577	80.72670706916
7.70432	-39.63155	-31.99324	80.72670706916
7.70432	-38.53067	-31.10454	80.72670706916
6.74128	-16.40157	-13.24045	80.72670706916
7.70432	-36.50274	-29.46746	80.72670706916
5.99225	-27.31288	-22.04879	80.72670706916
6.74128	0.00000	0.00000	80.72670706916
5.77824	-25.06815	-20.23669	80.72670706916
6.74128	-28.22596	-22.78588	80.72670706916
5.77824	-23.91559	-19.30627	80.72670706916
6.47377	-25.90117	-20.90916	80.72670706916
6.42026	-24.85850	-20.06745	80.72670706916
6.42026	-24.59404	-19.85396	80.72670706916
6.42026	-24.08167	-19.44034	80.72670706916
5.77824	-21.01673	-16.96611	80.72670706916



Trabajo de Diploma

5.77824	-20.80656	-16.79645	80.72670706916
3.85216	-4.53302	-3.65936	80.72670706916
4.81520	-16.51314	-13.33052	80.72670706916
4.81520	-16.20449	-13.08135	80.72670706916
8.66736	-9.63267	-7.77614	80.72670706916
1.71207	-5.60446	-4.52430	80.72670706916
1.92608	-6.19243	-4.99894	80.72670706916
3.42414	10.81563	8.73110	80.72670706916
1.92608	-5.97890	-4.82657	80.72670706916
2.56811	-7.83675	-6.32635	80.72670706916
0.85604	-2.59030	-2.09106	80.72670706916
1.92608	-5.68485	-4.58919	80.72670706916
1.49806	0.00000	0.00000	80.72670706916
4.28018	-12.23196	-9.87446	80.72670706916
5.24322	0.00000	0.00000	80.72670706916
3.21013	0.00000	0.00000	80.72670706916
5.99225	0.00000	0.00000	80.72670706916
3.85216	0.00000	0.00000	80.72670706916
3.85216	0.00000	0.00000	80.72670706916
3.21013	-8.89169	-7.17797	80.72670706916
1.28405	1.77834	1.43559	80.72670706916
0.85604	0.00000	0.00000	80.72670706916
0.96304	0.00000	0.00000	80.72670706916
0.85604	2.37112	1.91413	80.72670706916
-0.96304	-2.66751	-2.15339	80.72670706916
-0.96304	-2.66751	-2.15339	80.72670706916
-0.96304	0.00000	0.00000	80.72670706916
-1.20380	-3.33438	-2.69174	80.72670706916
-1.71207	-4.74224	-3.82825	80.72670706916
-1.92608	-2.66751	-2.15339	80.72670706916
-1.92608	-2.66751	-2.15339	80.72670706916
-0.96304	-2.66751	-2.15339	80.72670706916
-1.92608	0.00000	0.00000	80.72670706916
-1.92608	-2.66751	-2.15339	80.72670706916
-1.92608	-2.66751	-2.15339	80.72670706916
-1.92608	-5.33502	-4.30678	80.72670706916
-1.92608	-2.66751	-2.15339	80.72670706916
-2.14009	-5.92780	-4.78531	80.72670706916
-2.88912	-4.00126	-3.23009	80.72670706916
-3.85216	-5.33502	-4.30678	80.72670706916
-1.92608	-5.33502	-4.30678	80.72670706916
-3.85216	0.00000	0.00000	80.72670706916
-3.85216	-10.67003	-8.61357	80.72670706916
-6.42026	-8.89169	-7.17797	80.72670706916



