

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



## **TESIS**

**“APLICACIÓN DE SISTEMAS EMBEBIDOS EN EL ARRANQUE DE UN MOTOR ELÉCTRICO DE CORRIENTE ALTERNA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR :**

**GIL ÁVALOS, JOSÉ ERICK  
GÓMEZ SILVA, PEDRO ELÍAS JUNIOR  
NÚÑEZ ZAMBRANO, JOSÉ LUIS**

**ASESOR :**

**DEL ÁGUILA VELA, EDGAR**

**CALLAO - PERÚ**

**ABRIL 2018**



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRICISTA**

**“APLICACIÓN DE SISTEMAS EMBEBIDOS EN EL ARRANQUE DE UN  
MOTOR ELÉCTRICO DE CORRIENTE ALTERNA”**

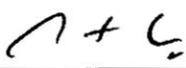
**INTEGRANTES:  
GIL AVALOS, JOSÉ ERICK  
GÓMEZ SILVA, PEDRO ELÍAS JUNIOR  
NÚÑEZ ZAMBRANO, JOSÉ LUIS**

**ASESOR:  
ING. EDGAR DEL ÁGUILA VELA**

**CALIFICACIÓN:**

**16 (DIECISÉIS)**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ing. CÉSAR AUGUSTO RODRÍGUEZ  
ABURTO  
Presidente de Jurado

  
\_\_\_\_\_  
Mg. Ing. CÉSAR AUGUSTO SANTOS  
MEJÍA  
Secretario de Jurado

  
\_\_\_\_\_  
Mg. Ing. JORGE ALBERTO MONTAÑO PISFIL  
Vocal de Jurado

**CALLAO – PERÚ  
2018**

**DEDICATORIA**

***A nuestras familias que en todo momento nos  
brindaron su apoyo moral y total comprensión.***

## INDICE

RESUMEN .....	4
ABSTRACT .....	5
CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION .....	7
1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	8
1.3.3 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.4 LIMITACIÓN Y VARIABILIDAD DE LA INVESTIGACION .....	9
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO .....	12
2.1 ANTECEDENTES .....	12
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	13
CAPITULO 3: VARIABLES E HIPÓTESIS .....	37
2.1 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	37
2.3 HIPOTESIS.....	37
CAPITULO 4: METODOLOGÍA .....	40
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	40
4.2 DISEÑO DE INVESTIGACION .....	40
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	41
4.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN.....	41
4.5 PROCEDIMIENTOS Y RECOLECCION DE DATOS .....	42
CAPITULO 5: RESULTADOS.....	44
5.1 SISTEMA DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO CON INVERSIÓN DE GIRO MEDIANTE SISTEMA EMBEBIDO COMPUESTO POR MICOCONTROLADOR PIC. ....	44
5.2 OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA .....	44
5.3 INTRODUCCIÓN .....	45
5.4 MARCO TEÓRICO DE LA EXPERIENCIA .....	45
5.5 MATERIALES .....	58
5.6 PROCEDIMIENTO .....	59
5.4 RESULTADOS OBTENIDOS:.....	65
CAPITULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	76
6.1 CONTRASTACION DE HIPOTESIS CON LOS RESULTADOS.....	76
6.1.1.- HIPOTESIS.....	76
	1

6.2	CONTRASTACION DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES .....	79
	CAPITULO 7: CONCLUSIONES .....	87
	CAPITULO 8: OBSERVACIONES.....	89
	CAPITULO 9: RECOMENDACIONES .....	91
	CAPITULO 10: REFERENCIAS .....	93

## TABLAS

TABLA 1: DATOS DE LENGUAJE MAQUINA BINARIO .....	15
TABLA 2: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE TRES CATEGORÍAS DE PIC'S .....	23
TABLA 3: COMPARACIÓN DE CORRIENTE Y PAR SEGÚN TIPOS DE ARRANQUE.....	50
TABLA 4: DIAGRAMA DE DESCRIPCION DE PIN - PIC16F84A .....	62
TABLA 5: TABLA DE TOMA DE DATOS .....	66
TABLA 6: VARIABLES DE ENTORNO SOSTENIBLE.....	66

## FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA.....	19
FIGURA 2: ESQUEMA DEL CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN MOTOR ELÉCTRICO ASÍNCRONO.....	22
FIGURA 3: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE ARRANQUE DIRECTO.....	26
FIGURA 4: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE ARRANQUE ESTRELLA/TRIÁNGULO.....	29
FIGURA 5: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE ARRANQUE DEL AUTOTRANSFORMADOR .....	31
FIGURA 6: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE ARRANQUE CON REACTORES O RESISTENCIAS ESTATÓRICAS.....	32
FIGURA 7: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE ARRANQUE CON ARRANCADOR SUAVE .....	33
FIGURA 8: COMPORTAMIENTO DE LA CORRIENTE Y DEL PAR PARA DIVERSAS MOLADIDADES DEL ARRANQUE	34
FIGURA 9: ARQUITECTURA HARVARD .....	46
FIGURA 10: CORRIENTE TRIANGULO ESTRELLA .....	47
FIGURA 11: ESQUEMA DE FUERZA DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO .....	49
FIGURA 12: COMPARACIÓN DE CURVAS PAR / NR Y CORRIENTE / NR .....	49
FIGURA 13: ESQUEMA DE SIMULADOR PROTEUS.....	53
FIGURA 14: SOFTWARE AVANZADO DE ENRUTAMIENTO Y EDICIÓN .....	54
FIGURA 15: FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSITOR.....	55
FIGURA 16: POLARIZACIÓN DE UN TRANSITOR NPN .....	56
FIGURA 17: POLARIZACIÓN DE UN TRANSITOR PNP .....	56
FIGURA 18: ZONA DE TRABAJO.....	58
FIGURA 19: ESQUEMA DE CONTROL DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO CON INVERSIÓN DE GIRO .....	59
FIGURA 20: COMPILADOR PCW .....	60
FIGURA 21: PIC16F84A .....	60
FIGURA 22: DIAGRAMA DE PIN - PIC16F84A.....	61
FIGURA 23: DIAGRAMA DE BLOQUES - PIC16F84A .....	61
FIGURA 24: SIMULACIÓN DE PROGRAMA EN PROTEUS .....	62
FIGURA 25: GRABACIÓN EN PIC.....	63
FIGURA 26: ACONDICIONAMIENTO DE CIRCUITO CON ACCESORIOS PIC .....	63
FIGURA 27: DISEÑO DE CIRCUITO DE INTERFASE.....	64
FIGURA 28: GRAFICA DE LINEA A JUSTADA .....	77
FIGURA 29: GRAFICA DE PROBABILIDAD DE I EN ESTRELLA .....	77
FIGURA 30: ANALISIS DE NORMALIDAD.....	79
FIGURA 31: DISPERSION DE 3D DE I EN DELTA VS I EN ESTRELLA VS TIEMPO.....	80
FIGURA 32: GRAFICA MULTIVARIADA EWMA DE TIEMPO .....	80
FIGURA 33: GRAFICA DE CORRIDAS DE I EN DELTA .....	81
FIGURA 34: GRAFICA DE PROBABILIDAD DE TIEMPO.....	81
FIGURA 35: ESTUDIO DE SESGO DE LA LINEABILIDAD PARA I EN ESTRELLA .....	82
FIGURA 36: ESTUDIO DEL SESGO DE LA LINEABILIDAD PARA I EN DELTA .....	82

## RESUMEN

En el presente proyecto se van a abordar los conceptos y constructos relacionados con la aplicación de los sistemas embebidos en el arranque de los motores eléctricos de corriente alterna, específicamente en los arranques de motores asíncronos de inducción sean estas monofásica y/o trifásica, con la finalidad de aportar una nueva solución que permita no solamente comparativamente mejorar técnica y económicamente frente a las técnicas convencionales tales como la lógica cableada de los contactores, como asimismo la lógica programada de los PLC (controladores lógicos programables), sino además se pretende incrementar el acervo del conocimiento en el estado del arte vinculado al ámbito de las máquinas eléctricas rotativas, toda vez que la lógica que maneja el ingeniero electricista está centrada y limitada en las técnicas convencionales.

## **ABSTRACT**

In this project will address the concepts and constructs related to the application of embedded systems in the boot of electric AC motors, specifically startups asynchronous induction motors are these single and / or three-phase, with aim of providing a new solution that allows not only comparatively better technically and economically compared to conventional techniques such as contactors wired logic, as also the logic programmed PLC (programmable logic controllers), but also aims to increase the stock knowledge in the state linked to the field of art rotating electrical machines, since the logic that manages the electrical engineer is focused and limited in conventional techniques.

**CAPITULO 1**  
**PLANTEAMIENTO DE LA**  
**INVESTIGACIÓN**

## **CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

Con la finalidad de optimizar el funcionamiento y consumo de las maquinas rotativas, dentro del estado del arte se han desarrollado sistemas de arranques de diversas lógicas, que, según el avance de las épocas, nos han ido heredando. Y que, con el paso del tiempo, han ido incrementando del acervo del conocimiento científico en esta materia (motores eléctricos), sin embargo, a la fecha es posible plantear nuevos desarrollos en este ámbito, tal como la propuesta en la presente tesis.

### **1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA**

La presencia de grandes masas como elemento de apoyo para romper la inercia durante el arranque, están distribuidas dentro de la estructura de la máquina, y estos hacen que el arranque de las máquinas sea de alguna manera traumática. Toda vez que para vencer la inercia y pasar al movimiento, precisamente en el arranque, propio del tiempo transitorio; la máquina solicita una corriente grande comparada con la corriente para el cual ha sido diseñado, con lo cual la máquina necesariamente tiene que ser protegida para alcanzar una vida útil expectante y razonable. La industria, específicamente sin menospreciar a nivel del comercio y consumidores domiciliarios, como usuarios finales de los motores eléctricos están asociados con las plantas de procesos, artefactos, etc. Y necesariamente aplican sistemas de protección para dichas máquinas, y dichos sistemas dentro de lo convencional, robustecen y encarecen el costo de las mismas, sin embargo, estas se recuperan en el tiempo, como toda inversión. Los sistemas de arranques convencionales son: arranque mediante contactores por lógica cableada, arranque programado mediante PLC asociada con los VLT (variadores de velocidad), entre otros, es lo que existe. En este presente proyecto, nos centraremos en una técnica apropiada aplicando sistemas embebidos con especial atención a en el arranque de los motores eléctricos de corriente alterna, específicamente en los arranques de motores asíncronos de inducción sean estas monofásica y/o trifásica, que son objeto de nuestro estudio.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

Los métodos lógicos de programación convencionales y actuales empleados en los diferentes sistemas de arranques de los motores eléctricos responden a una lógica basada en la programación cableada y programada, lo cual nos lleva a la siguiente interrogante:

**¿Es posible diseñar un sistema embebido de aplicación en el arranque de un motor de corriente alterna, mediante una lógica de programación que se ajusta a lógica que maneja el operador electricista a nivel de circuitos de mando?**

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS**

Los problemas específicos que se plantean en la siguiente tesis quedan determinados en las siguientes prerrogativas:

P1 ¿Qué métodos lógicos de programación utilizan los sistemas embebidos que se vinculen con el arranque de los motores eléctricos de corriente alterna?

P2 ¿Es posible diseñar un sistema embebido de utilización directa en el arranque de motores eléctricos de corriente alterna?

P3 ¿Es posible implementar un sistema embebido de utilización directa en el arranque de motores eléctricos de corriente alterna?

P4 ¿De qué manera la puesta en prueba de nuestro diseño de prototipo del sistema embebido, puede incrementar el acervo de conocimiento en el ámbito de los sistemas de arranque de motores eléctricos de corriente alterna?

## **1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema embebido que se aplique en el arranque de un motor de corriente alterna asincrono, mediante una lógica de programación que se ajusta a lógica que maneja el operador electricista a nivel de circuitos de mando.

### **1.3.2 OBJETIVO ESPECIFICO**

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Identificar los métodos lógicos de programación que utilizan los sistemas de arranque de los motores eléctricos, en nuestro país.
- Diseñar un sistema embebido que se aplique en el arranque de un motor de corriente alterna asíncrono.
- Implementar el sistema embebido diseñado para el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna.
- Someter a prueba el prototipo del sistema embebidos diseñado para el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna.

### **1.3.3 JUSTIFICACIÓN**

Las razones que justifican la investigación propuesta, son las siguientes:

- La tesis concluida será un valioso aporte para los operadores de máquinas eléctricas, y beneficio para los usuarios de máquinas eléctricas a nivel industrial, domiciliario y comercial.
- La tesis concluida servirá como modelo para incrementar el acervo del conocimiento en el ámbito de las máquinas eléctricas, específicamente en el modelo de arranque de la máquina.
- La tesis concluirá con la implementación y puesta a prueba del diseño de sistema de embebidos utilizada para el arranque de motores de corriente alterna, específicamente de motores de inducción trifásica y/o monofásica, mediante la utilización de hardware embebido y programación gráfica, como una solución efectiva, técnica y económica para el arranque de motores eléctricos.

### **1.4 LIMITACIÓN Y VARIABILIDAD DE LA INVESTIGACION**

- Una de las principales limitaciones es el tiempo que demanda distribuir para realizar cada uno de los procesos procedimentales del proyecto, compartido con los deberes laborales.

- El desarrollo de la investigación y sus correspondientes procesos de diseño, implementación y puesta en prueba, de nuestro desarrollo, se llevará a cabo en los talleres de laboratorio de ingeniería eléctrica, con lo cual se harán las coordinaciones oportunas con las respectivas dependencias, para el uso de software de programación a nivel de hardware y firmware, simulaciones, implementación, como uso de los instrumentos de laboratorio.
- Toda la instancia procedimental de nuestro desarrollo representará a nivel de coste en una baja inversión, con respecto al aporte tecnológico. Esto implica que el diseño propuesto en la presente investigación comprende un **diseño a nivel de LAY OUT**, lo cual comprende. (1) Diseño a nivel de hardware (PCB: Printer Circuit Board, (2) Software de programación del proceso a ser embebido, Software de compilación al lenguaje máquina del embebido, toda la estructura del diseño no debe confundirse con la estructura de diseño de proyectos eléctricos a nivel de planta, pues lo que se está manipulando es una estructura en materia del constructo Ware, lo cual a ello se suma el Firmware.
- La propuesta planteada en nuestros objetivos, van a ser *especificadas técnica y económicamente*, lo cual implica conocer las especificaciones técnicas sobre el sistema embebidos diseñado.

Serán sustentadas con los cálculos justificativos en esta materia, comparativamente frente a las técnicas convencionales, se evaluarán las variables de confiabilidad y coste. Esto implica analizar *los beneficios de la propuesta como nueva alternativa de utilización* en el arranque de un motor de corriente alterna.

## **CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES**

Dentro del estado de la técnica, existe abundante información con respecto a cómo utilizar los diferentes sistemas de arranques existentes, como producto final, o como desarrollar un sistema de arranque con los métodos convencionales (Lógica cableada por contactos, lógica programada como los PLC, entre otros), sin embargo, información con respecto a desarrollar un sistema de tendencia embebida, sin llegar a usar los que se comercializan comúnmente como tales: FPGAs, DSPs, etc, no están orientadas a los sistemas de arranque de un motor de corriente alterna, tal como se pretende en la presente tesis.

El referente nacional más cercano para apoyarnos en nuestra propuesta, corresponde a:

#### **2.1.1 DEL AGUILA VELA, EDGAR, “PROGRAMACIÓN GRÁFICA DE LOS MICROCONTROLADORES PIC-AVR Y SU APLICACIÓN PRÁCTICA EN EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA ELÉCTRICA”, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, 2012, PERÚ**

Se da a conocer la programación grafica de microcontroladores aplicados a la ingeniería eléctrica.

#### **2.1.2 LUIS CARBONELL PRADO “MICROCONTROLADORES”, 2011, CCEI SEDU.**

Tutorial fundamental para la comprensión de los microcontroladores, en conceptos dentro y fuera de variables.

#### **2.1.3 VICENTE RICO RAMÍREZ “LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN”**

Se da a conocer fundamentos del lenguaje de programación y una breve instrucción del lenguaje de programación en lenguaje máquina, lenguaje de bajo nivel y lenguajes de alto nivel.

#### **2.1.4 ABB, "CUADERNOS DE APLICACIONES TÉCNICAS N°6".**

Se dan a conocer los principios y desarrollo a nivel técnico de los motores asíncronos de corriente alterna.

#### **2.1.5 ANDRES DJORDJAINLAN "MODELADO DE SISTEMAS EMBEBIDOS".**

Seminario de sistemas embebidos ejecutado en la Facultad de Ingeniería de la U.B.A, donde se aborda los modelados en la industria.

### **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.2.1 CONCEPTOS GENERALES**

##### **2.2.1.1 CONCEPTO DE SISTEMAS EMBEBIDOS**

Según "Apuntes de: Sistemas embebidos (2009)" de Benito Úbeda Miñarro, define un sistema embebido (SE) o sistema empotrado lo vamos a definir como un sistema electrónico diseñado específicamente para realizar unas determinadas funciones, habitualmente formando parte de un sistema de mayor entidad. La característica principal es que emplea para ello uno o varios procesadores digitales (CPUs) en formato microprocesador, microcontrolador o DSP lo que le permite aportar 'inteligencia' al sistema anfitrión al que ayuda a gobernar y del que forma parte. En el diseño de un sistema embebido se suelen implicar ingenieros y técnicos especializados tanto en el diseño electrónico hardware como el diseño del software. A su vez también se requerirá la colaboración de los especialistas en el segmento de usuarios de tales dispositivos, si hubiese lugar a ello.

**In Sic** "Podemos concluir finalmente que un SE (Sistema embebido) consiste en un sistema basado en microprocesador cuyo hardware y software están específicamente diseñados y optimizados para resolver un problema concreto de forma eficiente. Normalmente un SE interactúa continuamente con el entorno para vigilar o controlar algún proceso mediante una serie de sensores. Su hardware se diseña normalmente a nivel de chips (SoC, System on Chip) o de tarjeta PCB, buscando minimizar el tamaño, el coste y maximizar el rendimiento y la fiabilidad para una aplicación particular".

##### **2.2.1.2 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN**

Según "www.iqcelaya.itc.mx/~vicente/Programacion/Lenguajes.pdf" define que un Lenguaje de Programación es un conjunto de reglas, notaciones, símbolos y/o caracteres que permiten a un programador poder expresar el procesamiento de datos y sus estructuras en la computadora. Cada lenguaje posee sus propias sintaxis. También se puede decir que un programa es un conjunto de órdenes o instrucciones que resuelven un problema específico basado en un Lenguaje de Programación.

Existen varias clasificaciones para los lenguajes de programación.

## **CLASIFICACIÓN DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN**

Los programadores escriben instrucciones en diversos lenguajes de programación. La computadora puede entender directamente algunos de ellos, pero otros requieren pasos de traducción intermedios. Hoy día se utilizan cientos de lenguajes de computadora.

Los Lenguajes de Programación pueden clasificarse de acuerdo con su uso en:

- Lenguajes desarrollados para el cálculo numérico. Tales como FORTRAN, Mathematica y Matlab.
- Lenguajes para sistemas. Como C, C++ y ensamblador.
- Lenguajes para aplicaciones de Inteligencia Artificial. Tales como Prolog y Lisp.

También se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de instrucciones de que constan. En esta clasificación se tiene al lenguaje máquina, al lenguaje ensamblador y al lenguaje de alto nivel. Se presenta a continuación una descripción de cada uno de ellos.

### **Lenguaje máquina (Binario)**

Una computadora sólo puede entender el lenguaje máquina. El lenguaje de máquina ordena a la computadora realizar sus operaciones fundamentales una por una. Dicho lenguaje es difícil de usar para la persona porque trabajar con números no es muy cómodo además de que estos números están en formato binario. ¿Cómo es que se representan las operaciones como números? John Von Neumann desarrolló el modelo que lleva su nombre para esta representación.

Ya se estudió que representar números usando el sistema binario no es complicado, pero se tenía luego el problema de representar las acciones (o instrucciones) que iba a realizar la computadora también en el sistema binario; pues la memoria, al estar compuesta por bits, solamente permite almacenar números binarios. La solución que se tomó fue la siguiente: a cada acción que sea capaz de realizar la computadora, se le asocia un número, que corresponde a su código de operación (opcode). Por ejemplo, una calculadora programable simple podría asignar los siguientes opcodes: 1 = *SUMA*, 2 = *RESTA*, 3 = *MULTIPLICA*, 4 = *DIVIDE*.

Supóngase entonces que se quiere realizar la operación  $5 \times 3 + 2$ , en la calculadora descrita arriba. En la memoria de la calculadora se podría representar el programa de la siguiente forma:

TABLA 1: DATOS DE LENGUAJE MAQUINA BINARIO

Posición	Opcode	Significado	Comentario
0	5	5	Primer número de la fórmula
1	3	*	3 es el opcode que representa la multiplicación.
2	3	3	Segundo número de la fórmula
3	1	+	1 es el opcode para la suma.
4	2	2	Último número de la fórmula

Y en código binario:

5	3	3	1	2
101	011	011	001	010

Podemos ver que, con esta representación, es simple expresar las operaciones de las que es capaz de realizar el hardware en la memoria. La descripción y uso de los opcodes es lo que se llama lenguaje de máquina. El lenguaje máquina es el lenguaje más primitivo y depende directamente del hardware.

### Lenguajes de bajo nivel (ensamblador)

Para facilitar y agilizar su labor a los programadores, se buscaron nuevos lenguajes. Cuando abstraemos los opcodes y los sustituimos por una palabra que sea una clave de su significado, se tiene el concepto de Lenguaje Ensamblador. Así, el lenguaje ensamblador representa las acciones del ordenador mediante pequeñas abreviaturas de palabras en inglés. Podemos entonces definir al Lenguaje Ensamblador de la siguiente forma:

Lenguaje Ensamblador consiste en asociar a los opcodes palabras clave que faciliten su uso por parte del programador. No obstante, el lenguaje ensamblador requiere de muchas instrucciones para realizar simples operaciones.

### **Lenguajes de alto nivel**

Para acelerar aún más el proceso de programación se desarrollaron los lenguajes de alto nivel, en los que se puede escribir un sólo enunciado para realizar tareas sustanciales. Los lenguajes de alto nivel permiten a los programadores escribir instrucciones que asemejan al inglés cotidiano y contiene notaciones matemáticas de uso común. El concepto de lenguaje de alto nivel nació con el lenguaje FORTRAN (FORmula TRANslation) que, como su nombre indica, surgió como un intento de traducir fórmulas matemáticas al lenguaje ensamblador y por consiguiente al lenguaje de máquina. A partir de FORTRAN, se han desarrollado innumerables lenguajes que siguen el mismo concepto: buscar la mayor abstracción posible y facilitar la vida al programador, aumentando la productividad. Entre estos lenguajes de alto nivel se encuentra el lenguaje C++ que servirá de base para el desarrollo del curso.

### **EJEMPLO DE TIPOS DE LENGUAJES**

#### **a. Lenguaje Máquina**

100001010101010

100100101010100

100011100101110

#### **b. Lenguaje de Nivel Bajo (Ensamblador)**

LOAD R1, (B)

LOAD R2, (C)

ADD R1, R2

STORE (A), R1

c. Lenguajes de Alto Nivel

$A = B + C;$

### 2.2.1.3 MOTORES ELÉCTRICOS

Según "Motores Eléctricos" del Ing. José Carlos López Arenales.

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas.

#### FUNCIONAMIENTO

El motor de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que, si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha o eje.

- Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica.

## **Motores Asíncronos**

- La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna.
- El motor asíncrono fue creado en su forma más simple por Galileo Ferraris y Nikola Tesla en 1885-86. Dos años más tarde se construyó una máquina con el rotor en forma de jaula de ardilla. el rotor de bobinado se desarrolló a principio del Siglo XX.
- La diferencia del motor asíncrono con el resto de los motores eléctricos radica en el hecho de que no existe corriente conducida a uno de sus devanados (normalmente al rotor).
- La corriente que circula por el devanado del rotor se debe a la fuerza electromotriz inducida en él por el campo giratorio; por esta razón, a este tipo de motores se les designa también como motores de inducción.
- La denominación de motores asíncronos obedece a que la velocidad de giro del motor no es la de sincronismo, impuesta por la frecuencia de la red.
- Hoy en día se puede decir que más del 80% de los motores eléctricos utilizados en la industria son de este tipo, trabajando en general a velocidad prácticamente constante.
- No obstante, y gracias al desarrollo de la electrónica de potencia (inversores y ciclo-convertidores), en los últimos años está aumentando considerablemente la utilización de este tipo de motores a velocidad variable.
- La gran utilización de los motores asíncronos se debe a las siguientes causas: construcción simple, bajo peso, mínimo volumen, bajo coste y mantenimiento inferior al de cualquier otro tipo de motor eléctrico.
- Hay dos tipos básicos de motores asíncronos:

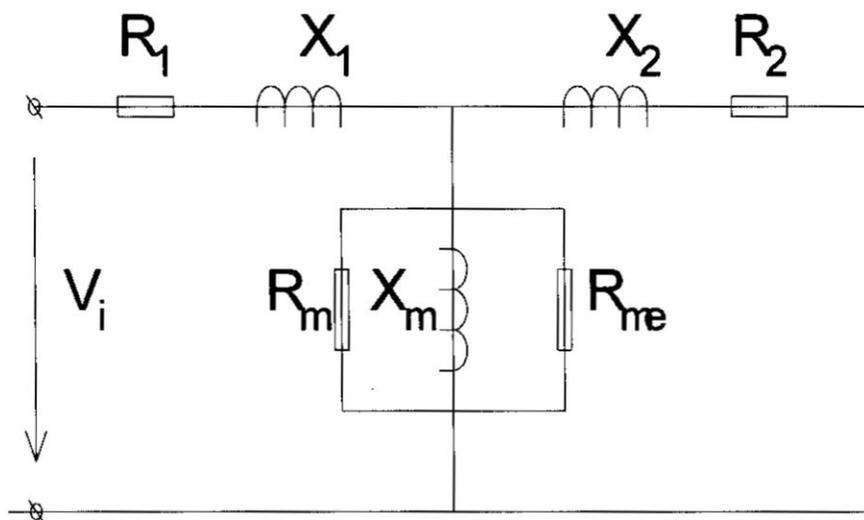
**Motores de jaula de ardilla:** el devanado del rotor está formado por barras de cobre o aluminio, cuyos extremos están puestos en cortocircuito por dos anillos a los cuales se unen por medio de soldadura o fundición.

**Motor de rotor bobinado:** el devanado del rotor de estos motores está formado por un bobinado trifásico similar al del estátor, con igual número de polos.

- Un motor de rotor bobinado a igualdad de potencia y clase de protección es más costoso, menos robusto y exige un mantenimiento mayor que uno de jaula de ardilla. No obstante, frente a este último posee fundamentalmente dos ventajas, que en algunos casos concretos resultan determinantes: las características del circuito eléctrico del rotor pueden ser modificadas en cada instante desde el exterior, y la tensión e intensidad del rotor son directamente accesibles a la medida o al control electrónico.
- Cuando se alimenta el estátor de un motor asíncrono con un sistema trifásico de tensiones de frecuencia  $f_1$ , se origina en el entrehierro un campo magnético giratorio de amplitud constante cuya velocidad es  $n_1=60f_1/p$ , donde  $p$  es el número de pares de polos del motor. Esta velocidad recibe el nombre de velocidad de sincronismo.
- En los conductores del rotor, el campo giratorio inducirá unas fuerzas electromagnéticas, que al estar el devanado en cortocircuito darán lugar a unas corrientes. Éstas en presencia de un campo magnético, determinan que sobre los conductores actúen unas fuerzas, las cuales producen un par, que, de acuerdo a la ley de Lenz, hace que el rotor tienda a seguir el campo del estátor.
- La velocidad de giro del rotor ( $n$ ) no podrá igualar a la de sincronismo  $n_1$ , ya que entonces no se produciría la variación de flujo en el devanado del rotor y no se induciría ninguna fuerza electromagnética. Se denomina deslizamiento ( $s$ ), a la velocidad relativa del campo giratorio respecto del rotor, expresado en tanto por uno de la velocidad del campo, es decir:  $s=n_1-n/n_1$ .
- Dado que el deslizamiento de la mayor parte de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla, a la velocidad nominal en general de alrededor de un 5%, no se pueden alcanzar velocidades mayores a 3600 r.p.m. A 60 Hz, las velocidades son muy múltiplos de los inversos de los números de polos en el estator: 1800, 1200, 900, 720 r.p.m. Etc.
- La nomenclatura utilizada es:

- $X_1$  : Reactancia de dispersión o fugas del bobinado estatórico.
- $R_1$  : Resistencia óhmica del bobinado estatórico.
- $R_m$  : Resistencia que representa a las pérdidas magnéticas.
- $X_m$  : Reactancia que representa a la corriente magnetizante.
- $R_{me}$  : Resistencia variable que representa las pérdidas mecánicas.
- $X_2$  : Reactancia de dispersión o fugas del bobinado de rotor.
- $R_2$  : Resistencia óhmica del bobinado de estátor.

FIGURA 2: ESQUEMA DEL CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN MOTOR ELÉCTRICO ASÍNCRONO



Fuente: [Monografias.com/trabajos82/motores-asincronicos/image009.png](http://Monografias.com/trabajos82/motores-asincronicos/image009.png)

## 2.2.2 CONCEPTOS ESPECIFICOS

### 2.2.2.1 MICROCONTROLADORES

Según TODO SOBRE SISTEMAS EMBEBIDOS de Sergio Salas Arriarán, es el elemento encargado de ejecutar todas las instrucciones y de configurar los recursos del sistema. Un computador limitado, como un sistema embebido, usualmente posee un solo procesador, pero existen computadoras avanzadas que tienen múltiples procesadores que realizan tareas y cálculos muy complejos.

**a. MICROCONTROLADOR P.I.C.**

El nombre verdadero de este microcontrolador es PICmicro (Peripheral Interface Controller), conocido bajo el nombre PIC. Su primer antecesor fue creado en 1975 por la compañía General Instruments. Este chip denominado PIC1650 fue diseñado para propósitos completamente diferentes. Diez años más tarde, al añadir una memoria EEPROM, este circuito se convirtió en un verdadero microcontrolador PIC. Hace unos pocos años la compañía Microchip Technology fabricó la 5 billonésima muestra.

**TABLA 2: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE TRES CATEGORÍAS DE PIC'S**

Familia	ROM (Kbytes)	RAM (bytes)	Pines	Frecuencia de Reloj (MHz)	Entradas A/D	Resolución del Convertidor A/D	Comparadores	Temporizadores de 8/16 bits	Comunicación serie1	Salidas PWM	Otros
Arquitectura de la gama baja de 8 bits, palabra de instrucción de 12 bits											
PIC10F00X	0.375-0.75	16-24	6-8	4-8	0-2	8	0-1	1x8	-	-	-
PIC12F00X	0.75-1.5	25-38	8	4-8	0-3	8	0-1	1x8	-	-	EEPROM
PIC16F00X	0.75-3	25-134	14-44	20	0-3	8	0-2	1x8	-	-	EEPROM
PIC16HV00X	1.5	25	18-20	20	-	-	-	1x8	-	-	Vdd = 15V
Arquitectura de la gama media de 8 bits, palabra de instrucción de 14 bits											
PIC12F00X	1.75-3.5	64-128	8	20	0-4	10	1	1-2x8 1x16	-	0-1	EEPROM
PIC12HV00X	1.75	64	8	20	0-4	10	1	1-2x8 1x16	-	0-1	-
PIC16F00X	1.75-14	64-368	14-64	20	0-13	8 or 10	0-2	1-2x8 1x16	USART 12C SPI	0-3	-
PIC16HV00X	1.75-3.5	64-128	14-20	20	0-12	10	2	2x8 1x16	USART 12C SPI	-	-
Arquitectura de la gama alta de 8 bits, palabra de instrucción de 16 bits											
PIC18F00X	4-128	256-3936	18-80	32-48	4-16	10 or 12	0-3	0-2x8 2-3x16	CAN2.0 USART	0-5	-
PIC18FX00X	8-128	1024-3936	28-100	40-48	10-16	10	2	0-2x8 2-3x16	USART Ethernet	0-2	-
PIC18FX00X	8-64	768-3936	28-44	64	10-13	10	2	1x8 3x16	USART 12C SPI	2	-

Fuente: [Microcontroladoresv.files.wordpress.com/2012/12/tabla.jpg?w=630](http://Microcontroladoresv.files.wordpress.com/2012/12/tabla.jpg?w=630)

Todos los microcontroladores PIC utilizan una arquitectura Harvard, lo que quiere decir que su memoria de programa está conectada a la CPU por más de 8 líneas. Hay microcontroladores de 12, 14 y 16 bits, dependiendo de la anchura del bus. La tabla anterior muestra las características principales de estas tres categorías.

**b. MICROCONTROLADOR A.V.R.**

El AVR es una CPU de arquitectura Harvard. Tiene 32 registros de 8 bits. Algunas instrucciones sólo operan en un subconjunto de estos registros. La concatenación de los 32 registros, los registros de entrada/salida y la memoria de datos conforman un espacio de direcciones unificado, al cual se accede a través de operaciones de

carga/almacenamiento. A diferencia de los microcontroladores PIC, el stack se ubica en este espacio de memoria unificado, y no está limitado a un tamaño fijo.

El AVR fue diseñado desde un comienzo para la ejecución eficiente de código C compilado. Como este lenguaje utiliza profusamente punteros para el manejo de variables en memoria, los tres últimos pares de registros internos del procesador son usados como punteros de 16 bit al espacio de memoria externa, bajo los nombres X, Y y Z. Esto es un compromiso que se hace en arquitecturas de ocho bits desde los tiempos de Intel 8008, ya que su tamaño de palabra nativo de 8 bit (256 localidades accedidas) es pobre para direccionar. Por otro lado, hacer que todo el banco superior de 16 registros de 8 bit tenga un comportamiento alterno como un banco de 8 registros de 16 bit, complicaría mucho el diseño, violando la premisa original de su simplicidad. Además, algunas instrucciones tales como 'suma inmediata' ('add immediate' en inglés) faltan, ya que la instrucción 'resta inmediata' ('subtract immediate' en inglés) con el complemento dos puede ser usada como alternativa.

#### **2.2.2.2 DISPOSITIVOS DE ENTRADA**

Según TODO SOBRE SISTEMAS EMBEBIDOS de Sergio Salas Arriarán, toda computadora está diseñada para relacionarse con el mundo exterior. Esto implica que los programas ejecutados pueden interactuar con datos que provienen de un ambiente externo al procesador. Entre los dispositivos de entrada más conocidos se tienen teclados matriciales, ratones, teclados PS/2, lectores de códigos de barras, lectores RFID, sensores, etc.

#### **2.2.2.3 DISPOSITIVOS DE SALIDA**

Según TODO SOBRE SISTEMAS EMBEBIDOS de Sergio Salas Arriarán, un computador debe interactuar con el usuario y, para esto, debe presentar la información que procesa de manera que pueda ser visualizada e interpretada por un ser humano. Existen en el mercado una serie de dispositivos para este propósito, tales como monitores LCD, Displays 7 segmentos, módulos LCD alfanuméricos, impresoras térmicas, diodos emisores de luz (LED), etc.

#### **2.2.2.4 MEMORIA**

Según TODO SOBRE SISTEMAS EMBEBIDOS de Sergio Salas Arriarán, las instrucciones que el procesador ejecuta y los datos que procesa deben estar almacenados en algún tipo de memoria, de manera que el procesador pueda escribir y leer directamente sobre este dispositivo. La memoria se puede dividir en dos tipos principales: memoria de instrucciones y memoria de datos. La primera tiende a ser de tipo no volátil; es decir, es una memoria que no pierde su contenido a pesar de prescindir de la energía que lo alimenta. Mientras que el segundo tipo de memoria es volátil, lo cual implica que, al sustraer la energía, la información almacenada se perderá.

#### **2.2.2.5 TIPOS DE ARRANQUE CONVENCIONAL**

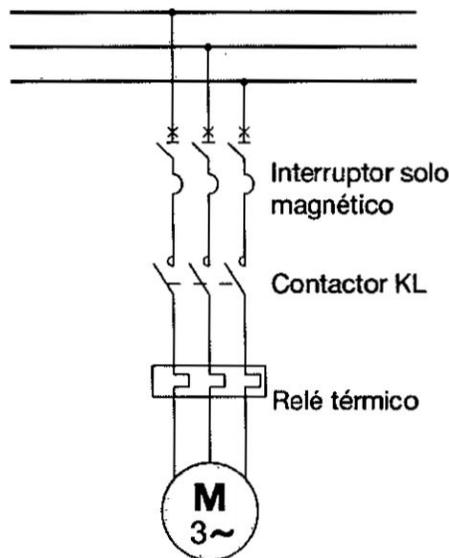
Independientemente de las clasificaciones antes mencionadas, el arranque de un motor asíncrono trifásico, para las aplicaciones en las que no se necesite una variación de la velocidad de las máquinas, puede realizarse mediante diversas soluciones de instalación que se diferencian por el modo en que se les aplica la tensión a los devanados del estátor y por el valor de los parámetros eléctricos y mecánicos que producen, por ejemplo, esfuerzos más o menos violentos sobre la máquina eléctrica, pero que ponen a disposición parámetros de par inicial de arranque de valores muy diversos. Comenzaremos entrando más en detalle en lo que respecta a los tipos de arranque más comunes.

##### **a. ARRANQUE DIRECTO**

Según el cuaderno de aplicaciones técnicas n° 6 de ABB define que, el sistema de arranque directo es quizás el más tradicional y consiste en conectar el motor directamente a la red de alimentación eléctrica ejecutando, por lo tanto, un arranque a plena tensión; a menudo se abrevia con la sigla DOL (Direct On Line, "directo en línea"). El arranque directo representa el sistema más simple y económico para arrancar el motor asíncrono de jaula y es tradicionalmente el más utilizado. Prevé, como se muestra en la figura 1, la conexión directa a la red de alimentación y, por lo tanto, el arranque tiene lugar a plena tensión y con frecuencia constante, desarrollando un par de arranque elevado con tiempos de aceleración de media muy reducidos. Las aplicaciones típicas son relativas a motores de poca potencia incluso con arranque a plena carga. Estas ventajas llevan intrínsecas

algunos problemas, como por ejemplo la elevada corriente inicial de arranque, que puede alcanzar en los primeros instantes valores de hasta 10 ó 12 veces la intensidad nominal, para decrecer después a valores cercanos a las 6 u 8 veces y permanecer en este rango hasta alcanzar la velocidad de par máxima. Los efectos de dicha corriente pueden identificarse en los elevados esfuerzos electrodinámicos de los cables de conexión al motor y podrían afectar incluso a los devanados del propio motor; además, los elevados pares iniciales de arranque pueden dar lugar a violentas aceleraciones que repercuten en esfuerzos sobre los elementos de transmisión (correas y juntas mecánicas) generando problemas en la distribución con la consecuente reducción de la vida mecánica de los componentes. Finalmente, han de tenerse en cuenta eventuales problemas de naturaleza eléctrica por caídas de la tensión en la línea de alimentación del motor o de la aparamenta conectada a la misma.

FIGURA 3: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE ARRANQUE DIRECTO



Fuente: Cuaderno de Aplicaciones Técnicas N° 6 de ABB

#### b. ARRANQUE CON TENSION REDUCIDA

Según el cuaderno de aplicaciones técnicas n° 6 de ABB define que, los sistemas de arranque con tensión reducida consisten en conectar el motor a la red de alimentación eléctrica indirectamente. Esto no sólo comporta una reducción de la

corriente de arranque, sino también la reducción del par inicial de arranque. Los tipos más comunes de arranque son el arranque con reactores o resistencias estáticas, el arranque en estrella-triángulo, el arranque con autotransformador y el arranque con arrancador suave, que interviene en la curva de par del motor con el fin de adaptarla a las características de la carga.

### **c. ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO Y/ $\Delta$**

Según el cuaderno de aplicaciones técnicas nº 6 de ABB define que, el arranque en estrella-triángulo es el más conocido y quizás el más utilizado entre los métodos de arranque con tensión reducida y sirve para arrancar el motor reduciendo los esfuerzos mecánicos y limitando las corrientes durante el arranque; por contra, pone a disposición, como ya se ha mencionado, un par inicial de arranque reducido. Puede utilizarse para motores dotados de una placa con 6 bornes y con doble tensión de alimentación. Resulta especialmente idóneo para arranque en vacío o con cargas de par bajo y constante o ligeramente creciente, como es el caso de ventiladores o bombas centrífugas de poca potencia. En referencia al esquema eléctrico de la figura 2, la modalidad de arranque prevé la fase inicial de arranque con conexión de los devanados en estrella que se realiza con el cierre del interruptor, del contactor de línea KL y de estrella KY. Tras un periodo de tiempo idóneo y debidamente calibrado se pasa a la conexión de los devanados en  $\Delta$  a través de la apertura del contactor KY y el cierre de  $K\Delta$ , que es también la configuración de la marcha de régimen. Estos aparatos se ven afectados por corrientes, relativas a las diversas fases de arranque, que son inferiores a la intensidad nominal del motor, como se ilustrará a continuación. Incluso la protección térmica, que normalmente se coloca aguas abajo del nodo de conmutación Y/ $\Delta$ , deberá fijarse para una corriente inferior respecto de la intensidad nominal del motor. Además, la protección térmica instalada en esta posición es sensible a las corrientes de tercer armónico que se generan por la saturación del hierro y que permanecen encerradas en el circuito de triángulo.

Pasemos a analizar con más detalle las diversas fases del arranque:

#### **Fase de estrella (Y)**

Es la fase de arranque en la que los devanados del motor están conectados en estrella y por tanto con tensión  $\frac{V_L}{\sqrt{3}}$ . La corriente resultante en los devanados del motor y en la línea es  $I_{MY} = \frac{V_L}{\sqrt{3}xZ_W}$ .

Con  $Z_W$  se indica la impedancia del devanado.

Tal y como se ha explicado, esta fase del arranque coincide con la fase de aceleración y su duración debe ser tal que se alcance casi la velocidad de régimen. Una duración demasiado breve no conseguiría obtener la reducción de los esfuerzos que caracteriza a este tipo de arranque y que, por lo tanto, se presentarían en la sucesiva fase de triángulo, reproduciendo condiciones de arranque similares a las del arranque directo.

### **Fase de conmutación**

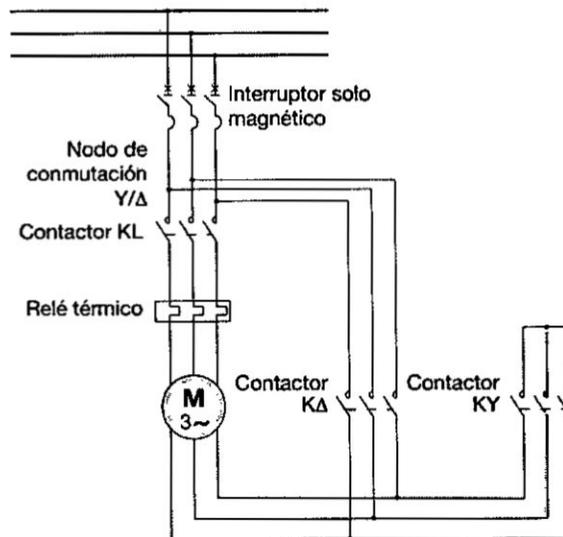
Es la fase en la que, con las maniobras de apertura y cierre de los contactores específicos, se pasa de la fase de estrella a la de triángulo. Son importantes la duración y la regulación de la conmutación; de hecho, el tiempo de transición debe permitir la extinción del arco eléctrico sobre el contactor de estrella e impedir un cierre prematuro del contactor de triángulo que cause una condición de cortocircuito. Sin embargo, un tiempo excesivamente elevado de paso de Y a  $\Delta$  provocaría la deceleración del motor, con los consiguientes picos de corriente que se formarían en la fase de triángulo. La conmutación se regula con temporizadores analógicos o digitales y, a título orientativo, el tiempo de conmutación puede fijarse en aproximadamente 50 ms. En el temporizador se fija también el tiempo de duración de la fase de estrella, es decir, el tiempo de aceleración o de arranque que, con carácter general, puede considerarse una función de la diferencia entre el par medio del motor y el par de resistencia medio del conjunto motor-máquina. Una buena conmutación, necesaria para que las ventajas que teóricamente caracterizan al arranque Y/ $\Delta$  sean efectivas, debe realizarse teniendo también en cuenta el sentido de rotación y la secuencia de las conexiones de los devanados, que se realizan en los bornes del motor, en el paso de Y a  $\Delta$ . Si la conmutación tuviera lugar en un momento en el que el magnetismo residual del rotor se encontrase en oposición de fase con el campo magnético generado por la corriente del estátor, la

demanda de corriente podría ser a su vez muy elevada, con valores que podrían alcanzar hasta 20 veces la intensidad nominal. Las consecuencias derivadas de una conmutación incorrectamente calibrada afectan, además del motor, al comportamiento de los aparatos destinados a la coordinación, provocando un funcionamiento no idóneo e imprevisible.