Trabajo de Diploma

-7.70432	3.55668	2.87119	80.72670706916
-5.99225	-8.29891	-6.69944	80.72670706916
-10.27242	-14.22671	-11.48475	80.72670706916
-6.84828	-9.48447	-7.65650	80.72670706916
-10.27242	-14.22671	-11.48475	80.72670706916
-6.42026	-8.89169	-7.17797	80.72670706916
-7.49031	-10.37364	-8.37430	80.72670706916
-8.56035	-11.85559	-9.57063	80.72670706916
-9.63040	-13.33754	-10.76696	80.72670706916
-10.70044	-9.87966	-7.97552	80.72670706916
-11.55648	-16.00505	-12.92035	80.72670706916
-12.84053	-17.78339	-14.35594	80.72670706916
13.48256	18.67256	15.07374	80.72670706916
-16.47868	-22.82201	-18.42346	80.72670706916
-13.48256	-18.67256	-15.07374	80.72670706916
-19.47480	-26.97147	-21.77318	80.72670706916
-25.68106	-35.56677	-28.71188	80.72670706916
-20.97286	-29.04620	-23.44804	80.72670706916
-25.46705	-70.54076	-56.94524	80.72670706916
-25.68106	-71.13354	-57.42377	80.72670706916
-30.81727	-42.68013	-34.45426	80.72670706916
-30.81727	-42.68013	-34.45426	80.72670706916
-28.89119	-40.01262	-32.30087	80.72670706916
-39.37762	-54.53572	-44.02489	80.72670706916
-36.59551	-50.68265	-40.91443	80.72670706916
-37.66555	-34.77640	-28.07384	80.72670706916
-38.52159	-106.70031	-86.13565	80.72670706916
-47.08194	-65.20575	-52.63845	80.72670706916
-38.52159	-35.56677	-28.71188	80.72670706916
-47.08194	-65.20575	-52.63845	80.72670706916
-48.15198	-66.68770	-53.83478	80.72670706916
-49.22203	-68.16965	-55.03111	80.72670706916
-49.22203	-136.33929	-110.06222	80.72670706916
-49.22203	-68.16965	-55.03111	80.72670706916
-58.85242	-81.50718	-65.79807	80.72670706916
-64.20265	88.91693	71.77971	80.72670706916
-63.56062	-88.02776	-71.06191	80.72670706916
-61.63454	-85.36025	-68.90852	80.72670706916
-55.64229	51.37423	41.47272	80.72670706916
-61.63454	-85.36025	-68.90852	80.72670706916
-61.20652	-84.76747	-68.42999	80.72670706916
-59.06643	0.00000	0.00000	80.72670706916
-66.77075	-92.47361	-74.65090	80.72670706916
-88.27864	-122.26078	-98.69710	80.72670706916