### Fase de triángulo ( $\Delta$ )

La conmutación que ha tenido lugar continúa en la fase final del proceso de arranque, que representa también la condición de marcha de régimen en la que los devanados de estátor se conectan en triángulo y son sometidos a la tensión total de red  $V_L$  y el motor recobra el par completo, mientras que la corriente que atraviesa los devanados es  $I_L = \frac{V_L}{z_w}$ , y la corriente que absorbe de la línea (intensidad nominal " $I_e$ " del motor) es  $I_{LM\Delta} = \frac{V_L}{z_w} \times \sqrt{3}$ .

FIGURA 4: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE ARRANQUE ESTRELLA/TRIÁNGULO



Fuente: Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n° 6 de ABB

Analizando las expresiones de las corrientes y las tensiones antes proporcionadas, se aprecia cómo la fase de arranque en Y tiene lugar a un valor de tensión igual a

0,577 veces la tensión de red  $V_L$  y que requiere la absorción (de la línea o en los devanados en Y) de 0,33 veces la corriente que el motor absorbería de la línea si se arrancara con arranque directo y con el motor conectado en triángulo. De la precedente relación relativa a la corriente en la fase de Y a la corriente de línea en la fase de  $\Delta$  se deduce justamente que  $I_{LY} = \frac{V_{LM\Delta}}{3}$ .

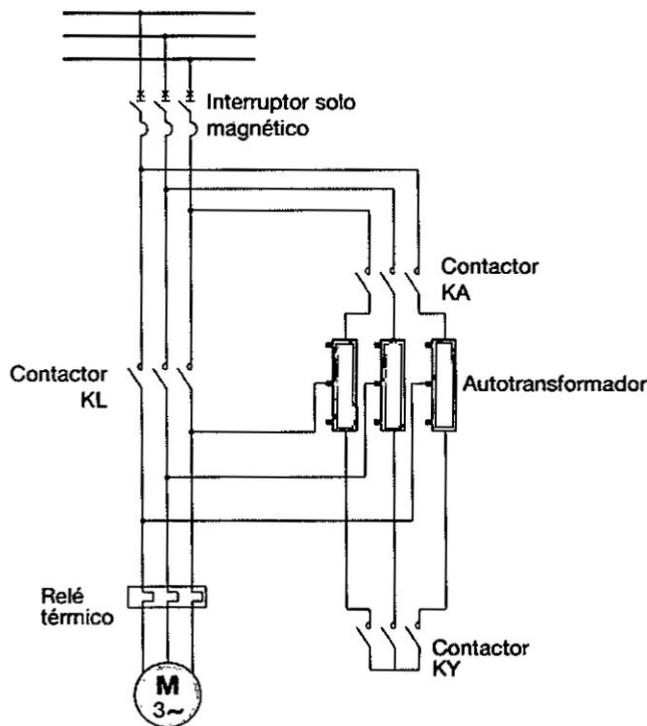
De las leyes de la electrónica se deduce cómo las reducciones de las corrientes absorbidas reducen los esfuerzos electrodinámicos en la misma proporción, mientras que la reducción de la tensión reduce el par inicial de arranque de forma cuadrática (por lo tanto, 3 veces). Las razones y las características alegadas anteriormente con motivo de la utilización del sistema de arranque en Y/ $\Delta$  (es decir, la reducción de la elevada caída de tensión provocada por la corriente inicial de arranque y la reducción del excesivo par inicial de arranque que causaría daños a los acoplamientos de la máquina en servicio), en algunos tratados o comentarios técnicos no se consideran aspectos significativos y reales hasta el punto de ratificar como válido el método de arranque en Y/ $\Delta$ . En cualquier caso, no puede negarse el hecho de que este método se utiliza muy frecuentemente en las aplicaciones industriales clásicas que prevén la utilización de motores asíncronos.

#### **d. ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR**

Según el cuaderno de aplicaciones técnicas n° 6 de ABB define que, la reducción de la tensión de alimentación se realiza mediante un autotransformador con toma fija o con uno más costoso de varias tomas, o incluso con tensión variable con continuidad. Durante el arranque con autotransformador, como se aprecia en el esquema de la figura 3, el motor está conectado a una de las tomas del autotransformador (interruptor magnético cerrado, KA cerrado, KY cerrado) que reduce la tensión de red "k veces" y que requiere en el motor una corriente reducida de factor similar al que el motor absorbería si fuese alimentado directamente con toda la tensión. La corriente en el primario del autotransformador, y también en la línea, se reduce " $K^2$  veces". Como consecuencia de la reducción de la tensión en el factor "k" veces, también el par inicial de arranque se reducirá " $K^2$ " veces respecto del arranque a plena tensión. Cuando el motor ha alcanzado indicativamente el 80% - 90% de su velocidad de régimen, el contactor KY se abre

y el motor continúa siendo alimentado con tensión reducida por la inductancia de los devanados del autotransformador. En este momento se cierra el contactor KL y se abre el contactor KA de forma que el motor se alimenta directamente de la red. El arranque con autotransformador se considera bastante costoso, seguramente más que el arranque Y/Δ, y tiene aplicaciones en motores de jaula de ardilla de potencia media o alta con inercia elevada.

FIGURA 5: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE ARRANQUE DEL AUTOTRANSFORMADOR



Fuente: Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n° 6 de ABB

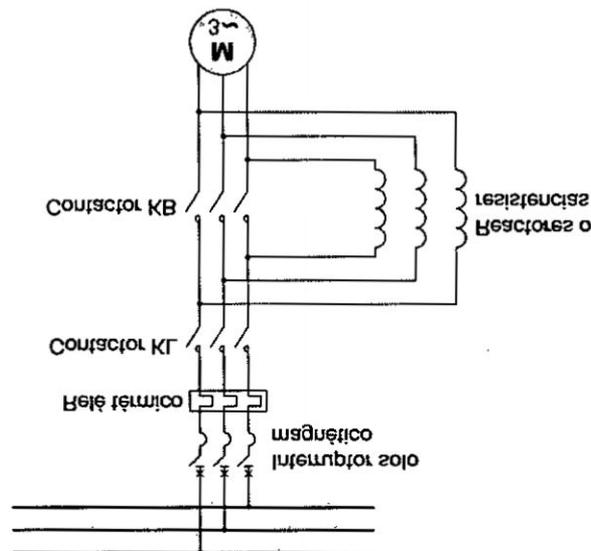
#### e. ARRANQUE CON REACTORES O RESISTENCIAS ESTATÓRICAS

Según el cuaderno de aplicaciones técnicas n° 6 de ABB define que, este tipo de arranque, cuyo esquema de conexión está representado en la figura 4, es idóneo para rotores de jaula de ardilla, y la caída de la tensión se produce por reactores o resistencias colocados en serie con el estátor en la fase de arranque (KL cerrado, KB abierto); consecuentemente, la tensión que alimenta al motor en la fase inicial

disminuye "k" veces respecto a la tensión de red, a la que corresponde una disminución del par de " $K^2$ " veces. La corriente inicial de arranque queda limitada a la mitad de la que se obtendría con el arranque a plena tensión. Una vez completada la fase de aceleración, los reactores o las resistencias son excluidos (cierre de KB) y el motor vuelve a poseer los parámetros relativos a la tensión plena. Pueden realizarse incluso más exclusiones graduales de los reactores o de las resistencias mediante comandos temporizados. Este método acarrea algunas consecuencias, presentes en la fase de arranque, como el notable descenso del factor de potencia a causa de las reactancias o un elevado recalentamiento producido por la disipación de potencia en las resistencias.

Es un sistema adoptado típicamente por máquinas con gran inercia que no necesitan de valores de par y corriente particularmente altos durante el arranque.

FIGURA 6: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE ARRANQUE CON REACTORES O RESISTENCIAS ESTATÓRICAS



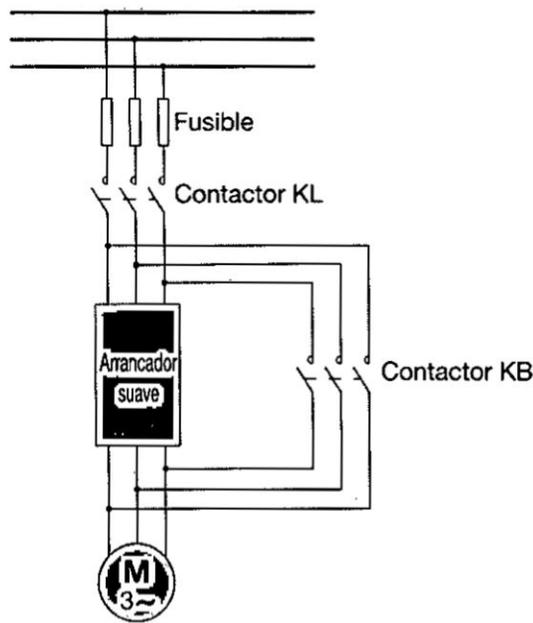
Fuente: Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n° 6 de ABB

#### f. ARRANQUE CON ARRANCADOR SUAVE

Según el cuaderno de aplicaciones técnicas n° 6 de ABB define que, un método moderno para realizar el arranque, que puede que todavía requiera de una inversión económica inicial considerable, consiste en utilizar arrancadores estáticos

electrónicos comúnmente llamados soft starters o arrancadores suaves. La utilización de estos dispositivos, con un esquema de conexión como el de la figura 5, permite reducir la corriente de arranque, determinar el par y fijar el tiempo de arranque; esto hace posible una alimentación muy gradual del motor que incrementa durante todo el procedimiento, a fin de obtener un arranque lineal, evitando esfuerzos eléctricos o en las partes mecánicas que caracterizan en mayor o menor grado los arranques directos y en Y/ $\Delta$ . El arrancador suave está constituido principalmente por dos partes: una unidad de potencia y una unidad de mando y control. Los principales componentes de la unidad de potencia son el disipador térmico y los tiristores, controlados por la lógica implementada sobre una tarjeta de control, que constituye la unidad de mando, generalmente con microprocesador. El esquema de conexión típico utilizado es el que se presenta a continuación y que se define como "en línea". A menudo los fusibles pueden sustituirse por un interruptor, pero éste no permite realizar la protección de los tiristores de forma apropiada en caso de cortocircuito; además, cuando el tipo de arrancador suave no incorpora una protección térmica en su interior, es necesario el uso de un relé térmico externo instalado aguas arriba del nodo de bypass. En referencia al esquema de conexión en Y/ $\Delta$ , el arrancador suave también podría insertarse en el interior del nodo de conmutación con una conexión definida "en triángulo". Por lo general, la fase de arranque tiene lugar con KL cerrado y KB abierto de forma que el arrancador suave pueda controlar el arranque; acto seguido tiene lugar el cierre de KB con la exclusión de la parte de potencia interna del arrancador suave, dejando activa la parte de control.

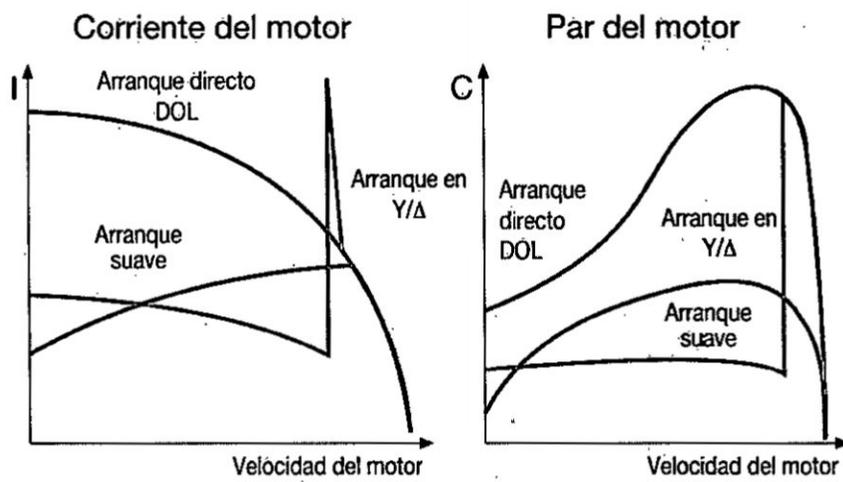
*FIGURA 7: ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE ARRANQUE CON ARRANCADOR SUAVE*



Fuente: Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n° 6 de ABB

En cuanto a las modalidades de arranque directo, en estrella/triángulo y con arrancador suave, a continuación, ilustramos, en la figura 6, un comportamiento típico de la corriente de arranque y del par requeridos por el motor. Se aprecia claramente cómo el arranque directo constituye la modalidad más costosa en términos de corriente, pero con mayor rendimiento en cuanto al par, y cómo con el arranque en Y/ $\Delta$  se corre el riesgo de reducir la corriente de arranque, incluso si, como ya hemos subrayado, en el momento de la conmutación se presenta un valor de pico muy elevado, todo ello con un valor de par inicial discreto. Probablemente el arranque más equilibrado sea el arranque con arrancador suave.

*FIGURA 8: COMPORTAMIENTO DE LA CORRIENTE Y DEL PAR PARA DIVERSAS MODALIDADES DEL ARRANQUE*



Fuente: Cuaderno de Aplicaciones Técnicas N° 6 de ABB

**CAPITULO 3**  
**VARIABLES E HIPÓTESIS**

## **CAPITULO 3: VARIABLES E HIPÓTESIS**

Las variables e hipótesis que definen el modelo de la presente investigación quedan expresadas en los términos siguientes:

### **2.1 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

- Variables independientes

$X$  : Sistemas embebidos.

- Variables dependientes

$Y$  : Arranque de un motor eléctrico de corriente alterna.

### **2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

$X_1$  : Microcontroladores

$X_2$  : Programación gráfica de microcontroladores

$X_3$  : Constructo ware

$X_4$  : Interface de potencia

$Y_1$  : Diagrama de mando

$Y_2$  : Diagrama de Fuerza

$Y_3$  : Relación de corriente de arranque y nominal

### **2.3 HIPOTESIS**

#### **HIPÓTESIS GENERAL :**

HG: Mediante la utilización de sistemas embebidos será posible diseñar e implementar el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna, bajo la adaptación de la lógica que maneja el operador electricista a nivel de circuitos de mando y fuerza.

## **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS :**

H1: Mediante la identificación de los métodos lógicos de programación que utilizan los sistemas de arranque de los motores eléctricos, será posible determinar la función lógica booleana en su mínima expresión.

H2: Mediante el diseño de un sistema embebido será posible contar con una alternativa de utilización en el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna.

H3: Mediante la Implementación del sistema embebido diseñado será posible llevar a cabo el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna.

H4: Mediante la puesta en prueba del sistema embebido diseñado será posible evidenciar el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna, con mejores prestaciones de operación de la máquina.

# **CAPITULO 4**

## **METODOLOGÍA**

## **CAPITULO 4: METODOLOGÍA**

### **4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Se está considerando una investigación de Tipo Experimental, para poder aplicarla al campo industrial y doméstico, proporcionando una alternativa más económica comparada con los métodos de arranque convencionales para motores eléctricos.

Los métodos convencionales de arranque son limitados en el área de la automatización en comparación con los sistemas embebidos que se propone. Otra bondad, aparte de ser más económico, y de fácil acceso para la automatización, es el volumen físico que ocupa el sistema propuesto.

#### **4.1.1 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN**

Mediante el uso del método deductivo se tomó como estudio el arranque estrella triangulo de motores eléctricos trifásicos con inversión de giro, y como microcontrolador se escogió el PIC16F877A.

##### **a. FACTORES TECNICOS**

Debido a la estructura del pic del PIC16F877A nos da la libertad para configurar entradas y salidas y configurarlas a nuestra conveniencia mediante lenguaje de programación C y con esto reemplazar el volumen de lógica cableada que se usa convencionalmente.

##### **b. FACTORES ECONÓMICOS**

Los sistemas embebidos debido al gran desarrollo actual de los microcontroladores, nos ofrece en la actualidad una gran diversidad de opciones, las cuales tienden a ser de bajo costo debido a la demanda actual.

### **4.2 DISEÑO DE INVESTIGACION**

- El diseño de la presente investigación es: experimental y longitudinal.

#### **a. Etapas de la investigación**

- **Primera etapa** : Revisión del estado del arte.

- **Segunda etapa** : Análisis de la información y diseño.
- **Tercera etapa** : Implementación y pruebas de funcionamiento del prototipo.

#### **b. Resultados de la investigación**

- **Cuarta etapa** : Discusión y contrastación de resultados.

### **4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **a. POBLACIÓN ELEGIDA (UNIVERSO, MUESTRA).**

El desarrollo de la investigación y sus correspondientes procesos de diseño, implementación y puesta en prueba, se llevó a cabo en los talleres de laboratorio de la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica, con lo cual se harán las coordinaciones oportunas con las respectivas dependencias, habiendo echo el uso de software de programación a nivel de hardware y firmware, simulaciones, implementación, como uso de los instrumentos de laboratorio. Nuestra población objetivo corresponde a los microcontroladores con aplicación directa a motores de inducción asíncrona, monofásica y/o trifásica.

#### **b. UNIDAD DE INVESTIGACIÓN.**

Con buen criterio basado en la formulación especializada adjunta, nuestra muestra será nuestra población objetivo, y específicamente desarrollaremos un sistema de embebidos con utilización destinada al arranque de la máquina (motor) de corriente alterna. Asimismo, decidimos usar como sistema embebido, a los microcontroladores pudiendo ser del tipo PIC o ATMEGA.

### **4.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN**

#### **4.1.1 TECNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Mediante la recolección de datos de los parámetros nominales de la máquina, se especificarán nuestro diseño de fuerza. Mediante el diagrama de mando del tipo de arranque, programaremos nuestro diseño de mando.

Mediante la información de la máquina, será posible estructurar el análisis del control del sistema de embebidos en base a los elementos de dispositivos de

entrada y salida, lo cual implica la vinculación del diagrama de mando como proceso.

#### **4.1.2 TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS CUANTITATIVOS DE LOS MÉTODOS CON LÓGICA CONVENCIONALES DE ARRANQUES**

Mediante la aplicación de esta técnica se contrastarán y compararán el desempeño de nuestro diseño lógico y físico como sistemas embebidos.

#### **4.1.3 EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL PROYECTO**

Mediante la evaluación técnica y económica demostraremos el aporte de nuestro sistema de embebidos utilizado en el arranque de un motor de corriente alterna en comparación con los métodos convencionales existentes.

#### **4.5 PROCEDIMIENTOS Y RECOLECCION DE DATOS**

Para la obtención de resultados y la validación de la operatividad de nuestro diseño. Verificaremos el comportamiento de linealidad de nuestro modelo.

Se utilizarán para tal efecto instrumentos de laboratorio a nivel de hardware como software especializado como el MINITAB, entre otros.

## **CAPITULO 5**

# **DESARROLLO Y RESULTADOS**

## **CAPITULO 5: RESULTADOS**

### **5.1 SISTEMA DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO CON INVERSIÓN DE GIRO MEDIANTE SISTEMA EMBEBIDO COMPUESTO POR MICOCONTROLADOR PIC.**

#### **5.1.1 RESUMEN**

El presente proyecto de investigación trata de reemplazar el mando mecánico del sistema de arranque de motores trifásicos por un sistema de mando electrónica. Dicho sistema será implementado con microcontroladores.

Además se desarrollará en implementará, también el circuito de interfase entre el circuito de mando y el circuito de fuerza.

#### **5.1.2 APORTE TECNOLÓGICO**

Los microcontroladores tienen muchas aplicaciones, pero su aplicación para mando de motores es reducida.

Nos damos cuenta que en este caso para motores de mayor potencia no se usan los microcontroladores directamente sino a través de sistemas más caros como lo es el P.L.C cuyas funciones no siempre se aprovechan al máximo es por ello que consideramos innovador este sistema.

### **5.2 OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA**

- Desarrollar la capacidad investigativa de los participantes.
- Conocer las principales características de los microcontroladores.
- Conocer las principales características y comandos del lenguaje de programación C aplicado a los microcontroladores.
- Manejar al menos el nivel básico del programa PCW (compilador), el simulador Proteus y el Pickit.
- Implementar un sistema de arranque estrella triángulo con microcontroladores.
- Simular el circuito de mando con el sistema Proteus.
- Comprender el procedimiento (Programación – Simulación e Implementación) para el diseño de circuitos con microcontroladores.

### 5.3 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto expone un pequeño marco teórico acerca de los siguientes tópicos:

Microcontroladores, Compilador PCW, Simulador Proteus, sistema de arranque de motores trifásicos.

Después entra en la exposición del desarrollo de sistema de arranque estrella triángulo para motores eléctricos trifásicos con microcontroladores PIC, además se expone la estructura de un programa en C usando un compilador adecuado.

### 5.4 MARCO TEÓRICO DE LA EXPERIENCIA

Desarrollar teóricamente los siguientes tópicos:

- MICROCONTROLADORES PIC
- SISTEMA DE ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO
- COMPILADOR PCW, SIMULADOR PROTEUS
- RELES, TRANSITORES

#### 5.4.1 MICROCONTROLADORES PIC

Los microcontroladores PIC desarrollados por *Microchip Technology* son probablemente la mejor opción si es principiante.

El nombre verdadero de este microcontrolador el PICmicro (*Peripheral Interface Controller*), conocido bajo el nombre PIC. Su primer antecesor fue creado en 1975 por la compañía *General Instruments*. Este chip denominado PIC1650 fue diseñado para propósitos completamente diferentes. Diez años más tarde, al añadir una memoria EEPROM, este circuito se convirtió en un verdadero microcontrolador PIC. Hace unos pocos años la compañía *Microchip Technology* fabricó la 5 billonésima muestra.

Todos los microcontroladores PIC utilizan una arquitectura Harvard, lo que quiere decir que su memoria de programa está conectada a la CPU por más de 8 líneas. Hay microcontroladores de 12, 14 y 16 bits, dependiendo de la anchura del bus. La tabla anterior muestra las características principales de estas tres categorías.

## Características relevantes de los PIC

1. La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard.
2. Se aplica la técnica de segmentación ("pipe-line") en la ejecución de las instrucciones.
3. El formato de todas las instrucciones tiene la misma longitud.
4. Procesador RISC (Computador de Juego de Instrucciones Reducido).
5. Todas las instrucciones son ortogonales.
6. Arquitectura basada en un banco de registros.
7. Prácticamente todos los PIC se caracterizan por poseer unos mismos recursos mínimos.
8. Modelos de arquitectura cerrada y de arquitectura abierta.
9. Diversidad de modelos de microcontroladores.
10. Amplio margen de alimentación y corrientes de salida elevadas.
11. Herramientas de soporte potentes y económicas.

## La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard

La repercusión más importante del empleo de la arquitectura Harvard en los microcontroladores PIC se manifiesta en la organización de la memoria del sistema. La memoria de programa o instrucciones es independiente de la de los datos, teniendo tamaños y longitudes de palabra diferentes.

FIGURA 9: ARQUITECTURA HARVARD



La arquitectura Harvard permite a la CPU acceder simultáneamente a las dos memorias. Además, propicia numerosas ventajas al funcionamiento del sistema.

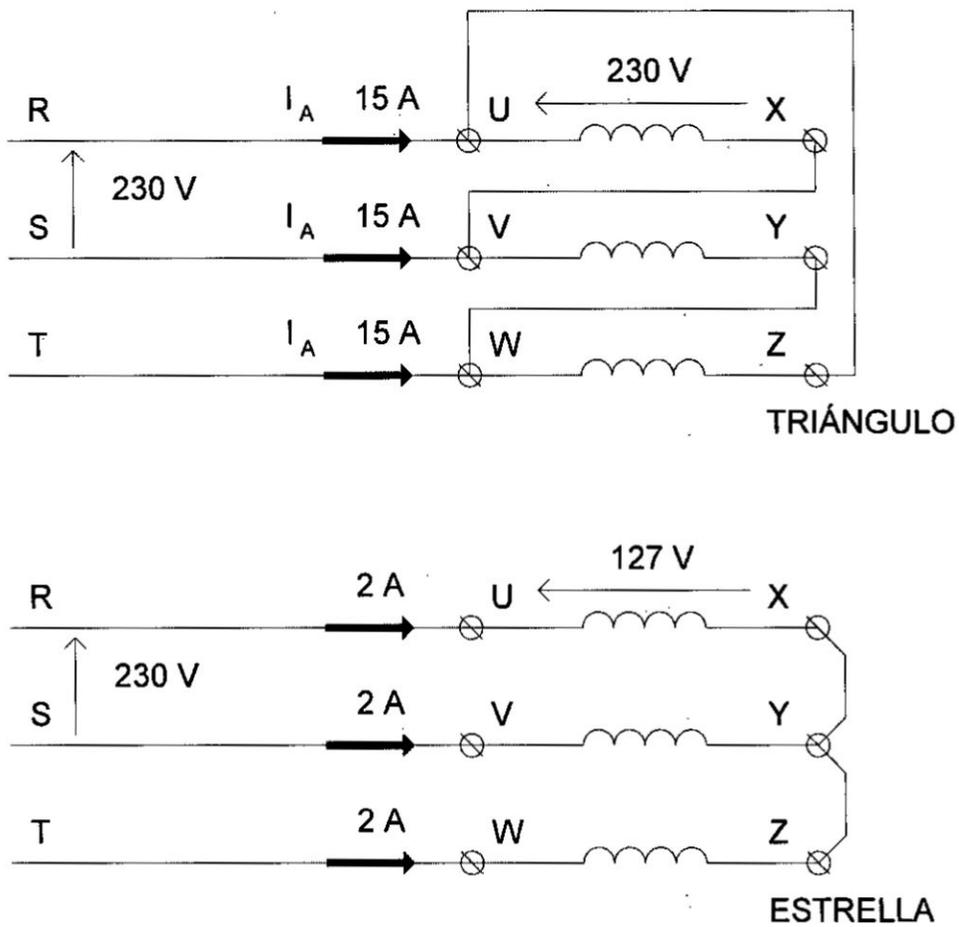
En los PIC, el formato de las instrucciones es de 12 bits, 14 bits o 16 bits según el modelo y, en consecuencia, la longitud de las palabras de la memoria de instrucciones o programa corresponde con esa longitud. Este tamaño permite

codificar en una palabra el código de operación de la instrucción junto al operando o su dirección.

### 5.4.2 SISTEMA DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

Este arranque se basa en conectar el motor en estrella sobre una red donde debe de conectarse en triángulo. De esta forma durante el arranque los devanados del estator están a una tensión  $\sqrt{3}$  veces inferior a la nominal. Supongamos que tenemos un motor de **400/230** y una red de **230 (V)**. El motor debe sobre esta red, de conectarse en **triángulo** y sus devanados soportan 230 (V). En la figura donde podemos ver que su corriente de arranque es 15 (A), si se arranca de forma directa en triángulo sobre 230 (V).

FIGURA 10: CORRIENTE TRIANGULO ESTRELLA



Según la figura en conexión estrella sobre una red de 230 (V) cada devanado soporta 127 (V), con lo cual el estator genera un campo giratorio de menos inducción, el motor es débil y la curva de par presenta valores más bajos a la misma velocidad. Se puede demostrar que el **par de arranque se reduce un tercio**.

Respecto a la **corriente de arranque** esta también se reduce un tercio “**Tres impedancias en triángulo consumen el triple de corriente de línea que en estrella, a la misma tensión de red**”.

La tensión de la red es la misma si arranque el motor en estrella-triángulo o directamente en triángulo, con lo que en estrella la  $I_A$  es tres veces más pequeña.

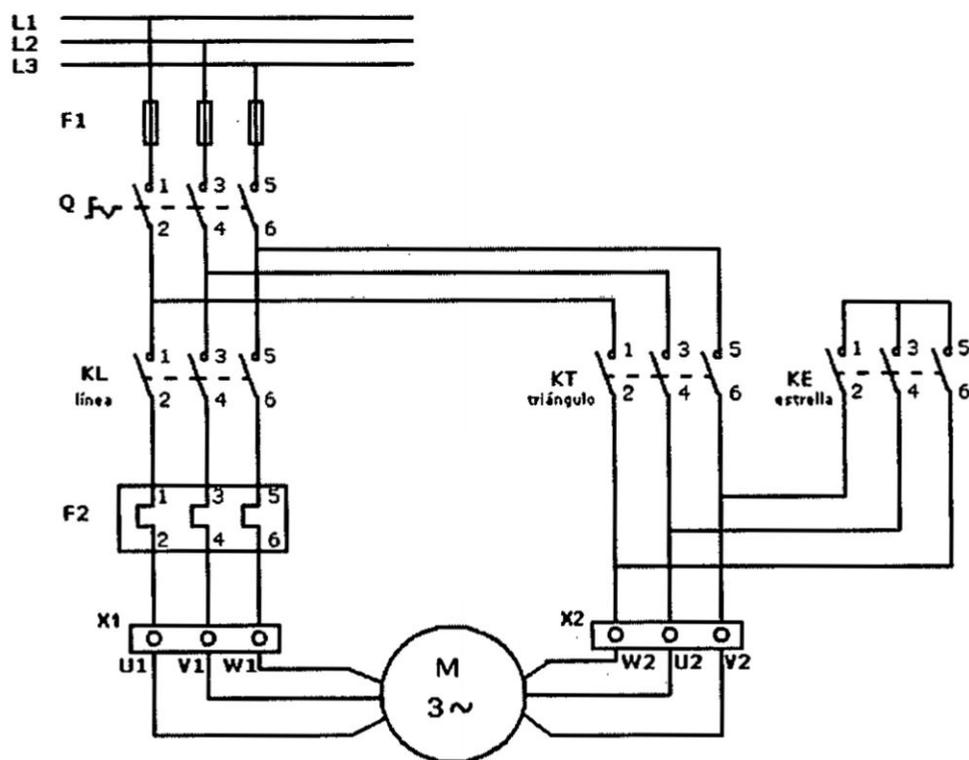
$$I_A(Y - \Delta) = \frac{I_A(\Delta)}{3}$$

$$M_A(Y - \Delta) = \frac{M_A(\Delta)}{3}$$

La secuencia de funcionamiento es la siguiente:

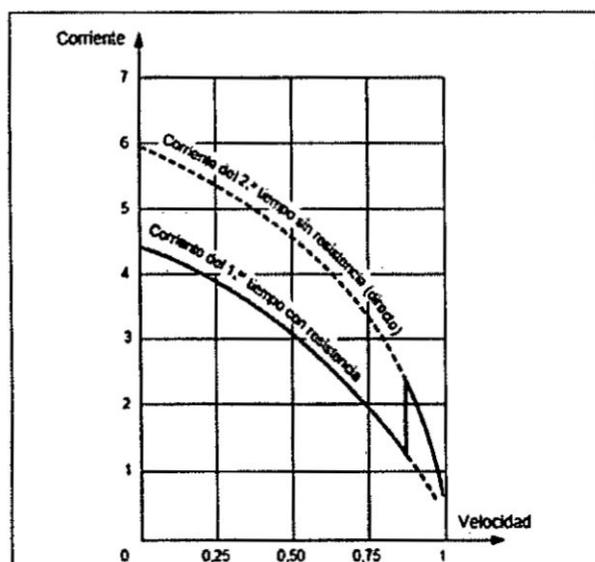
1. Se cierra KM1 y KM2 conectándose el motor en estrella y arrancando con los valores de par e intensidad del punto 1 (fíjate que KM2 cortocircuita X-Y-Z). A continuación la velocidad va aumentando y el punto de funcionamiento del motor evoluciona hacia el punto 2.
2. Transcurrido un pequeño tiempo (de 2 a 5 S), se abre KM2 y simultáneamente se cierra KM3 (que cortocircuita U-Z, V-X, W-Y) con lo cual el motor se conecta en triángulo (salto del punto 2 al 3). Observa el Fig. x que la caja de conexiones no tiene chapas puesto que los puentes los realizan los contactores (KM2 para la estrella y KM3 para el triángulo).
3. Finalmente el motor evoluciona en triángulo desde el punto 3 al 4, donde el motor se estabiliza a la velocidad que corresponda en función del par de carga.

FIGURA 11: ESQUEMA DE FUERZA DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

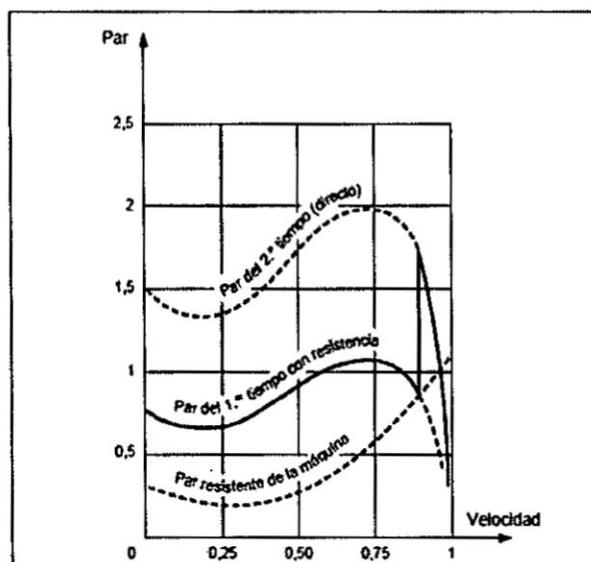


<https://www.automatas.org/siemens/images/introd30.gif>

FIGURA 12: COMPARACIÓN DE CURVAS PAR / NR Y CORRIENTE / NR



Curva de corriente/velocidad del arranque estático por resistencias



Curva de par/velocidad del arranque estático por resistencias

Fuente <https://sites.google.com/site/anteojosyantinarices/motor-de-alterna?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>

## Ventajas

- Automatismo muy sencillo y barato, se utiliza mucho.
- Menor reducción de par que los métodos anteriores, para la misma limitación de  $I_A$ . En la tabla 2 puedes ver una comparación en el caso de que los arranques mediante resistencias y autotrafo se regulen para limitar la  $I_A$  en  $1/3$ .

TABLA 3: COMPARACIÓN DE CORRIENTE Y PAR SEGÚN TIPOS DE ARRANQUE

Método de arranque	Resistencias estáticas	Autotransformador	Estrella-triángulo
Reducción corriente de arranque	Regulado a $1/3$	Regulado a $1/3$	$1/3$
Reducción par de arranque	$1/9$	$1/9$	$1/3$

## Desventajas

- El par y la corriente de arranque disminuyen siempre en  $1/3$ , sin **posibilidad de regulación**.
- Debe utilizarse solo ante cargas de **bajo par de arranque**.
- No siempre es posible ejecutarlo porque debemos disponer de una red cuya tensión coincida con la tensión nominal más baja del motor. Para un motor de 400/230 (V), el arranque Y- $\Delta$  debe realizarse sobre una red de 230 (V), casi obsoleta hoy en día. Necesitaríamos un motor de 690/400 (V).

### 5.4.3 COMPILADOR PCW

Características:

- Al compilar genera un código máquina muy compacta y eficiente.
- Se integra perfectamente con MPLAB y otros simuladores/emuladores como PROTEUS para el proceso de depuración.
- Incorpora drivers para dispositivos externos, tales como pantallas LCD, teclados numéricos, memorias EEPROM, conversores A/D, relojes en tiempo real, etc.

(los drivers son pequeños programas que sirven de interfaz entre los dispositivos hardware y nuestro programa).

- Permite insertar partes de código directamente en Ensamblador, manteniendo otras partes del programa en C.

### **Características del lenguaje C para este compilador**

El lenguaje C estándar es independiente de cualquier plataforma. Sin embargo, para la programación de microcontroladores es necesario disponer de determinados comandos que se refieran a partes específicas de su hardware, como el acceso a memoria, temporizadores, etc. Por este motivo, además de los comandos, funciones y datos del lenguaje ANSI C, el compilador PCW incluye bibliotecas que incorporan determinados comandos que no son estándar, sino específicos para la familia de microcontroladores PIC.

### **Utilidades adicionales**

El entorno PCW incluye, además del IDE y del compilador, una serie de utilidades adicionales con las que se amplían las posibilidades de éste, y que se encuentran en los menús View y Tools de la barra de menús, veamos algunas de ellas:

- Monitor del puerto serie: Consiste en un terminal que monitoriza la entrada y la salida del puerto serie del computador.
- Selección de dispositivos (Device Selection Tool): Esta utilidad consta de una base de datos con los dispositivos que puede programar el compilador, incluyendo todas sus características hardware, de manera que se puede emplear para buscar aquellos dispositivos que cumplan una serie de propiedades comunes.
- Editor de dispositivos (Device Editor): Este programa también emplea la base de datos de dispositivos, y permite editar los componentes para modificar sus características hardware, así como añadir nuevos dispositivos o eliminar algunos de ellos.
- Conversor numérico: Esta utilidad realiza conversiones entre los tipos de datos unsigned, signed, hex y float.
- Extracción de datos de calibrado: Esta opción permite leer los datos de calibración existentes en la memoria de programa de un determinado

dispositivo. Estos datos contienen información particular de cada microcontrolador a su salida de fábrica, y se refieren a posibles problemas especiales que pudieran haber tenido lugar durante el desarrollo y fabricación. Mediante esta opción es posible leer estos datos y grabarlos en un fichero .H o .C que incorporará una directiva #ROM para dicho dispositivo, con lo que cada vez que se programe el microcontrolador se incluirán estos datos de calibrado.

- Desensamblador: Esta opción lee un fichero en Código máquina y lo traduce a su equivalente en Ensamblador, con lo que se podría insertar este código en un programa en C, mediante las directivas #ASM y #ENDASM.

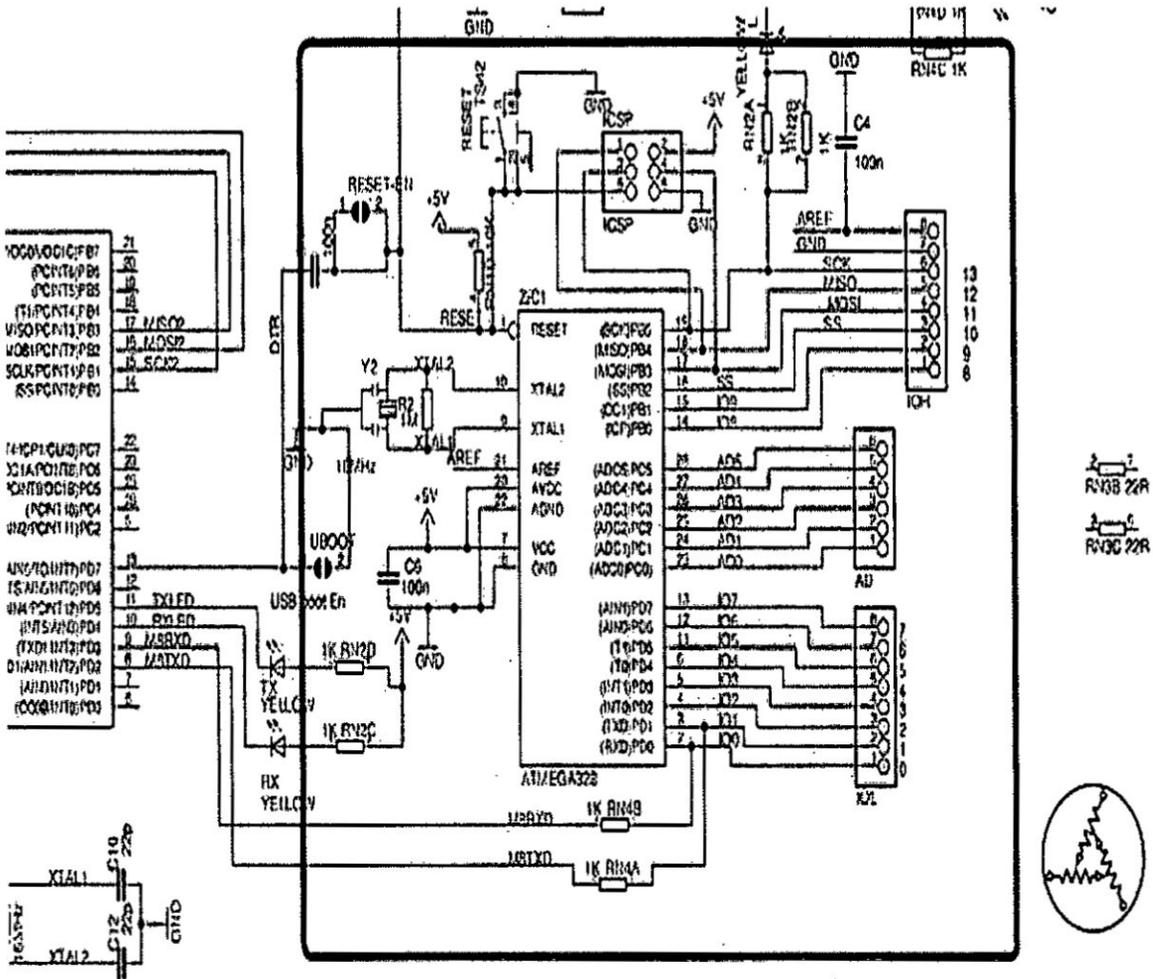
#### **5.4.4 SIMULADOR PROTEUS**

Es un programa de diseño y simulación electrónica, desarrollado por Labcenter Electronics que consta de los dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra. Proteus 8 es el resultado de más de dos años de desarrollo con un enfoque consistente en la integración de productos. Incluye:

- ✓ Un nuevo diseño del programa que le permite ver los módulos de Proteus (como ISIS y ARES) mediante pestañas en una sola ventana o, a través de arrastrar y soltar, como ventanas separadas para una vista de lado a lado.
- ✓ Una nueva base de datos común de los componentes que permite el intercambio de información entre esquemático y PCB de modo que los cambios en los datos se reflejan instantáneamente en todo el software.
- ✓ Cambios en vivo de la conectividad en el esquema (ISIS) puede ser inmediatamente reflejado en el PCB (ARES), la lista de materiales y el Explorador de Diseño.
- ✓ Mejoras en el visor 3D.

El Programa ISIS, Intelligent Schematic Input System (Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta alguno que otro microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS.

FIGURA 13: ESQUEMA DE SIMULADOR PROTEUS



<http://electrocirc.blogspot.pe/p/simulacion-de-arduino-en-proteus.html>

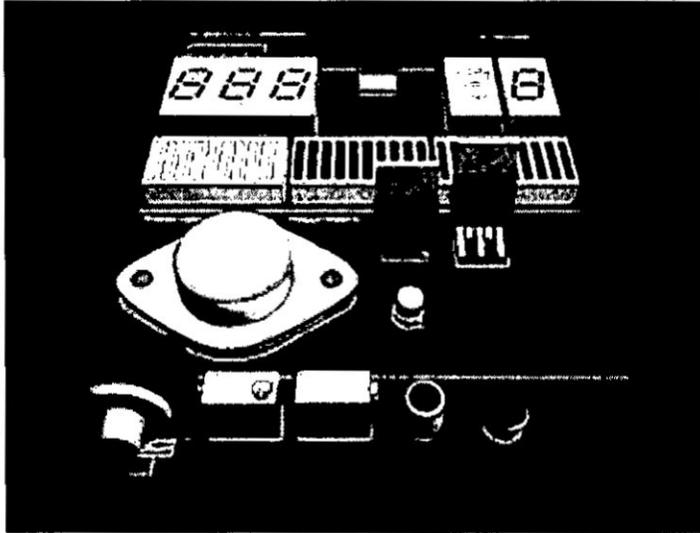
Una de las prestaciones de Proteus, integrada con ISIS, es VSM, el Virtual System Modeling (Sistema Virtual de Modelado), una extensión integrada con ISIS, con la cual se puede simular, en tiempo real, con posibilidad de más rapidez; todas las características de varias familias de microcontroladores, introduciendo nosotros mismos el programa que controlará el microcontrolador y cada una de sus salidas, y a la vez, simulando las tareas que queramos que lleve a cabo con el programa.

#### 5.4.5 ARES

ARES, o Advanced Routing and Editing Software (Software de Edición y Ruteo Avanzado); es la herramienta de Enrutado, ubicación y edición de componentes, se

utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficial (Top Copper), y soldadura (Bottom Copper).

*FIGURA 14: SOFTWARE AVANZADO DE ENRUTAMIENTO Y EDICIÓN*



<http://tekzer.blogspot.com/2014/05/proteus-77-portable-compatible-con.html>

#### **5.4.6 RELES**

Es un dispositivo que consta de dos circuitos diferentes: Un circuito electromagnético (electroimán) y un circuito de contactos, al cual se aplica el circuito que se desee controlar.

Se puede distinguir en el esquema general de un relé los siguientes bloques:

##### **TIPOS DE RELES**

Relés electromecánicos: Están formados por una bobina y unos contactos los cuales pueden conmutar corriente continua o bien corriente alterna.