Trabajo de Diploma

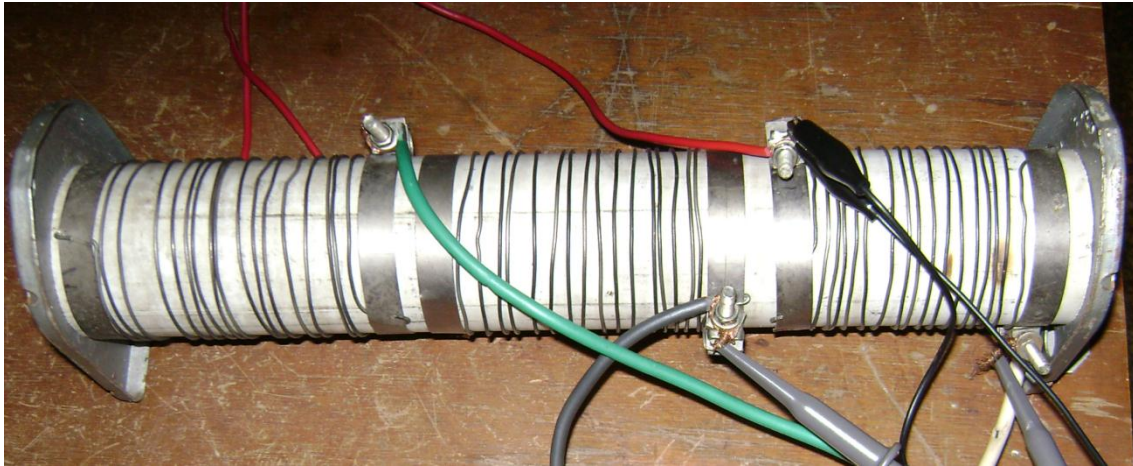
-72.33498	-100.17974	-80.87181	80.72670706916
-55.64229	-77.06134	-62.20908	80.72670706916
-64.20265	-88.91693	-71.77971	80.72670706916
-55.64229	-77.06134	-62.20908	80.72670706916
-72.33498	-66.78649	-53.91454	80.72670706916
-80.89533	-112.03533	-90.44243	80.72670706916
-69.55287	-96.32667	-77.76135	80.72670706916
-77.89921	0.00000	0.00000	80.72670706916
80.89533	74.69022	60.29496	80.72670706916
-80.89533	-74.69022	-60.29496	80.72670706916
-95.87595	-53.11305	-42.87641	80.72670706916
-77.89921	-71.92392	-58.06181	80.72670706916
-86.88758	-80.22283	-64.76125	80.72670706916
-80.89533	-74.69022	-60.29496	80.72670706916
-89.88370	-82.98913	-66.99439	80.72670706916
-83.89146	-77.45652	-62.52810	80.72670706916
-89.99071	-62.31595	-50.30561	80.72670706916
-137.82168	-127.25000	-102.72474	80.72670706916
-86.88758	-80.22283	-64.76125	80.72670706916
-89.88370	-82.98913	-66.99439	80.72670706916
-86.88758	-80.84471	-65.26327	80.72670706916
-89.88370	-84.28584	-68.04118	80.72670706916
-89.88370	-85.62371	-69.12120	80.72670706916
-89.88370	-86.30870	-69.67417	80.72670706916
-95.87595	-92.80505	-74.91846	80.72670706916
-68.48282	-101.06405	-81.58568	80.72670706916
-64.20265	-95.53058	-77.11870	80.72670706916
-66.34273	-66.35837	-53.56893	80.72670706916
-57.78238	-58.28168	-47.04888	80.72670706916
-65.05868	-99.26545	-80.13373	80.72670706916
-44.94185	-34.57881	-27.91433	80.72670706916
-67.41278	-70.97755	-57.29784	80.72670706916
-70.32330	-74.69721	-60.30060	80.72670706916
-70.65501	14.45557	11.66950	80.72670706916
-75.91963	-84.37503	-68.11318	80.72670706916
-88.27864	-99.02742	-79.94158	80.72670706916
-84.58698	0.00000	0.00000	80.72670706916
-89.02767	-103.74601	-83.75074	80.72670706916
-77.04317	-68.66852	-55.43383	80.72670706916
-84.74749	-103.79690	-83.79182	80.72670706916
-90.95375	-85.28924	-68.85120	80.72670706916
-82.92842	-105.89102	-85.48234	80.72670706916
-88.27864	-49.90236	-40.28453	80.72670706916
-72.76300	-99.24566	-80.11776	80.72670706916