Relés de estado sólido: SSR (Solid State Relay), circuito electrónico que contiene en su interior un circuito disparado por nivel, acoplado a un interruptor semiconductor, un transistor o un tiristor. El circuito de entrada es un LED (Fotodiodo). Los niveles de entrada son compatibles con TTL, CMOS, y otros valores normalizados (12V, 24V, etc.).

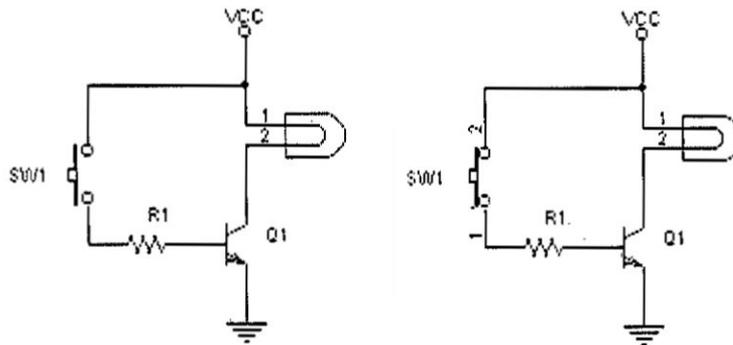
#### **5.4.7 TRANSITOR**

Dispositivo semiconductor que permite el control y la regulación de una corriente grande mediante una señal muy pequeña. Existe una gran variedad de transistores. En principio, se explicarán los bipolares. Los símbolos que corresponden a este tipo de transistor son los siguientes:

#### 5.4.7.1 FUNCIONAMIENTO BASICO DE UN TRANSISTOR

Cuando el interruptor SW1 está abierto no circula intensidad por la Base del transistor por lo que la lámpara no se encenderá, ya que, toda la tensión se encuentra entre Colector y Emisor.

FIGURA 15: FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSISTOR



<https://st-elf.electronicafacil.net/tutoriales/155/NPN1.gif>

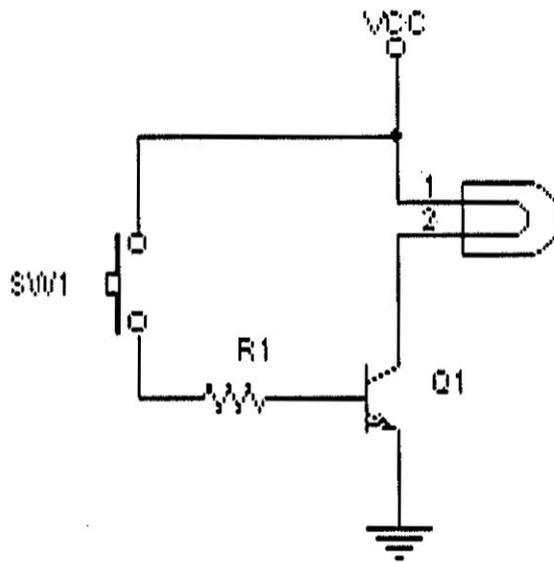
Cuando se cierra el interruptor SW1, una intensidad muy pequeña circulará por la Base. Así el transistor disminuirá su resistencia entre Colector y Emisor por lo que pasará una intensidad muy grande, haciendo que se encienda la lámpara.

$$\text{En general: } I_E < I_C < I_B; I_E = I_B + I_C; V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$

#### 5.4.7.2 POLARIZACIÓN DE UN TRANSISTOR

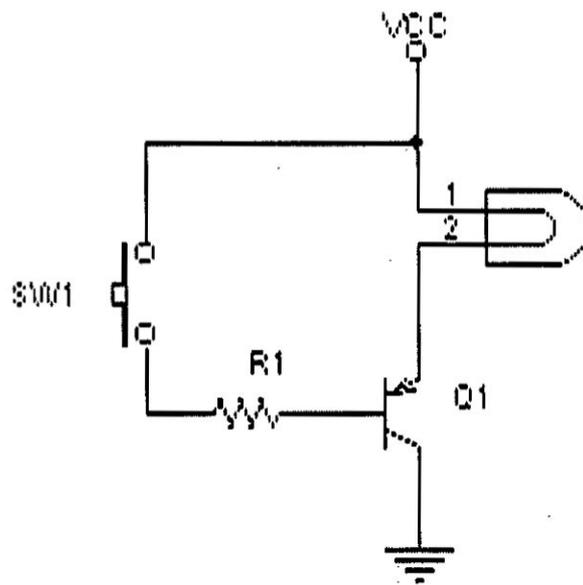
Una polarización correcta permite el funcionamiento de este componente. No es lo mismo polarizar un transistor NPN que PNP.

FIGURA 16: POLARIZACIÓN DE UN TRANSISTOR NPN



<https://st-elf.electronicafacil.net/tutoriales/155/NPN1.gif>

FIGURA 17: POLARIZACIÓN DE UN TRANSISTOR PNP



<https://st-elf.electronicafacil.net/tutoriales/155/PNP1.gif>

Generalmente podemos decir que la unión base – emisor se polariza directamente y la unión base – colector inversamente.

### 5.4.7.2 ZONAS DE TRABAJO

CORTE.- No circula intensidad por la Base, por lo que, la intensidad de Colector y Emisor también es nula. La tensión entre Colector y Emisor es la de la batería. El transistor, entre Colector y Emisor se comporta como un interruptor abierto.

$$I_B = I_C = I_E = 0; V_{CE} = V_{bat}$$

SATURACIÓN.- Cuando por la Base circula una intensidad, se aprecia un incremento de la corriente de colector considerable. En este caso el transistor entre Colector y Emisor se comporta como un interruptor cerrado. De esta forma, se puede decir que la tensión de la batería se encuentra en la carga conectada en el Colector.

ACTIVA.- Actúa como amplificador. Puede dejar pasar más o menos corriente.

Cuando trabaja en la zona de corte y la de saturación se dice que trabaja en conmutación. En definitiva, como si fuera un interruptor.

La ganancia de corriente es un parámetro también importante para los transistores ya que relaciona la variación que sufre la corriente de colector para una variación de la corriente base. Los fabricantes suelen especificarlo en sus hojas de características, también aparece con la denominación  $h_{FE}$ . Se expresa de la siguiente manera:

$$\beta = I_C / I_B$$

Este factor se llama  $\beta$  (beta) y es un dato propio de cada transistor.

Entonces:

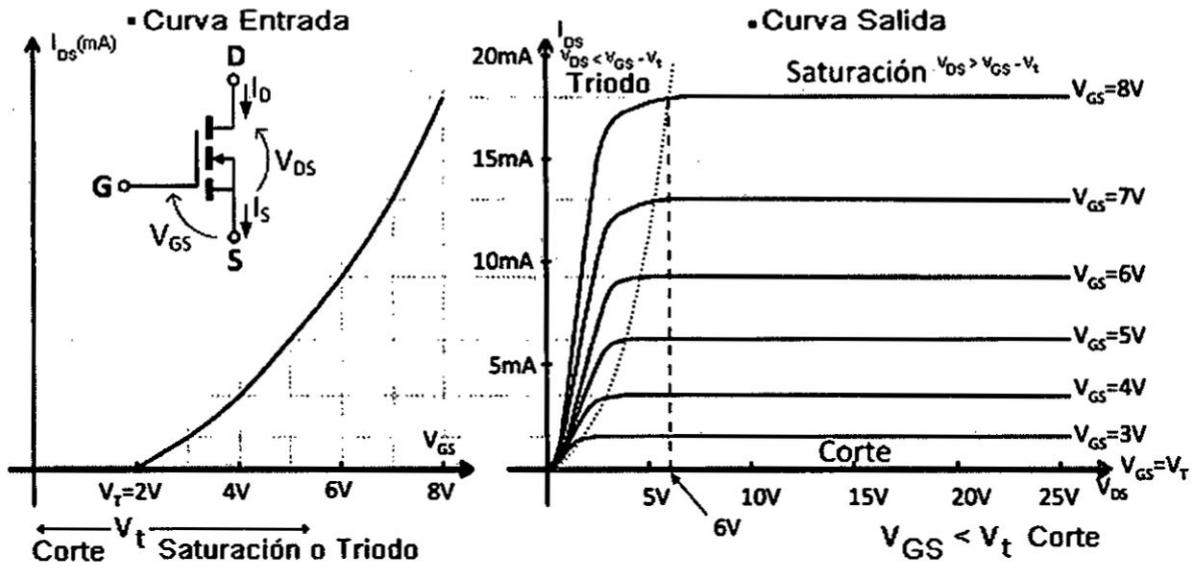
-  $I_C$  (corriente que pasa por la patilla colector) es igual a  $\beta$  (factor de amplificación) por  $I_B$  (corriente que pasa por la patilla base).

$$- I_C = \beta * I_B$$

-  $I_E$  (corriente que pasa por la patilla emisor) es igual a  $(\beta+1) * I_B$ , pero se redondea al mismo valor que  $I_C$ , sólo que la corriente en un caso entra al transistor y en el otro caso sale de él, o viceversa.

Según la fórmula anterior las corrientes no dependen del voltaje que alimenta el circuito ( $V_{cc}$ ), pero en la realidad si lo hace y la corriente  $I_b$  cambia ligeramente cuando se cambia  $V_{cc}$ . (Ver figura18)

FIGURA 18: ZONA DE TRABAJO



<https://www.diarioelectronico.com/blog/el-transistor-mosfet>

En el segundo gráfico las corrientes de base ( $I_b$ ) son ejemplos para poder entender que a más corriente la curva es más alta.

## 5.5 MATERIALES

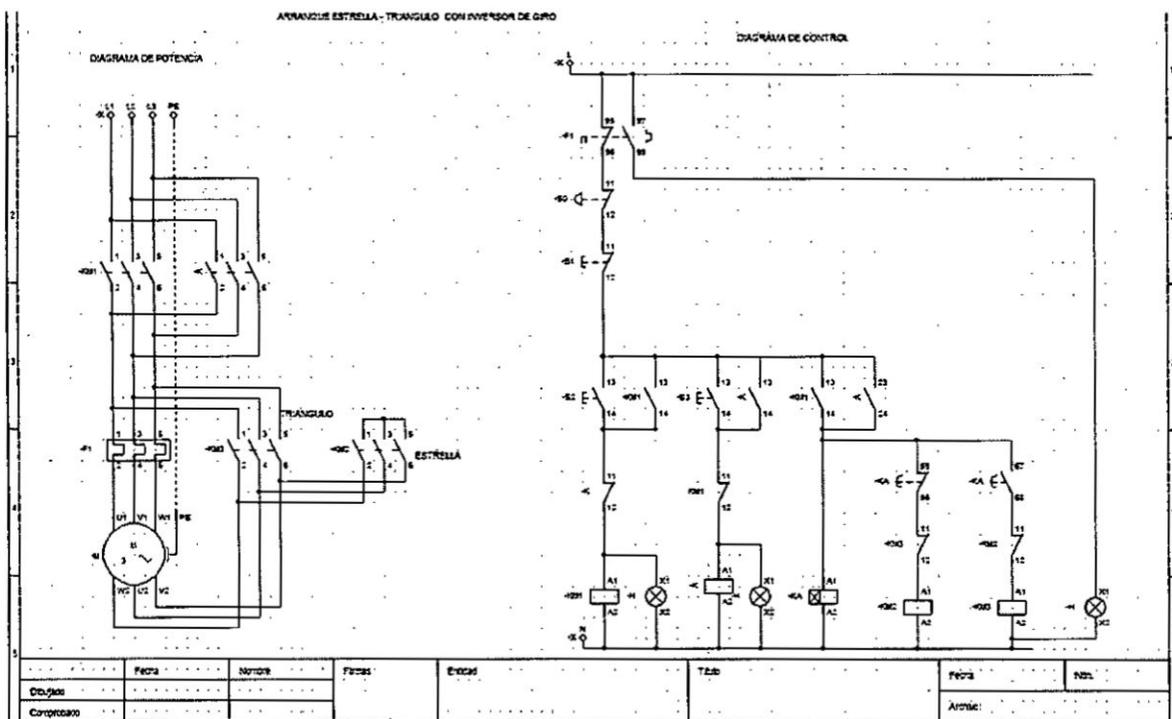
- Software PCW, Pickit, Proteus, Cade simus
- Microcontrolador PIC
- 3 Relés
- 3 Transistores
- 3 Sócalos
- 1 Protoboard
- Fuente de corriente continua
- Pulsadores

## 5.6 PROCEDIMIENTO

### 5.6.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A RESOLVER

Arranque estrella triángulo de motor eléctrico trifásico con inversor de giro.

FIGURA 19: ESQUEMA DE CONTROL DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO CON INVERSIÓN DE GIRO



<https://www.youtube.com/watch?v=bFMu4d-UgLw>

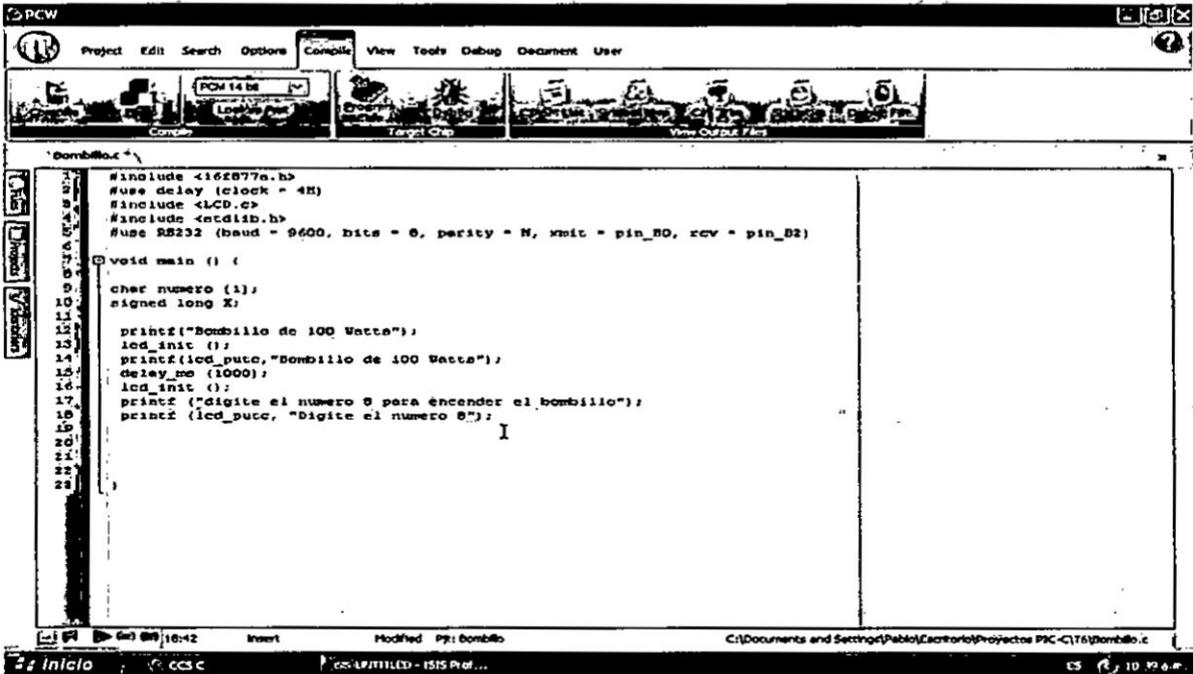
Se desea reemplazar el mando mecánico por un mando electrónico.

### 5.6.2 BUSQUEDA DE COMPILADOR

Se busca un compilador adecuado en el cual se escribirá el programa para luego ser convertido a formato hexadecimal legible por el microchip.

Se escogió el compilador PCW.

FIGURA 20: COMPILADOR PCW

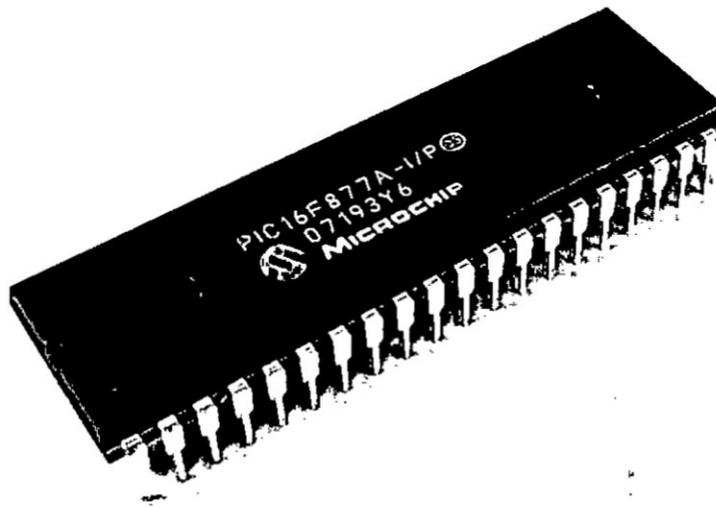


<http://batiz9.blogspot.pe/2014/06/programar-en-pic-c-compiler-ccs-pic-c.html>

### 5.6.3 BUSQUEDA DE MICROCONTROLADOR

Se busca el microcontrolador adecuado para efectuar el trabajo: se eligió el PIC16F877A

FIGURA 21: PIC16F877A

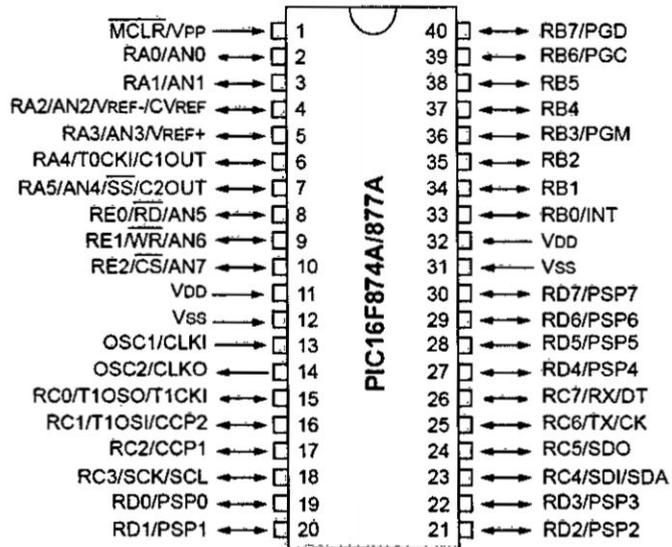


<http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F877A>

## 5.6.4 BUSQUEDA DE DATASHEET DE MICROCONTROLADOR

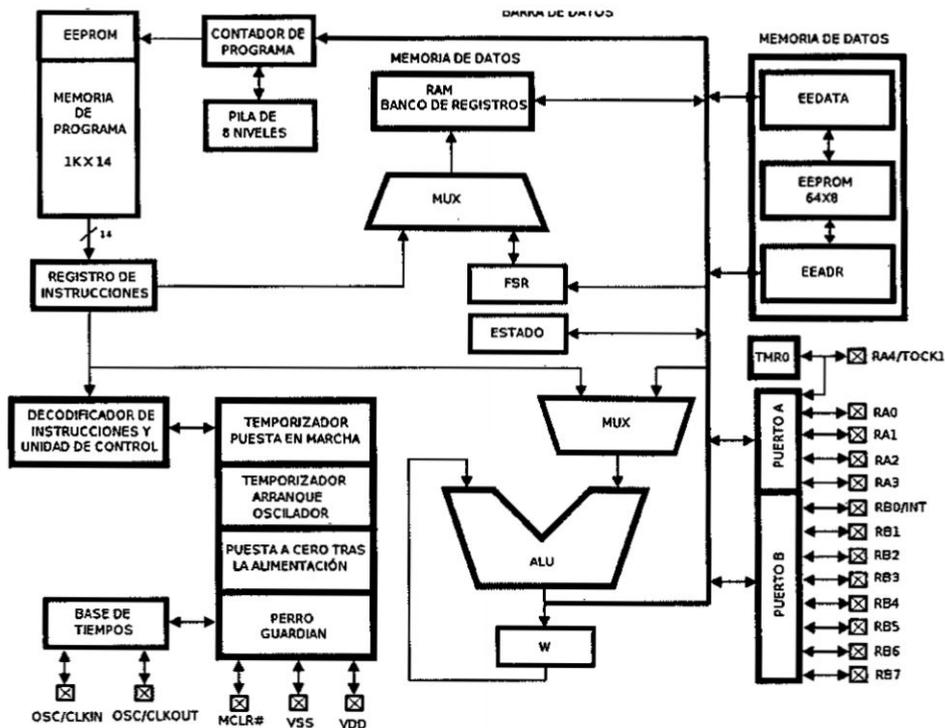
Se busca el datasheet de este microcontrolador para determinar las entradas y salidas del mismo.

FIGURA 22: DIAGRAMA DE PIN - PIC16F877A



<https://sites.google.com/site/electronicsscience20/Micro/pic-sembler/4-pic16f877a>

FIGURA 23: DIAGRAMA DE BLOQUES - PIC16F877A



[https://es.wikiversity.org/wiki/Estructura\\_del\\_microcontrolador](https://es.wikiversity.org/wiki/Estructura_del_microcontrolador)

TABLA 4: DIAGRAMA DE DESCRIPCION DE PIN - PIC16F84A

PIC16F84A DESCRIPCION ENTRADAS Y SALIDAS

Nombre del Pin	PDIRP No.	SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Tipo	Buffer Tipo	DESCRIPCION
OSC1CLKIN	16	16	16	I	STCMDS	Oscilador crystal input / entrada de la fuente de reloj externo.
OSC2CLKOUT	15	15	15	O	-	Oscilador crystal output. Se conecta al cristal o resonador en el modo Crystal Oscillator. En el modo PC, el pin OSC2 emite CLKOUT, que tiene 1/4 de la frecuencia de OSC1 y denota la velocidad de ciclo de la instrucción.
MCLR	4	4	4	IP	ST	Master Clear (Reset) input / programming voltage input. Este pin es un RESET BAJO activo en el dispositivo
RA0	17	17	19	IO	TTL	PORTA es un puerto I/O bi-direccional.  También se puede seleccionar para que sea la entrada del reloj al TMR0 temporizador / contador. La salida es tipo de drenaje abierto.
RA1	18	18	20	IO	TTL	
RA2	1	1	1	IO	TTL	
RA3	2	2	2	IO	TTL	
RA4(T0CKI)	3	3	3	IO	ST	
RB0/INT	6	6	7	IO	TTL/ST	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB puede ser programado por software para pull-up débil interno en todas las entradas. RB0 / INT también se puede seleccionar como un pin de interrupción externo.
RB1	7	7	7	IO	TTL	Interrupción en el pin de cambio. Interrupción en el pin de cambio. Interrupción en el pin de cambio. Reloj de programación en serie. Interrupción en el pin de cambio. Reloj de programación en serie.
RB2	8	8	7	IO	TTL	
RB3	9	9	7	IO	TTL	
RB4	10	10	7	IO	TTL	
RB5	11	11	7	IO	TTL	
RB6	12	12	7	IO	TTL/ST	
RB7	13	13	7	IO	TTL/ST	
VSS	5	5	5,6	P	-	Referencia de tierra para la lógica y los pins I/O.
VDD	14	14	15,16	P	-	Suministro positivo para a la lógica y los pins I/O.

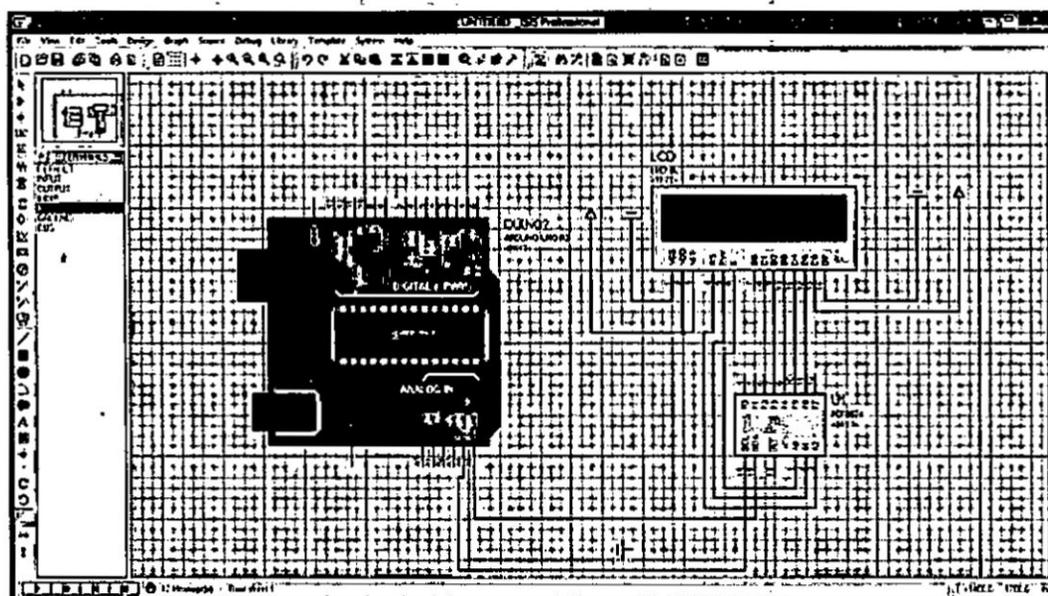
### 5.6.5 DESARROLLO DEL PROGRAMA

Se escribe el programa en el compilador en este caso es PCW.

### 5.6.6 SIMULACION DEL PROGRAMA

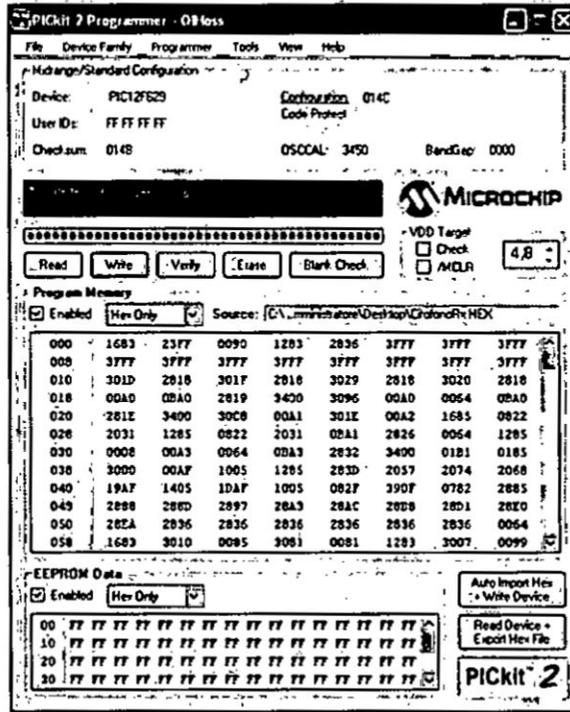
Se simula el programa en el simulador Proteus:

FIGURA 24: SIMULACIÓN DE PROGRAMA EN PROTEUS



### 5.6.7 GRABACIÓN DE PROGRAMA EN PIC

FIGURA 25: GRABACIÓN EN PIC

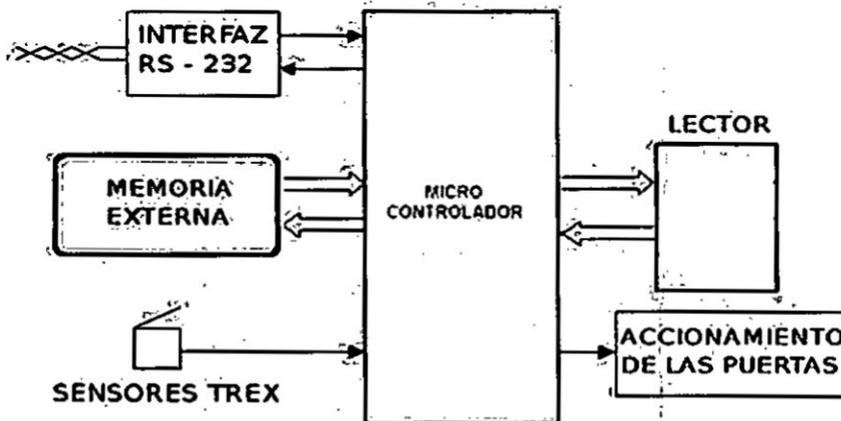


<https://www.inventable.eu/2013/03/27/062-programador-de-pics/>

### 5.6.8 ACONDICIONAMIENTO DEL CIRCUITO CON ACCESORIOS PIC

Se acondiciona el circuito con los accesorios del pic

FIGURA 26: ACONDICIONAMIENTO DE CIRCUITO CON ACCESORIOS PIC

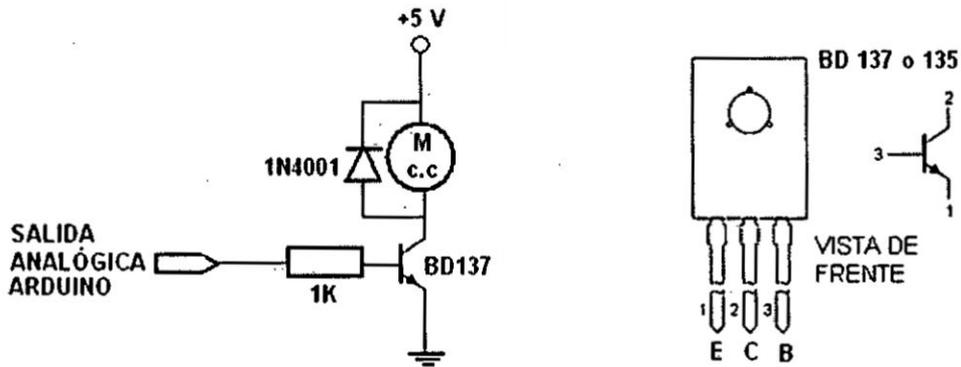


[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59282013000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282013000300008)

### 5.6.9 DISEÑO E IMPLEMENTACION DE INTERFASE

Se diseña el circuito de interface el cual consta de relés, transistores diodos y resistencias, este circuito permite enlazar el circuito del PIC con el circuito de las bobinas de los contactos del motor eléctrico.

FIGURA 27: DISEÑO DE CIRCUITO DE INTERFASE



[https://www.arduineando.com/tutoriales\\_arduino/](https://www.arduineando.com/tutoriales_arduino/)

### 5.6.10 PRUEBAS

Las pruebas implementadas corresponden a la maquina controlada bajo el modulo experimental y con ello cumplimos la meta especificada en nuestros objetivos, y consiste esencialmente de:

1.-Pruebas de medidas de la intensidad de corriente alcanzada por la maquina en términos del tiempo, bajo la operación de nuestro sistema embebido desarrollado.

**Los instrumentos empleados son:**

- Modulo diseñado del sistema embebido de aplicación en el arranque de
- un motor de corriente alterna.
- Analizador de redes para registro del tiempo y corriente.
- Una fuente de red trifásica.
- Una pinza amperimétrica con registro Hold
- Un motor trifásico de 6 terminales.

2.-Con los datos obtenidos en la medición se calculan los errores.

3.-Con los datos medidos se hacen los cálculos estadísticos para validar nuestra hipótesis.

4.-Las mismas pruebas anteriores se aplicaron a las tecnologías del estado del arte existentes (tecnologías convencionales: lógica cableada y lógica programada del arduino). Esto con fines comparativos lo que permitió entablar la discusión.

#### **NOTA:**

**Con lo cual queda evidenciado** la operación de nuestro diseño, su implementación y puesta a prueba del sistema embebido.

#### **5.4 RESULTADOS OBTENIDOS:**

1. Consideramos que la capacidad investigativa de los participantes se vio favorecida ya que el tema de microcontroladores era totalmente nuevo para nosotros.

**Nuestra población objetivo se centra en los microcontroladores: PIC y AVR**

2. Los microcontroladores tienen muchas características, de las cuales las principales son: puertos de entrada, de salida, de oscilador y de memoria.de

**A nivel de velocidad estamos hablando: de velocidades que van en el orden de 1000 veces a las tecnologías que las preceden (ver la frecuencia del oscilador).**

3. Se conoció al menos en un nivel básico el lenguaje de programación C orientado a los microcontroladores. Los programas Proteus y Pickit fueron aprendidos en el transcurso de la investigación.

**Es decir, nuestro sistema embebido es de un lenguaje simple y a la vez abierto, si revisamos esta filosofía de operación vale hacer constar que fuimos pioneros y del que hoy tecnologías emergentes como el Arduino la aplican hoy.**

4. Se implementó el circuito de mando electrónico e interfase del sistema de arranque YD para motores trifásicos. Siendo los resultados lo siguiente:

**TABLA 5: TABLA DE TOMA DE DATOS**

TOMA DE DATOS CON TRES VUELTAS						
TIEMPO (sg)	ARRANQUE CON ARDUINO		ARRANQUE CON PIC-AVR		ARRANQUE CONVENCIONAL	
	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)
1s	1,95	2,46	1,64	2,51	2,07	2,51
2s	1,62	2,44	1,65	2,51	2,04	2,53
3s	1,77	2,51	1,68	2,51	2,13	2,52
4s	1,67	2,46	1,67	2,49	2,02	2,48
5s	1,7	2,47	1,59	2,49	2,06	2,48
6s	1,67	2,46	1,78	2,51	2,06	2,49
7s	1,71	2,45	1,69	2,5	2,04	2,52
8s	1,81	2,47	1,64	2,49	1,97	2,48
9s	1,79	2,48	1,75	2,49	1,97	2,47
10s	1,79	2,48	1,79	2,52	1,94	2,49

DATOS TOMADOS DIVIDIDO ENTRE 3						
TIEMPO (sg)	ARRANQUE CON ARDUINO		ARRANQUE CON PIC-AVR		ARRANQUE CONVENCIONAL	
	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)
1s	0,65	0,82	0,55	0,84	0,69	0,84
2s	0,54	0,81	0,55	0,84	0,68	0,84
3s	0,59	0,84	0,56	0,84	0,71	0,84
4s	0,56	0,82	0,56	0,83	0,67	0,83
5s	0,57	0,82	0,53	0,83	0,69	0,83
6s	0,56	0,82	0,59	0,84	0,69	0,83
7s	0,57	0,82	0,56	0,83	0,68	0,84
8s	0,60	0,82	0,55	0,83	0,66	0,83
9s	0,60	0,83	0,58	0,83	0,66	0,82
10s	0,60	0,83	0,60	0,84	0,65	0,83

5. Se implementó el circuito de interfase con éxito (ver imágenes). Comparativamente se obtuvo los resultados siguientes:

**TABLA 6: VARIABLES DE ENTORNO SOSTENIBLE**

Variables \ Sistema	Lógica cableada	Arduino	Nuestro Embebido PIC-AVR
Costo	1000	700	300
Velocidad	X	1000X	1000000X
Confiabilidad	99.9	99.9	99.9

X: orden de la frecuencia de oscilación

Fuente: Electrónica Industrial y de Potencia, Edgar del Aguila Vela, 2011.

Una variable importante para dilucidar entre sistemas experimentalmente son la de las pruebas ensayo-error.

6. Se simuló el programa escrito con el simulador Proteus.

Siendo la programación del mismo lo siguiente:

```
#include <16f877a.h>
#fuses hs,nowdt
#use delay(clock=20M)
#define lcd_data_port getenv("sfr:portd")
#define lcd_enable_pin pin_d0
#define lcd_rs_pin pin_d1
#define lcd_rw_pin pin_d2
#define use_portb_kbd true
#include <lcd.c>
#include <kbd4x4_1.c>

#define Led1 pin_c0
#define Led2 pin_c1
#define Led3 pin_c2
#define Led4 pin_c3

void main()
{
SET_TRIS_C(0x00);
output_c(0x00);
    output_high(led1);
    output_high(led2);
    output_high(led3);
    output_high(led4);
    char m;
    int x;
    port_b_pullups(true);
    lcd_init();
    kbd_init();
    printf(lcd_putc,"Arranque motor");
    delay_ms(500);
    printf(lcd_putc,"\f");
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc,"Insertar sentido");
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"Insertar tiempo");
    while(true)
    {
        m=kbd_getc();
        x=m-48;
        if(m!=0){
            if(m=='1')
            {
                while(true){
                    lcd_gotoxy(1,2);
                    printf(lcd_putc,"tiempo= 7000ms");
                    m=kbd_getc();
                }
            }
            x=m-48;
            if(m!=0){
                if(m=='C'){

                    output_high(led2);
                    lcd_gotoxy(1,2);
```

```

printf(lcd_putc,"tiempo= 7000ms");
output_low(led1);
delay_ms(7000);
output_high(led1);
output_low(led2);}

if(m=='D')
{break;
}
}}
}
if(m=='2')
{
while(true){
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo= 8000ms");
m=kbd_getc();
x=m-48;
if(m!=0){
if(m=='C'){

output_high(led2);
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo= 8000ms");
output_low(led1);
delay_ms(8000);
output_high(led1);
output_low(led2);}
if(m=='D')
{break;
}

}}
}
if(m=='3')
{
while(true){
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo= 9000ms");
m=kbd_getc();
x=m-48;
if(m!=0){
if(m=='C'){
output_high(led2);
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo= 9000ms");
output_low(led1);
delay_ms(9000);
output_high(led1);
output_low(led2);}
if(m=='D')
{break;
}

}}
}
if(m=='4')
{
while(true){
lcd_gotoxy(1,2);

```



```

{break;
 }

}}
}
if(m=='7')
{
while(true){
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo= 1000ms");
m=kbd_getc();
x=m-48;
if(m!=0){
if(m=='C'){

output_high(led2);
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo= 1000ms");
output_low(led1);
delay_ms(1000);
output_high(led1);
output_low(led2);}
if(m=='0')
{
while(true){
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo=10000ms");
m=kbd_getc();
x=m-48;
if(m!=0){
if(m=='C'){

output_high(led2);
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo=10000ms");
output_low(led1);
delay_ms(10000);
output_high(led1);
output_low(led2);}
if(m=='D')
{break;
 }

}}
}
if(m=='7')
{
while(true){
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo=11000ms");
m=kbd_getc();
x=m-48;
if(m!=0){
if(m=='C'){

output_high(led2);
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo=11000ms");
output_low(led1);
delay_ms(11000);

```

```

output_high(led1);
output_low(led2);}
if(m=='D')
{break;
}

}}
}
if(m=='8')
{
while(true){
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo=12000ms");
m=kbd_getc();
x=m-48;
if(m!=0){
if(m=='C'){

output_high(led2);
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo=12000ms");
output_low(led1);
delay_ms(12000);
output_high(led1);
output_low(led2);}
if(m=='D')
{break;
}

}}
}
if(m=='9')
{
while(true){
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo=13000ms");
m=kbd_getc();
x=m-48;
if(m!=0){
if(m=='C'){

output_high(led2);
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo=13000ms");
output_low(led1);
delay_ms(13000);
output_high(led1);
output_low(led2);}
if(m=='D')
{break;
}

}}
}
if(m=='4')
{
while(true){
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"tiempo=14000ms");
m=kbd_getc();

```

```

x=m-48;
if(m!=0){
  if(m=='C'){

    output_high(led2);
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"tiempo=14000ms");
    output_low(led1);
    delay_ms(14000);
    output_high(led1);
    output_low(led2);}
    if(m=='D')
  {break;
   }

  }}
  }
  if(m=='5')
  {
  while(true){
  lcd_gotoxy(1,2);
  printf(lcd_putc,"tiempo=15000ms");
  m=kbd_getc();
x=m-48;
if(m!=0){
  if(m=='C'){

    output_high(led2);
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"tiempo=15000ms");
    output_low(led1);
    delay_ms(15000);
    output_high(led1);
    output_low(led2);}
    if(m=='D')
  {break;
   }

  }}
  }
  if(m=='D')
  {break;
   }

  }}
  }
  if(m=='8')
  {
  while(true){
  lcd_gotoxy(1,2);
  printf(lcd_putc,"tiempo= 2000ms");
  m=kbd_getc();
x=m-48;
if(m!=0){
  if(m=='C'){

    output_high(led2);
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"tiempo= 2000ms");
    output_low(led1);

```

```

    delay_ms(2000);
    output_high(led1);
    output_low(led2);}
    if(m=='D')
    {break;
    }

    }}
    }
    if(m=='9')
    {
    while(true){
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"tiempo= 3000ms");
    m=kbd_getc();
    x=m-48;
    if(m!=0){
    if(m=='C'){

    output_high(led2);
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"tiempo= 3000ms");
    output_low(led1);
    delay_ms(3000);
    output_high(led1);
    output_low(led2);}
    if(m=='D')
    {break;
    }

    }}}

    if(m=='B')
    {
    printf(lcd_putc,"\n");
    output_high(led3);
    output_low(led4);
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc,"Sentido B ");
    m=kbd_getc();
    x=m-48;
    if(m=='D')
    {break;
    }
    }

    if(m=='A')
    {
    printf(lcd_putc,"\n");
    output_high(led4);
    output_low(led3);
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc,"Sentido A ");
    m=kbd_getc();
    x=m-48;
    if(m=='D')
    {break;
    }
    }

```

```
if(m=='D')
{
  lcd_gotoxy(1,2);
  printf(lcd_putc,"%f");
  lcd_gotoxy(1,1);
  printf(lcd_putc,"%f");
  printf(lcd_putc,"APAGADO");
  output_high(led1);
  output_high(led2);
  output_high(led3);
  output_high(led4);
  delay_ms(500);
  printf(lcd_putc,"%f");
  printf(lcd_putc,"Arranque motor");
  delay_ms(500);
  printf(lcd_putc,"%f");
  lcd_gotoxy(1,1);
  printf(lcd_putc,"Insertar sentido");
  lcd_gotoxy(1,2);
  printf(lcd_putc,"Insertar tiempo");
  }
}
```

## **CAPITULO 6**

# **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## CAPITULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 CONTRASTACION DE HIPOTESIS CON LOS RESULTADOS

#### 6.1.1.-HIPOTESIS

##### HIPOTESIS ALTERNATIVA :

HG=HA: Mediante la utilización de sistemas embebidos será posible diseñar e implementar el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna, bajo la adaptación de la lógica que maneja el operador electricista a nivel de circuitos de mando y fuerza.

##### HIPOTESIS NULA :

H0: -HA: Mediante la utilización de sistemas embebidos no será posible diseñar e implementar el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna, bajo la adaptación de la lógica que maneja el operador electricista a nivel de circuitos de mando y fuerza.