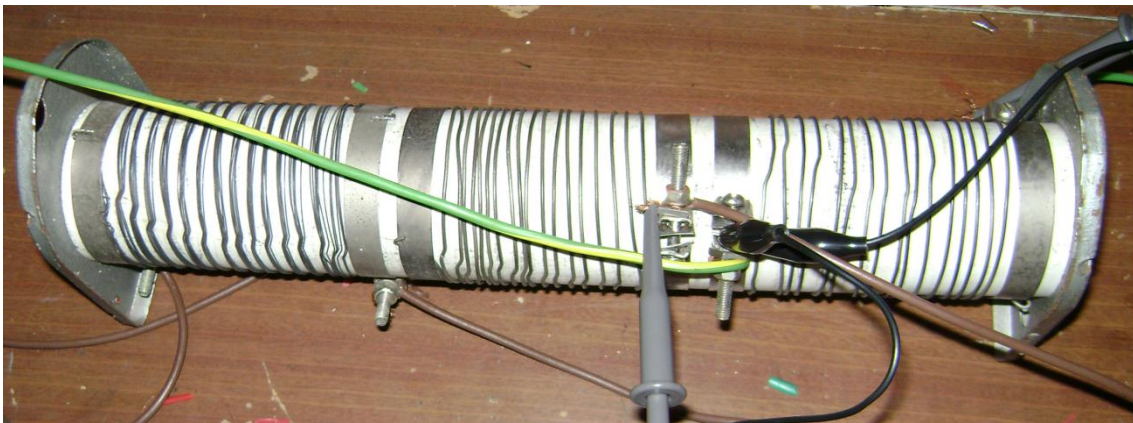
Trabajo de Diploma

-70.62291	-98.56683	-79.56975	80.72670706916
-70.62291	-100.91366	-81.46427	80.72670706916
-47.08194	-51.68748	-41.72560	80.72670706916
-85.60353	-130.06133	-104.99423	80.72670706916
-71.90696	-110.65218	-89.32586	80.72670706916
-57.78238	-54.75411	-44.20119	80.72670706916
-66.38553	-107.67760	-86.92458	80.72670706916
-64.20265	-160.54445	-129.60225	80.72670706916
-66.34273	-115.40587	-93.16336	80.72670706916
-84.58698	-113.65110	-91.74679	80.72670706916
-84.58698	-156.19740	-126.09302	80.72670706916
-82.17939	-78.28453	-63.19653	80.72670706916
-85.38952	-170.81930	-137.89680	80.72670706916
-82.05098	-169.80067	-137.07449	80.72670706916
-69.65987	-91.21260	-73.63293	80.72670706916
-68.48282	-152.21993	-122.88214	80.72670706916
-64.36315	-151.47842	-122.28354	80.72670706916
-64.49156	-118.48181	-95.64646	80.72670706916
-68.48282	-174.89098	-141.18373	80.72670706916
-66.34273	-180.97739	-146.09708	80.72670706916
-66.34273	-189.59536	-153.05409	80.72670706916
-73.03051	-215.35723	-173.85080	80.72670706916
-73.56553	-183.95719	-148.50258	80.72670706916
-83.46344	-176.78778	-142.71495	80.72670706916
-84.91870	-246.59628	-199.06906	80.72670706916
-84.91870	-249.08898	-201.08133	80.72670706916
-68.44002	-236.96362	-191.29292	80.72670706916
-55.05377	-287.30477	-231.93168	80.72670706916
-62.11606	-372.78422	-300.93643	80.72670706916
-59.22694	-386.00408	-311.60838	80.72670706916
-77.89921	-667.86493	-539.14537	80.72670706916
-77.89921	-850.00991	-686.18501	80.72670706916
-79.39727	-453.80566	-366.34236	80.72670706916
-90.87670	-2726.94389	-2201.37201	80.72670706916

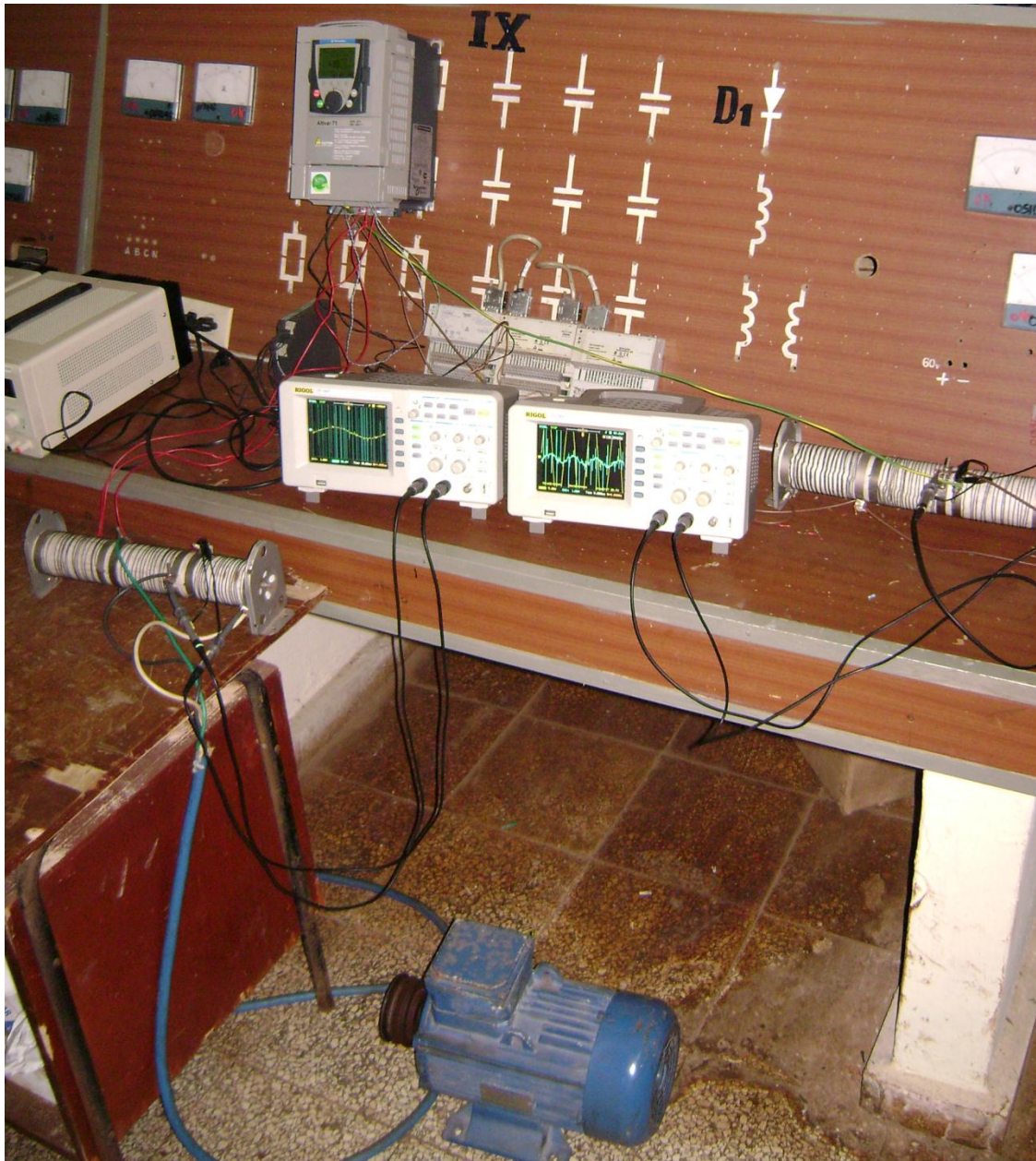
4: Datos correspondientes al cálculo de las eficiencias y potencias



5: Vista frontal de los resistores utilizados en el sistema de medición a la salida del variador de velocidad. Referencia a RSht 2.



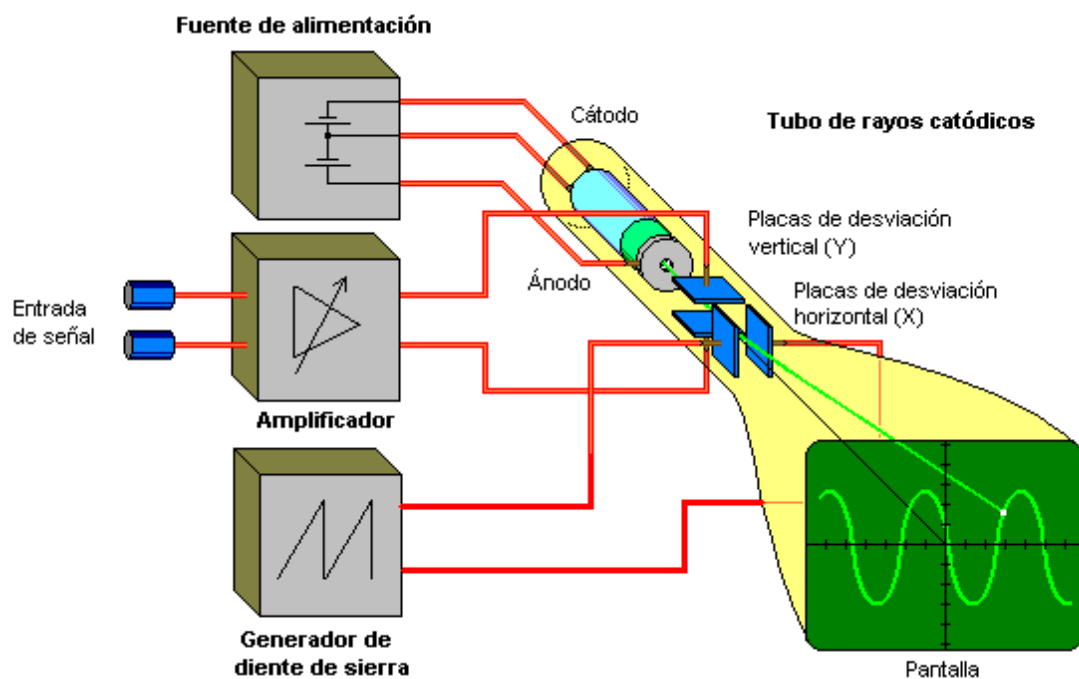
6: Vista frontal de los resistores utilizados en el sistema de medición a la salida del variador de velocidad. Referencia a RSht 1.



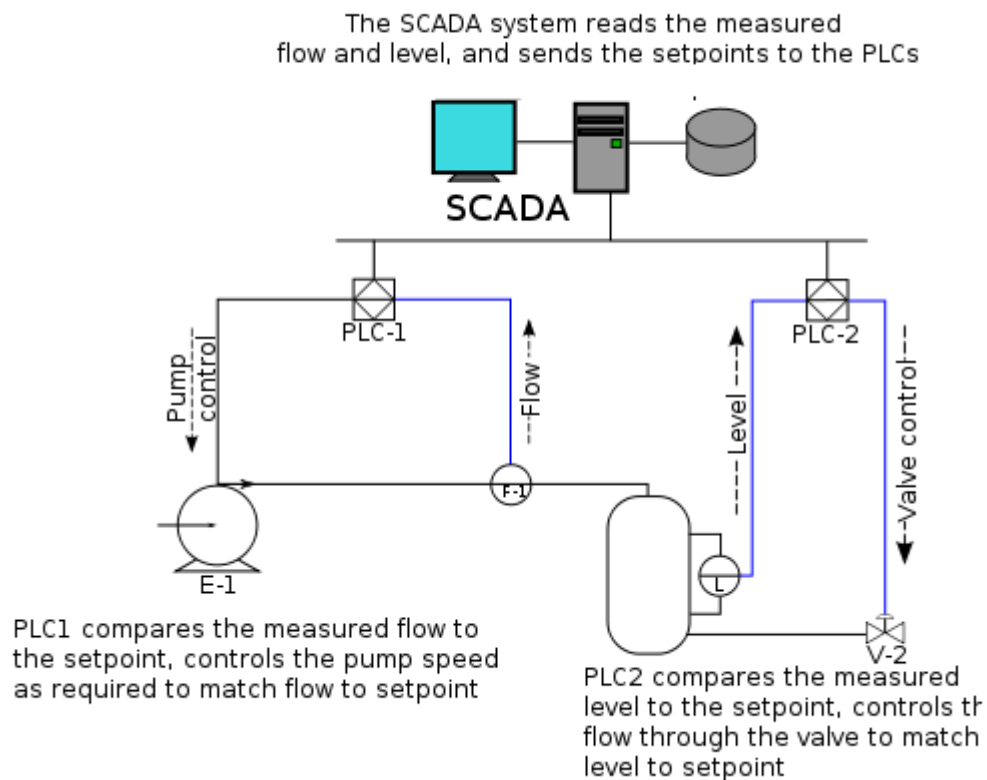
7: Fotografía tomada de las pruebas realizadas al sistema de medición.



8: fotografía de los componentes en funcionamiento utilizados en el sistema construido.



9: esquema de trabajo de un osciloscopio, funcionamiento del mismo.



10: Este esquema es un ejemplo de la aplicación del sistema SCADA con la utilización de Variadores de Velocidad en áreas industriales.



Unidad manejadora de aire de 5
Unidad manejadora con gabinete abierto para inspección del ventilador centrífugo

11: Ejemplo de accionamientos que utilizan el método de control por frecuencia.