Para aceptar nuestra hipótesis debemos rechazar la hipótesis nula para tal efecto nos remitimos a la prueba estadística de los valores medidos y se obtiene lo siguiente del análisis de regresión:

#### 6.1.2.-Análisis de regresión I en Estrella vs. Tiempo

La ecuación del modelo es:

$$I_{en\ estrella} = 0.5407 + 0.004061xTiempo$$

$$S = 0.0181992$$

$$R_{cuad} = 33.9\%$$

$$R_{cuad(ajustado)} = 25.7\%$$

##### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	0.0013603	0.0013603	4.11	0.077
Error	8	0.0026497	0.0003312		
Total	9	0.0040100			

FIGURA 28: GRAFICA DE LINEA A JUSTADA

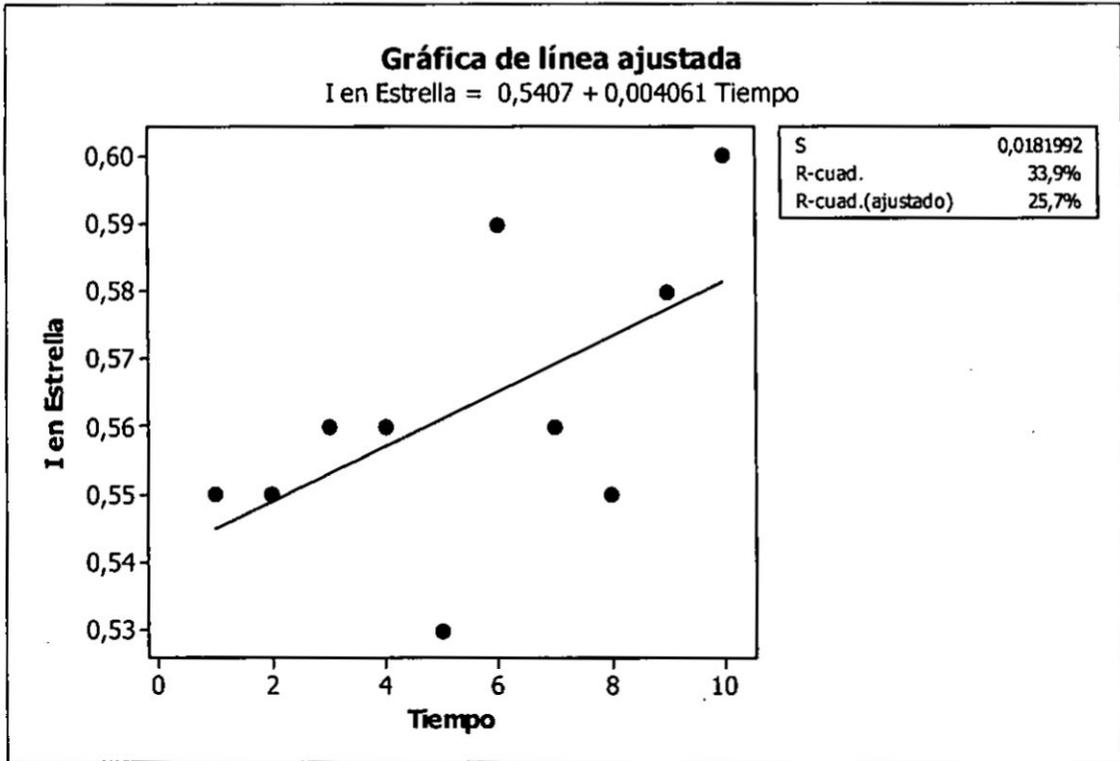
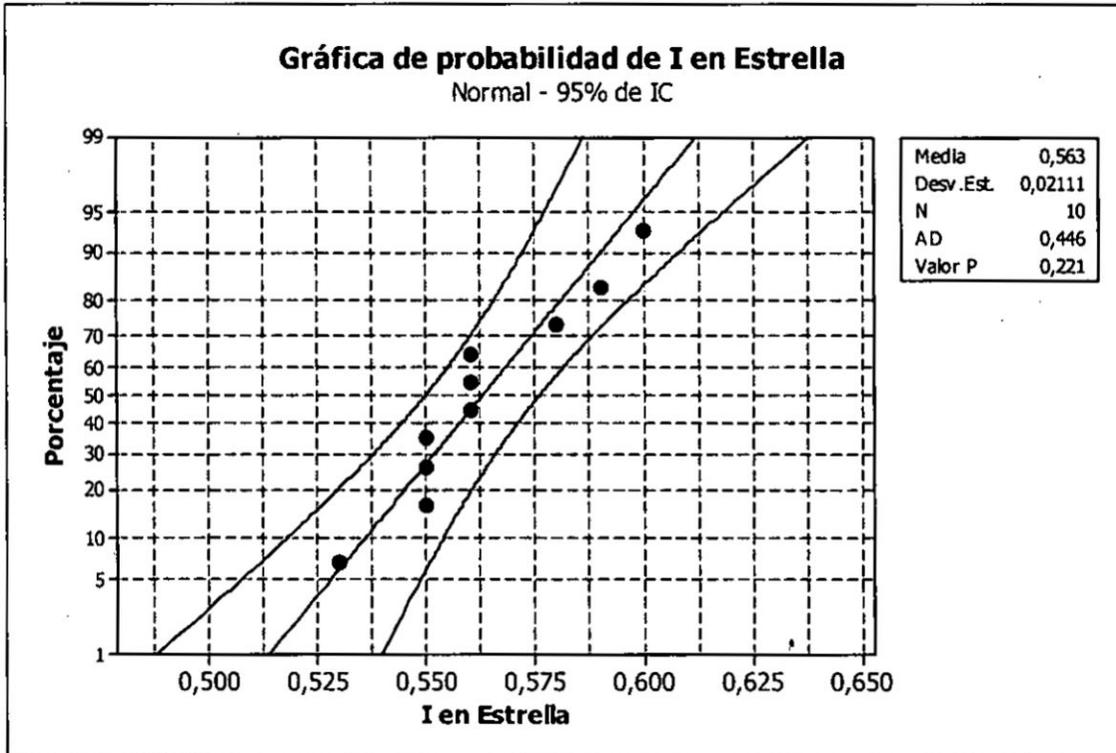


FIGURA 299: GRAFICA DE PROBABILIDAD DE I EN ESTRELLA



### 6.1.3.-Análisis de regresión Tiempo vs. I en Estrella; I en Delta

La ecuación del modelo es:

$$Tiempo = 260 + 177xI_{en\ estrella} - 384xI_{en\ delta}$$

Predictor	Coef.	Coef. de EE	T	P	VIF
Constante	260.10	95.74	2.72	0.030	
I en Estrella	117.05	30.00	3.90	0.006	1.139
I en Delta	-383.90	120.20	-3.19	0.015	1.139

$$S = 1.77994$$

$$R_{cuad} = 73.1\%$$

$$R_{cuad(ajustado)} = 65.4\%$$

$$PRESS = 46.3848$$

$$R_{cuad(pred)} = 43.78\%$$

#### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	2	60.323	30.161	9.52	0.010
Error Residual	7	22.177	3.168		0.472
Falta de ajuste	5	17.177	3.435	1.37	
Error puro	2	5.000	2.500		
Total	9	82.500			

6 filas sin réplica

Estadístico de Durbin-Watson = 2,34107

Prueba de falta de ajuste

Posible curvatura en la variable I en Del (Valor P = 0,005)

La prueba general de falta de ajuste es significativa en P = 0,005

De donde se concluye que para un nivel de significancia

$1-\alpha > 6\%$  para el modelo :

$Tiempo = 260 + 177xI_{en\ estrella} - 384xI_{en\ delta}$ , con nuestro "P" estaríamos rechazando a la hipótesis nula por consiguiente aceptando nuestra hipótesis.

II.- $\alpha > 7,7\%$  para el modelo :

$I_{en\ estrella} = 0.5407 + 0.004061xTiempo$ , con nuestro "P" estaríamos rechazando a la hipótesis nula por consiguiente aceptando nuestra hipótesis.

Por consiguiente:

Para un Nivel de significancia  $\alpha > 7,7\%$  nuestros dos modelos para la corriente de arranque en estrella quedarían validadas, por consiguiente, con los P, estaríamos rechazando la hipótesis nula por consiguiente aceptando nuestra hipótesis alternativa.

## 6.2 CONTRASTACION DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES

FIGURA 30: ANALISIS DE NORMALIDAD

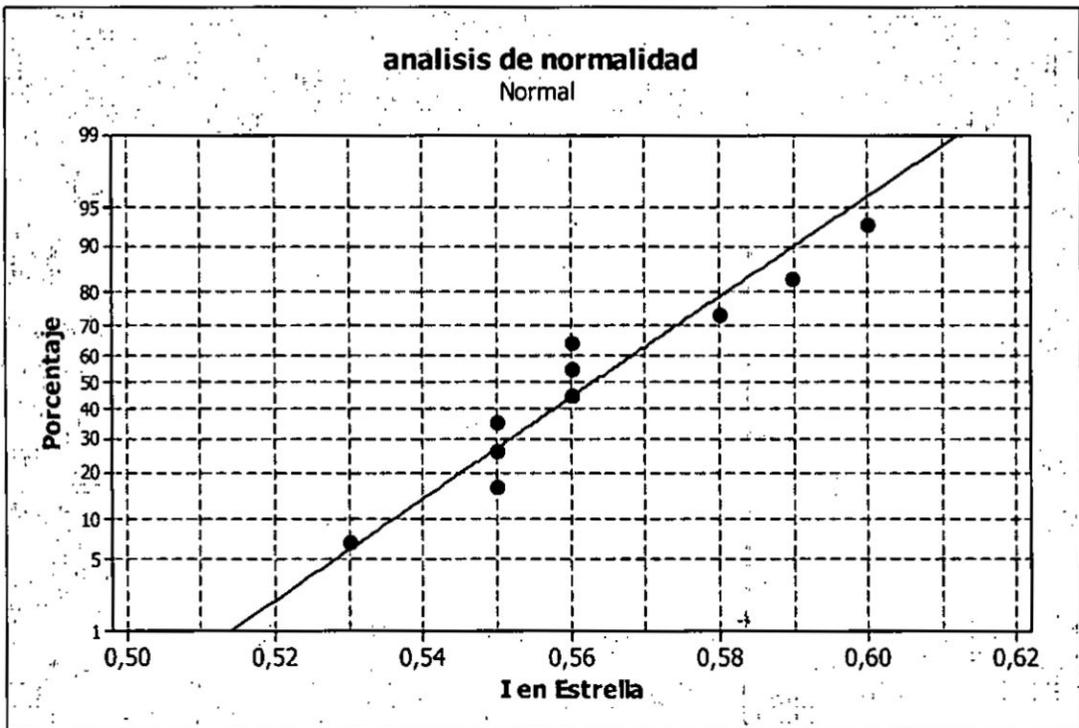


FIGURA 31: DISPERSION DE 3D DE I EN DELTA VS I EN ESTRELLA VS TIEMPO

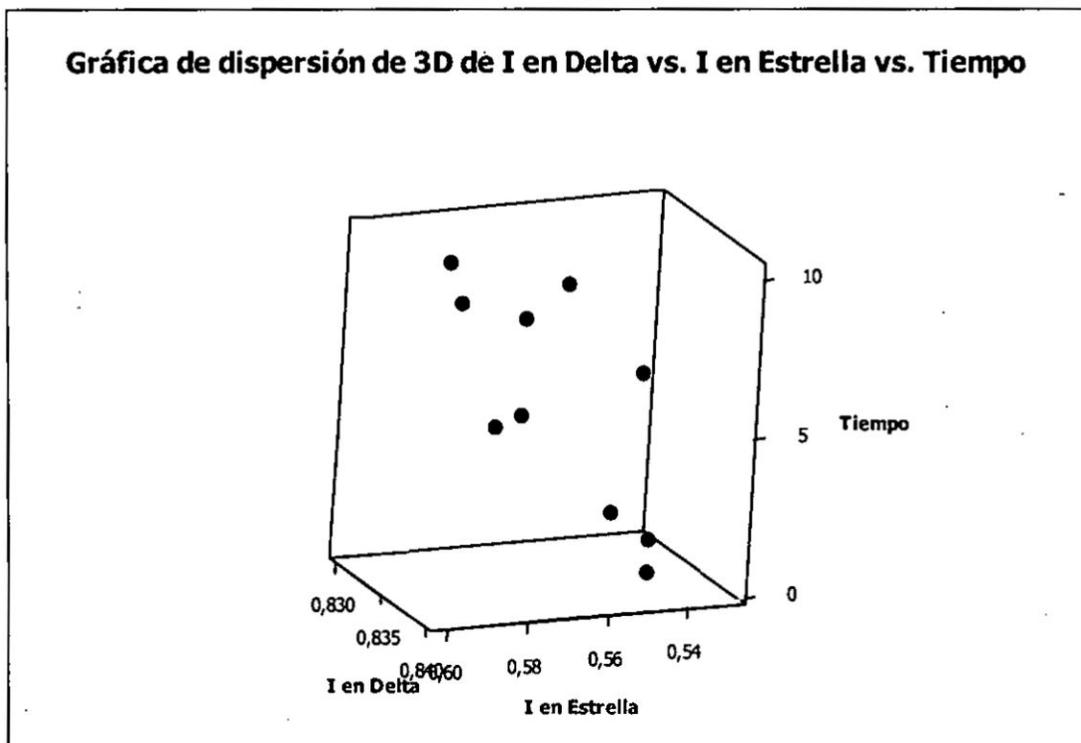


FIGURA 32: GRAFICA MULTIVARIADA EWMA DE TIEMPO

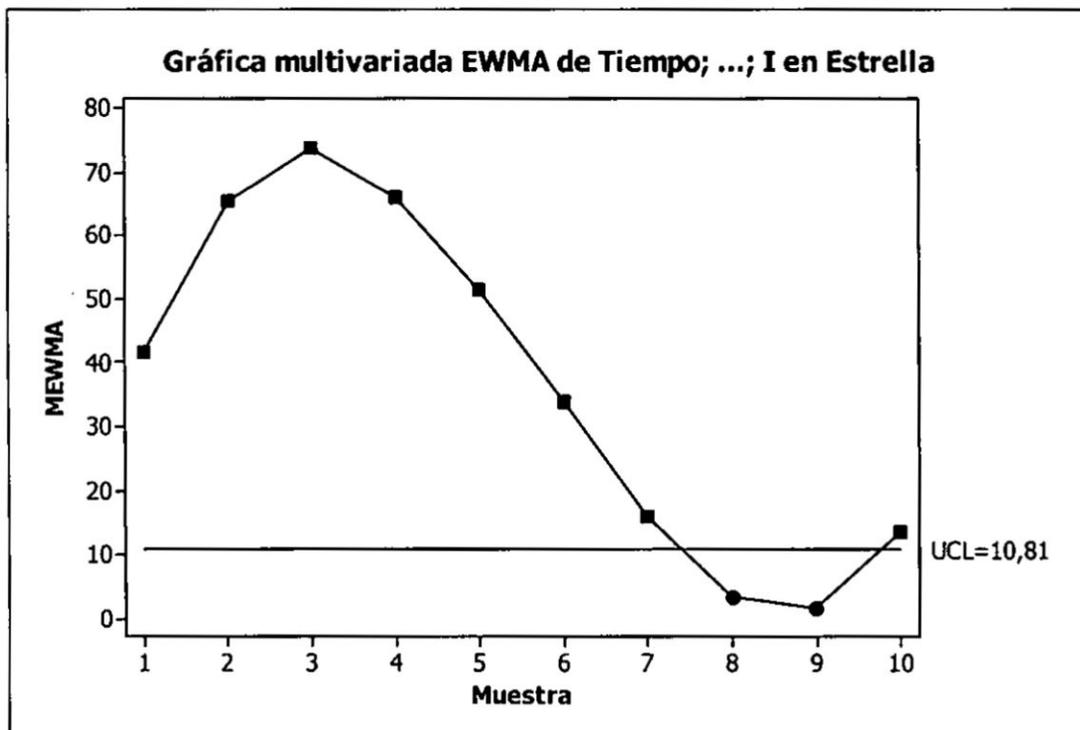
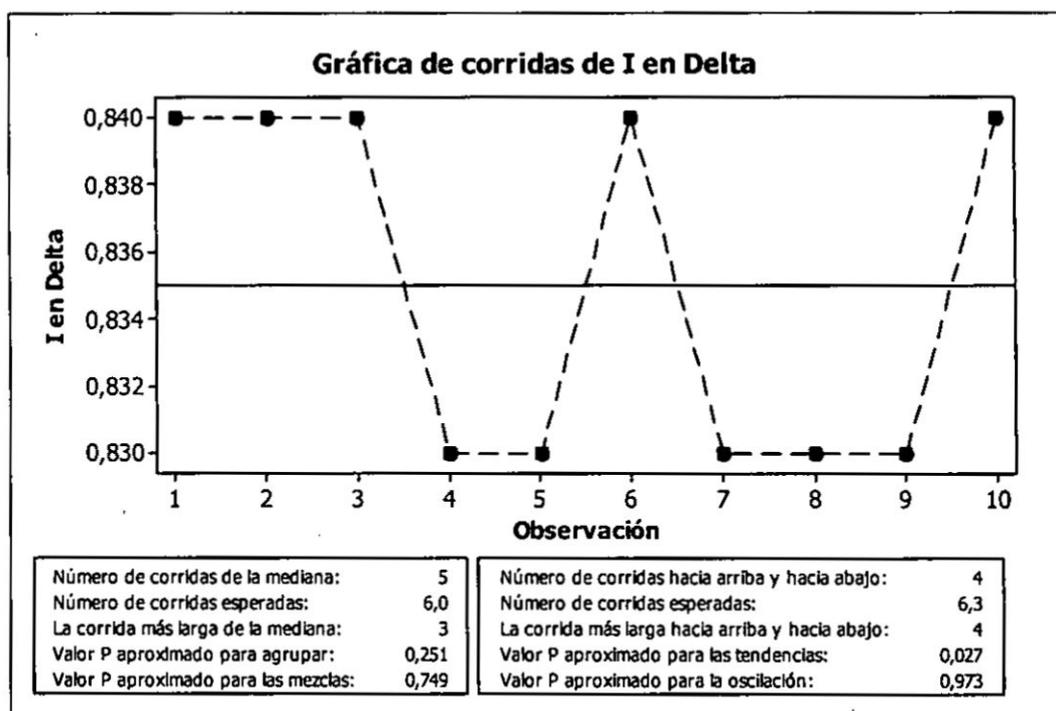


FIGURA 33: GRAFICA DE CORRIDAS DE I EN DELTA



Fuente: EDAVE-2018

FIGURA 34: GRAFICA DE PROBABILIDAD DE TIEMPO

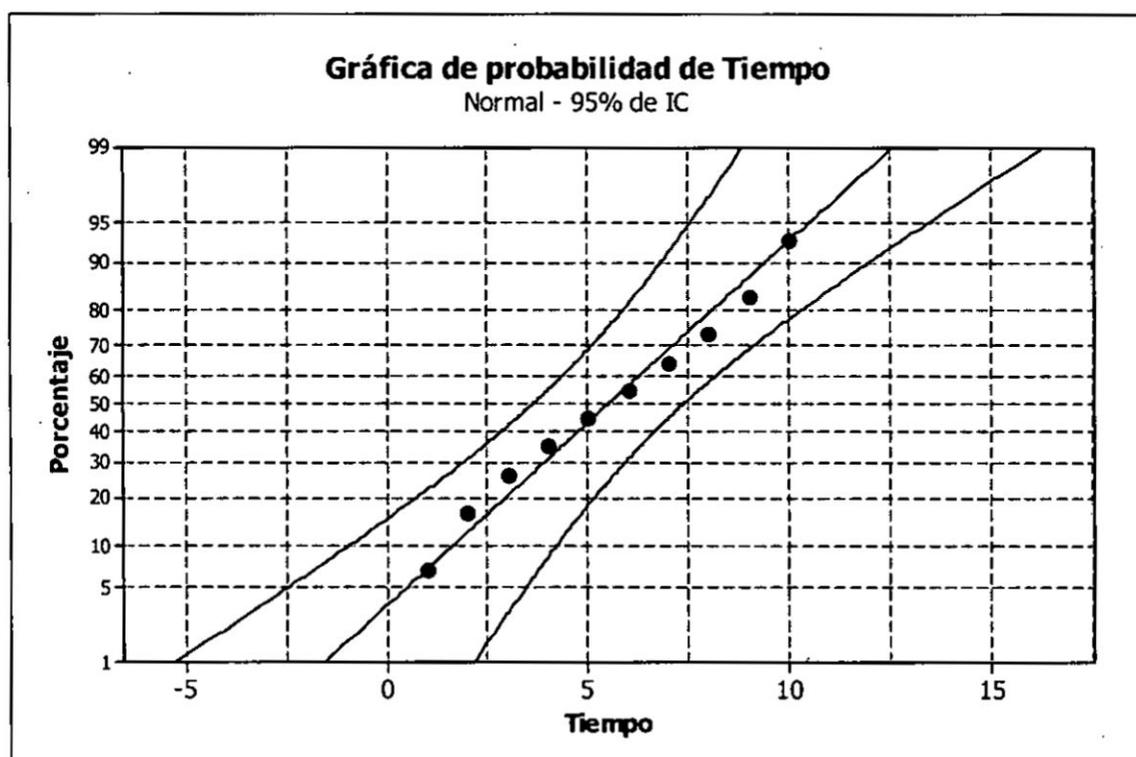


FIGURA 35: ESTUDIO DE SESGO DE LA LINEABILIDAD PARA I EN ESTRELLA

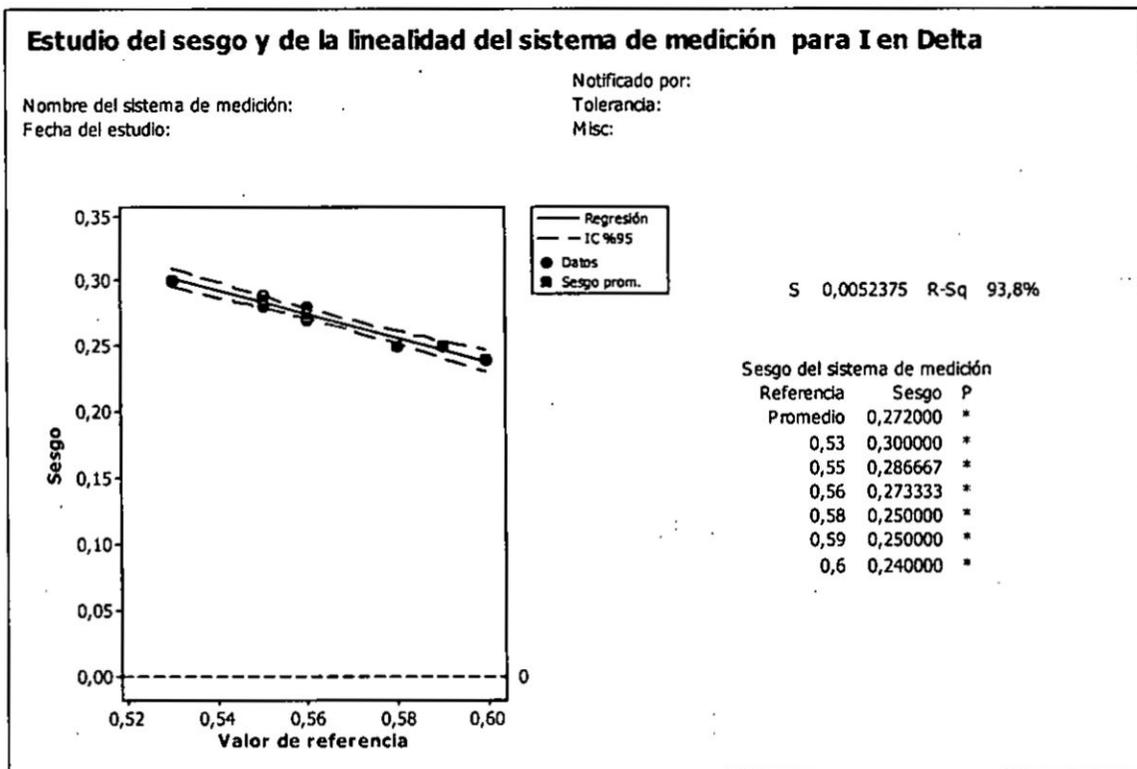
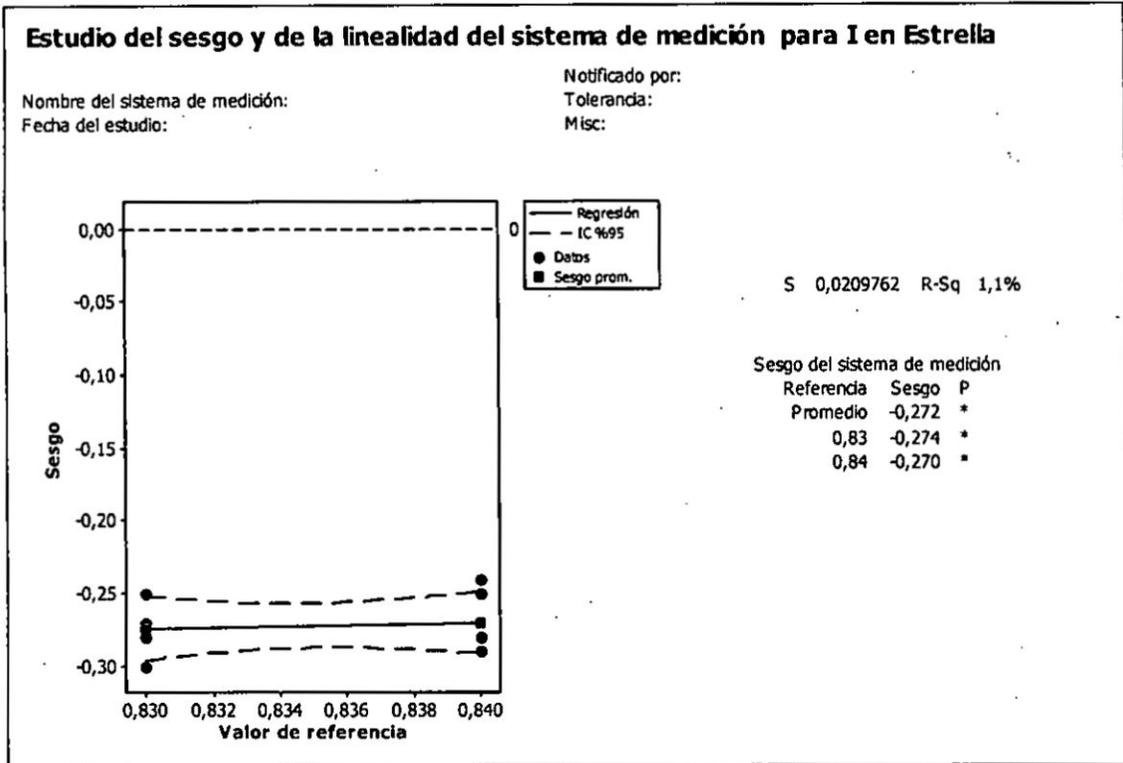


FIGURA 36: ESTUDIO DEL SESGO DE LA LINEABILIDAD PARA I EN DELTA

Analizando las graficas obtenidas de los datos tomados en el laboratorio, los resultados finales sobre el comportamiento de la corriente de arranque empleando nuestro diseño basado en el sistema embebido y comparándolo con el arranque tradicional resulta ser similares.

La fiabilidad del sistema de arranque propuesto es óptima.

**Grafica multivariado tiempo versus la I en estrella y la Gráfica de corridas de I en Delta tenemos la siguiente interpretación:**

**Para la primera gráfica:**

El motor arrancado en estrella, la corriente más fuerte, traumática y perjudicial ocurre para conmutaciones de estrella a delta para tiempo de 3 segundos; la menos traumática ocurre en la banda de tiempo de 6 a 10 segundos.

**Para la segunda gráfica:**

Estando ya en delta, en efecto durante la banda de los tres primeros segundos para la corriente de arranque en estrella más alta y a tensión reducida, la corriente en delta toma su corriente a un 84% descendiendo al 83% óptimamente para tiempos de 4, 5, 7, 8 y 9 segundos.

**Para la tercera gráfica:**

Para los tiempos 2, 3, 4 y 5 estamos por encima de la curva de probabilidad ..., en los tiempos 6, 7, 8 y 9 por debajo.

**Para la Cuarta gráfica:**

Un estudio del sesgo y de la linealidad del sistema de medición determina si las mediciones se están realizando con exactitud. Se evalúa la linealidad (que tan exactas son las mediciones en todo el rango esperado de mediciones) y el sesgo (que tanto se parecen las mediciones a un valor de referencia).

Para la Corriente en Estrella.

**Para la Quinta gráfica:**

Un estudio del sesgo y de la linealidad del sistema de medición determina si las mediciones se están realizando con exactitud. Se evalúa la linealidad (que tan exactas son las mediciones en todo el rango esperado de mediciones) y el sesgo (que tanto se parecen las mediciones a un valor de referencia).

Para la corriente en Delta.

### 6.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA SISTEMA DE ARRANQUE EMBEBIDO

ALTERNATIVA #01 - SISTEMA EMBEBIDO								
DESCRIPCIÓN	CANT.	UND	COSTO	INVERSION		BENEFICIO		FLUJO
				MATERIAL	TIEMPO (11%)	MRGEN	TIEMPO	
TECLADO MATRICIAL 4X4	1.00	UND	15.00	15.00	1.65			- 16.65
PIC 16F877A	1.00	UND	25.00	25.00	2.75			- 27.75
CRISTAL DE CUARZO 20 mhz	1.00	UND	2.00	2.00	0.22			- 2.22
PANTALLA LED 16X2	1.00	UND	12.00	12.00	1.32			- 13.32
EPOXIES m <sup>3</sup> h	2.00	UND	1.00	2.00	0.22			- 2.22
CONDENSADORES 22uf	2.00	UND	0.40	0.80	0.09			- 0.89
PLACA BASE FIBRA DE VIDRIO	1.00	UND	10.00	10.00	1.10			- 11.10
QUEMADO DE PLACA	1.00	GLB	15.00	15.00	1.65			- 16.65
MANO DE OBRA	0.50	GLB	120.00	60.00	6.60			- 66.60
UTILIDAD						350		350.00

192.60

TDS : 9.0 %

VAN : S/. 51.00

TIR : 18.1 %

## SISTEMA DE ARRANQUE CONVENCIONAL

ALTERNATIVA #02 - SISTEMA CONVENCIONAL								
DESCRIPCIÓN	CANT.	CANT.	COSTO	INVERSION		BENEFICIO		FLUJO
				MATERIAL	TIEMPO (11%)	MARGEN	TIEMPO	
TEMPORIZADORES	2.00	UND	40.00	80.0	8.8			88.8
CABLES	10.00	M	120	12.0	13			13.3
BOTONERAS	3.00	UND	8.00	24.0	2.6			26.6
MANO DE OBRA	1.00	GLB	120.00	120.0	13.2			133.2
UTILIDAD						350		350.00

88.0

TDS : 9.0 %

VAN : S/. 19.86

TIR : 13.2 %

### RESUMEN DE INDICADORES DE RENTABILIDAD

ALTERNATIVA	VAN (S/.)	TIR
ALTERNATIVA # 01 - EMBEBIDO	S/ 51.00	18.1%
ALTERNATIVA # 02 - CONVENCIONAL	S/ 19.86	13.2%

*"Ambas son rentables por presentar sus VANs mayores a cero, empero, al tener la alternativa 01 un VANs mayor al de la alternativa 02 se considera como la mejor opción"*

## **CAPITULO 7**

## **CONCLUSIONES**

## **CAPITULO 7: CONCLUSIONES**

### **7.1.0 CONCLUSION GENERAL**

Se diseñó un sistema embebidos de aplicación en el arranque de un motor de corriente alterna, mediante una lógica de programación que se ajusta a lógica que maneja el operador electricista a nivel de circuitos de mando. El arranque estrella triangulo manejado desde un sistema embebido es de fácil manejo, con esta misma lógica se pueden arrancar diversos motores y minimizar cables en los tableros eléctricos, concluimos que nuestro proyecto cumple con la investigación y propósito.

### **7.2.0 CONCLUSIONES ESPECIFICAS**

- Identificamos un método lógico de programación en donde nuestro sistema embebido aplicado al arranque de un motor eléctrico es viable y novedoso en nuestro país.
- Diseñamos nuestro sistema embebido que se aplica al arranque estrella-triangulo con inversión de giro para un motor de corriente alterna trifásico de 1 HP, 60 Hz y 220 V.
- Implementamos el sistema embebido diseñado con éxito.
- Al someter a prueba el prototipo, pudimos construir un cuadro de datos; I-estrella, I-triangulo, tiempo de transición entre la estrella y triangulo, apreciamos la fiabilidad del sistema.
- De acuerdo a los indicadores de rentabilidad el sistema embebido es más rentable que el sistema convencional de control; por ello se concluye que la mejor opción es el sistema embebido por ser la mejor opción.

# **CAPITULO 8**

## **OBSERVACIONES**

## **CAPITULO 8: OBSERVACIONES**

### **OBSERVACIÓN GENERAL**

En el diseño de nuestro sistema embebidos de aplicación en el arranque de un motor de corriente alterna, mediante una lógica de programación que se ajusta a lógica que maneja el operador electricista a nivel de circuitos de mando.

### **OBSERVACIONES ESPECÍFICAS**

- Al identificar un sistema equivalente que no permite sustituir el arranque convencional para el arranque estrella-triángulo con inversión de giro, podríamos extrapolar este caso a otros tipos de arranque convencionales y desarrollar otros métodos lógicos de programación.
- El diseño de nuestro sistema embebido de aplicación en el arranque de un motor de corriente alterna inicio con diversas pruebas realizadas desde el software del Arduino para luego plasmar el arranque con un motor eléctrico real, posterior a esto se realizó las mismas pruebas con un microprocesador, PIC16F877A.
- La puesta a prueba del prototipo del sistema embebidos diseñado para el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna nos demostró los diversos cambios de corrientes de acuerdo a los tiempos configurados, llegando a encontrar el mejor tiempo para un arranque estrella triángulo para el motor eléctrico, frente al tiempo estimado de manera empírica que se hace en la actualidad, con este método se puede empezar a elaborar una data que nos lleve encontrar los tiempos ideales para el cambio de configuración para los diferentes motores en el mercado.

# **CAPITULO 9**

## **RECOMENDACIONES**

## **CAPITULO 9: RECOMENDACIONES**

### **RECOMEDACIÓN GENERAL**

- Para el diseño de nuestro sistema embebido de aplicación en el arranque de un motor de corriente alterna, mediante una lógica de programación que se ajusta a lógica que maneja el operador electricista a nivel de circuitos de mando se recomienda el cambio progresivo con esta lógica, considerando disminuir cableados automatizar el manejo de arranque de un motor eléctrico.

### **RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS**

- Para la identificación de los métodos lógicos de programación que utilizan los sistemas de arranque de los motores eléctricos, en nuestro país se identificaron siendo estas los diagramas de bloque y escalera los más usados, en el estudio realizado para arranque de motor eléctrico mediante sistema embebido nos inclinamos por el diagrama tipo escalera que es más utilizado por los electricistas.

## **CAPITULO 10**

## **REFERENCIAS**

## **CAPITULO 10: REFERENCIAS**

### **10.1.0 REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA**

- 10.1.1 DEL AGUILA VELA, EDGAR, "PROGRAMACIÓN GRÁFICA DE LOS MICROCONTROLADORES PIC-AVR Y SU APLICACIÓN PRÁCTICA EN EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA ELÉCTRICA", UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, 2012, PERÚ
- 10.1.2 LUIS CARBONELL PRADO, "MICROCONTROLADORES", 2011, CCEISEDU.
- 10.1.3 VICENTE RICO RAMIREZ, "LENGUAJES DE PROGRAMACION"
- 10.1.4 ABB "CUADERNOS DE APLICACIONES TECNICA N°6"
- 10.1.5 ANDRES DJORDJAINLAN, "MODELADO DE SISTEMAS EMBEBIDOS"
- 10.1.6 JOSE CARLOS LOPEZ ARENALES, "MOTORES ELECTRICOS"
- 10.1.7 EDGAR DEL AGUILA VELA, "ELECTRONICA INDUSTRIAL Y DE POTENCIA"
- 10.1.8 CUADERNO DE APLICACIONES TÉCNICAS N° 6 DE ABB
- 10.1.9 J. ROLDÁN VILORIA, 4ta EDICIÓN, "MOTORES ELÉCTRICOS ACCIONAMIENTO DE MÁQUINAS 30 TIPOS DE MOTORES"

### **10.2.0 REFERENCIA INFORMÁTICA**

- 10.2.1 [Motores.nichese.com/motor%20cc.htm](http://Motores.nichese.com/motor%20cc.htm)
- 10.2.2 [Monografias.com/trabajos82/motores-asincronicos/image009.png](http://Monografias.com/trabajos82/motores-asincronicos/image009.png)
- 10.2.3 [Microcontroladoresesv.files.wordpress.com/2012/12/tabla.jpg?w=630](http://Microcontroladoresesv.files.wordpress.com/2012/12/tabla.jpg?w=630)
- 10.2.4 <https://www.automatas.org/siemens/images/introd30.gif>
- 10.2.5 <https://sites.google.com/site/antejosyantinarices/motor-de-alterna?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>
- 10.2.6 <http://electrocirc.blogspot.pe/p/simulacion-de-arduino-en-proteus.html>
- 10.2.7 <http://tekzer.blogspot.com/2014/05/proteus-77-portable-compatible-con.html>
- 10.2.8 <https://st-elf.electronicafacil.net/tutoriales/155/NPN1.gif>
- 10.2.9 <https://st-elf.electronicafacil.net/tutoriales/155/NPN1.gif>
- 10.2.10 <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/el-transistor-mosfet>

- 10.2.11 <https://www.youtube.com/watch?v=bFMu4d-UgLw>
- 10.2.12 <http://batiz9.blogspot.pe/2014/06/programar-en-pic-c-compiler-ccs-pic-c.html>
- 10.2.13 <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F84A>
- 10.2.14 <https://sites.google.com/site/electronicsscience20/Micro/pic-asesembler/4-pic16f84a>
- 10.2.15 [https://es.wikiversity.org/wiki/Estructura\\_del\\_microcontrolador](https://es.wikiversity.org/wiki/Estructura_del_microcontrolador)
- 10.2.16 <https://www.inventable.eu/2013/03/27/062-programador-de-pics/>
- 10.2.17 [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59282013000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282013000300008)
  
- 10.2.18 [https://www.arduineando.com/tutoriales\\_arduino/](https://www.arduineando.com/tutoriales_arduino/)

# **CAPITULO 11**

## **ANEXOS**

**ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA "APLICACIÓN DE SISTEMAS EMBEBIDOS EN EL ARRANQUE DE UN MOTOR ELÉCTRICO DE CORRIENTE ALTERNA"**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGIA	
<p>El presente anteproyecto tiene la finalidad de optimizar el funcionamiento y consumo de las máquinas rotativas. En el estado del arte se han desarrollado sistemas de arranque de diversas lógicas, que según el avance de las épocas nos han ido heredando, con el paso del tiempo, incrementando del acervo del conocimiento científico en esta materia (motores eléctricos). Sin embargo, es posible plantear nuevos desarrollos en este ámbito tal como la propuesta en la presente investigación.</p> <p><b>1. Problema General</b></p> <p>Los métodos lógicos de programación convencionales y actuales empleados en los sistemas de arranques de los motores eléctricos responde a una lógica basada en la programación cableada y programada, la cual nos lleva a la siguiente interrogante:</p> <p>¿Es posible diseñar un sistema embebido de aplicación en el arranque de un motor de corriente alterna mediante una lógica de programación que se ajuste a lógica que maneje el operador electricista a nivel de circuitos de mando?</p> <p><b>2. Problemas Específicos</b></p> <p>Quedan determinadas en las siguientes prerrogativas:</p> <p>P1. ¿Qué métodos lógicos de programación utilizan los sistemas embebidos que se vinculan con el arranque de los motores eléctricos de corriente alterna?</p> <p>P2. ¿Es posible diseñar un sistema embebido de aplicación directa en el arranque de motores eléctricos de corriente alterna?</p> <p>P3. ¿Es posible implementar un sistema embebido de aplicación directa en el arranque de motores eléctricos de corriente alterna?</p> <p>P4. ¿De qué manera la puesta en prueba de nuestro diseño de prototipo del sistema embebido, puede incrementar el acervo de conocimiento en el ámbito de los sistemas de arranque de motores eléctricos de corriente alterna?</p>	<p>Los siguientes objetivos a nuestra propuesta:</p> <p><b>1. Objetivo General</b></p> <p>Diseñar un sistema embebido de aplicación en el arranque de un motor de corriente alterna mediante una lógica de programación que se ajuste a lógica que maneje al operador electricista a nivel de circuitos de mando.</p> <p><b>2. Objetivos Específicos</b></p> <p>01. Identificar los métodos lógicos de programación que utilizan los sistemas de arranque de los motores eléctricos en nuestro país.</p> <p>02. Diseñar un sistema embebido de aplicación en el arranque de un motor de corriente alterna.</p> <p>03. Implementar el sistema embebido para el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna.</p> <p>04. Someter a prueba el prototipo del sistema embebido para el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna.</p>	<p><b>1. Hipótesis General.</b></p> <p>Las hipótesis que definen el modo de la presente investigación expresadas en los términos siguientes:</p> <p><b>2. Hipótesis Específicas</b></p> <p>H1: Mediante la identificación de los métodos lógicos de programación que utilizan los sistemas de arranque de los motores eléctricos, será posible determinar la función lógica booleana en su mínima expresión.</p> <p>H2: Mediante el diseño de un sistema embebido será posible utilizar en el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna.</p> <p>H3: Mediante la implementación del sistema embebido de ensayo será posible llevar a cabo el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna.</p> <p>H4: Mediante la puesta en prueba del sistema embebido de ensayo será posible evidenciar que el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna, con mejores prestaciones de operación de la máquina.</p>	<p>Las variables que definen el modelo de la presente investigación quedan expresadas en los términos siguientes:</p> <p><b>1. Variables de la investigación</b></p> <p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>X: Sistemas embebidos</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>Y: Arranque de un motor eléctrico de corriente alterna.</p> <p><b>2. Operacionalización de variables</b></p> <p>Indicadores:</p> <p>X1: Microcontroladores X2: Programación gráfica de microcontroladores. X3: Construcción de un sistema embebido. X4: Interface de potencia</p> <p>Y1: Diagrama de mando Y2: Diagrama de fuerza Y3: Relación de corriente de arranque y nominal</p> <p>Por su naturaleza, todas las variables identificadas son del tipo cuantitativas.</p> <p>Por su dependencia, la variable X es independiente, y la variable Y es dependiente. Es decir: Y = f(x)</p>	<p><b>1.-Técnica de recolección de datos:</b></p> <p>Mediante la recolección de datos de los parámetros nominales de la máquina, se especificará nuestro diseño de fuerza.</p> <p>Mediante el diagrama de mando del tipo de arranque, programaremos nuestro diseño de mando.</p> <p>Mediante la información de la máquina, será posible estructurar el análisis del control del sistema de embebidos en base a los elementos de dispositivos de entrada y salida, lo cual impide la vinculación del diagrama de mando como proceso.</p> <p><b>2.-Técnica de evaluación de los resultados cuantitativos de los métodos con lógica convencional de arranques:</b></p> <p>Mediante la aplicación de esta técnica se contrastará y comparará el desempeño de nuestro diseño lógico y físico como sistemas embebidos.</p> <p><b>3.-Evaluación técnica y económica del proyecto:</b></p> <p>Mediante la evaluación técnica y económica demostraremos el aporte de nuestros sistemas de embebidos utilizado en el arranque de un motor de corriente alterna en comparación con los métodos convencionales existentes.</p>	<p><b>TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Se contrastarán los resultados de la presente investigación, frente a las técnicas convencionales.</p> <p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>Experimental-Aplicada</p> <p><b>Diseño de Investigación</b></p> <p>Experimental, prospectivo y longitudinal</p> <p><b>Prueba De Hipótesis:</b></p> <p>Para la obtención de resultados y la validación de la operatividad de nuestro diseño. Verificaremos el comportamiento de nuestra realidad de nuestro motor.</p> <p>Se utilizará para tal efecto instrumentos de laboratorio a nivel de hardware como software especializado como el MINITAB, entre otros.</p>	<p><b>METODO</b></p> <p><b>Población</b></p> <p>El desarrollo de la investigación y sus correspondientes procesos de diseño, implementación y puesta en prueba, se llevarán a cabo en los talleres de laboratorio de Ingeniería Eléctrica, con lo cual se harán las coordinaciones oportunas con las respectivas dependencias, para el uso de software de programación a nivel de hardware y firmware, simuladores implementación como el uso de los instrumentos de laboratorio. Nuestra posición objetiva corresponde a los microcontroladores con aplicación directa a motores de corriente alterna, monocéfala y trifásica.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Con buen criterio basado en la formulación especificada adjunta, nuestra muestra será nuestra población objetivo, y específicamente desarrollaremos un sistema de embebidos con aplicación diseñada al arranque de la máquina (motor) de corriente alterna. Asimismo decidimos usar como sistema embebido a los microcontroladores, pudiendo ser de tipo PIC y/o AVR</p> $n = \frac{N \cdot Z_{\alpha} \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$ <p>N=2 n=2 n=2 <math>0.05 \cdot 1.96 \cdot 0.05 \cdot 0.95 = 1.97</math></p>

**ANEXO 2: RESULTADOS OBTENIDOS PARA NUESTRO SISTEMA IMPLEMENTADO**

TOMA DE DATOS CON TRES VUELTAS						
TIEMPO (sg)	ARRANQUE CON ARDUINO		ARRANQUE CON PIC-AVR		ARRANQUE CONVENCIONAL	
	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)
1s	1,95	2,46	1,64	2,51	2,07	2,51
2s	1,62	2,44	1,65	2,51	2,04	2,53
3s	1,77	2,51	1,68	2,51	2,13	2,52
4s	1,67	2,46	1,67	2,49	2,02	2,48
5s	1,7	2,47	1,59	2,49	2,06	2,48
6s	1,67	2,46	1,78	2,51	2,06	2,49
7s	1,71	2,45	1,69	2,5	2,04	2,52
8s	1,81	2,47	1,64	2,49	1,97	2,48
9s	1,79	2,48	1,75	2,49	1,97	2,47
10s	1,79	2,48	1,79	2,52	1,94	2,49

DATOS TOMADOS DIVIDIDO ENTRE 3						
TIEMPO (sg)	ARRANQUE CON ARDUINO		ARRANQUE CON PIC-AVR		ARRANQUE CONVENCIONAL	
	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)	ESTRELLA (A)	TRIANGULO (A)
1s	0,65	0,82	0,55	0,84	0,69	0,84
2s	0,54	0,81	0,55	0,84	0,68	0,84
3s	0,59	0,84	0,56	0,84	0,71	0,84
4s	0,56	0,82	0,56	0,83	0,67	0,83
5s	0,57	0,82	0,53	0,83	0,69	0,83
6s	0,56	0,82	0,59	0,84	0,69	0,83
7s	0,57	0,82	0,56	0,83	0,68	0,84
8s	0,60	0,82	0,55	0,83	0,66	0,83
9s	0,60	0,83	0,58	0,83	0,66	0,82
10s	0,60	0,83	0,60	0,84	0,65	0,83

Datos obtenidos en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao