

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**IMPACTO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
DEBIDO A LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE
MOTORES DE EMBRAGUE A MOTORES CON
CONTROLADORES ELECTRÓNICOS EN EL SECTOR
MAQUILADO TEXTIL**

PRESENTADO POR:

CARLOS ALBERTO PINEDA CHAVARRÍA

HÉCTOR MAURICIO FUENTES CHICAS

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

MSc. CRISTÓBAL HERNAN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR:

ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título:

**IMPACTO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
DEBIDO A LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE
MOTORES DE EMBRAGUE A MOTORES CON
CONTROLADORES ELECTRÓNICOS EN EL SECTOR
MAQUILADO TEXTIL**

Presentado por:

CARLOS ALBERTO PINEDA CHAVARRÍA

HÉCTOR MAURICIO FUENTES CHICAS

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNÁNDEZ

SAN SALVADOR, ABRIL DE 2018

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

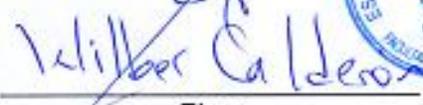
ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNÁNDEZ

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, miércoles 18 de abril de 2018, en la Sala de Maestrías de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 2:00 p.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Armando Martínez Calderón
Director


Firma

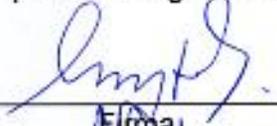

Firma



2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia
Secretario

Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNANDEZ
(Docente Asesor)


Firma

- MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS


Firma

- ING. JOSE MIGUEL HERNANDEZ


Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

IMPACTO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEBIDO A LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE MOTORES DE EMBRAGUE A MOTORES CON CONTROLADORES ELECTRÓNICOS EN EL SECTOR MAQUILADO TEXTIL

A cargo de los Bachilleres:

- PINEDA CHAVARRÍA CARLOS ALBERTO

- FUENTES CHICAS HÉCTOR MAURICIO

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 9.0

(Nueve punto Cero)

AGRADECIMIENTOS

De una manera muy especial agradezco a mi padre celestial por su mano poderosa en todo momento de este recorrido, quien me ayudó en medio de las adversidades, el sostuvo mis pies par no desmayar y me indicó que debía mantener mi mirada y mi confianza en El ¡Gracias Dios!

Le agradezco a mis padres: José Carlos Pineda y Zoila Esperanza Chavarría de Pineda, quienes me apoyaron en todo momento, en los instante de esta travesía donde me encontré con momentos maravillosos de conocimientos, como también momentos de adversidad, pero en todo momento ellos siempre creyeron en que podría llegar a este tiempo culminante de este peldaño. Mi madre quien con su amor y su fe firme me motivo a ser fuerte en cada instante. Mi padre quien creyó y depositó su confianza en mí y fue el quien me pidió que continuara desde el inicio y en todo este recorrido.

A mis abuelos Digna Delia Pineda, José María Parada con quienes pase toda mi infancia y adolescencia aprendiendo las cosas básicas de mi cimiento; ellos fallecieron cuando me encontraba recorriendo esta trayectoria pero ese tiempo que los tuve conmigo me infundieron principios y valores prácticos de perseverancia y dedicación en lo que ellos creyeron que podría lograr. A mis abuelos Nicolás Castro y Petrona Chavarría quienes fallecieron pero me dejaron un legado y mi admiración por su arduo trabajo.

A mi hermana Arely Pineda quien me ayudo en muchas áreas y siempre me motivo a continuar, ella me dio esperanza y creyó en este trabajo.

A mis tíos que siempre estuvieron ahí para apoyarme en todo, quienes me dieron de su apoyo en los momentos difíciles y me motivaron a continuar. De una manera especial a mi Tío Alfredo Chavarría y su familia, Modesto Chavarría y su familia, Israel Chavarría e hija, Elvira Pineda, Clelia Pineda y familia, Carmen Chavarría y familia, Consuelo Chavarría y familia, Matilde Chavarría y familia y también a mi tía Carmen Castro.

A mis primos quienes me inspiraron a luchar con los recursos existentes ya que Dios añadiría lo que hiciera falta y así las metas se cumplirían.

A las personas amigos, vecinos y hermanos en la fe en Jesucristo que durante este recorrido fueron pilares importantes de este éxito. De una manera especial a Mauricio Fuentes Chicas quien me ayudo a terminar este trabajo de graduación, a Alejandra Villanueva quien me inspiró a continuar y terminar este trabajo de graduación también a mi llamada “Madrina Mirna”; Mirna Consuelo Argueta quien desde pequeño me mostro su cariño, aprecio y me inspiro a ser valiente. ¡Gracias!

Carlos Alberto Pineda Chavarría

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Bertila Chicas Márquez gracias por tantos años de cuidado de estar ahí en los momentos difíciles y siempre brindarme una mano y apoyo cuando lo necesite en esas noches de desvelo en las cuales interrumpía su sueño para recordarme que tenía que dormir, gracias por todo no existe manera ni palabras para expresar la gratitud que siento, lo que hace y ha hecho por mi gracia y nada de esto sería posible sin usted mi querida mama.

A mi padre Luis Mauricio Fuentes Nunfio gracias por mostrarme la importancia de trabajar duro en esta vida y lo importante que es tener metas claras, gracias por brindar apoyo en momentos de duda siempre encontró las palabras adecuadas para motivarme por todas gracias.

A mis abuelos Héctor Fuentes y María Nunfio, gracias por todo lo que me enseñaron por cuidarme durante años y permitirme vivir con ustedes es una lástima que no puedan estar a mi lado, pero siempre estarán en mis recuerdos.

A mis familia y amigos gracias a todos los que en algún momento de este proceso me ayudaron tanto en estos años, a mi novia Karla Preza que tanto me apoyado en los últimos años, mis hermanos que de alguna manera siempre me ayudaron y a Carlos Alberto Pineda mi compañero de tesis que ha trabajado para lograr concluir este trabajo.

Gracias a todos no existe manera de pagar lo que han hecho.

Héctor Mauricio Fuentes Chicas

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente a las siguientes instituciones por su colaboración en nuestro trabajo de investigación: Cámara de la Industria Textil, Confección y Zonas Francas de El Salvador (CAMTEX), BANCO CENTRAL DE RESERVA (BCR), DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS (DIGESTYC), por brindar respuestas a las peticiones de información que solicitamos y que fueron de suma importancia en nuestra investigación.

Agradecemos especialmente a las siguientes personas por la gran colaboración brindada en nuestro trabajo de graduación: Gerardo Medrano Rodríguez, Carlos Humberto Villa, Ing. Luis Mauricio Nunfio, Luis Bolaños, Ing. Arturo Artiga, Robinson Hernández, Karla Eunice Preza, Héctor Machado, gracias por brindarnos alojamiento, permiso para entrar y realizar las mediciones en la fábrica, accesoria con la Máquinaria, facilitar el acceso a zonas francas y otro gran número de razones para agradecerles, gracias por todo y no sería posible culminar el día de hoy este trabajo sin su ayuda.

Manifestar nuestra gratitud para el Ing. Gerardo Marvin Jorge Hernández nuestro asesor, que nos guio durante este largo periodo de trabajo en el cual a brindado sus conocimientos en función lograr la mejor investigación posible. Agradecer al Ing. Armando Martínez Calderón por su asesoría para realizar las mediciones en los motores, y todos nuestros catedráticos que a lo largo de nuestra carrera han contribuido en nuestra formación profesional.

Carlos Alberto Pineda Chavarría, Héctor Mauricio Fuentes Chicas

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	X
OBJETIVOS	XI
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....	1
1.1 Descripción del tema.....	1
1.2 Alcances.....	2
1.3 Limitaciones.....	2
1.4 Antecedentes.....	2
1.5 Planteamiento del problema.....	3
1.6 Definiciones.....	4
CAPÍTULO 2: ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE MÁQUINAS EN FUNCIONAMIENTO ACTUALMENTE.	5
2.1 Historia de la maquila textil y confección en El Salvador.....	5
2.1.1 Evolución de la actividad económica del sector maquila en El Salvador.....	5
2.2 Evolución tecnológica en la maquila.....	8
2.2.1 Historia de la Máquinaria de corte y confección.....	8
2.3 Máquinaria operativa actual.....	10
2.3.1 Clasificación de máquinas de costura industrial.....	10
2.3.1.1 Clasificación según el tipo de mecanismo de funcionamiento de la máquina.....	10
2.3.1.2 Clasificación según el tipo de cama.....	11
2.3.1.3 Clasificación según el tipo de Gancho.....	13
2.3.1.4 Clasificación según el tipo de alimentación o tela a coser.....	13
2.3.1.5 Clasificación según el tipo de cangrejo.....	13
2.3.1.6 Clasificación según el tipo de puntada.....	13
2.3.2 Máquinas mecánicas.....	14
2.3.2.1 Máquina recta industrial.....	14
2.3.2.2 Máquina Overlock.....	14
2.3.2.3 Máquina de collarete.....	15
2.3.2.4 Máquina Botonadora.....	16
2.3.2.5 Máquina de Ojal.....	16
2.3.2.6 Máquina Resortera.....	17
2.3.2.7 Máquina Presilladora.....	17
2.3.2.8 Máquina cerradora de codo.....	18
2.3.2.9 Máquina zig-zag normal.....	19
2.3.2.10 Máquina de coser Zigzag 3 pasos.....	19
2.3.2.11 Máquina de coser recta 2 agujas.....	20
2.3.2.12 Máquina de Poste 1 aguja.....	20
2.3.3 Máquinas electromecánicas.....	21
2.3.3.1 Máquina recta industrial con panel numérico.....	21
2.3.3.2 Máquina recta industrial de 2 agujas con panel numérico.....	22
2.3.3.3 Máquina de ojal con panel numérico.....	22
2.3.4 Máquinas Automatas.....	23
2.3.4.1 Máquina Bordadora.....	23

2.3.5	Máquinas de coser neumáticas	23
2.4	Características de la Máquina Overlock.....	25
2.4.1	Diferencias entre número de hilos en la costura.	27
2.5	Estimación del número de máquinas en funcionamiento actualmente.....	29
CAPÍTULO 3: PRUEBA DE LABORATORIO DE MÁQUINA OVERLOCK.....		32
3.1	Evolución del motor eléctrico en la industria.....	32
3.1.1	Tipos de motores en la industria.	32
3.1.2	Clasificación de los motores eléctricos en la industria.	33
3.1.3	Servomotor en la industria.....	35
3.1.4	Servomotores Brushless.....	35
3.1.4.1	Estructura de Servomotor Brushless y funcionamiento Principios.	36
3.2	Diseño de laboratorio para pruebas en los motores.....	40
3.2.1	Pruebas de laboratorio al motor de embrague.....	41
3.2.1.1	Prueba de motor para Potencia demandado por Máquina Overlock.	41
3.2.1.2	Ensayo de Torque a corriente nominal.....	42
3.2.2	Pruebas de laboratorio al motor con control electrónico.	45
3.3	Comparación de las dos tecnologías.	46
3.4	Análisis de eficiencia energética de la Máquina Overlock.....	47
CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN FÁBRICA MODELO.....		50
4.1	Descripción técnica de fábrica modelo.	50
4.2	Análisis energético de línea de producción con máquinas Overlock con motores de control electrónico.....	56
4.2.1	Medición de potencia (W) Línea de producción L1-L4.....	57
4.2.2	Medición de Energía (kW-h) Línea de producción L1-L4	58
4.2.3	Medición de THDV (%) Línea de producción L1-L4	59
4.3	Análisis energético en línea de producción con máquinas Overlock con motores de embrague.....	61
4.3.1	Medición de potencia (W) Línea de producción L5-L8.....	62
4.3.2	Medición de Energía (kW-h) Línea de producción L5-L8	63
4.3.3	Medición de THD (%) Línea de producción L5-L8	64
4.4	Análisis comparativo de resultados obtenidos.	66
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE CAMBIO DE TECNOLOGÍA.....		69
5.1	Impacto en el consumo energético en El Salvador.....	69
5.1.1	Situación energética del país.....	69
5.1.2	Ahorro energético por cambio de tecnología.....	70
5.2	Análisis económico.....	70
5.2.1	Comparación de costo de operación de ambas tecnologías.	70
5.2.2	Ahorro energético en Fabrica Modelo.....	71
5.2.3	Ejemplo de factibilidad de cambio de tecnología.	71
CONCLUSIONES		73
RECOMENDACIONES		75
BIBLIOGRAFÍA		75
ANEXOS		77

ANEXO A: Exportaciones en el sector maquila para los años 2013 a 2016.....	77
ANEXO B: Instalación eléctrica en fábrica modelo	80
ANEXO C: Mediciones en fábrica modelo.....	87
C-1: Resultados de Mediciones en líneas de producción L1 a L4.....	87
C-2: Resultados de Mediciones en líneas de producción L5 a L8.....	106
ANEXO D: Clasificación de motores según su aplicación.	130
ANEXO E: Consumo de corriente en vacío para motores trifásicos Corriente Alterna.....	133
ANEXO F: Descripción general del THDI y THDV	135
ANEXO G: Principales Fabricantes de máquinas Overlock	139
ANEXO H: Fotografías de las instalaciones eléctricas de la fábrica donde se realizó las mediciones del presente trabajo de graduación	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Máquina de Thomas Saint	9
Figura 2: Máquina de cama plana	11
Figura 3: Máquina de cama cilíndrica	11
Figura 4: Máquina de cama de poste.....	12
Figura 5: Máquina cama de codo	12
Figura 6: Máquina recta Industrial	14
Figura 7: Máquina Overlock	14
Figura 8: Máquina de collarete.....	15
Figura 9: Máquina Botonadora	16
Figura 10: Máquina de Ojal	16
Figura 11: Máquina resortera	17
Figura 12: Máquina presilladora	17
Figura 13: Máquina cerradora de codo o rueda invisible	18
Figura 14: Máquina zig-zag normal	19
Figura 15: Máquina de coser Zigzag 3 pasos	19
Figura 16: Máquina recta industrial con panel numérico	21
Figura 17: Máquina recta industrial de 2 agujas con panel numérico	22
Figura 18: Máquina de ojal con panel numérico	22
Figura 19: Máquina bordadora	23
Figura 20: Máquinas de coser neumáticas.....	24
Figura 21: Partes de la Máquina Overlock	26
Figura 22: Costura de 2 hilos con Máquina Overlock.....	27
Figura 23: Costura de 3 hilos.	28
Figura 24: Costura de Máquina Overlock de 4 hilos.....	28
Figura 25: Costura de Máquina Overlock de 5 hilos.....	29
Figura 26: Estructura del motor Brushless	36
Figura 27: circuito de accionamiento del Motor Brushless	36
Figura 28: Accionamiento por circuito de fuerza con transistores en motor Brushless	37
Figura 29: Secuencia de activación individual de cada transistor en motores Bushless.....	37
Figura 30: Configuración de circuito de accionamiento de motor Brushless	38
Figura 31: Motor de embrague.....	40
Figura 32: Motor con control electrónico (Servomotor)	40
Figura 33: Medición de torque del motor de embrague mediante principios del freno de Prony.....	43
Figura 34: Diagrama de cuerpo libre del modelo de freno de Prony.....	43
Figura 35: Consumo energético mensual de motor de Clutch y Servomotor en una Máquina Overlock	49
Figura 36: Diagrama unifilar hasta interruptor de transferencias Fábrica modelo.	50
Figura 37: Tablero desde la línea 1 a 4.....	51
Figura 38: Electro-rail-ERS100 y conector Enchufe estacionario sin fusible y caja de empalme ERS-53P.	52
Figura 39: Tablero alimentador de línea 5 a 8.....	52
Figura 40: Potencia promedio demanda por la fábrica	53

Figura 41: Curva de energía de un día de Operacion.	54
Figura 42: Comportamiento de las corrientes por fase en el Main principal.	54
Figura 43: Valor de THD-V del Main.	55
Figura 44: Valor de THD-I del Main.	55
Figura 45: Medición de potencia (W) Línea de producción L1-L4.	57
Figura 46: Medición de Energía (kW-h) Línea de producción L1-L4	58
Figura 47: Distorsión Armónica Total de Tensión (THDV) Línea de producción L1-L4	59
Figura 48: Distorsión Armónica Total de Corriente (THDI) Línea de producción L1-L4.	60
Figura 49: Medición de potencia (W) Línea de producción L5-L8.	62
Figura 50: Medición de Energía (kW-h) Línea de producción L5-L8	63
Figura 51: Distorsión Armónica Total de Tensión (THDV) Línea de producción L5-L8	64
Figura 52: Distorsión Armónica Total de Corriente (THDI) Línea de producción L5-L8.	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Zonas Francas, ubicadas en departamentos del país	7
Tabla 2: Características de Máquina recta Industrial	14
Tabla 3: Características de Máquina Overlock	15
Tabla 4: Característica de máquina de collarete	15
Tabla 5: Características Máquina Botonadora	16
Tabla 6: Características de máquina de Ojal	16
Tabla 7: Características de Máquina resortera	17
Tabla 8: Características de Máquina presilladora.....	18
Tabla 9: Características de Máquina cerradora de codo.....	18
Tabla 10: Características de Máquina zig-zag normal	19
Tabla 11: Características de Máquina zig-zag 3 pasos.....	19
Tabla 12: Características de Máquina de coser recta 2 agujas	20
Tabla 13: Características de Máquina de Poste 1 aguja	20
Tabla 14: Características de Máquina recta industrial con panel numérico	21
Tabla 15: Características de Mecanica-Electronica.....	22
Tabla 16: Características de Máquina bordadora	23
Tabla 17: Personal-Labor que desempeña dentro de la fábrica maquilera	29
Tabla 18: Personal-Labor que desempeña dentro de la fábrica maquilera	30
Tabla 19: Numero de Máquinas utilizando la CLAEES 4.0 según la clasificación de producto que fabrica.....	31
Tabla 20: Máquinas Ranas totales en la Grande y Mediana empresa	31
Tabla 21: Estandarización de motores eléctricos según (NEMA).....	33
Tabla 22: Resultados de ensayo de motor para potencia de Máquina Overlock con motor de inducción	41
Tabla 23: Resultados de ensayo de Torque a corriente nominal para motor de inducción.....	45
Tabla 24: Resultados de ensayo para potencia de Máquina Overlock con motor con controlador electrónico.....	45
Tabla 25: Resultados de ensayo de Torque para motor con controlador electrónicos.....	46
Tabla 26: Comparación de características tecnológicas.....	47
Tabla 27: Cantidad de máquinas y tipos de motores Líneas de producción L1 a L4	56
Tabla 28: Cantidad de máquinas y tipos de motores Líneas de producción L5 a L8	61
Tabla 29: Resumen de resultados de las mediciones a las líneas de producción L1-L4 y L5-L8	66
Tabla 30: Calculo con resultados del capítulo 3 para comparar resultados de las mediciones a las líneas de producción L1-L4 y L5-L8.....	67
Tabla 31: Calculo de ahorro de energía de fábrica modelo referente a 73 motores de inducción sustituidos.....	68
Tabla 32: Comparación de costos y ahorro diario, mensual y anual de cada tecnología de motores. ...	70
Tabla 33: Comparación de costos y ahorro diario, mensual y anual del grupo de motores sustituidos en fábrica modelo.....	71
Tabla 34: Recuperación de la Inversión Diez años plazo.....	72

INTRODUCCIÓN

El Impacto en la eficiencia energética debido a la innovación tecnológica de motores de embrague a motores con controladores electrónicos en el sector industrial maquilado textil de El Salvador. Actualmente no solo en el País sino también en el mundo entero se busca mejoras en la eficiencia de los equipos y herramientas no solo eléctricas con el fin de contribuir en lo menos posible con la problemática del calentamiento global.

Es difícil en la industria realizar cambios de equipos ya existentes ya que causan inconvenientes económicos y operativos, esto no deja de lado casos puntuales como los motores eléctricos que representan el mayor consumo dentro de la industria siendo una alternativa para mejorar la eficiencia de estos equipos. En la maquila de El Salvador opera un número considerable de Máquinas Overlock funcionando con motores de embrague con diseño de tecnología de la década de los 80's que evaluaban un panorama diferente a la actual.

La comparativa entre un motor de embrague y un Motor con controlador electrónico (Servomotor) es que actualmente cada vez es más común observar mejoramientos en los procesos de diseño y construcción, el crecimiento de la oferta, el crecimiento de la electrónica logrando así igualar y superar el rendimiento de los motores antiguos.

La maquila tomada como referencia en este documento cuenta con un porcentaje considerable de reemplazo de motores antiguos a servomotores, las líneas de producción con mayor número de servomotores experimentan una disminución de energía considerable en relación con las líneas que tienen un porcentaje menor, esto dentro de las Máquinas Overlock pero que también se podría reemplazar motores en Máquina como: planas, Ruedo invisible que en algunos casos funcionan con motores de embrague.

Desde el punto de vista económico para la industria puede representar una inversión considerablemente grande más sin embargo el rendimiento de los Servomotores es muy superior a su predecesor, los tiempos de recuperación de la inversión son muy cortos tomando en cuenta también que es auto financiados por el ahorro energético que producen. A largo plazo los beneficios sobrepasan la inversión inicial considerablemente, lo que muestra una alternativa real al cambio generacional en este sector productivo de este país.

OBJETIVOS

GENERAL:

- ✓ Analizar el impacto en el sector industrial maquilador textil de El Salvador desde el punto de vista de eficiencia energética por el cambio de motores de inducción a Servomotores en las máquinas Overlock (Rana).

ESPECIFICOS:

- ✓ Estimar el número de máquinas Overlock (Rana) que están trabajando en el país.
- ✓ Realizar pruebas de laboratorio que comparen ambas tecnologías en un ambiente controlado.
- ✓ Realizar mediciones de campo de los motores actuales y los nuevos para determinar el impacto real en la industria.
- ✓ Determinar si existe una mejora en términos de eficiencia energética por el cambio de motores en las Máquinas Overlock (Rana) en El Salvador.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 Descripción del tema

La industria maquilado textil (maquila) de El Salvador se caracteriza por ser un sector de los que menos inversión realiza en innovaciones tecnológicas que mejoren su productividad, ya que es fácil encontrar plantas maquileras con Máquinaria de más de 25 años de antigüedad aun operando.

Una de las máquinas de costura más usadas en la industria es la Máquina Overlock, conocida como “Máquina Rana o Over” junto a la Máquina llamada “Plana”; Máquinas que son las más utilizadas, la gran mayoría de las maquilas que operan actualmente en El Salvador rondan los 10 a 25 años de edad, estas máquinas están compuestas de dos elementos principales: El motor de inducción trifásico de medio hp y el sistemas mecánico que realiza la costura. Todo conectado por una faja que transmite la potencia mecánica generada por el motor al eje de la máquina para realizar la costura, muy importante resaltar que el motor se encuentra separado por un embrague que conecta la polea para poner en marcha la máquina. Es imposible dejar de lado una de las características del motor de inducción que es su elevada demanda de potencia para realizar el arranque (ver Anexo E), al combinar esto con los tiempos de costura de los operarios que se especifica en la Sección 3.2.1 lleva a los diseñadores a optar por mantener el motor en permanente estado de operación alternando entre vacío(sin trasferencias de potencias a la polea) y carga (con transferencia de potencia ala polea) claro que un motor en vacío es un desperdicio de potencia, por lo que la evolución de la industria siempre ha tratado de evitar este tipo de mal uso de la energía disponible con la aparición del inversor, variadores de velocidad y los llamados Servomotores. Precisamente un servomotor (Motor Brushless) será objeto de estudio en la investigación realizando una comparación de rendimiento con el motor tradicional que la Máquina utiliza, cabe resaltar que en capítulos posteriores (3,4) se analiza a profundidad las características que presenta dentro las cuales destaca contar; con una potencia de 3/4 de hp, una tensión nominal de funcionamiento de 220 V monofásicos. Este es uno de los grandes puntos en diferencias entre los dos motores además de su peso y tamaño varía considerablemente. Sin dejar de lado el impacto de THD de tensión y corriente (ver Anexo F) en la red eléctrica.

El trabajo consiste en realizar una medición de laboratorio para la Máquina Overlock usando los dos motores y también realizar pruebas a cada uno de los motores para determinar en condiciones controladas cuál es su eficiencia energética. En particular la Máquina Rana es una de las más usadas en el sector maquila; su uso varía en aplicaciones que van desde la fabricación de pantalones, camisas tipo polo, calcetines etc. Por lo cual otro objetivo de la investigación es realizar una estimación del número de unidades de esta máquina que actualmente opera en las fábricas de nuestro país, con el fin analizar si esto no solo sería beneficios para la industria maquilera sino también un impacto mayor en la demanda de energía eléctrica nacional.

1.2 Alcances

- ✓ Identificar la cantidad de máquinas Overlock (Rana) que se utilizan en las principales industrias actualmente en El Salvador.
- ✓ Realizar mediciones de laboratorio a una Máquina Overlock particular para comparar la Máquinaria actual con la misma versión pero que actualmente cuenta con un motor con controlador electrónico.
- ✓ Realizar mediciones de campo a una fábrica modelo para comparar la Máquinaria actual con la misma versión pero que actualmente cuenta con un motor con controlador electrónico.

1.3 Limitaciones

- ✓ Por la falta de información técnica existente de todas las fábricas del sector maquila textil fue necesario estimar la cantidad, el tiempo de vida útil de los motores de máquinas Overlock.
- ✓ Debido a imposiciones contractuales de las fábricas no es posible mencionar sus nombres y sus productos que elaboran.
- ✓ Por la ausencia de equipamiento de medición de torque se optó por construir un equipo de medición alternativo basado en el freno de Prony.
- ✓ Debido al alto costo de alquiler del equipo de medición se optó por medir únicamente siete días por tablero y un día por tablero principal y no los quince días que se recomienda idealmente.

1.4 Antecedentes

El sector maquilero en El Salvador dedicado a la actividad económica de textil y de confección género en los años 2016 a 2017 una de las principales fuentes de divisas para el país. Para los años 2013 a 2016 las exportaciones en la maquila rondaron entre US \$1,112 millones equivalente a 20.6% del total exportado por El Salvador para esos años. El Salvador ha logrado posicionarse dentro de los principales proveedores en la industria Textil y Confección para Estados Unidos, compitiendo con grandes países Asiáticos, los cuales cuentan con grandes ventajas en cuanto a infraestructura, tecnología, innovación, costo de mano de obra y capacidad de producción.

En años anteriores no se ha incentivado al sector maquilero a invertir en innovación tecnológica más eficiente para lograr ser más competitivo ante los países Asiáticos y a la vez contribuir en la reducción de los altos precios de la energía eléctrica la cual por la alta demanda depende de fuentes térmicas de generadoras eléctricas no renovables.

1.5 Planteamiento del problema

En El Salvador no existen muchos estudios dirigidos al sector maquilado textil (maquilas) enfocados a mejorar la eficiencia energética. Las tendencias mundiales de ahorro energético enfocadas en cuidar el planeta y en reducir el impacto en el cambio climático debido al consumo energético; la industria es el sector que más energía eléctrica consume en el mundo y El Salvador no es la excepción y son los motores eléctricos los que más contribuyen, por lo cual la importancia de sumar esfuerzos en mejorar la eficiencia de ellos en los procesos de producción. En los últimos años las nuevas tendencias tecnológicas están cada vez comprometidas con optimización de los recursos energéticos un ejemplo son las unidades inverter que se utilizan en los sistemas de enfriamiento como refrigeradoras, aire acondicionado, etc. Sistemas que convierten un sistema de corriente alterna a corriente directa para luego ser convertido a corriente alterna con diferente valor de frecuencia logrando así, que el compresor trabaje con velocidad constante, todo esto gracias a la evolución en los sistemas electrónicos que cada vez son utilizados en la industria (variador de frecuencia, arrancador suave, Servomotor). En El Salvador la maquila es uno de los sectores industriales que más desfase tecnológico tiene. Las Máquinas Ranas tienen en algunos casos cerca de 25 años de funcionamiento con mantenimiento y reciclaje de Máquinaria que en países como China están a la vanguardia. Es posible que estas máquinas continúen en funcionamiento sin mencionar que es uno con menos inversión tecnológica. El motor que en esta máquina en particular es el único dispositivo eléctrico con el 100% del consumo eléctrico es debido a este dispositivo a esto sumar que este motor trabaja periodos en vacío por lo cual de los principios de operación del motor (ver Anexo E) el 40% de la potencia total que demanda un motor de inducción es para establecer su campo magnético que le permita la rotación, para la Máquina Rana es fácil determinar que no es eficiente tener este motor conectado en vacío, La máquina Rana es quizás la más utilizada por la maquila por lo cual es necesario realizar un estudio dirigido a esta máquina en particular y a nuevas tecnologías como las antes mencionadas teniendo en cuenta todos los aspectos relacionados a un estudio de eficiencia energética.

1.6 Definiciones

Sector maquilado textil: Enmarca al sector dedicado a la fabricación de hilos, telas, etc. pero en este documento más enfocado al corte y confección de prendas de vestir mayormente para la exportación de dichos productos desde El Salvador.

CLAEES 4.0: Clasificación de Actividades Económicas de El Salvador Rev. 4.0, Documento manejado por el Ministerio de Economía y otras instituciones como DIGESTYC en el cual se maneja la Lista de empresas registradas en El Salvador, Actividad económica que realiza y cantidad de personal que cuenta.

Máquina Overlock: Tipo de Máquina costura que realiza costura sobre el borde de una o dos piezas de tela para definir el borde o encapsularlo, o bien para unir las dos piezas.

Motor de embrague: Motor de inducción formado por un dispositivo de embrague para la conexión mecánica de su eje con la polea o volante la Máquina Overlock.

Motor con controlador electrónico: Servomotor con controlador electrónico para la programación de velocidad y torque.

Servomotores Brushless: Tecnología de Servomotor de tipo de motor síncrono de Imán permanente controlada con un controlador electrónico.

NEMA: La National Electrical Manufacturers Association, es una organización de normalización en Washington, EE.UU, que publica una serie de estándares técnicos.

Freno de Prony: Es un sistema dinamométrico, utilizado para medir el par de giro de los motores a partir del siglo XIX utilizado en este trabajo como alternativa de medición de Torque ante variaciones de velocidad.

Línea de producción: Es un conjunto de operaciones secuenciales en una fábrica de corte y confección por medio de personal que se ponen a través de un proceso para producir un producto final.

Tiempo de operación: Tiempo consumido por los operarios de máquinas Overlock en efectuar la operación de costura. En los cálculos de este documento se considera un tiempo de operación diario de 1.5 horas diarias por Máquina funcionando en una Línea de producción, con metas de hasta 400 prendas de vestir elaboradas diariamente.

Tiempo de espera: Tiempo que está la prenda en preparación hasta que comienza la operación de la siguiente costura. En los cálculos de este documento se considera un tiempo de espera diario de 5.5 horas por Máquina Overlock funcionando en una Línea de producción, con metas de hasta 400 prendas de vestir elaboradas diariamente.

CAPÍTULO 2: Estimación del número de máquinas en funcionamiento actualmente.

2.1 Historia de la maquila textil y confección en El Salvador.

2.1.1 Evolución de la actividad económica del sector maquila en El Salvador.

La actividad económica en El Salvador del sector maquila estuvo marcado en los años 70's y así simultáneamente en Centroamérica y el Caribe en esta época se dieron algunos acontecimientos que propiciaron la creación de Zonas francas de exportación en el país. La dependencia del mercado de exportación de productos primarios como el café y caña de azúcar presentaron inestabilidad en el mercado externo y esto fue lo que dio origen a una nueva estrategia de marco legal e institucional a través de políticas públicas que buscaban promover exportación de productos no tradicionales del País.

La cooperación de los Estados Unidos en estos años¹ impulso el inicio de las exportaciones de productos manufacturados para que esta región pudiera insertarse en el mercado mundial, para lograr esto se involucraron los gobiernos de los países de la región centroamericana y con ayuda de la ROCAP se crearon en 1973 en Guatemala la zona franca GUATEXPRO, durante 1974 surgen las zonas francas en Costa Rica y El Salvador y en 1976 nace en Puerto Cortés la zona libre de Honduras. El fin de esta cooperación era la creación de nuevos empleos en las zonas Urbanas para que esto permitiera reducir efectos negativos del modelo de industrialización de productos tradicionales ya que en la década de los 60's surgió el Modelo de Industrialización por Sustitución de Importaciones el cual buscaba impulsar la industria manufacturera al transferir recursos del sector exportador tradicional al manufacturero y, éste apoyado por el Mercado Común Centroamericano(MERCOMUN), como segunda objetivo el desarrollo de la industria regional sin embargo, dicho proceso integracionista se debilitó al retirarse Honduras y por la aplicación de barreras no arancelarias por Costa Rica.

Un último acontecimiento fue la reestructuración de la industria norteamericana de textiles y confección que se vio golpeada por la competencia de precios bajos en producto Asiáticos, en base a este objetivo se planteó políticas que protegieran la incidencia de la competencia Asiático por medio de restricciones para producto Asiático incrementando cuotas de

¹ EE.UU pretendía un desarrollo en la región centroamericana para disminuir las guerras civiles en esta época la región contó con fondos para proyectos de desarrollo y mejoras de acceso, iniciando así la construcción de parques industriales donde participo la Oficina Regional para América Central (ROCAP), apoyado por la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID)

importación y Aranceles, a la vez, reformas en las políticas internas a la región que permitiera a las Fábricas Estadunidenses ser más competitivas².

En El Salvador estos acontecimientos que dieron lugar al inicio de la industria maquiladora tuvieron lugar durante el periodo del presidente Arturo Armando Molina y fueron impulsados en los años 1973-1977 en el Plan de Desarrollo Económico y Social. El 25 de Octubre de 1974 Fue creada la primera Zona Franca, denominada Zona Franca San Bartolo ubicada en Ilopango.

La decadencia de desarrollo industrial del modelo de sustitución de importaciones con la disminución de importaciones en el Mercado Común Centroamericano obligo a estas nuevas políticas económicas con el fin de fomentar un tipo de industria que tuviera como fin las operaciones extra regionales de aquellas relaciones comerciales exteriores fueran más abiertas.

Dentro de los esfuerzos realizados en el país se encuentran una gamma de incentivos internos como: la adopción de medidas cambiarias, seguridad, beneficios fiscales, y así una primera ley de fomento de exportaciones la cual se buscara desarrollar productos industriales artesanales y agropecuarios no tradicionales fuera del mercado común centroamericano como medio de utilización de la mano de obra y fuente de ingresos.

En 1974 se creó una ley la cual se pretendía crear fuentes de financiamientos para la exportación. Las empresas que gracias a esta ley se instalaron a inicios de los 70's presentaron dificultades a finales de estos años y a inicios de los 80's. La causa de estas dificultades fue por la dependencia de materia prima importada, la falta de tecnología apropiada y una guerra civil que se vivía en el territorio, fue estos acontecimientos que agudizaron la actividad económica maquilera llevando así a algunas empresas a emigrar a otros países.

Otra ley fue promulgada en el año 1986 la cual pretendía agilizar y facilitar los trámites administrativos, que se refieren a exportaciones centralizando en el Centro de Trámites de Exportaciones (CENTREX).

En la década de los noventa se inició una serie de reformas legales e institucionales que junto a la Firma de los Acuerdos de Paz en Enero de 1992 generaron la llegada de inversionistas extranjeros al país, quienes se instalaron en las diferentes Zonas Francas que en esa época existían. Una de las reformas que se creó fue la Ley de Reactivación de las Exportaciones, con el fin de lograr exportación de bienes y servicios fuera de la región Centroamericana, dando así facilidades a los exportadores en la utilización de los recursos en los cuales el país tenía ventaja; así también estableció formas para la utilización adecuada de los recursos y poder con esto lograr el desarrollo económico, y la promoción del bienestar social de los habitantes.

² CEPAL "La inversión extranjera directa en América Latina y El Caribe, 1999"

En el año 1998 se reguló el funcionamiento de Zonas Francas con la Ley de Zonas Francas Industriales y de Comercialización con la cual, así como los beneficios y responsabilidades de los titulares de las empresas que desarrollaran, administraran o usaran las mismas, y dada la importancia de la Zona Franca en la generación de empleo productivo y generación de divisas, generando competitividad entre ellas.

Según el Portal global de conocimiento empresarial que conecta a profesionales de negocios internacionales(globalEDDGE) el año 2006 entro en vigencia El Tratado de Libre Comercio de América Central (CAFTA)³, que es una expansión del TLCAN a 5 países Centroamericanos y la República Dominicana , entra en vigencia. Siendo este una política que beneficiaba a la Industria textilera y confección pero siempre la exposición de beneficios al mercado Asiático.

El sector textil y confección ha constituido una de las principales fuentes de divisas para el país. Para los años 2013 a 2016 las exportaciones en la maquila rondaron entre US \$1,112 millones⁴ equivalente a 20.6% del total exportado por El Salvador para esos años. El Salvador ha logrado posicionarse dentro de los principales proveedores en la industria Textil y Confección para Estados Unidos, compitiendo con grandes países Asiáticos, los cuales cuentan con grandes ventajas en cuanto a infraestructura, tecnología, innovación, costo de mano de obra y capacidad de producción. Actualmente, en nuestro país existen 17 Zonas Francas, ubicadas en 6 departamentos del país.

ZONA FRANCA		UBICACION
1	Exportsalva	Lourdes Colón, La Libertad
2	American Park	Ciudad Arce, La Libertad
3	Pipil	San Juan Opico, La Libertad
4	Sam-Li	San Juan Opico, La Libertad
5	Santa Tecla	Santa Tecla, La Libertad
6	San José	Zaragoza, La Libertad
7	Miramar	Olocuilta, La Paz
8	Internacional	Olocuilta, La Paz
9	El Pedregal	La Paz
10	Santo Tomás	La Paz
11	San Bartolo	Ilopango, San Salvador
12	San Marcos	San Salvador
13	Concordia	Jiquilisco, Usulután
14	Zona Franca 10	Chalchuapa, Santa Ana
15	Zona Franca Santa Ana	Santa Ana
16	Las Mercedes	Santa Ana
17	Zona Franca Calvo C	La Unión

Fuente: CAMTEX

Tabla 1: Zonas Francas, ubicadas en departamentos del país

³ <https://globaledge.msu.edu/countries/el-salvador/history>

⁴ <http://www.bcr.gob.sv>, ver Anexo A, Tabla A1.

Según datos de la Cámara de la Industria Textil y Confección (CAMTEX) las zonas francas albergan a más de 200 empresas de diversos rubros: textil, confección, centros de distribución, centros de contacto, agroindustria, agropecuario, electrónica y metalmeccánica.

De 1990 a 2014 el país escaló 18 posiciones, de la 24 a la 6 como proveedor de prendas que se clasifican en el capítulo 61 del Sistema Arancelario Centroamericano (SAC), que es el principal capítulo de exportaciones de los Estados Unidos, principal país de destino del Sector.

En 2017 las reformas para facilitar el desarrollo de negocios en los países de la región presentan un estancamiento; en el Ranking de 190 países para 2017 el Doing Business posiciona a Costa Rica en la mejor posición a nivel regional con el puesto 62, en el caso de El Salvador en la posición 95, Honduras en la 105 y Nicaragua en el lugar 127. En 2017 todos los países de la región perdieron posiciones en el ranking, esto abonado a que ningún país de la región se encuentra entre las primeras 50 principales posiciones.⁵

Es evidente que el sector de Corte y confección de la Maquila en El Salvador necesita Máquinaria eléctricamente eficiente y de tecnología disponible en la actualidad para poder ser competitiva y poder manejar mayor volumen de producción en sus instalaciones.

2.2 Evolución tecnológica en la maquila.

La combinación de mano de Obra, herramienta y Máquinaria de confección es el motor que impulsa el funcionamiento de las maquilas a nivel industrial. En una fábrica la Máquinaria de corte y confección indispensables son: Cortadora, Overlock, Bordadora, Máquinas cíclicas y especiales, Dobladilladora, Ojaladora, Botonadura, Presilladoras, Bordador.

2.2.1 Historia de la Máquinaria de corte y confección.

En el año 1700 las costuras de las prendas de vestir (Pantalones Camisas y vestido) eran confeccionadas a mano y también las costuras de zapatos, lo cual hacía que la producción de confección fuese lenta. La primer Máquina de coser fue diseñada y patentada en 1790 por el inventor Británico Tomas Saint con una máquina que estaba diseñada para coser piel y telas; usaba un hilo y formaba una puntada de cadeneta.

⁵ Fuente Centro de Estudios para la Integración Económica (SIECA) con datos del WEF 2017

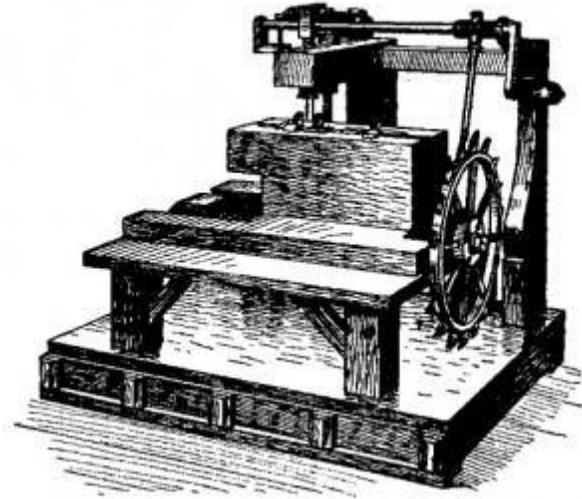


Figura 1: Máquina de Thomas Saint

Aunque en años anteriores en Londres ya se había patentado la primera aguja utilizada para un tipo de costura rustica mecanizada por el Aleman Charles Weisenthal.

En 1830, el sastre Francés Barthelemy Thimonnier fue el primero en construir máquinas prácticas de costura para solucionar la pronta confección de los uniformes del ejército Francés fue el primero en construir máquinas y a él se le atribuye el origen de las máquinas de bordar.

Aunque Estados unidos en 1844 Elias Howe completo su primer prototipo de máquina de coser domestica con su objetivo de poder ser usada por todo el público. Su patente no fue respetada y muchos fabricantes se adueñaron de su diseño incluyendo la marca Singer.

Pero fue mejorada por Isaac Merrit Singer tras ver el potencial económico que había en esta máquina inventada por Howe. En 1861 Singer vendía muchas máquinas y convirtiéndose así en la primera empresa multinacional. Después de esta máquina se reprodujeron en el mercado muchas marcas más de este tipo de máquinas.⁶

⁶ www.mundocosturas.es/maquinas-de-coser/las-maquinas-de-coser-antiguas/

2.3 Máquinaria operativa actual.

Con la Revolución Industrial quedaron atrás las operaciones manuales y el proceso empezó a mecanizarse y la máquina de coser llegó a El Salvador, para facilitar el oficio de la confección, surgiendo algunos sastres dedicados a la confección de ropa masculina y las modistas costureras para la confección de ropa femenina.

La industria inició como pequeños talleres y tiendas donde se confeccionaban prendas de vestir para mujer, por lo que fue incrementando la demanda y dejaron de ser una micro empresa familiar a un campo en el que se pretendía satisfacer las necesidades de las amas de casa, lo cual hizo que máquinas de coser de pedal se convirtieron en máquinas industriales.⁷ Más robustas con más tiempo de vida y mejor calidad de costura.

2.3.1 Clasificación de máquinas de costura industrial.

2.3.1.1 Clasificación según el tipo de mecanismo de funcionamiento de la máquina.

Pueden ser Mecánicas, Electromecánicas, Neumáticas y Automatas.

- Máquinas mecánicas: *Son máquinas accionadas por un motor eléctrico el cual por un cierto medio de transmisión (Lo más común una banda) tramite el movimiento rotatorio al cabezal de la máquina.*
- Máquinas Electromecánicas: *El mecanismo es accionado por un Servomotor o servomotor y por lo que permite este mecanismo se pueden realizar funciones específicas como; Levantamiento de pie, Corte de hilo, limpieza de hilo, remate inicial, remate final, Numero de puntadas; todo esto es posible por medio de los solenoides contenidos en la Máquina por medio de funciones*
- Máquinas Neumáticas: *Son máquinas impulsadas por un motor tipo Servo y por medio de este se pueden realizar funciones específicas. Su funcionamiento es por medio de electroválvulas que permite el paso de aire cuando es necesario.*
- Máquinas Automatas: *Son máquinas que operan con servomotores y motores de pulsos Y que están diseñadas para que el operario realice costuras con una actividad de movimiento mínima. Esto permite costuras de mayor calidad y mayor producción.*

⁷ Tesis “Costos reales como una herramienta administrativa y financiera para la toma de decisiones en la industria de la confección de prendas de vestir de las pequeñas empresas del municipio de san salvador”

2.3.1.2 Clasificación según el tipo de cama⁸

- Cama plana: *La máquina plana tiene como función entrelazar un hilo superior con un hilo inferior a través de una tela, realizando una costura recta, se utiliza en el campo de la confección, transformando materia prima textil en prendas de vestir.*



Figura 2: Máquina de cama plana

- Cama cilíndrica: *Para el uso en mercancías de cuero, la ropa de cuero, tapicería, los zapatos, funcionamiento del etc. en los artículos tubulares o pre-atados y trabajo de costura estándar sobre el desgaste de cuero, los bolsos*



Figura 3: Máquina de cama cilíndrica

⁸ Es la parte de la **maquina** sobre la que la tela apoya mientras es cosida.

- Cama de poste: *Se utiliza para coser botas de montar, zapatos deportivos, zapatos de trabajo, zapatos casuales, zapatos de esponja, zapatos de bebé, zapatos de cuero de alta calidad, bolsas y maleta, sofá y tapicería de cuero, interior automotriz, etc. La cama de poste vertical hace que las operaciones de costura sean fáciles y cómodas, permitiendo la costura flexible de varias puntadas de arco, haciendo de este modo la máquina adecuada para usar en una amplia gama de aplicaciones.*



Figura 4: Máquina de cama de poste

- Cama de codo: *Son las máquinas que hacen las costuras dobles en los jeans, chaquetas, camisas. Generalmente se usan para coser piezas en forma tubular como cerrar entrepierna en los jeans, unir tiro trasero en los pantalones, cerrar mangas largas en chaquetas, colocar cotillas en los jeans etc.*



Figura 5: Máquina cama de codo

2.3.1.3 Clasificación según el tipo de Gancho

- Guía Hilo (enlazador)
- Tramador(Ciego o extensor)

2.3.1.4 Clasificación según el tipo de alimentación o tela a coser

- Ligerio : *Tela delgada de esfuerzo liviano en la aguja*
- Mediano: *Telas como Tollas*
- Grueso: *Telas como Jeans*

Entre los elementos que cuenta la alimentación esta: El pie o prénsatelas, Placa de agujas y dientes o impelentes.

2.3.1.5 Clasificación según el tipo de cangrejo

- Cangrejo Oscilante
- Cangrejo rotativo

2.3.1.6 Clasificación según el tipo de puntada⁹

- 100: Puntada de cadena sencilla (*Botón*).
- 200: Puntada similar a la manual (*Hilvanadora, Remalladora*).
- 300: Puntadas de respunte (*Recta*).
- 400: Puntada de cadeneta (*Pretinadora*).
- 500: Puntada de sobrehilado (*Overlock*).
- 600: Puntada de recubrimiento (*Collarete*).
- 700: Puntada similar a la de respunte (*Overlock especial*).

⁹ Puntada: Es la unidad mínima de costura que resulta del entrelazamiento de una ó más lazadas, pasando dentro o a través del material.

2.3.2 Máquinas mecánicas

2.3.2.1 Máquina recta industrial



Figura 6: Máquina recta Industrial

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	PLANA
TIPO DE CANGREJO	ROTATORIO
TIPO DE PUNTADA	301
TIPO DE ALIMENTACION	LIGERA, MEDIANA Y PESADA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACIÓN	COSTURAS DE REFUERZO Y ADORNOS

Tabla 2: Características de Máquina recta Industrial

2.3.2.2 Máquina Overlock.



Figura 7: Máquina Overlock

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	PLANA Y CILINDRICA
TIPO DE GANCHO	GANCHO EN LAZADOR O GUIA-HILO
TIPO DE PUNTADA	504, 516
TIPO DE ALIMENTACION	DIFERENCIAL
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACIÓN	UNIR TELAS Y SOBREHILAR

Tabla 3: Características de Máquina Overlock

2.3.2.3 Máquina de collarete.



Figura 8: Máquina de collarete

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	PLANA Y CILINDRICA
TIPO DE GANCHO	GANCHO EN LAZADOR O GUIA-HILO
TIPO DE PUNTADA	602
TIPO DE ALIMENTACION	DIFERENCIAL
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACIÓN	DOBLADILLO MANGAS, BAJOS PLAYERA

Tabla 4: Característica de máquina de collarete

2.3.2.4 Máquina Botonadora



Figura 9: Máquina Botonadora

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	CILINDRICA
TIPO DE GANCHO	CANGREJO O GUIA-HILO
TIPO DE PUNTADA	302
TIPO DE ALIMENTACION	ESTATICA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	COSER BOTONES PLANOS Y DE BOLA

Tabla 5: Características Máquina Botonadora

2.3.2.5 Máquina de Ojal



Figura 10: Máquina de Ojal

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	PLANA
TIPO DE CANGREJO	ROTATORIO
TIPO DE PUNTADA	304
TIPO DE ALIMENTACION	ESTATICA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	HACER OJALES EN CAMISAS Y PANTALONES

Tabla 6: Características de máquina de Ojal

2.3.2.6 Máquina Resortera

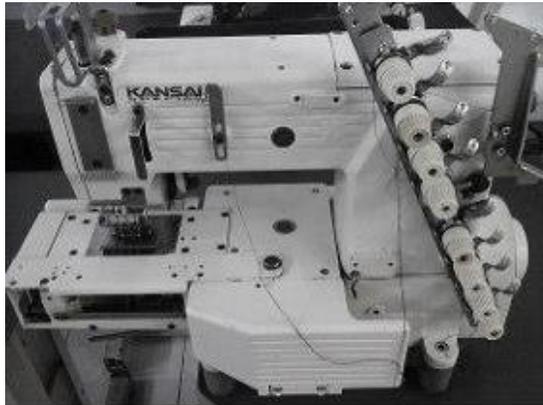


Figura 11: Máquina resortera

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	PLANA
TIPO DE GANCHOS	ENLAZADOR O GUIA-HILO
TIPO DE PUNTADA	407
TIPO DE ALIMENTACION	CON PULLER, MEDIO PESADOS A PESADOS.
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	PEGAR RESORTE O ELASTICOS EN BOXER O APLICACIONES SEMEJANTES

Tabla 7: Características de Máquina resortera

2.3.2.7 Máquina Presilladora



Figura 12: Máquina presilladora

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	CILINDRICA
TIPO DE CANGREJO	ROTATORIO
TIPO DE PUNTADA	303
TIPO DE ALIMENTACION	ESTATICA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	REFORZAR LAS COSTURAS, REFUERZO EN BOLSAS DE JEANS

Tabla 8: Características de Máquina presilladora

2.3.2.8 Máquina cerradora de codo



Figura 13: Máquina cerradora de codo o rueda invisible

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	CODO
TIPO DE GANCHO	ENLAZADOR O GUIA HILO
TIPO DE PUNTADA	400
TIPO DE ALIMENTACION	MEDIANA Y PESADA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	ENCUARTE DE ENTREPIERNA AL PANTALON

Tabla 9: Características de Máquina cerradora de codo

2.3.2.9 Máquina zig-zag normal



Figura 14: Máquina zig-zag normal

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	PLANA
TIPO DE CANGREJO	ROTATORIO
TIPO DE PUNTADA	304
TIPO DE ALIMENTACION	MEDIANA Y PESADA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	UNION DE TELAS

Tabla 10: Características de Máquina zig-zag normal

2.3.2.10 Máquina de coser Zigzag 3 pasos



Figura 15: Máquina de coser Zigzag 3 pasos

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	PLANA
TIPO DE CANGREJO	ROTATORIO
TIPO DE PUNTADA	304
TIPO DE ALIMENTACION	MEDIANA Y PESADA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	ELABORACIÓN DE ROPA INTERIOR

Tabla 11: Características de Máquina zig-zag 3 pasos

2.3.2.11 Máquina de coser recta 2 agujas

Forma igual que la plana sencilla pero con dos agujas incluidas.

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	PLANA
TIPO DE CANGREJO	ROTATORIO
TIPO DE PUNTADA	302
TIPO DE ALIMENTACION	LIGERA, MEDIANA Y PESADA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	COSTURAS DE REFUERZO Y ADORNOS

Tabla 12: Características de Máquina de coser recta 2 agujas

2.3.2.12 Máquina de Poste 1 aguja

Favor ver figura 4 y las características:

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA
TIPO DE CAMA	POSTE
TIPO DE GANCHO	ENLAZADOR
TIPO DE PUNTADA	301
TIPO DE ALIMENTACION	LIGERO MEDIANO Y PESADO
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	COSTURA DE CALZADO

Tabla 13: Características de Máquina de Poste 1 aguja

2.3.3 Máquinas electromecánicas

2.3.3.1 Máquina recta industrial con panel numérico



Figura 16: Máquina recta industrial con panel numérico

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA-ELECTRONICA
TIPO DE CAMA	PLANA
TIPO DE CANGREJO	ROTATORIO
TIPO DE PUNTADA	301
TIPO DE ALIMENTACION	LIGERA, MEDIANA Y PESADA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	COSTURAS DE REFUERZO Y ADORNOS
FUNCION DE PANEL	PROGRAMACIÓN DE: Numero de Puntadas, Corte de hilo automático, Remate, Altura de pie.

Tabla 14: Características de Máquina recta industrial con panel numérico

2.3.3.2 Máquina recta industrial de 2 agujas con panel numérico



Figura 17: Máquina recta industrial de 2 agujas con panel numérico

Características similares a la máquina de un solo hilo.

2.3.3.3 Máquina de ojal con panel numérico.



Figura 18: Máquina de ojal con panel numérico.

TIPO DE MÁQUINA	MECANICA-ELECTRONICA
TIPO DE CAMA	PLANA
TIPO DE CANGREJO	ROTATORIO
TIPO DE PUNTADA	304
TIPO DE ALIMENTACION	ESTATICA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
APLICACION	HACER OJALES EN CAMISAS Y PANTALONES
FUNCION DE PANEL	PROGRAMACIÓN DE: Numero de Puntadas, Corte de hilo automático, Remate.

Tabla 15: Características de Mecanica-Electronica

2.3.4 Máquinas Automatas

2.3.4.1 Máquina Bordadora



Figura 19: Máquina bordadora

TIPO DE MÁQUINA	AUTOMATAS
TIPO DE CAMA	PLANA
TIPO DE CANGREJO	ROTATORIO
TIPO DE ALIMENTACION	AUTOMATICA
TIPO DE ALIMENTACION ELECTRICA	MONOFASICA Y TRIFASICA
FUNCION	BORDADOS DE DISEÑOS EN TELA

Tabla 16: Características de Máquina bordadora

2.3.5 Máquinas de coser neumáticas

Este es un sistema mecánico combinado con un compresor neumático, aplicable a las máquinas de coser. Este tipo de máquinas de coser es caracterizado esencialmente por el hecho de montar en un soporte único, acoplable a la máquina de coser, de una manera permanente o temporal, un canillero de disposición oscilante a voluntad, para tomar el movimiento del volante de la máquina como es normal en los canilleros y, además, un sistema compresor neumático, también oscilante sobre dicho soporte, para que pueda igualmente tomar el movimiento del volante de la máquina, sin que su presencia impida el

trabajo usual de la máquina , existiendo en este compresor, un medio de graduación precisa para diferentes tipos de trabajo de la biela del compresor.



Figura 20: Máquinas de coser neumáticas

2.4 Características de la Máquina Overlock.

Una Máquina Overlock también conocida en el ambiente maquilero de Centroamérica como Rana, designa un tipo de costura que se realiza sobre el borde de una o dos piezas de tela para definir el borde o encapsularlo, o bien para unir las dos piezas. Una máquina de coser Overlock corta los bordes de la tela a la vez que estos son insertados; existen algunas máquinas que no poseen cortadoras. Las cortadoras automatizadas les permiten a las máquinas Overlock crear terminaciones de bordes en forma fácil y rápida. Una máquina de coser Overlock se diferencia de una máquina de coser punto cadena o tradicional en que utiliza lazos alimentados desde varios conos en vez de una bobina. Los hilos permiten crear lazos que pasan desde la aguja hasta los bordes de la tela de forma tal que los bordes de la tela queden encapsulados por la costura. Estas máquinas trabajan con diferentes cantidades de hilos, desde 3 hasta 5 hilos, dentro de las principales funciones están decoración, refuerzo o construcción donde se busca unir dos telas por dentro sin tanto pliegue y costura a la vista a diferencia con una recta o doble recta al hacer una costura inglesa.

Las máquinas Overlock por lo general funcionan a altas velocidades, típicamente 1000 a 9000 rpm, cabe resaltar que personal de mantenimiento no recomienda utilizar a más de 3000 rpm porque esto presenta problemas ya que si bien la Máquina cose mucho más rápido, pero la acción de corte tiene una tendencia a cortar disparate esto sumado a que la Máquinaria que opera en el país tiene más de 20 años en promedio trabajando por lo cual tiene tendencias a sufrir daños a esta velocidad.

Partes de una Máquina Overlock, ver Figura 21:

1. Botonera de encendido y paro: su función es alimentar el motor trifásico y desconectar al apagar la máquina.
2. Pedal de liberación de tela: Permite la apertura del prénsatela para libera la pieza ya con la costura y el corte realizados.
3. Pedal de embrague: Realiza el acoplamiento entre el eje del motor y el disco de disco de embrague de la máquina para realizar la trasferencias de potencia del motor a la máquina.
4. Motor de inducción trifásico: Es el encargado de impulsar la Máquina al coser mediante una faja conectada al embrague transmite su movimiento rotacional a la máquina para realizar la costura y corte.
5. Trípode de hilos: sostiene los bobinas de hilo y proporciona un soporte para el hilo durante la costura evitando que este se llegue a enredar entre si y pueda dañar la costura.

6. Cabezal de costura: puede ser considerado como la Máquina Overlock puesto que es el encargado de realizar la costura sin embargo el la Máquina Overlock es todo el conjunto.
7. Mesa de costura: Proporciona un soporte tanto a la tela durante la costura si no también es el esqueleto de toda la Máquinaria donde se soporta el peso de cada elemento de ella es posible encontrar desde totalmente metálicas hasta hibrido con soportes metálicos y una placa de madera contrachapada.



Figura 21: Partes de la Máquina Overlock

Las Máquinas Overlock son fabricas por muchas compañías entre ellas quizás la más destacada es el fabricante japonés JUKI, a continuación, una recopilación de los mejores fabricantes de máquinas Overlock.

- **Singer:** Fabrica sus primeras máquinas de coser en 1912 aunque fue fundada en 1851 por Isaac Merrit Singer.
- **Alfa:** Empresa española creada en 1920.
- **Elna:** Inventada por Ramón Casas, fue una verdadera revolución para las máquinas de coser familiares.
- **Juki:** Líder mundial en tecnología de máquinas de coser desde el comienzo de su actividad en 1947.

- **Pfaff:** Uno de los mayores productores de máquinas de coser en Europa que inicia su actividad en 1862.
- **Husqvarna:** Fue fundada como fábrica de armas en 1689. Produce máquinas de coser desde 1872.
- **Brother:** Marca de máquinas de coser japonesa que nace en 1908 y comienza su expansión internacional durante la década de los 50.
- **Gritzner:** Estrenó máquinas de coser en 1872, fabricando algunos de los modelos más reputados durante la época victoriana.
- **Bernina:** Marca líder a nivel mundial de costura y bordado.
- **Bernette:** Primera marca que fabrica una máquina de coser con capacidad para dar 100 puntadas por minuto.

Nota: ver Anexo G con las imágenes de cada máquina de los fabricantes anteriormente mencionados.

2.4.1 Diferencias entre número de hilos en la costura.

Dentro de las Máquinas Overlock existen 4 tipos clasificadas por el número de hilos con los que realizan las costura cabe resaltar que el número mínimo de hilo es 2 para el caso de El Salvador se utiliza hasta de 5 hilos.



Figura 22: Costura de 2 hilos con Máquina Overlock.



Figura 23: Costura de 3 hilos.



Figura 24: Costura de Máquina Overlock de 4 hilos.

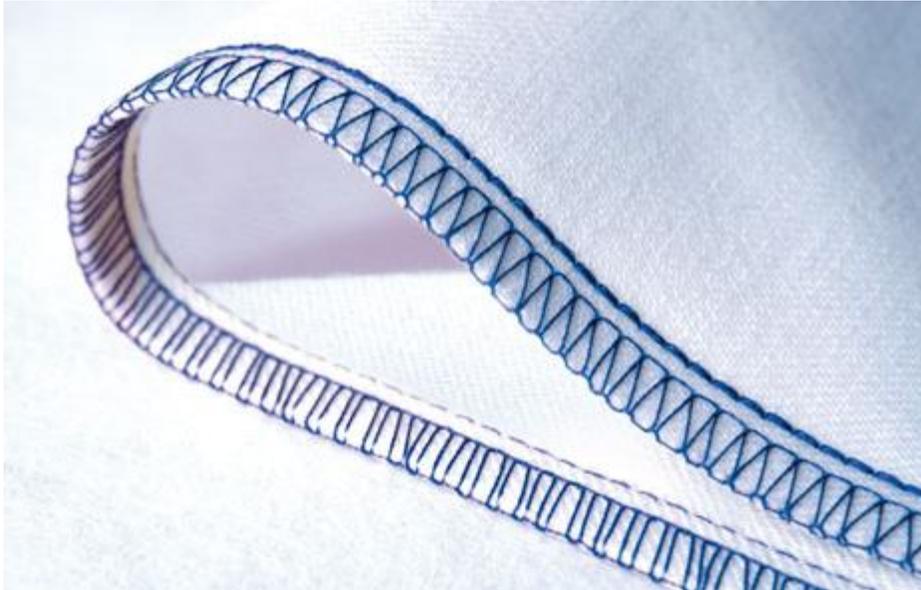


Figura 25: Costura de Máquina Overlock de 5 hilos.

2.5 Estimación del número de máquinas en funcionamiento actualmente.

Debido a la dificultad que presenta solicitar información sobre el número de máquinas que existen en cada fábrica maquilera de El Salvador, en muchos casos por contratos con las marcas que fabrican están limitados en la información que puede brindar por lo cual es necesario apoyarse en datos secundarios. En este caso se consultó a “MINISTERIO DE ECONOMIA” a la división “DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS” a el informe “REGISTRO ADMINISTRATIVO DE SOLVENCIAS 2016” en este documento se presenta todo el registro empresarial de El Salvador donde se presenta el número de empleados que laboran en cada empresa, este registro esta actualizado hasta el 16 de marzo de 2016, dentro de este documento se estudia solo las empresas que están contenidas dentro de CiiuRV4-14 que abarca todas las actividades relacionadas a el sector maquilero en El Salvador de los cuales solo son tomados en cuenta lo que son directamente maquila. Luego de realizar una consulta a especialista en maquilas (Tabla 17) que basados en su experiencia se obtuvieron los siguientes porcentajes:

Personal-Labor que desempeña dentro de la fábrica maquilera	Porcentaje (%)
Personal administrativo.	10%
Personal operativo de planta.	5%
Operarios de máquinas de coser	85%

Tabla 17: Personal-Labor que desempeña dentro de la fábrica maquilera

Donde se define:

Personal administrativo: Es comprendido por personal de oficina, Gerencia, compras ECT.

Personal operativo de planta: Supervisores, personal de mantenimiento ETC.

Operarios de máquinas de coser: Operarios de Ranas, operarios de planas, otras máquinas.

Con estos porcentajes y los porcentajes de utilización según los operarios de máquinas Ranas según el producto que fabrican se definen también los siguientes porcentajes:

CIU 4.0	CLAEES 4.0	DESCRIPCIÓN	% MRPO	% PA	% PAO
1410	1410101	Fabricación de ropa interior para ambos sexos y para todas las edades	60%	10%	5%
	1410301	Fabricación de camisas (camisería)	60%	10%	5%
	1410302	Fabricación de ropa de vestir para hombres pantalones y otros	50%	10%	5%
	1410303	Fabricación de prendas de vestir femenina	60%	10%	5%
	1410305	Fabricación de ropa para ambos sexos	14%	10%	5%
	1410306	Fabricación de uniformes	25%	10%	5%
	1410501	Fabricación de prendas de vestir para deporte (excepto de tejido de punto)	53%	10%	5%
	1410801	Maquilado de prendas de vestir, accesorios y otros	20%	10%	5%
	1410903	Fabricación de prendas de vestir y otros accesorios con telas impermeables. Sus piezas unidas por	40%	10%	5%
	1410909	Fabricación de prendas de vestir ncp	14%	10%	5%
1430	1430901	Fabricación de prendas de vestir de tejido de punto	40%	10%	5%
	1430902	Fabricación de ropa para deporte de tejido de punto	53%	10%	5%

Tabla 18: Personal-Labor que desempeña dentro de la fábrica maquilera

Dónde:

- %MRPO es porcentaje de máquinas Ranas por operario.
- %PA es porcentaje de personal administrativo.
- %PAO es porcentaje de personal operativo de planta.

Utilizando la CLAEES 4.0 para cada empresa registrada y el porcentaje asignado fue posible calcular el número de máquinas Ranas por empresa.

CiiuRV4	Actividad	NombreComercial	PONoRen	PORem	POTota	outsourci	Numero de maquinas
1410301	FABRICACIÓN DE CAMISAS (CAMISERÍA)	LANCER LIMITADA DE C.V.	0	109	109	0	55.59
1410305	FABRICACIÓN DE ROPA PARA AMBOS SEXOS	TEYCO, S.A. DE C.V.	0	65	108	43	12.852
1410305	Fabricación de ropa para ambos sexos	SERVICIOS DINA, S.A. DE C.V.	0	202	202		42.925
1410305	Fabricación de ropa para ambos sexos	WESTTEX APPAREL, S.A. DE C.V.	0	150	150	0	67.575
1410305	Fabricación de ropa para ambos sexos	SERVICIOS ILOPANGO, S.A. DE C.V.	0	636	636		108.12
1410305	Fabricación de ropa para ambos sexos	SERVICIOS CARIBE, S.A. DE C.V.	0	575	575		195.5
1410306	FABRICACIÓN DE UNIFORMES	MAQUIBORDABBA, S. A. DE C. V.	0	101	101	0	21.4625
1410306	FABRICACIÓN DE UNIFORMES	M & H INDUSTRIAS	0	102	102	0	21.675
1410501	Fabricación de prendas de vestir para deporte	CONFECCIONES DEL VALLE, S.A. DE C.	0	3249	3249	0	1463.6745
1410801	MAQUILADO DE PRENDAS DE VESTIR, ACCESORIOS	INDUSTRIAS MELISA, S.A DE C.V	0	102	118	16	20.06
1410801	MAQUILADO DE PRENDAS DE VESTIR, ACCESORIOS	VIDALES LARRAÑAGA, S. A DE C. V.	1	323	327	3	55.59
1410801	Maquilado de prendas de vestir, accesorios y otros	CONFECCIONES ALVAMART, S. A. DE C.	2	108	110	0	18.7

Tabla 19: Numero de Máquinas utilizando la CLAEES 4.0 según la clasificación de producto que fabrica

Todo este proceso realizado para la gran empresa y mediana obteniendo un resultado total de:

Máquinas Ranas totales en la Grande y Mediana empresa	Cantidad
Total de máquinas Ranas En la gran empresa en El Salvador	12363
Total de máquinas Ranas En la mediana empresa en El Salvador	507
Total de máquinas Ranas(Overlock) en El Salvador	12869

Tabla 20: Máquinas Ranas totales en la Grande y Mediana empresa

Para un total de máquinas operando de 12869.

Cabe recalcar que los datos fueron actualizados en el periodo de marzo de 2016 por lo cual pueden variar con la cantidad actual que existen y muchos de los % usados son aproximados con datos proporcionados por especialistas en el sector y puede variar levemente según se va especializando la prenda que se elabora.

CAPÍTULO 3: Prueba de laboratorio de Máquina Overlock.

3.1 Evolución del motor eléctrico en la industria.

Fue un inventor de origen serbio llamado Nikola Tesla fue quien identificó al principio rotación del campo magnético de inducción en 1882, marca el comienzo de lo que podría denominarse la segunda revolución industrial debido a la introducción del motor de Tesla a partir de 1888 y la distribución de energía eléctrica a largas distancias gracias al AC (corriente alterna) también invento de Tesla, marcaron el arranque para esta etapa.

Fue en el año de 1890 que un inventor de nombre Michail Osipovich Dolivo – Dobrovolsky quien desarrollo el primer motor AC trifásico cortocircuitado (jaula de ardilla), motor que actualmente sigue en funcionamiento con leves mejoras para mejorar la eficiencia con lo que trabaja, estos motores pueden ser encontrados en la industria desde aplicaciones pequeñas asta algunas que requieran potencias de 670 hp (500KW), estos motores tienden a estar estandarizados por lo cual su tamaño no varía según el fabricante para la misma aplicación. Otro punto importante es el desarrollo de la electrónica moderna que trajo consigo el desarrollo de dispositivos de control como el inversor, variador de frecuencia etc.

3.1.1 Tipos de motores en la industria.

Motores de corriente continua.

- De excitación independiente.
- De excitación serie.
- De excitación (shunt) o derivación.
- De excitación compuesta (compund)

Motores de corriente alterna.

- Motores síncronos.
- Motores asíncronos.

Motores monofásicos.

- De bobinado auxiliar.
- De espira en cortocircuito.
- Universal.

Motores trifásicos.

- De rotor bobinado.
- De rotor en cortocircuito (jaula de ardilla).

Servomotores.

- Servomotores Brushless.

3.1.2 Clasificación de los motores eléctricos en la industria.

Debido a la estandarización antes mencionada la National Eléctrica Manufacturers Association (NEMA) ha desarrollado un sistema de identificación con letras en la cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo con determinada norma de diseño y se coloca en determinada clase, identificada con una letra. Las propiedades de la construcción eléctrica y mecánica el rotor, en las cinco clases NEMA de motores de inducción de jaula de ardilla, se resume en la siguiente tabla

Clase NEMA	Par de arranque (# de veces el nominal)	Corriente de Arranque	Regulación de Velocidad (%)	Nombre de clase Del motor
A	1.5 - 1.75	5 - 7	2 - 4	Normal
B	1.4 - 1.6	4.5 - 5	3.5	De propósito general
C	2 - 2.5	3.5 - 5	4 - 5	De doble jaula alto par
D	2.5 - 3.0	3 - 8	5 - 8, 8 - 13	De alto par alta resistencia
F	1.25	2 - 4	mayor de 5	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque.

Tabla 21: Estandarización de motores eléctricos según (NEMA)

Entrado el siglo XX con los avances en los sistemas de control sumado al desarrollo de relés y contactores en la industria comienzan la aparición de técnicas para mejorar el rendimiento de los motores como son:

Arranque estrella triángulo: El objetivo es reducir la corriente en el momento del arranque al alimentar a una tensión menor, con ello se consigue que la intensidad baje a la tercera parte de la intensidad que se produciría en un arranque directo. Un problema que presenta es que también el par de arranque se reduce a menos de la mitad, lo que hace imposible este sistema

en motores de media potencia que arranquen con carga. Otro inconveniente es el corte de tensión que se produce al pasar de estrella a triángulo.

Arranque por Autotransformador: Este sistema de arranque consiste en alimentar el motor a tensión reducida a través de un autotransformador, de forma que las sucesivas tensiones aplicadas en bornes del motor tengan un valor creciente durante el periodo de arranque, hasta alcanzar el valor de la tensión nominal de línea, obteniéndose de esta forma una reducción de la corriente de arranque y del par motor, en la misma proporción.

Desarrollo de la electrónica potencia: La electrónica de potencia tiene sus inicios en el año 1900, con la introducción del rectificador de arco de mercurio. Luego aparecieron, gradualmente, el rectificador de tanque metálico, el rectificador de tubo al alto vacío de rejilla controlada, el ignitrón, el fanotrón y el tiratrón. Estos se aplicaron al control de la energía hasta la década de 1950.

En 1948 se inicia la primera revolución electrónica con la invención del transistor de silicio en los Bell Telephone Laboratories por los señores Bardeen, Brattain y Schockley. Otros de los grandes inventos fue la del transistor de disparo pnpn, que se definió como tiristor o rectificador controlado de silicio (SCR por sus siglas en inglés). La segunda revolución electrónica fue en 1958 con el desarrollo del tiristor comercial por General Electric Company. Ese fue el principio de la nueva era de la electrónica de potencia, hasta la fecha se han introducido diversos dispositivos semiconductores de potencia y técnicas de conversión. La revolución de la electrónica de potencia nos está dando la capacidad de dar forma y controlar grandes cantidades de energía con una eficiencia cada vez mayor.

Esto desde el punto de vista de los motores eléctricos con lleva al desarrollo de tecnologías enfocadas en control de velocidad y giro mejorar la eficiencia de conversión eléctrica a mecánica entre estos dispositivos encontramos:

- **Variador de frecuencia:** conocido también como VFD por sus siglas en inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA o microdrivers. Dado que la tensión es variada a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de tensión variador de frecuencia).
- **Arrancador suave:** es un dispositivo electrónico que permite controlar el arranque y parada de motores de inducción, ayudando a proteger el motor y contribuyendo al

ahorro de energía. Los arrancadores suaves limitan la corriente y el par de arranque permitiendo ejercer un control de la tensión desde 0 hasta la nominal para el arranque y al revés para la parada. Regula la tensión de modo que el motor recibe primero una oleada de baja tensión, que va ascendiendo hasta que el motor empieza a girar, ahorrando en el desgaste y a menudo colaborando a que los componentes electrónicos duren más tiempo

3.1.3 Servomotor en la industria.

Un Servomotor (también llamado servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición estos tipos de servo no son muy usuales de encontrar en la industria si en algunas máquinas muy precisas y poco robustas debido que es más usual encontrar motores del tipo paso a paso que tiene una construcción mucho más robusta, caber resaltar que si bien un Servomotor como tal son poco usados si hay un tipo de servo muy utilizado en la industria que se describe a continuación y es el Servomotores Brushless.

3.1.4 Servomotores Brushless.

Esencialmente un motor Brushless a imán permanente es una Máquina sincrónica con la frecuencia de alimentación, capaz de desarrollar altos torques (hasta 3 o 4 veces su torque nominal) en forma transitoria para oponerse a todo esfuerzo que trate de sacarla de sincronismo. La denominación Brushless proviene del hecho de que no posee escobillas y es una forma de diferenciarlo de sus predecesores los servomotores a imán permanente alimentados con corriente continua. En comparación con motores asíncronos jaula de ardillas (que desarrollan el mismo torque y velocidad en su eje) la inercia de un servomotor Brushless es sustancialmente menor. Ambas características: sobretorques importantes e inercias reducidas son características apreciadas y útiles para el control del movimiento pues permiten rápidas aceleraciones y deceleraciones, así como control preciso de posición en altas velocidades Los servomotores más utilizados en la industria actualmente, son los motores de corriente alterna sin escobillas tipo Brushless. Básicamente están formados por un estator segmentado en el que el espacio relleno de cobre es casi el doble que en los motores tradicionales, esto permite desarrollar una mayor potencia con un menor volumen. Constructivamente el servomotor Brushless posee un estator parecido al de un motor de jaula de ardilla, con un núcleo laminado y un bobinado trifásico uniformemente distribuido.

El rotor está constituido por un grupo de imanes permanentes fijados en el eje de rotación. La forma de los rotores a imanes varía de acuerdo con el diseño y puede clasificarse en cilíndricos o de polos salientes. La fijación de los imanes al rotor ha sido uno de los puntos críticos en la construcción de estos motores debido a las altas fuerzas centrífugas a las que se encuentran sometidos durante los procesos de aceleración y frenado. Actualmente se

combinan fijaciones mecánicas de diferentes tipos (atadura con fibra de vidrio, chavetado con diferentes materiales, etc.) con pegado utilizando adhesivos especiales.

3.1.4.1 Estructura de Servomotor Brushless y funcionamiento Principios.

- Estructura de motor Brushless.

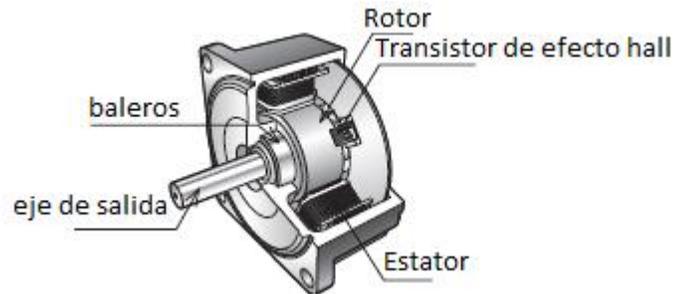


Figura 26: Estructura del motor Brushless

El Servomotor tiene unos componentes magnéticos (transistores de efecto hall) integrados para la detección de la posición del rotor. Los detectores de posición envían señales al circuito de manejo. El Servomotor usa un devanado trifásico en una conexión "estrella". Se usa un imán permanente en el rotor.

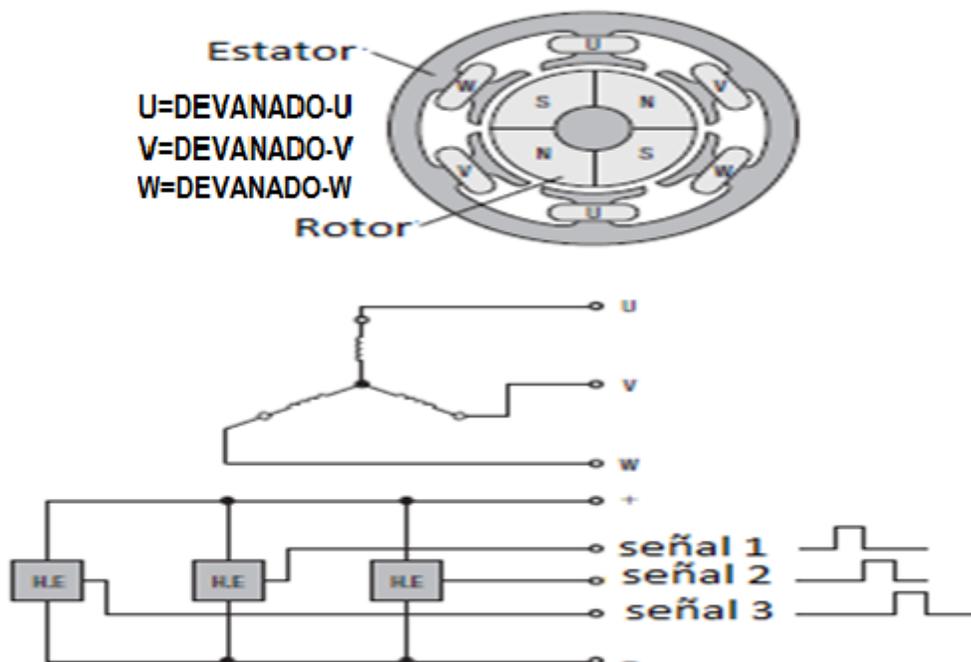


Figura 27: Circuito de accionamiento del Motor Brushless

Un transistor de efecto hall se usa para identificar componente magnético en el momento del arranque. Los 3 transistores de efecto hall se colocan dentro del estator y emiten señales digitales a medida que el rotor gira.

- Método de accionamiento Servomotor.

Los devanados del motor están conectados a transistores de conmutación, que componen el inversor.

Los transistores superiores e inferiores dan vuelta ON y OFF según una secuencia predeterminada para cambiar la dirección del flujo de corriente en los devanados.

El mecanismo de la rotación del Servomotor se puede describir de la siguiente manera:

En el paso 1 de la secuencia de conmutación del transistor, como se muestra en figura siguiente, los transistores Tr1 y Tr6 están en el estado ON. En este momento la corriente de bobinado fluye de la fase U a la fase W y excita a U y W a N y S polos, respectivamente. Esto hace que el rotor gire 30°. Repetir este movimiento 12 veces facilita la rotación del motor.

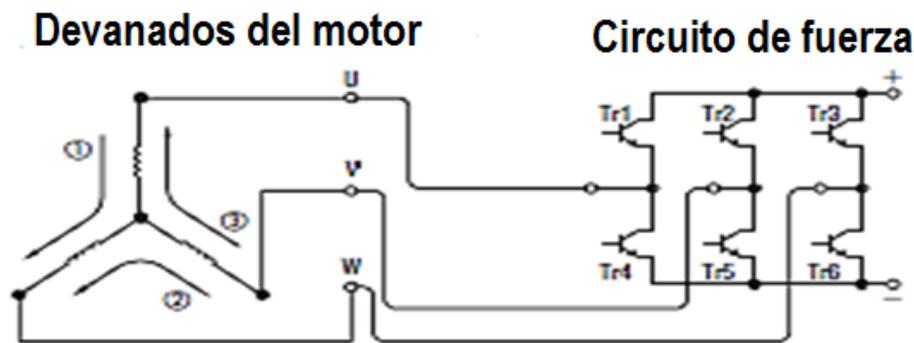


Figura 28: Accionamiento por circuito de fuerza con transistores en motor Brushless

Transistor \ Paso	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
Tr1	ON					ON	ON					ON	ON
Tr2		ON	ON					ON	ON				
Tr3				ON	ON					ON	ON		
Tr4			ON	ON					ON	ON			
Tr5					ON	ON					ON	ON	
Tr6	ON	ON					ON	ON					ON
Fase U	N	-	S	S	-	N	N	-	S	S	-	N	N
Fase V	-	N	N	-	S	S	-	N	N	-	S	S	-
Fase W	S	S	-	N	N	-	S	S	-	N	N	-	S

Figura 29: Secuencia de activación individual de cada transistor en motores Bushless

- Método de control de Servomotor.

El circuito de accionamiento del motor sin escobillas está conectado en la configuración que se muestra en la figura siguiente y está compuesto por 5 bloques principales.

Circuito de potencia.

Circuito de control de corriente.

Circuito lógico.

Configuración del circuito de comparación.

Circuito de alimentación.

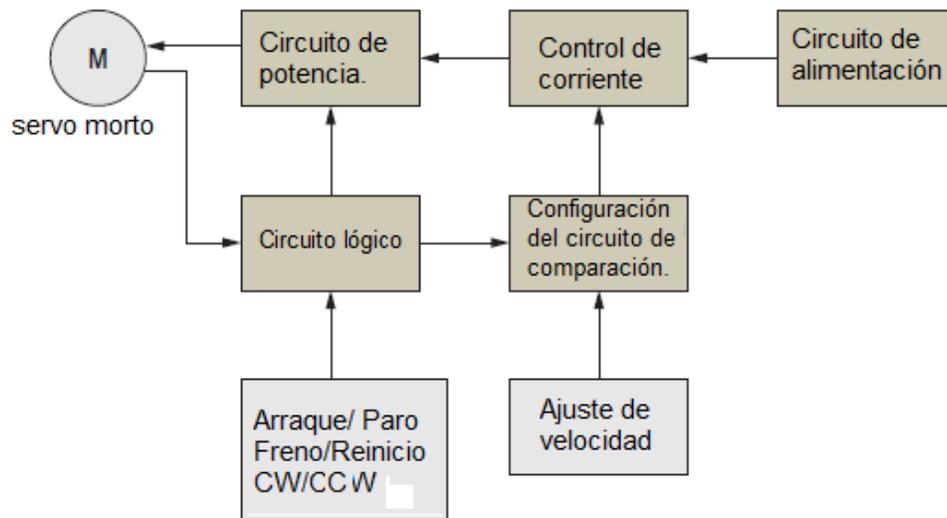


Figura 30: Configuración de circuito de accionamiento de motor Brushless

- Circuito de potencia.

Este circuito usa transistores para controlar el flujo de corriente en los devanados de motor mediante el uso de 6 transistores.

Los transistores provistos en la parte superior e inferior se encienden y apagan

Repetidamente según una secuencia predeterminada, suministrando flujo de corriente a los devanados del motor.

- Circuito de control.

El flujo de corriente al motor varía según la carga. Se detecta y controla constantemente para que la velocidad no se desvíe de la velocidad establecida.

- Circuito lógico.

El circuito lógico detecta la posición del rotor al recibir retroalimentación de señales de los transistores de efecto Hall dentro del estator motor y determina la secuencia necesaria a aplicar en los devanados del motor. La señal del circuito está conectada a cada base del transistor en el circuito de potencia, conduciendo los transistores de acuerdo con una secuencia predeterminada.

También detecta la velocidad del motor. El circuito lógico también se usa para controlar los comandos del motor, incluyendo inicio / parada, freno / carrera y CW / CCW.

- Establecer el circuito de comparación.

Este circuito compara la señal de velocidad del motor con la velocidad ajuste en el controlador el resultado se usa para determinar si la velocidad del rotor está dentro los límites de velocidad.

La entrada al motor se disminuye si la velocidad del motor es más alta que la velocidad establecida, pero en la entrada se aumenta si es menor que la velocidad establecida de esta manera, el la velocidad del motor regresa a la velocidad establecida.

- Circuito de alimentación.

Este circuito convierte una fuente de alimentación monofásica de entre 200-250 voltios con un fusible de 10 Amp de entrada.

3.2 Diseño de laboratorio para pruebas en los motores.

Los motores sujetos a estudio: Motor de embrague, Motor con control electrónico.



Figura 31: Motor de embrague.



Figura 32: Motor con control electrónico (Servomotor).

Para ejecutar un análisis de las tecnologías de ambos motores sujetos a estudio, se realizaron pruebas de laboratorio para cada motor de manera independiente y para cada uno de ellos se realizaron dos pruebas: 1) Prueba de motor para potencia demandado por Máquina Overlock. 2) Ensayo de Torque a corriente nominal de placa.

3.2.1 Pruebas de laboratorio al motor de embrague.

3.2.1.1 Prueba de motor para Potencia demandado por Máquina Overlock.

La prueba consiste en montar el motor de embrague al mueble de costura en la posición correspondiente indicada en la Figura 21(” *Partes de la Máquina Overlock*”) para conectar de esta manera la faja o correa con la polea del motor y el volante del cabezal de la Máquina Overlock y de esta forma realizar las mediciones eléctricas al motor en régimen de operación para el torque necesario para accionar la Máquina Overlock.

Las mediciones a realizar al motor de embrague:

- Medición de Corriente, Tensión, Potencia.

Mediante un analizador y registrador de calidad de energía Fluke 1743 se procedió a determinar todos los parámetros eléctricos para la condición en régimen de operación de la carga mecánica asignada por las piezas la Máquina Overlock y otros esfuerzos rotacionales asignados como: las pérdidas en la transmisión (Correa), operación de costura en tela entre otras pérdidas misceláneas del motor.

Con dicho analizador es posible almacenar los parámetros de manera simultánea para un promedio de tiempo de 10 minutos (Con barridos de 0.5 de periodo de la frecuencia de 60Hz de la señal AC de la red eléctrica “Requerido por IEC 61000-4-30”, hasta obtener un promedio en 10 minutos). En este tiempo de lectura requerido por el equipo de medición para obtener el promedio, se procedió a someter a costura la Máquina a porciones de tela en intervalos de tiempo de operacion entre 3 segundos a costuras cortas y 6 segundos a costuras largas con tiempos de espera entre costura de 8s.

En los intervalos de tiempo en los cuales la Máquina Overlock no se somete a costura de telas, el motor mantiene su operación aproximadamente en vacío ya que el mecanismo de embrague mantiene fuera de accionamiento rotatorio el mecanismo de la máquina Overlock.

Tensión (V) 3Φ	Máquina	Corriente sin costura. (A)	Potencia sin costura (W)	Corriente con Costura. (A)	Potencia Con costura (W)
208	OVERLOCK MOTOR DE CLUCHT	0.55A	198.15	2A	720.53

Tabla 22: Resultados de ensayo de motor para potencia de Máquina Overlock con motor de inducción

3.2.1.2 Ensayo de Torque a corriente nominal.

En esta parte se debe realizar pruebas al motor de embrague de tal forma que no se toma en consideración la carga mecánica que asigna el cabezal de la Máquina Overlock junto a la contribución de esfuerzo mecánico asignado por la correa o faja que interconecta el motor con dicha máquina, es decir que se busca realizar pruebas al motor de forma independiente al conjunto de elementos que componen la Máquina Overlock con las características que fueron presentadas en la Figura 21.

Las mediciones a realizar al motor de embrague:

- Medición a corriente nominal, tensión nominal y en vacío.

A partir de las especificaciones de los valores nominales de placa en el motor se procede a ajustar un valor de torque hasta lograr demandar el valor de corriente nominal ($I=2.2A$). Todo esto mediante un Freno mecánico, el cual se describirá seguidamente y por medio de las lecturas de un amperímetro de gancho y un multímetro digital. Luego se mide corriente y tensión al motor para la operación sin ninguna carga asignada solamente el acople de Clutch.

- Asignación de torque ajustado para la corriente nominal.

A partir de los datos de corriente nominal de placa del motor se procede a la asignación de potencia mecánica en el eje del motor hasta alcanzar el valor de corriente nominal ($I=2.2A$) medidas simultáneamente con el amperímetro. El procedimiento se realiza mediante los principios básicos del Freno de Prony “Invento del ingeniero francés Gaspard Clair Francois, Marie Riche de Prony” (1775-1839). A partir de los principios del freno de Prony, se presenta un diseño el cual consiste primeramente en la medición de una diferencia de fuerzas medidas en Kgf, mediante dos dinamómetros conectados en los extremos de una faja que frena la polea que se encuentra conectada al eje del motor. La diferencia de fuerzas es debida a las la fricción generada entre la faja y la polea, tal como se presenta en la Figura 33.



Figura 33: Medición de torque del motor de embrague mediante principios del freno de Prony.

Este freno provee una forma sencilla de aplicar un torque de carga al eje principal de salida de un motor. La potencia de salida es disipada en forma de calor por el material del freno. Ajustando la fuerza del freno se puede cambiar la fuerza del torque. En la figura 33, se presenta el análisis mediante diagrama de cuerpo libre:

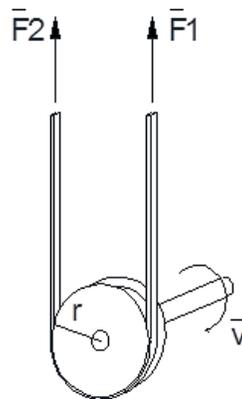


Figura 34: Diagrama de cuerpo libre del modelo de freno de Prony

Realizando una sumatoria de momentos en el centro del eje del motor:

$$\sum M = 0$$

$$-T + F_1 \cdot r - F_2 \cdot r = 0$$

Despejando T , se obtiene:

$$T = r (F_1 - F_2) \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

En término de Fuerza en kgf:

$$T = r (F_1 - F_2) 9.806 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

Con la medición de las dos fuerzas se puede determinar el torque aplicado. Al partir del torque medido se puede determinar la potencia mecánica asignada por el freno de Prony.

$$P = T \times \omega \text{ [W]}$$

Dónde:

ω : Velocidad angular en Rad/s

En términos de RPM la velocidad angular:

$$\omega = \frac{RPM \times 2\pi}{60} \text{ [rad/s]}$$

$$P = \frac{r \times (F_1 - F_2) \times 9.806 \times RPM \times 2\pi}{60} \text{ [W]}$$

➤ Medición de Velocidad en el eje.

Medición de las revoluciones por minuto en el eje del motor en vacío y aplicando el frenado que permite el nivel de corriente Nominal. La velocidad a medir mediante un tacómetro digital. Para el caso de torque asignado y para la condición en vacío.

➤ Medición de potencia de salida en el eje del motor

Combinando la medición del torque (mediante el freno de Prony instalado en eje del motor) con la medición de velocidad de rotación del eje, puede calcularse la potencia de salida del motor.

Resultado de mediciones:

Corriente (A)	Potencia Eléctrica (W)	Potencia Mecánica (hp)	Potencia Mecánica (W)	Torque (N.m)	Velocidad (RPM)	ΔF (kgf)
2.23	784	0.65	489	1.37	3469	2

Tabla 23: Resultados de ensayo de Torque a corriente nominal para motor de inducción.

En el laboratorio se asignó un pulso de fuerza de 12 kg equivalente a un torque 4.11 N.m con el cual se detuvo el motor, con este se determinó el esfuerzo máximo que el motor puede soportar.

3.2.2 Pruebas de laboratorio al motor con control electrónico.

Las pruebas realizadas a este motor son similares a las pruebas a aplicar al motor de embrague.

Para el caso en el que el motor se monta al mueble de la máquina para operar bajo el Torque demandado por el mecanismo de la Máquina Overlock, pero con la variante de que la alimentación eléctrica del motor monofásico.

Tensión (V) 1 Φ	Máquina	Corriente sin costura. (A)	Potencia sin costura (W)	Corriente cosiendo. (A)	Potencia con costura (W)
208	OVERLOCK MOTOR CON ELECTRÓNICO	0.023A	4.788	2.18A	454.88

Tabla 24: Resultados de ensayo para potencia de Máquina Overlock con motor con controlador electrónico.

En el caso de las pruebas a realizar para la carga mecánica asignada mediante el freno de Prony se consideró frenar el motor con el tornillo de ajuste de la estructura del freno de Prony. Se realizaron diferentes pruebas para la variación de torque mediante el Freno mecánico.

Corriente (A)	Potencia Eléctrica (KW)	Potencia Mecánica (HP)	Potencia Mecánica (W)	Torque (N.m)	Velocidad (RPM)	ΔF (kgf)
2.80	0.40	0.12	89.86	1.72	500	5
0.63	0.01	0.07	53.92	1.03	500	3
2.05	0.26	0.19	143.77	2.75	500	8
2.98	0.42	0.24	179.72	3.43	500	10
3.41	0.58	0.48	359.43	1.72	2000	5
2.97	0.43	0.58	431.32	2.06	2000	6
4.63	0.71	0.29	215.66	0.69	3000	2
6.82	1.28	0.98	733.24	2.06	3400	6
2.40	0.33	0.33	244.41	0.69	3400	2
1.67	0.21	0.16	122.21	0.34	3400	1
2.93	0.41	0.49	366.62	1.03	3400	3
3.31	0.47	0.58	431.32	1.37	3000	4
2.02	0.26	0.29	215.66	0.69	3000	2
3.70	0.55	0.67	503.21	1.20	4000	3.5
4.97	0.80	0.96	718.87	1.72	4000	5
4.90	0.77	0.96	718.87	1.72	4000	5
10.06	1.67	1.83	1365.85	3.26	4000	9.5
2.23	0.29	0.39	287.55	0.69	4000	2

Tabla 25: Resultados de ensayo de Torque para motor con controlador electrónicos.

3.3 Comparación de las dos tecnologías.

En la Tabla 26 se muestra un resumen de los resultados obtenidos tanto de las mediciones como otro aspecto importante a tener en cuenta, el más importante desde el punto de vista de un propietario de maquila es el precio de la Máquina como ya se mencionó anteriormente la baja de precio de los servomotores ha hecho posible que tenga un precio menor al motor convencional, cabe resaltar que esto en términos de adquirir el motor nuevo no en un mercado de segunda mano.

Comparación de ambas tecnologías.

- El peso es uno de los puntos de mayor discrepancia debido que son 35.5 libras más pesado el motor convencional esto al hablar de transportar una gran cantidad de motores representa una mayor inversión de tiempo y dinero para lograrse.
- Una desventaja de servomotor su forma de alimentación es monofásica lo que causa problemas de desbalance de cargas.
- La velocidad uno de los puntos más importantes al campara en el motor convencional se tiene una velocidad fija de 3450 RPM mientras que en sucesor tiene la capacidad de variar su velocidad entre 500-4000 RPM lo que abre las puertas a una gama más amplia de aplicaciones.

Descripción	Motor de inducción	Motor de control electrónico
Precio	\$ 175.00	\$ 160.00
tamaño	35*29*26 cm ³	20*15*10 cm ³
Peso	47 libras	11.5 libras
Materiales	hierro fundido	hierro- aluminio
Potencia	1/2 HP	3/4 HP
Frecuencia	60 Hz	60Hz
Numero de polos	2	4
tensión	220 V	200 V
numero de fases	3	2
Corriente nominal	2.2	2.75
Potencia eléctrica	838	605
Factor de potencia	0.85	0.96
Velocidad	3450 RPM	500-4000 RPM
Torque máximo	0.11 N-m	0.13-1.1 N-m

Tabla 26: Comparación de características tecnológicas.

3.4 Análisis de eficiencia energética de la Máquina Overlock.

Las empresas de corte y confección de la industria Salvadoreña que utilizan máquinas de coser Overlock y que desea cambiar sus tecnologías de motores de Clutch a servomotores presentan interés en términos comparativos de consumo energético y en forma de porcentaje de ahorro para el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión de reemplazo.

De las pruebas realizadas al conjunto; motor-máquina, para la costura a porciones de tela en intervalos de tiempo de operación entre 3 segundos a costuras cortas y 6 segundos a costuras largas (promedio 4.5s) y también para el funcionamiento con tiempos de espera entre costura de 8s se determinó el consumo que requiere dicho motor. Debido a que el motor de Clutch después de operar en condiciones de potencia demandada requiere consumo energético para los tiempos de espera entre la siguiente ejecución de costura se midió dicho consumo llamado “Operación en vacío” y para el servomotor igualmente se determinó la energía consumida por el controlador electrónico tal y como se explicó en las secciones 3.2.1 y 3.2.2 de este capítulo.

La potencia (P) demanda por el motor de Clutch y el Servomotor para costura en un promedio de tiempo de 4.5s (Tiempo asignado en el laboratorio):

$$\begin{aligned} P_{\text{MOTOR DE CLUTCH, PARA 4.5 Segundos DE COSTURA}} &= \mathbf{720.53 \text{ W}} \\ P_{\text{SERVOMOTOR, PARA 4.5 Segundos DE COSTURA}} &= \mathbf{454.88 \text{ W}} \end{aligned}$$

La potencia (P) demanda por el motor de Clutch y el Servomotor sin operación de costura o operación en vacío en un promedio de tiempo de 8s (Tiempo asignado en el laboratorio fijado para tomar la lectura de la medición):

$$\begin{aligned} P_{\text{MOTOR DE CLUTCH, PARA EL TIEMPO SIN COSTURA (VACIO)}} &= \mathbf{198.15 \text{ W}} \\ P_{\text{SERVOMOTOR, PARA EL TIEMPO SIN COSTURA}} &= \mathbf{4.788 \text{ W}} \end{aligned}$$

Los tiempos promedios de operación de costura de una Máquina Overlock en una fábrica que se dedica a la elaboración de prendas de vestir de diferentes modelos (Revisar la sección 2.5 del capítulo 2) es 1.5h diarias.

El tiempo promedio diario en los que el motor está alimentado pero sin realizar operación de costura en la máquina es de 5.5h.

A partir de los tiempos diarios de operación del motor en una fábrica de corte y confección de prendas de vestir (Operación de costura y operación sin costura) se determina el consumo diario de cada motor.

$$\begin{aligned} E_{\text{MOTOR CLUTCH/DIA}} &= E_{\text{MOTOR DE CLUTCH, CON COSTURA}} + E_{\text{MOTOR DE CLUTCH, TIEMPO SIN COSTURA (VACIO)}} \\ E_{\text{MOTOR CLUTCH/DIA}} &= (720.53\text{W} \times 1.5\text{h}) + (198.15\text{W} \times 5.5\text{h}) \\ E_{\text{MOTOR CLUTCH/DIA}} &= \mathbf{2.17 \text{ kW}\cdot\text{h} / \text{DIA}} \end{aligned}$$

La energía eléctrica consumida diariamente por el Servomotor:

$$E_{\text{SERVOMOTOR/DIA}} = E_{\text{SERVOMOTOR, PARA COSTURA}} + E_{\text{SERVOMOTOR, SIN COSTURA}}$$

$$E_{\text{SERVOMOTOR/DIA}} = (454.88\text{W} \times 1.5\text{h}) + (4.788\text{W} \times 5.5\text{h})$$

$$E_{\text{SERVOMOTOR/DIA}} = \mathbf{0.7086 \text{ kW}\cdot\text{h} / \text{DIA}}$$

La energía eléctrica consumida mensualmente (25 días de operación) por cada una de las dos tecnologías:

$$E_{\text{MOTOR CLUTCH / MENSUALMENTE}} = \mathbf{54.25 \text{ kW}\cdot\text{h} / \text{MES}}$$

$$E_{\text{SERVOMOTOR / MENSUALMENTE}} = \mathbf{17.715 \text{ kW}\cdot\text{h} / \text{MES}}$$

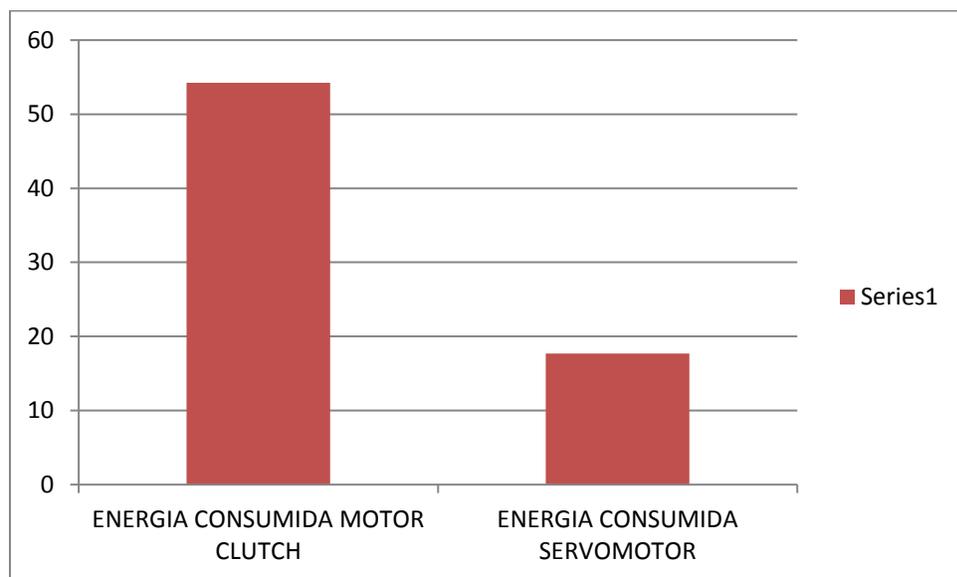


Figura 35: Consumo energético mensual de motor de Clutch y Servomotor en una Máquina Overlock

La energía eléctrica consumida al año por cada una de las dos tecnologías:

$$E_{\text{MOTOR CLUTCH / ANUALMENTE}} = \mathbf{651 \text{ kW}\cdot\text{h} / \text{AÑO}}$$

$$E_{\text{SERVOMOTOR / ANUALMENTE}} = \mathbf{212.58 \text{ kW}\cdot\text{h} / \text{AÑO}}$$

Por lo tanto, con el Servomotor se espera tener mensualmente un ahorro aproximado del **67.3456 %** de consumo de energía eléctrica respecto al consumo del Motor de Clutch, el cual se ha utilizado desde hace muchos años y también se sigue utilizando en la mayoría de fábricas de El Salvador.

CAPÍTULO 4: Estudio de eficiencia energética en fábrica modelo.

4.1 Descripción técnica de fábrica modelo.

Circuito alimentador.

La fábrica modelo cuenta con un sistema 13.2/240 Y/ Δ con derivación central, formada por 3 transformadores de 75 kVA para un total de potencia instalada de 225 kVA todo el sistema con medición primaria, instalados en un poste de 40 pies.

SIN ESCALA

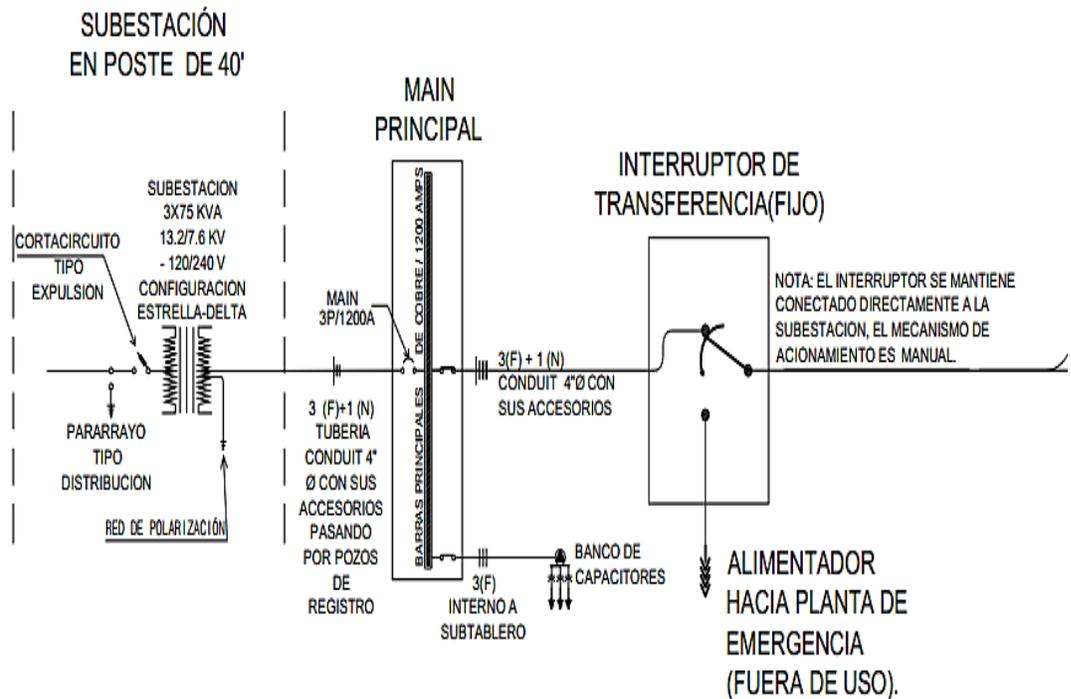


Figura 36: Diagrama unifilar hasta interruptor de transferencias Fábrica modelo.

Uno de los principales problemas dentro de la instalación de la fábrica modelo es la falta de un tablero general donde se alimente los tableros de fuerza e iluminación, dentro del interruptor de transferencia se encuentra una barra de 1200 Amp donde todas las acometidas de los 10 tableros instalados por toda la fábrica

En el Anexo B se muestran todos los tableros pero nos concentraremos en describir el tablero de fuerza de la línea 1 a 4 donde se realizaron mediciones.

Líneas de producción 1-4

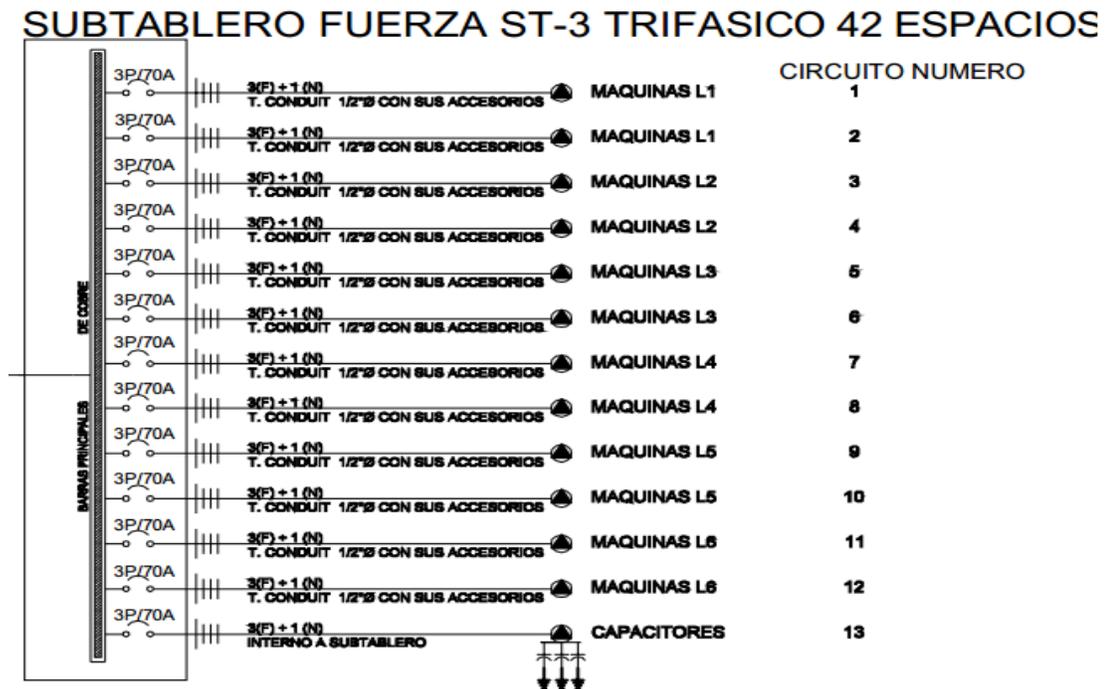


Figura 37: Tablero desde la línea 1 a 4.

Tablero ST-3 se encuentran los circuitos alimentadores de la línea 1 a la 6 cabe señalar que dicho tablero cuenta con 42 espacios de los cuales 1 está en reserva otro alimenta un capacitor para corrección de factor de potencia que fueron utilizados previo a la instalación del banco de capacitores principal, actualmente la fábrica tiene una reducción de producción por lo cual reconfiguran las líneas de producción de 1 a 4 dejando sin utilización los 4 circuitos restantes cabe resaltar que cada línea de producción contiene dos circuitos trifásicos que alimentan 3 electro-rail ERS100 en serie por cada circuito de línea es decir que en cada Línea existe 6 electro-rail ERS100 en la Figura 38 se muestra.

Otro dato importante es que los circuitos alimentadores de luminarias están distribuidos como se muestra en el Anexo B de tableros las luminarias (ST-4) utilizadas son luminarias fluorescentes de 240 V de 2×75W, 8 pies. Un problema detectado con la iluminación es la distribución de los circuitos Monofásicos que causa un desbalance grande dentro del tablero principal como se mostrara más adelante.

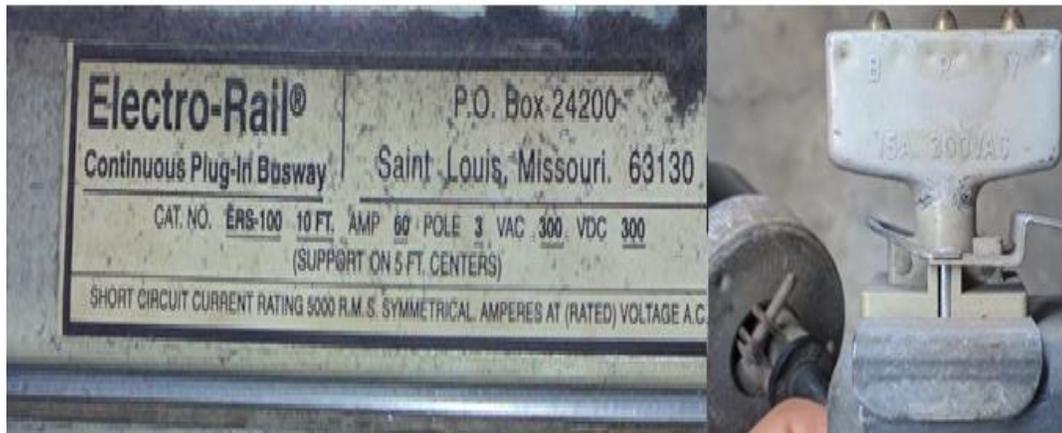


Figura 38: Electro-rail-ERS100 y conector Enchufe estacionario sin fusible y caja de empalme ERS-53P.

La Figura 38 muestra el riel de conexión y su conector ERS100 con una capacidad máxima de 15 Amp. Por fase, estos dispositivos no están diseñados para conexión y desconexión bajo carga.

Líneas de producción 5-8



Figura 39: Tablero alimentador de línea 5 a 8.

Nuevamente la etiqueta del tablero ST-1 muestra a partir de la línea 7 pero en términos prácticos solo se encuentran en funcionamiento 4 líneas de producción las cuales numeran de la 5 a 8, teniendo en cuenta que las líneas de producción manufactura lo mismo en diferente

color siempre se busca maximizar la producción por lo cual es mucho más práctico dejar las dos líneas vacías en cada tablero que agrupar dos líneas junto a 4 que fabrican un color diferente por lo cual se distribuyen 4 líneas por tablero.

Otras cargas importantes en la fábrica

- Compresor de aire de 36 hp.
- 5 líneas de producción .que no fueron evaluadas.
- Iluminación.
- Área de cortes.
- Zonas de planchado de telas.

Mediciones de potencia y energía en el tablero general.

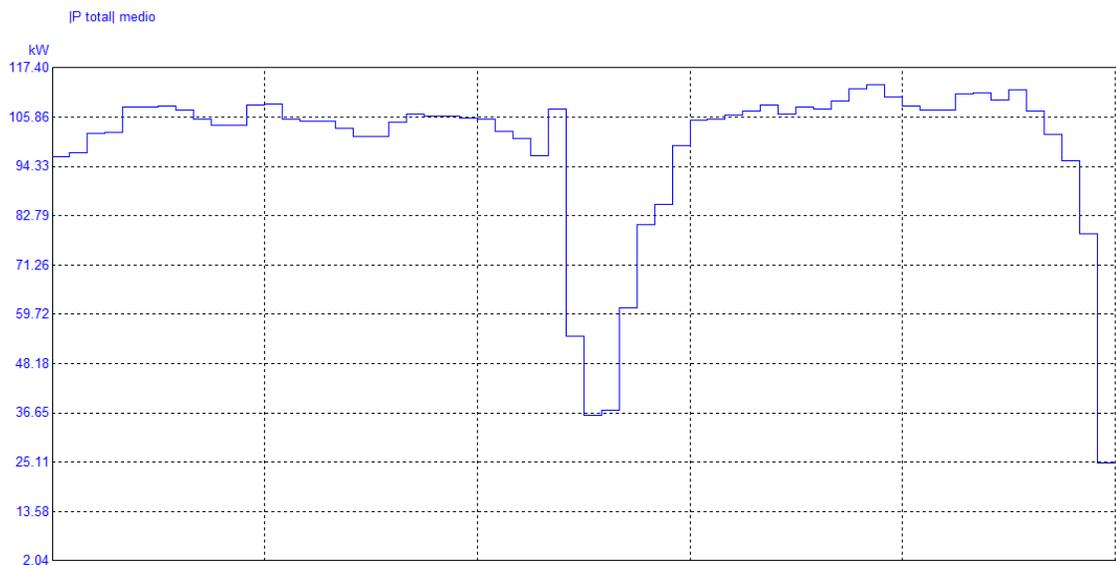


Figura 40: Potencia promedio demanda por la fábrica.

La figura 40 muestra la medición de potencia en el Main principal correspondientes a un día de trabajo completo y muestra la demanda promedio en kilowatts que ronda los 108KW caber resaltar que al medio día que la producción frena durante una hora siempre existen una potencia de 36 KW esto debido a que un compresor continua trabajando para mantener la presión en la tubería para reiniciar la operación.

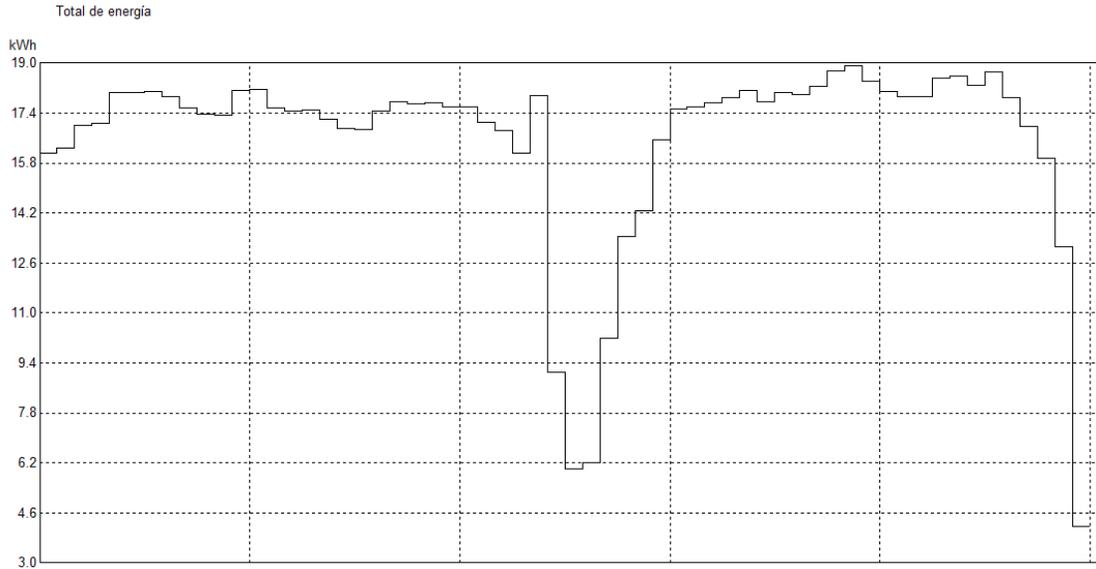


Figura 41: Curva de energía de un día de Operacion.

Figura 41 muestra la gráfica de energía en un día de operación al realizar la suma de todos elementos de la curva se obtiene un valor de 993.6KWh por día.

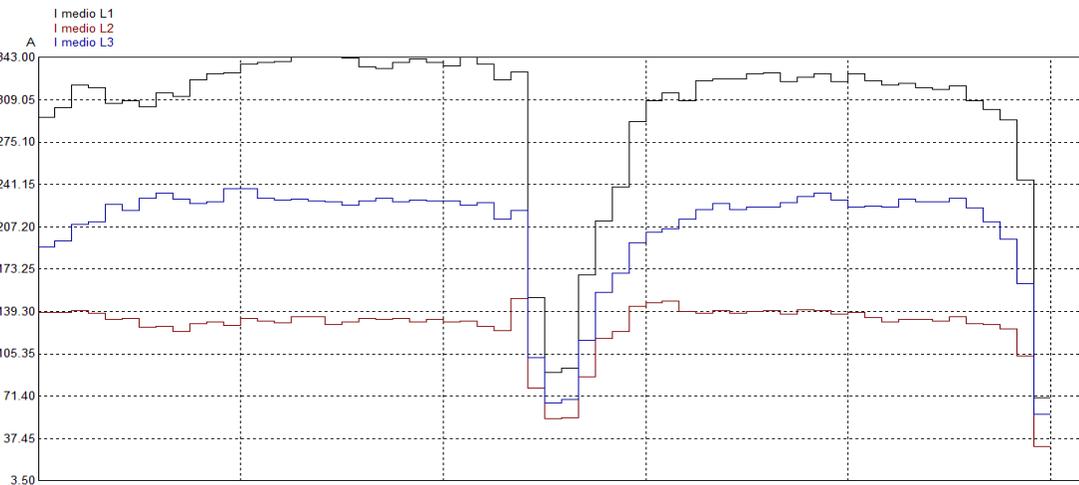


Figura 42: Comportamiento de las corrientes por fase en el Main principal.

Según la figura 42, uno de los mayores problemas en esta instalación es el desbalance de corrientes que existe entre cada fase y esto es una tendencia en cada tablero en algunos momentos del día el desbalance alcanza valores cercanos a 210 Amp lo que claramente muestra que un transformador esta sobre cargado, este desbalance es causado por la instalación de cargas monofásicas rondando el 35% de desbalance máximo, pero sobre todo a

la iluminación que si bien es una carga monofásica de luminarias de 240 V se ubican conectadas a un solo circuitos el que cuenta con la derivación central por lo que sería necesario colocar un transformador de mayor capacidad.

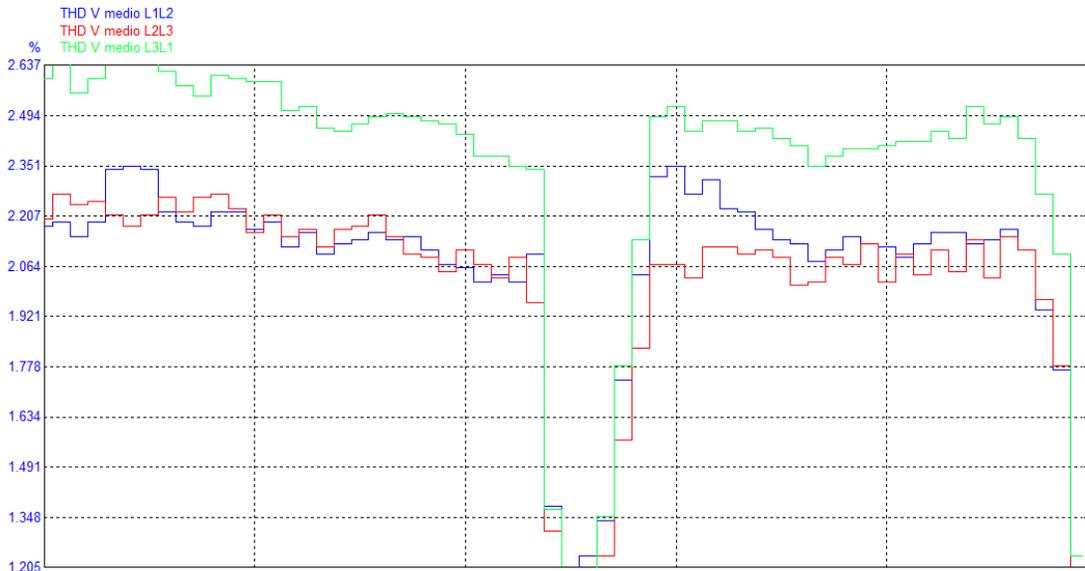


Figura 43: Valor de THD-V del Main.

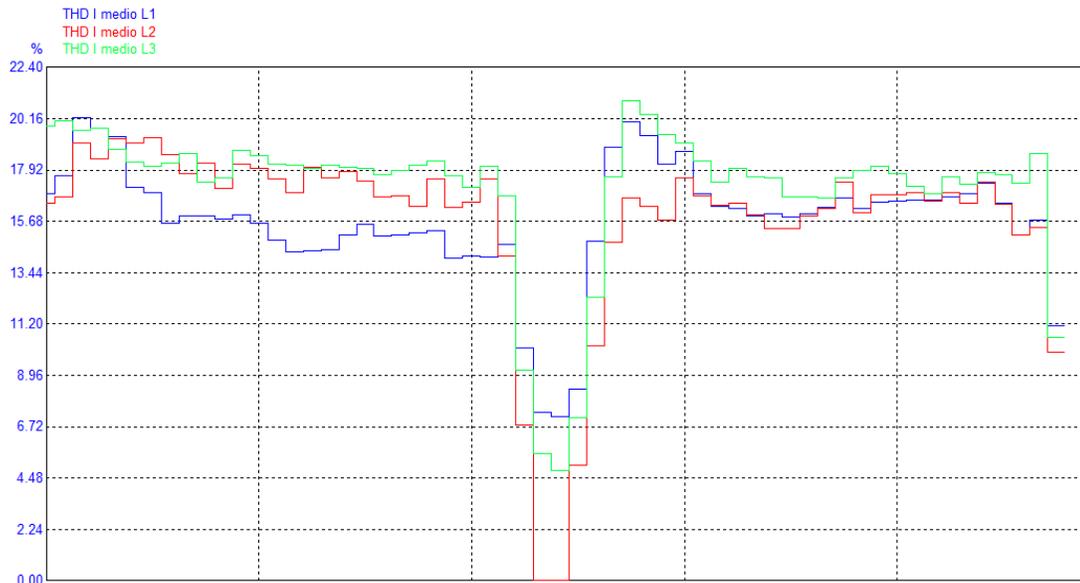


Figura 44: Valor de THD-I del Main.

Según la norma IEEE-STD-519-1992 los valores en % de THD V (tensión) están dentro de los valores de norma que recomienda que no sobre pase el 5% y en caso del Main ronda el 3.6% lo que, dentro de los valores de corrientes existe un problema el valor de la norma es

para el caso 8% y podemos observar que el valor promedio THD I ronda los 16.8% si bien aún no existe una penalización por sobre pasar estos niveles de distorsión se puede observar problemas en la instalación como es el calentamiento del Main que si bien no es motivo de disparo por sobre calentamiento si es considerable lo que llevo a los encargados de la fábrica a instalar ventilación en el Main principal, otro problema es que debido a los altos niveles de distorsión armónica no permiten que la subestación pueda entregar el 100% de la potencia para la que fue diseñada estos en la actualidad no representa mayor problema debido a que la demanda de la fábrica se encuentra muy por debajo de la capacidad de la subestación.

4.2 Análisis energético de línea de producción con máquinas Overlock con motores de control electrónico.

En la Fábrica modelo se realizaron mediciones con el Registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1743 cuyos resultados se presenta en forma de tabla en el AnexoC-1 y en esta sección se presenta en forma Gráfica los resultados de potencia, Energía y THD.

La medición se realizó para la Línea 1(L1) hasta la Línea 4(L4) conectadas al Subtablero trifásico de fuerza de 42 espacios “ST-3” (Revisar Anexo B “Instalación eléctrica fabrica modelo”) para un grupo considerable de máquinas Overlock con motor de control electrónico (Servomotor) y otras máquinas planas y entre otros tipos cuya distribución de cantidades de máquinas es de la siguiente manera:

Tipo de Máquina de coser en L1-L4(ST-3)	Cantidad
Overlock con Motor de Clutch	3
Overlock con Servomotor	43
Otros Tipos de Máquinas	149
Total de Máquinas	195

Tabla 27: Cantidad de máquinas y tipos de motores Líneas de producción L1 a L4

Estas máquinas representan la potencia eléctrica demanda al tablero de fuerza “ST-3”, En el cual operan la Línea de producción L1 hasta la línea de producción Línea L4. En estas 4 líneas de producción se encuentran conectadas 46 Máquinas Overlock de las cuales 43 Máquinas cuentan con el Servomotor Instalado y solamente 3 cuentan con el motor de embrague.

4.2.1 Medición de potencia (W) Línea de producción L1-L4

Los resultados de las mediciones de una semana se presentan de manera Tabular en Anexo C, C1 y de forma gráfica a continuación:

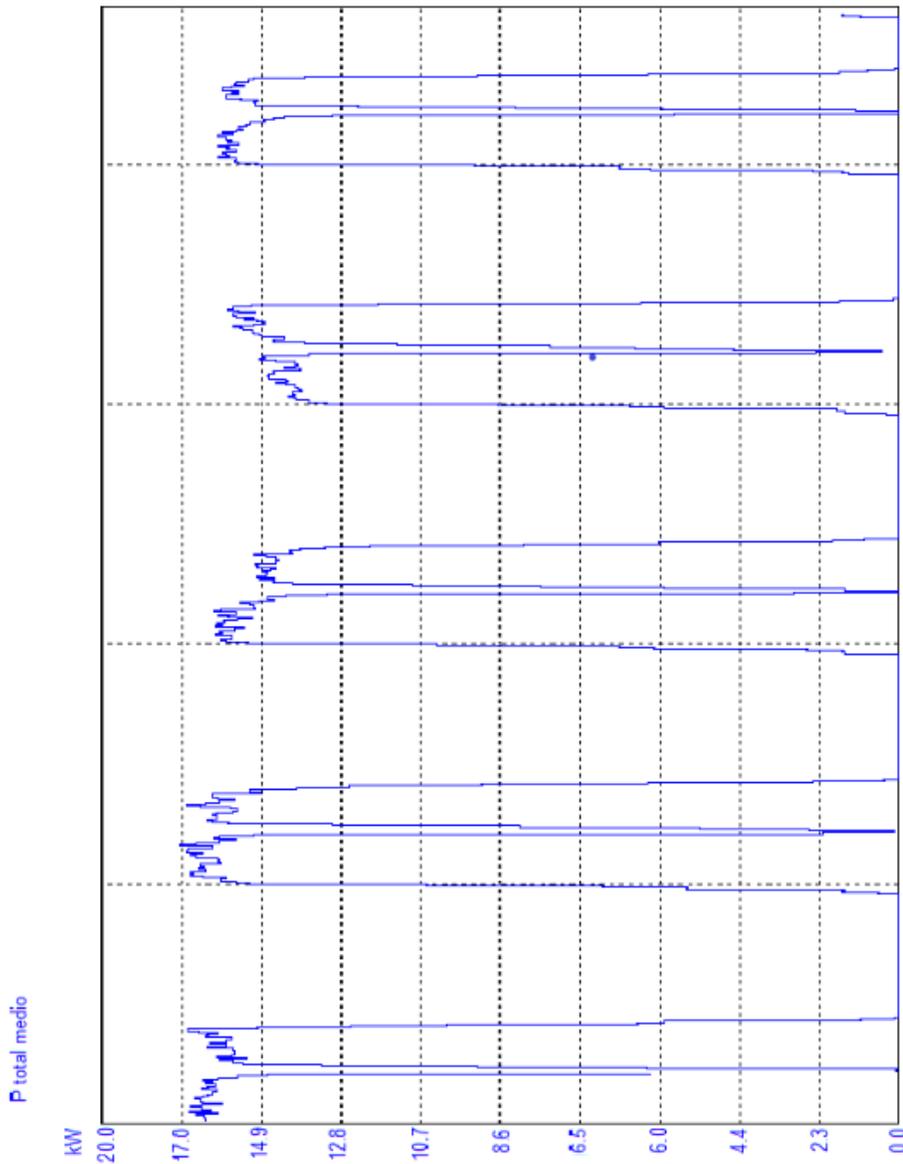


Figura 45: Medición de potencia (W) Línea de producción L1-L4

Resultados:

- La potencia promedio demandada en los días de medición por las Líneas de producción de la fábrica Línea 1 a la Línea 4 es de: **14.116 kW**.
- La potencia Máxima demandada en el periodo de medición: **16.46117kW**.

4.2.2 Medición de Energía (kW-h) Línea de producción L1-L4

El Consumo Energético:

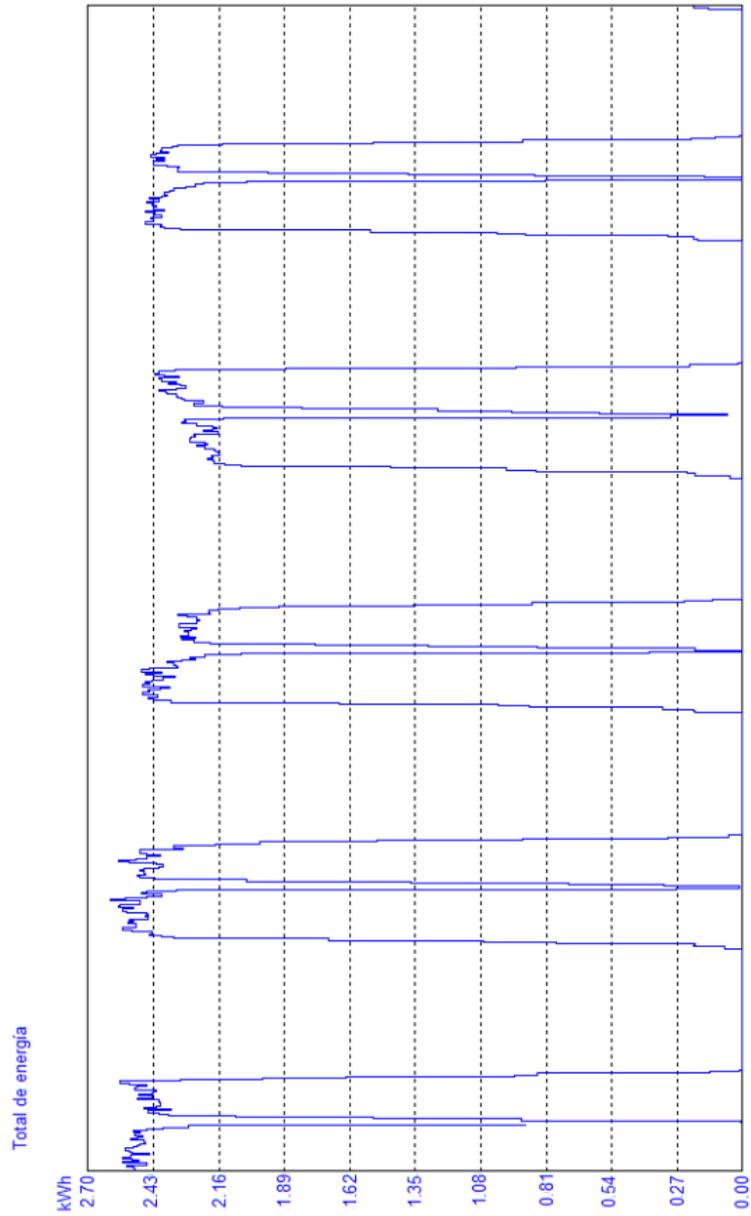


Figura 46: Medición de Energía (kW-h) Línea de producción L1-L4

Resultados:

- La energía promedio diario consumida en los días de medición por las Líneas de producción de la fábrica Línea 1 a la Línea 4 es de: **139.19 kW-h.**

4.2.3 Medición de THDV (%) Línea de producción L1-L4

La Distorsión Armónica Total de Tensión (THDV):

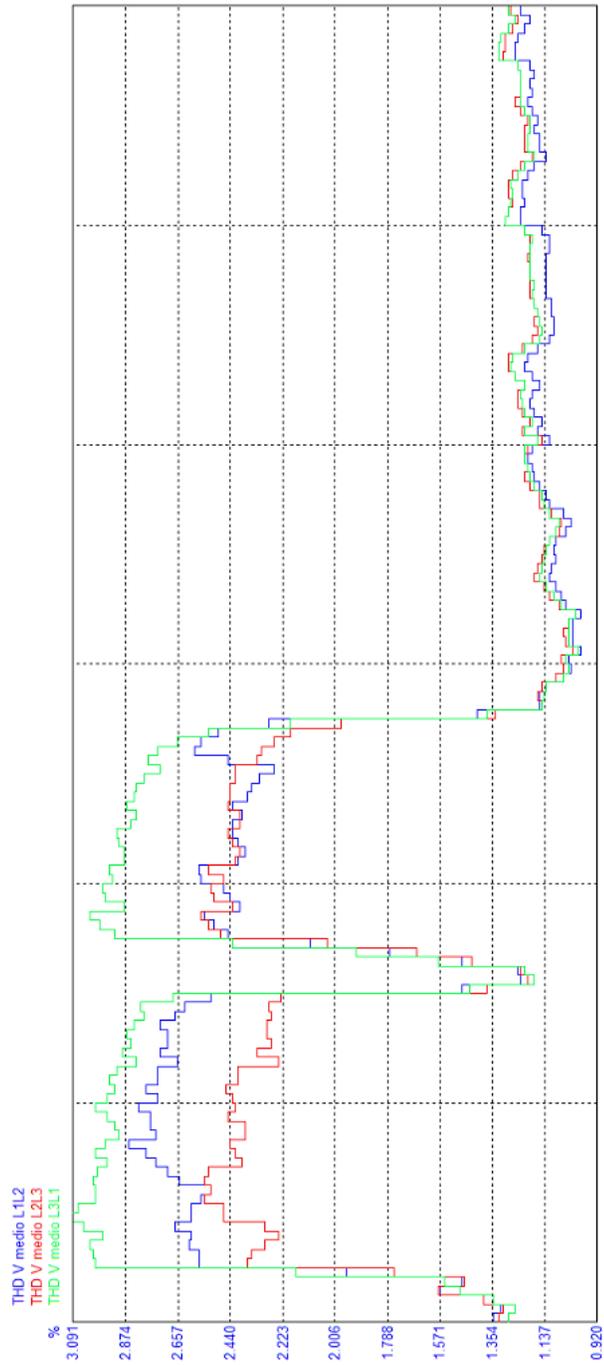


Figura 47: Distorsión Armónica Total de Tensión (THDV) Línea de producción L1-L4

La Distorsión Armónica Total de Corriente (THDI):

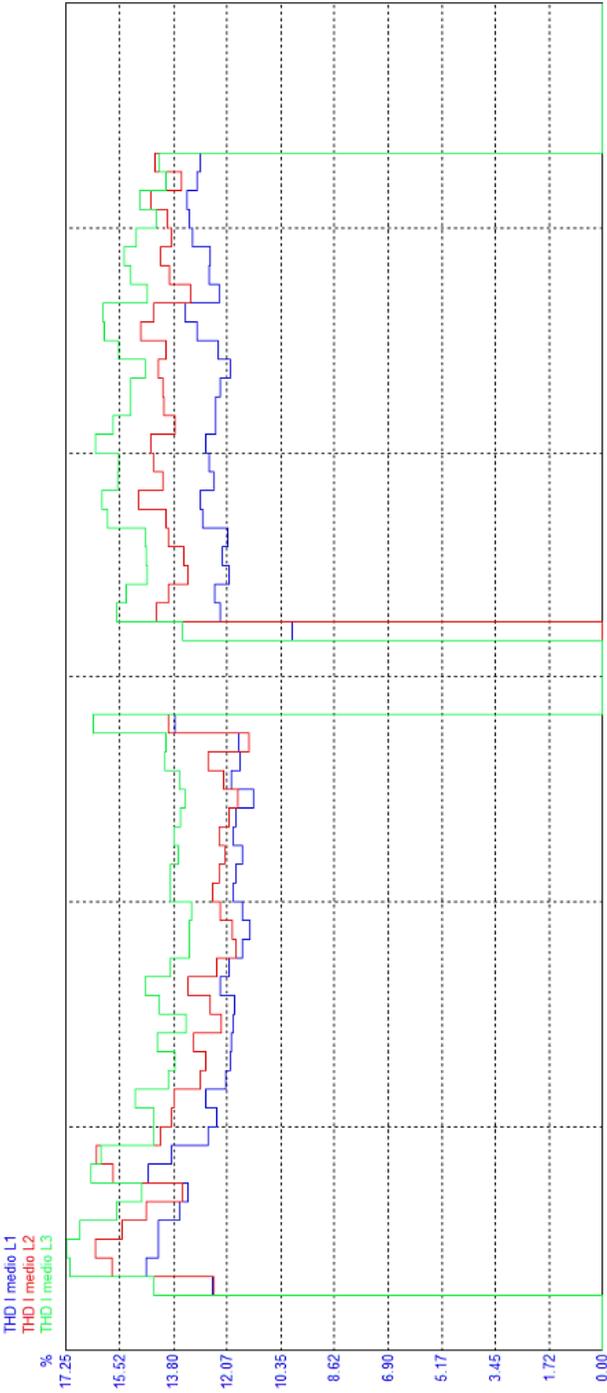


Figura 48: Distorsión Armónica Total de Corriente (THDI) Línea de producción L1-L4

Resultados:

- La Distorsión Armónica Total de Tensión (THDV) en los días de medición por las Líneas de producción de la fábrica Línea 1 a la Línea 4 es del: **2.6%(Valor promedio)** y un valor máximo del **3%**.
- La Distorsión Armónica Total de Corriente (THDI) en los días de medición por las Líneas de producción de la fábrica Línea 1 a la Línea 4 es del: **14.6%(Valor promedio)** y un valor máximo del **17.25%**.

4.3 Análisis energético en línea de producción con máquinas Overlock con motores de embrague.

La medición se realizó para la Línea 5(L5) hasta la Línea 8(L8) conectadas al Subtablero trifásico de fuerza de 42 espacios “ST-1” (Revisar Anexo B “Diagrama unifilar de instalación eléctrica fabrica modelo”) para un grupo considerable de máquinas Overlock con motor de Clutch (Motor de embrague) y otras máquinas tipo planas y entre otros tipos cuya distribución de cantidades de máquinas es de la siguiente manera:

Tipo de Máquina de coser en L5-L8(ST-1)	Cantidad
Overlock con Motor de Cluch	16
Overlock con Servomotor	30
Otros Tipos de Máquinas	149
Total de Máquinas	195

Tabla 28: Cantidad de máquinas y tipos de motores Líneas de producción L5 a L8

Estas máquinas representan la potencia eléctrica demanda al tablero de fuerza “ST-1”, En el cual operan la Línea de producción L5 hasta la línea de producción Línea L8. En estas 4 líneas de producción se encuentran conectadas 46 Máquinas Overlock de las cuales 16 Máquinas cuentan con el motor de Clutch Instalado y 30 cuentan con el motor de control electrónico.

4.3.1 Medición de potencia (W) Línea de producción L5-L8

Los resultados de las mediciones de una semana se presentan de manera Tabular en Anexo C, C2 y de forma gráfica a continuación:

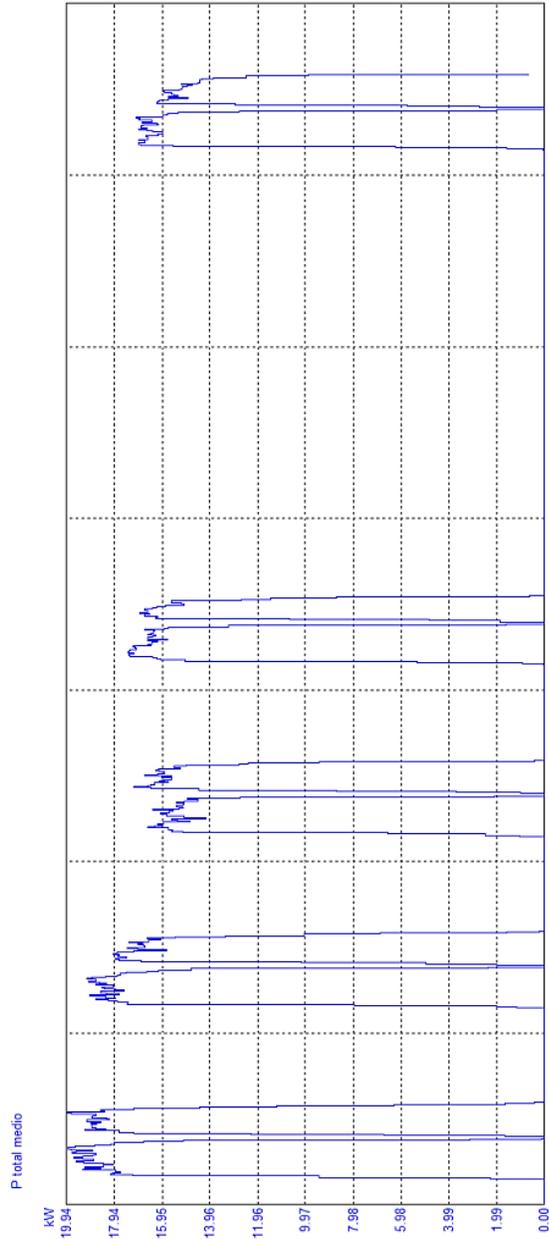


Figura 49: Medición de potencia (W) Línea de producción L5-L8

Resultados:

- La potencia promedio demandada en los días de medición por las Líneas de producción de la fábrica Línea 5 a la Línea 8 es de: **14.76 kW**.
- La potencia Máxima demandada en el periodo de medición: **19.998 kW**.

4.3.2 Medición de Energía (kW-h) Línea de producción L5-L8

El Consumo Energético:

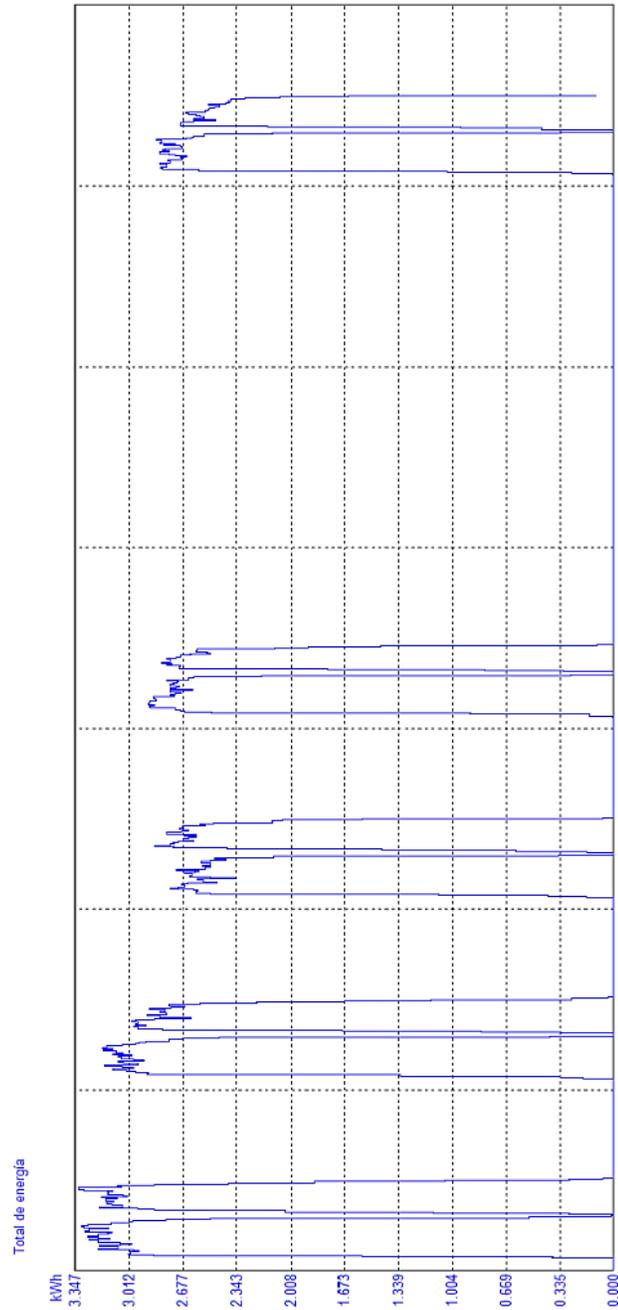


Figura 50: Medición de Energía (kW-h) Línea de producción L5-L8

Resultados:

- La energía promedio diaria consumida en los días de medición por las Líneas de producción de la fábrica Línea 5 a la Línea 8 es: **159.73kW-h**.

4.3.3 Medición de THD (%) Línea de producción L5-L8

La Distorsión Armónica Total de Tensión (THDV):

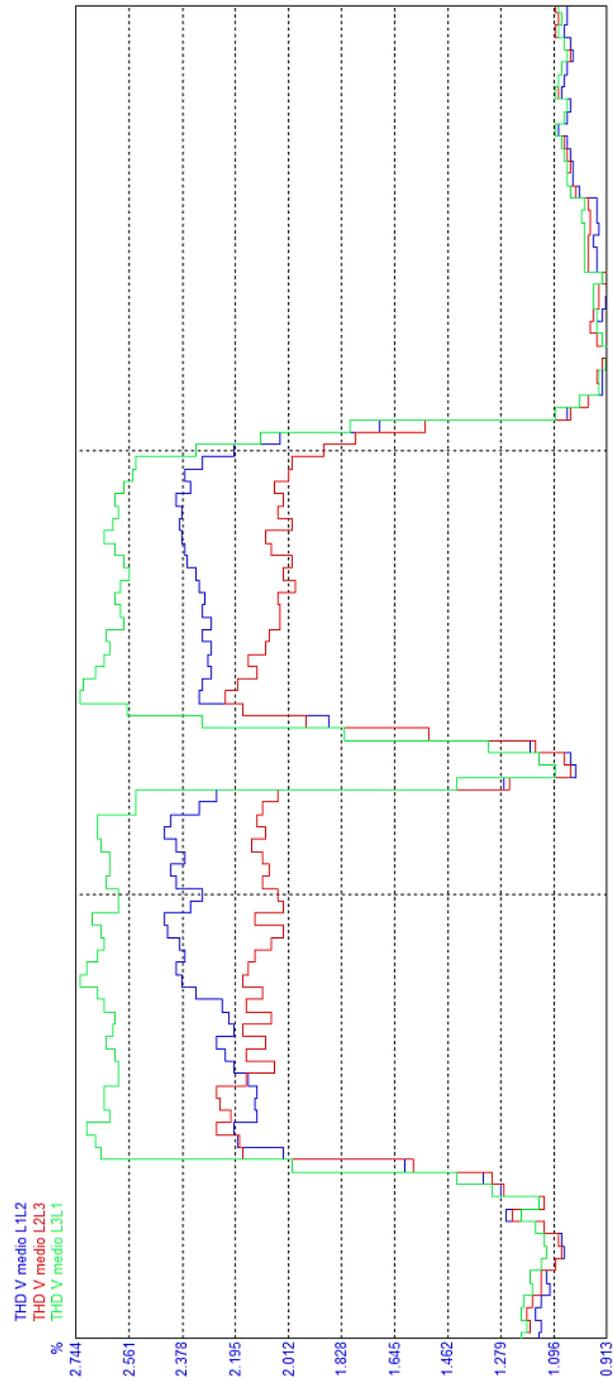


Figura 51: Distorsión Armónica Total de Tensión (THDV) Línea de producción L5-L8

La Distorsión Armónica Total de Corriente (THDI):

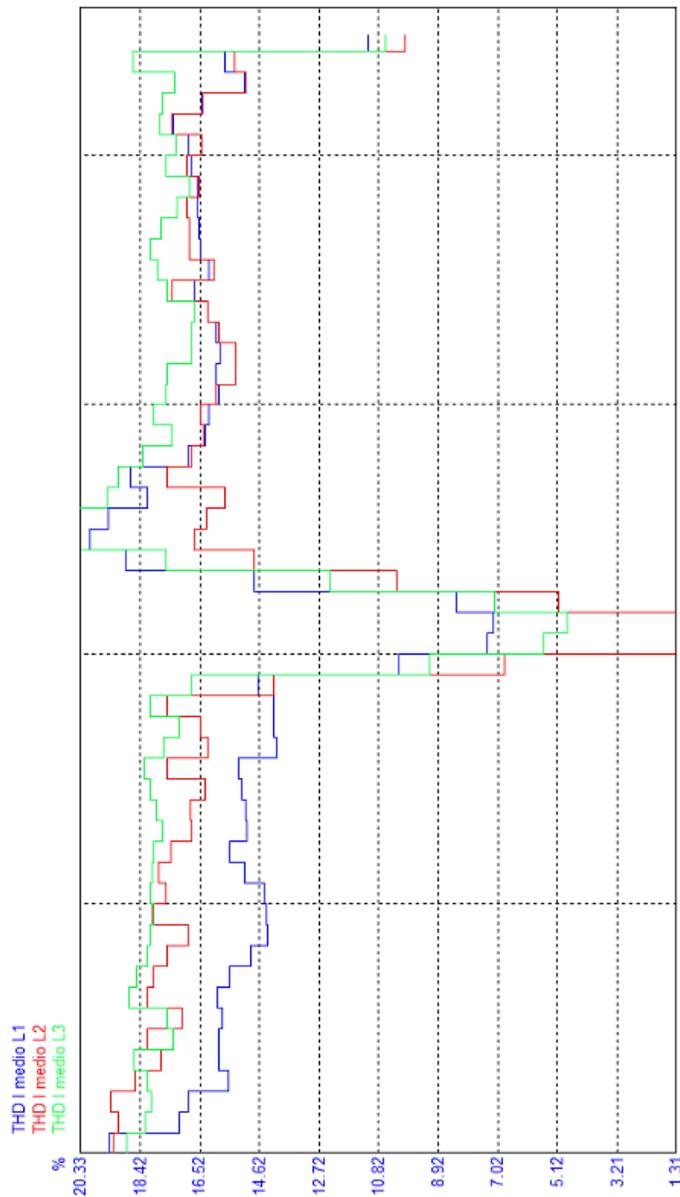


Figura 52: Distorsión Armónica Total de Corriente (THDI) Línea de producción L5-L8

Resultados:

- La Distorsión Armónica Total de Tensión (THDV) en los días de medición por las Líneas de producción de la fábrica Línea 5 a la Línea 8 es del: **2.4%(Valor promedio)** y un valor máximo del **2.74%**.
- La Distorsión Armónica Total de Corriente (THDI) en los días de medición por las Líneas de producción de la fábrica Línea 5 a la Línea 8 es del: **17%(Valor promedio)** y un valor máximo del **20%**.

4.4 Análisis comparativo de resultados obtenidos.

De las mediciones eléctricas realizadas en la fábrica modelo, se presenta un resumen de los resultados obtenidos los cuales fueron presentados en secciones anteriores:

Parámetros	Línea de producción: L1 a L4			Línea de producción: L5 a L8		
	Overlock con motor de inducción	Overlock con motor de control electrónico	Otras Máquinas	Overlock con motor de inducción	Overlock con motor de control electrónico	Otras Máquinas
Cantidad de Motores eléctricos	3	43	149	16	30	149
Cantidad total de Motores eléctricos	195			195		
Potencia Promedio	14.11600 kW			14.760 kW		
Potencia máx.	16.46117 kW			19.998 kW		
Energía eléctrica demandada diariamente	139.19 kW-h			159.73 kW-h		
THD de tensión (Promedio diario)	2.6 %			2.4%		
THD de Corriente (Promedio diario)	14.6 %			17.0%		

Tabla 29: Resumen de resultados de las mediciones a las líneas de producción L1-L4 y L5-L8

Los resultados de Potencia y Energía eléctrica obtenidos en las mediciones en el tablero ST-3(L1-L4) y el ST-1(L5a L8) se diferencian debido a la cantidad de máquinas Overlock con motores trifásicos de inducción y Máquinas con servomotores, que son parte de la carga existente de cada tablero. La carga demandada por otros tipos de máquinas que operan en cada tablero (Máquinas planas, de poste, de codo y otras) son iguales en cada tablero aunque no operan en los mismos tiempos la potencia y la energía diaria se comporta de manera similar en ambos grupos, debido a que tiene las mismas metas de producción diaria y por lo tanto, la diferencia que existe en estas cantidades es debido a la diferencia de tecnologías de motor de las Máquinas Overlock.

Por lo tanto a partir de la Tabla 29 el ahorro diario entre líneas de energía demandado diariamente con la distribución de máquinas Overlock con controlador electrónico en la fábrica modelo:

$$\frac{E_{AHORRO}}{DIARIO} = \frac{E_{L5 A L8}}{DIARIO} - \frac{E_{L1 A L4}}{DIARIO}$$

$$\frac{E_{AHORRO}}{DIARIO} = (159.73 - 139.19)kW \cdot h$$

$$\frac{E_{AHORRO}}{DIARIO} = 20.54 kW \cdot h$$

Calculando el ahorro de energía mensual entre las líneas de producción (25 días de Operación) a partir de las mediciones realizadas:

$$\frac{E_{AHORRO}}{MENSUAL} = 513.5 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

Al comparar los datos de laboratorio presentados en las secciones 3.2.1 y 3.2.2 “Pruebas de laboratorio al motor de embrague y para el motor de controlador electrónico”. Se puede determinar el ahorro mensual de energía entre líneas que existe y el porcentaje de error entre ambas pruebas:

Energía Demandada diariamente por 1 máquina Overlock de Clutch de inducción:

$$E_{MOTOR \text{ CLUTCH}/DIA} = 2.17 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{DIA}$$

Energía Demandada diariamente por 1 máquina Overlock con Servomotor:

$$E_{SERVOMOTOR /DIA} = 0.7086 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{DIA}$$

Parámetros	Línea de producción: L1 a L4		Línea de producción: L5 a L8	
	Overlock con motor de inducción	Overlock con motor de control electrónico	Overlock con motor de inducción	Overlock con motor de control electrónico
Cantidad de Motores eléctricos	3	43	16	30
Subtotal de energía eléctrica demandada diariamente (kW·h / DIA)	6.51	30.47	34.72	21.26
Energía eléctrica demandada diariamente (kW·h / DIA)	36.98		55.98	
Energía eléctrica demandada mensualmente (kW·h / MES)	924.5		1399.5	

Tabla 30: Calculo con resultados del capítulo 3 para comparar resultados de las mediciones a las líneas de producción L1-L4 y L5-L8

Calculando el ahorro de energía mensual entre líneas (25 días de Operación) a partir de las mediciones de laboratorio:

$$\frac{E_{AHORRO}}{MENSUAL} = \frac{E_{L5AL8}}{MENSUAL} - \frac{E_{L1AL4}}{MENSUAL}$$

$$\frac{E_{AHORRO}}{MENSUAL} = (1399.5 - 924.5)kW \cdot h$$

$$\frac{E_{AHORRO}}{MENSUAL} = 475 \text{ kW} \cdot h$$

El porcentaje de error entre los datos medidos en la fábrica y los datos determinados en el laboratorio para cada motor individualmente:

$$\% \text{ error} = \frac{|513.5 - 475|}{513.5} \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = 7.5\%$$

Por lo tanto los datos de potencia y consumo energético presentados en el capítulo 3 se pueden utilizar para realizar estimaciones de potencia y energía de máquinas Overlock.

Es importante mencionar que el valor de ahorro presentado anteriormente es el ahorro entre líneas de producción; el ahorro que representa para la fábrica los 73 motores electrónicos VS Motores de inducción lo calculamos en la tabla:

Parámetros	Línea de producción: L1 a L4 y Línea de producción: L5 a L8	
	Overlock con motor de inducción	Overlock con motor de control electrónico
Cantidad de Motores eléctricos(73 motores para propósitos de cálculo)	73	73
Subtotal de Energía eléctrica demandada diariamente (kW·h / DIA)	158.41	51.7278
Subtotal de Energía eléctrica demandada mensualmente (kW·h / MES)	3960.25	1293.195
Ahorro mensual con motores de control electrónico VS motores de inducción (kW·h / MES)	2667.06	

Tabla 31: Calculo de ahorro de energía de fábrica modelo referente a 73 motores de inducción sustituidos.

Ahorro mensual de energía para la fábrica es 2667.06 kW·h, representa un porcentaje del 67.35% con referencia al consumo de los motores de inducción.

CAPÍTULO 5: Análisis de factibilidad de cambio de tecnología.

5.1 Impacto en el consumo energético en El Salvador.

5.1.1 Situación energética del país

Actualmente en El Salvador la producción de energía eléctrica se realiza mediante la Generación Hidroeléctrica, Generación Térmica, Generación Geotérmica, y entre otras fuentes de generación energética: Solar Fotovoltaica, Biomasa y Micro-Generación Hidráulica, aplicaciones de energía eólica se encuentran en estudio.

Hasta Diciembre del 2015 en El Salvador, la principal fuente de generación la constituye la generación térmica con un 45.6% en promedio mensual; no obstante actualmente existen proyectos a implementarse en el corto y mediano plazo, con el objetivo de diversificar la matriz energética y aumentar la participación de recursos hidroeléctricos, geotérmicos y biomasa.

En segundo lugar se ubicó la generación hidroeléctrica, cuyo promedio mensual fue del 28.5%, siguiendo en ese orden la generación de Biomasa con 13.6% impulsada principalmente por importantes Ingenios Azucareros y finalmente una relevante cuota de energía geotérmica que en promedio resultó del 12.3%.

Según datos del Consejo Nacional de Energía, durante 2015 el consumo de energía alcanzó los 6,311 GWh versus 6,067 GWh en 2014, lo que equivale a un crecimiento del 4.0%.

La situación lluviosa en El Salvador es la situación que hace que la generación térmica de energía Eléctrica varíe con incremento y decremento durante el año. El mes de marzo, época seca, la producción térmica se incrementa debido a la baja producción hidroeléctrica variando año con año.

Un incremento de generación térmica propicia al incremento en los precios de la energía eléctrica en El Salvador debido a la alta demanda de energía eléctrica que existe en El Salvador y la variación de los precios del petróleo a nivel mundial.

Para los años futuros se pretende disminuir los altos precios de la energía mediante la implementación de otras formas de generación de energía eléctrica como lo es la generación Fotovoltaica y también el aumento de plantas Hidroeléctricas en construcción.

Otra solución para disminuir la generación Térmica es buscar alternativas de ahorro energético en el sector Industrial, sector que demanda cerca del 40% de demanda nacional de energía eléctrica con sistemas y equipos más eficientes.

5.1.2 Ahorro energético por cambio de tecnología

En El Salvador actualmente existen alrededor de 12,869 unidades de máquinas Ranas como refleja la investigación, dentro de las cuales la gran mayoría aun funciona con motores de embrague por lo cual tiene una demanda actual de energía al año de 651 kW·h / AÑO para un total de energía consumida por el sector textil en concepto de máquinas Ranas de 8.37 GWh/AÑO, esto podría tener una disminución con el cambio de tecnología a servomotores obteniendo valores de consumo de 212.58 kWh / AÑO y su consumo anual de 2.73 GWh/AÑO con un ahorro anual de 5.64 GWh/AÑO.

Para objeto de esta investigación solo fueron tomado en cuenta las Máquinas Ranas, pero es muy factible colocar estos motores en máquinas planas sustituyendo así las antiguas cajas electrónicas de las Máquinas planas lo que incrementaría considerablemente el ahorro energético en el país. Otro aspecto importante es al momento de diseñar las instalaciones de dichas Máquinas es posible disminuir calibres de conductor potencia de la subestación y la compatibilidad con sistemas fotovoltaicos al tratarse de potencias considerablemente menor al motor anterior.

5.2 Análisis económico.

5.2.1 Comparación de costo de operación de ambas tecnologías.

Costos por Máquina	Motor de inducción (\$)	Motor de control electrónico (\$)	Ahorro(\$)
Costo por día	\$ 0.29	\$ 0.10	\$ 0.19
Costo por mes	\$ 7.23	\$ 2.36	\$ 4.86
Costo Anual	\$ 86.77	\$ 28.33	\$ 58.43

Tabla 32: Comparación de costos y ahorro diario, mensual y anual de cada tecnología de motores.

Los valores presentados en la tabla 32 se calcularon con los valores de consumo energético por máquina del capítulo 3 para metas de hasta 400 prendas de vestir diario, y la asignación del cargo de energía en el caso de medición más alto (medición Secundaria) vigente para el 1 de Enero de 2018 asignado por la SIGET a la compañía distribuidora EEO, importante resaltar es el caso más alto de cobro por consumo energético que se puede presentar en El Salvador.

5.2.2 Ahorro energético en Fabrica Modelo.

Comparación del horro entre las líneas de producción en fábrica modelo. En la Tabla 30 se muestra la comparación de las líneas de producción L1-L4 con L5-L8 ambas líneas de producción cuentan con Servomotores en cantidades diferentes, obteniendo como resultados valores de consumo energético L1-L4=924.5 KWh/MES y L5-L8=1399.5 KWh/MES estos valores expresados en dólares son COSTO_L1-L4=\$119.42 y COSTO_L5-L8=\$180.59 dólares al mes lo que representa un ahorro mensual de \$60.58 dólares para un ahorro anual \$726.96 dólares cabe resaltar que esto representa únicamente el ahorro entre línea y no el total de la fábrica como se muestra en la Tabla 33.

AHORRO TOTAL DE FABRICA MODELO			
Costos	Motor de inducción (\$)	Motor de control electrónico (\$)	Ahorro(\$)
Costo por día	\$ 20	\$ 6.67	\$ 13.33
Costo por mes	\$ 511.03	\$ 166.87	\$ 344.16
Costo Anual	\$ 6,132.46	\$ 2,002.5	\$ 4,129.96

Tabla 33: Comparación de costos y ahorro diario, mensual y anual del grupo de motores sustituidos en fábrica modelo.

La tabla 33: muestra el ahorro de toda de la fábrica modelo producto del cambio de tecnología en las Máquinas Overlock en esta fábrica aun no cuentan con el 100% de Máquina con estos nuevos motores.

5.2.3 Ejemplo de factibilidad de cambio de tecnología.

En el siguiente ejemplo se muestra un caso de una fábrica con 100 máquinas Rana que operan con motor de inducción y se realizará un cambio a Servomotores.

Consideraciones de cálculo:

- Zona Central Suministra Distribuidora Eléctrica CAESS.
- Medición Secundaria, en categoría a Gran demanda (Mayor a 50 kW), medición Horaria.
- Periodo de trabajo de 7AM a 12MM y de 1PM a 5PM (7 Horas de Operación y 1 Hora de Almuerzo)
- Valor actual de mercado por servomotor de \$160.00 C/Unidad.
- Vida útil del motor 15 Años
- Tasa de Interés anual 15%.
- Costo de instalación: \$500

Cálculos:

$$\text{inversión}_{\text{inicial}} = \$ 16,500$$

$$\# \text{maquinas} = 100$$

$$\text{Interes}_{\text{anual}} = \$ 16500 * 0.15 = \$ 2,475$$

$$\text{Interés}_{\text{mensual}} = \frac{\$ 2,475}{12} = \$ 206.25$$

$$\text{Ahorro}_{\text{mensual por maquina}} = \$ 4.86$$

$$\text{Ahorro}_{\text{total}} = \$ 4.86 * 100 = \$ 486$$

$$\text{Cuota de abono mensual} = \$ 486 - \$ 206.25 = \$ 279.75$$

$$\text{tiempo de recuperación} = \frac{\text{inversión}_{\text{inicial}}}{\text{Cuota de abono mensual}} = \frac{16,500}{279.75} = 58.98 \cong 59 \text{ meses}$$

$$\text{tiempo de recuperacion en años} = \frac{59}{12} = 4.91 \approx 5 \text{ años}$$

Reemplazo de 100 Servomotores		
Interés anual 15%	Ahorro anual \$ 5,832.00	Inversión \$ 16,500.00
Periodo	Saldo	Beneficio
1 mes	\$ 16,220.25	\$ 0
6 mes	\$ 14,821.50	\$ 0
1 año	\$ 13,143.00	\$ 0
2 años	\$ 9,786.00	\$ 0
3 años	\$ 6,429.00	\$ 0
4 años	\$ 3,072.00	\$ 0
5 años	-\$ 2,760.00	\$ 2,760.00
6 años	\$ 0	\$ 5,832.00
7 años	\$ 0	\$ 5,832.00
8 años	\$ 0	\$ 5,832.00
9 años	\$ 0	\$ 5,832.00
10 años	\$ 0	\$ 5,832.00
Ahorro total		\$ 31,920.00

Tabla 34: Recuperación de la Inversión Diez años plazo

CONCLUSIONES

- ✓ En el presente trabajo de graduación se analizó el impacto en el sector maquila de El Salvador desde el punto de vista de eficiencia energética por el cambio de motores de inducción a servomotores en las máquinas Ranas, esta máquina ha evolucionado desde los años 1800 hasta la actualidad con modelos mucho más eficiente sin embargo en el país se observó un atraso considerable en la maquinaria Rana con modelos de hasta treinta años de funcionamiento teniendo en cuenta que la maquila es uno de los sectores que menos inversión presenta en renovación de maquinaria, es indispensable proponer alternativas económicamente factibles para este sector para mejorar dicha situación, actualmente en El Salvador la distribución de máquinas Ranas se presenta de la siguiente manera:

- Total de máquinas En la gran empresa en El Salvador 12,363 unidades
- Total de máquinas En la mediana empresa en El Salvador 507 unidades

La gran mayoría de maquilas del país se concentran en la gran empresa con un total de 12363 máquinas en 94 grandes empresas registradas en la Clasificación de Actividades Económicas de El Salvador REV. 4.0 (CLAEES 4.0), el aporte de la mediana empresa es muy pequeño en comparación con la gran empresa por lo cual se despreció la pequeña empresa, y por consiguiente se tiene un total de máquinas Ranas en El Salvador de 12,869 máquinas.

- ✓ Dentro de las pruebas de laboratorio realizadas para la comparación de a ambas tecnologías se determinó que la mayor diferencia se encuentra en la manera de administrar la potencia eléctrica en función de la potencia mecánica demanda por la carga, el motor con controlador electrónico varía mucho más eficientemente la demanda de potencia eléctrica que el motor de inducción con valores de eficiencia 67.2% contra 89.8%, el Servomotor se vuelve un motor que puede variar su potencia eléctrica en función de la carga y no es necesario mantener en funcionamiento el motor en relación a su homólogo el motor de inducción que en condiciones sin costura presenta un consumo de 198.95 W contra apenas 4.7 W, importante resaltar que el tiempo efectivo de costura es de 1.5 h y de trabajo en vacío es de 5.5 h por lo cual los 198.95 W representan un gran porcentaje de energía utilizando un servo motor el ahorro que esto representa es de 67.3% en el consumo energético comparación al motor de inducción.
- ✓ Uno de los aspectos más importantes llevados a cabo fueron las mediciones en la fábrica modelo que abrió la posibilidad de comparar en un ambiente practico ambas tecnologías tomando en cuenta que solo se midieron aspectos puramente energéticos

dando como resultados un ahorro mensual de 513 KW-h entre las dos líneas, la diferencia en número de servo motores fue de 27 máquinas con motor de inducción, pero el ahorro total de la fábrica modelo es de 2667.06 KW-h al mes lo que representa la suma de \$ 344.16 dólares, un aspecto importante es validar las mediciones de laboratorio con las mediciones reales en la fábrica obteniendo un error relativo 7.5 % estimados con los datos de laboratorio para 73 servo motores un valor muy pequeño. Otro aspecto para tomar en cuenta es la distorsión armónica total (THD) que si bien el servomotor tiene un contenido armónico más grande que el motor antiguo cuando se mide individualmente, esto se ve reflejado cuando se analizó los grupos de máquinas en las líneas de producción donde el valor más grande era generado por los grupos de máquinas donde existía mayoría de motores de inducción debido a que en los grupos de servomotores donde no todas las componentes armónicas se producían en fase por el contrario algunas se producen en contrafase lo que causa atenuación, el motor de inducción no es un motor adaptado a funcionamiento transitorio por lo cual incrementa su contribución en contenido armónico que inyecta a la red.

- ✓ Dentro los aspectos en esta investigación está que el servomotor no solo representa una alternativa de ahorro energético para fábricas en particular debido a las 12869 máquinas que operan en el sector maquila de El Salvador de retirarían de la matriz energética un total de 5.64 GW-h al año por lo cual es una alternativa de ahorro real y económicamente viable debido a que como se observó en el capítulo 5 de este documento 5.2 ejemplo de factibilidad de cambio de tecnología para 100 servomotores, con una inversión de \$ 16,500 y considerando costos financieros que estos puedan representar en un periodo de 10 años los 100 servo motores a generado un monto de \$ 31,920 en concepto de ahorro energético con un tiempo de conciliación de préstamo de 5 años, por lo cual el sector maquila en El Salvador tendría un ahorro total en concepto de consumo energético de \$ 62,543.34 dólares al mes si esta inversión es financiada por fondos propios lo que lo volvería una alternativa mucho más factible para llevar a cabo la adquisición de dichos motores, cabe recalcar que en este documento en ningún momento se planteó que este motor podría reemplazar a los motores de inducción ya que para llevar a cabo esta afirmación sería necesario realizar un estudio en el que se compare con otros motores de inducción en otras aplicaciones, otro aspecto importante para realizar futuras investigaciones relacionadas a este tema es el poder instalar estos motores en máquinas: Planas, Ruedo invisible etc.

RECOMENDACIONES

- Evaluar los sistemas eléctricos dentro del sector eléctrico maquilado textil debido a que estos requerimientos no cumplen con ninguna normativa ejemplo claro de esto es la falta de un tablero general y la distribución directa de los alimentadores partiendo de la acometida principal, es necesario la revisión de la conexión delta en el secundario para mayoría de carga monofásica en estas fábricas debido a que a la falta de balance en los tableros causa grandes desbalances entre los transformadores de la subestación.
- Para la instalación de los servomotores debe tomarse en cuenta que se habla de un sistema monofásico y se deben balancear las cargas en el riel trifásico ya que al no considerar esto contribuye al desbalance ya existente.
- Un punto importante debe ser que al programar la velocidad del motor no se debe sobrepasar las 3500 rpm con las cuales desarrollaba el motor anterior, si bien estos motores pueden alcanzar hasta 5000 rpm no es recomendable, puesto que comienza a causar vibración en la maquina rana lo que puede causar averías mecánicas.

BIBLIOGRAFÍA

[B1] *Sector en Cifras, Estadísticas (2017), Cámara de la Industria Textil, Confección y Zonas Francas de El Salvador (Camtex):*

<http://www.camtex.com.sv/images/stories/estadisticas/Exportacion.JPG>

[B2] <https://globaledge.msu.edu/countries/el-salvador/history>

[B3] <http://www.bcr.gob.sv>.

[B4] *Máquinas Eléctricas, Stephen J. Chapman, Quinta Edición,*

ANEXOS

ANEXO A: Exportaciones en el sector maquila para los años 2013 a 2016

A partir de los datos presentados por El Banco Central de Reserva (BCR) para los años 2013 a 2017 las exportaciones en El Salvador de los rubros más importantes:

Transacciones	Flujo acumulado al Año o mes de referencia						Crecimiento Acumulado Anual
	2013	2014	2015	2016	Ago-2016(p)	Ago-2017	Ago-2017
1 Exportaciones (FOB)	5491.09	5272.67	5484.93	5335.38	3642.09	3850.63	5.73
1.1 Tradicionales	424.90	288.42	328.42	235.18	200.83	269.95	34.42
1.1.1 Café 1/	233.88	110.50	149.05	109.38	99.08	107.85	8.85
1.1.2 Algodón	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	--
1.1.3 Azúcar	190.10	177.21	178.88	125.46	101.57	162.06	59.56
1.1.4 Camarón	0.92	0.71	0.49	0.34	0.18	0.04	-78.62
1.2 No Tradicionales	3908.00	3960.51	4044.19	3945.16	2646.18	2820.98	6.61
1.2.1 Centroamérica	2019.56	1996.95	2073.09	2016.11	1348.03	1404.92	4.22
1.2.2 Fuera de Centroamérica	1888.43	1963.32	1971.09	1929.04	1298.15	1416.06	9.08
1.3 Maquila	1158.19	1023.98	1112.32	1155.05	795.08	759.70	-4.45
2 Importaciones (CIF)	10771.95	10512.85	10415.4	9854.6	6555.39	6904.22	5.32
2.1 Centroamérica	1796.94	1857.23	1889.37	1919.47	1273.92	1329.05	4.33
2.2 Fuera de Centroamérica	8222.64	7977.36	7916.38	7352.11	4877.84	5159.21	5.77
2.3 Maquila	752.37	678.26	609.66	583.01	403.63	415.97	3.06
3 Balanza Comercial	-5280.86	-5240.18	-4930.48	-4519.22	-2913.3	-3053.6	4.82

Tabla A1: Exportaciones en El Salvador de los rubros más importantes 2013 a 2017

Crecimiento de las exportaciones del sector Textil y Confección en El Salvador durante los años 2008 a 2015 según la **Cámara de la Industria Textil, Confección y Zonas Francas de El Salvador(Camtex)**.



Figura A1: Crecimiento de las exportaciones del sector Textil y Confección en El Salvador

Empleos del sector Textil y Confección en El Salvador durante los años 2007 a 2015 según la **Cámara de la Industria Textil, Confección y Zonas Francas de El Salvador(Camtex)**.

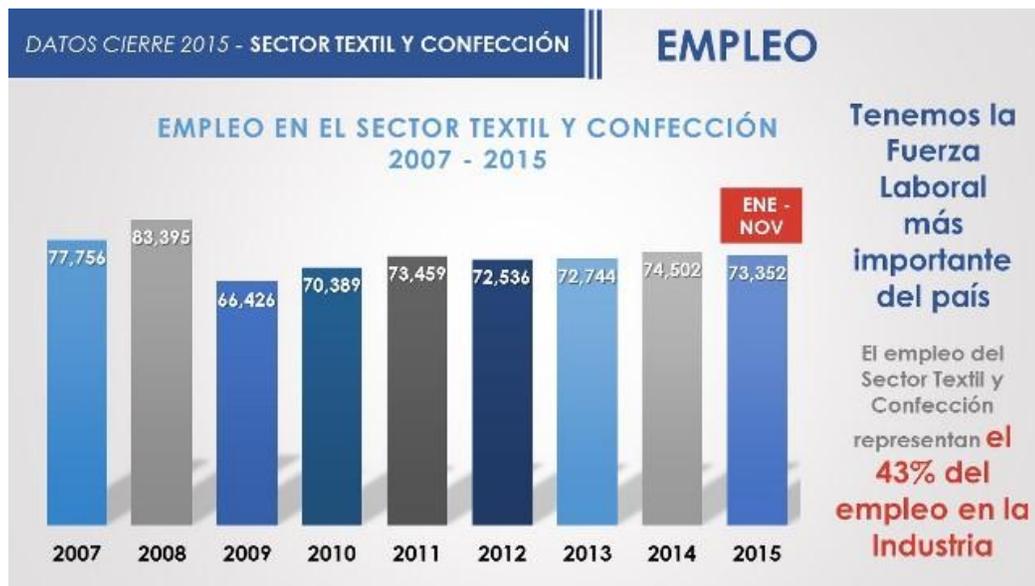


Figura A2: Empleos del sector Textil y Confección en El Salvador

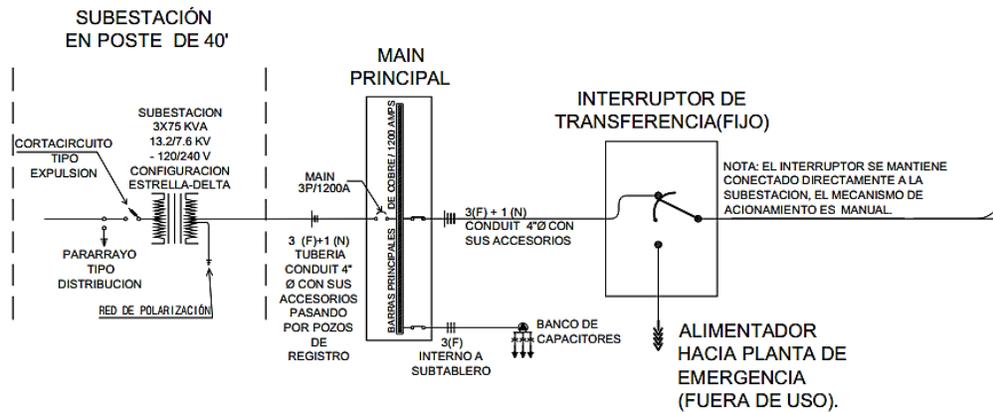
Principales destinos de exportaciones del sector Textil y Confección en El Salvador según la Cámara de la Industria Textil, Confección y Zonas Francas de El Salvador (Camtex).



Figura A3: Principales destinos de productos exportados del sector Textil y Confección en El Salvador

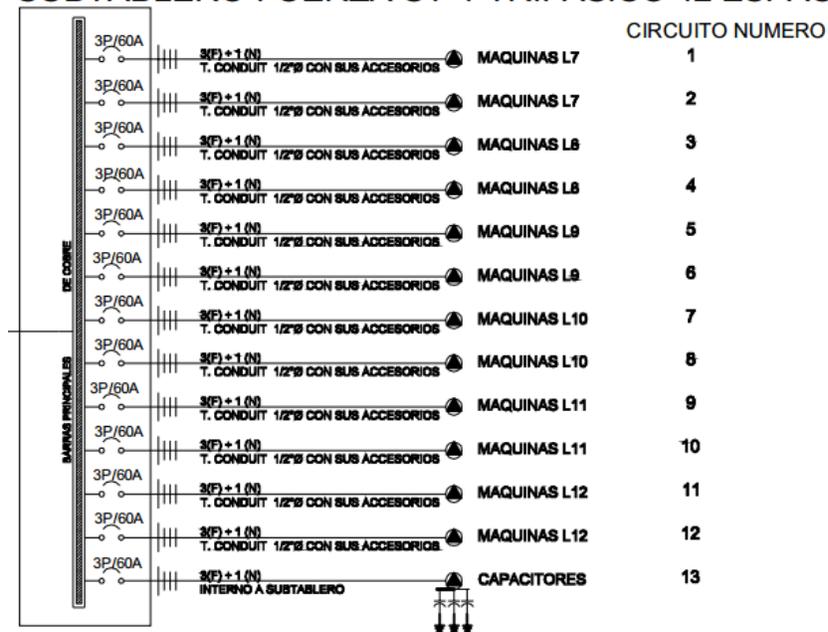
Subestación, Main e Interruptor de transferencia:

SIN ESCALA

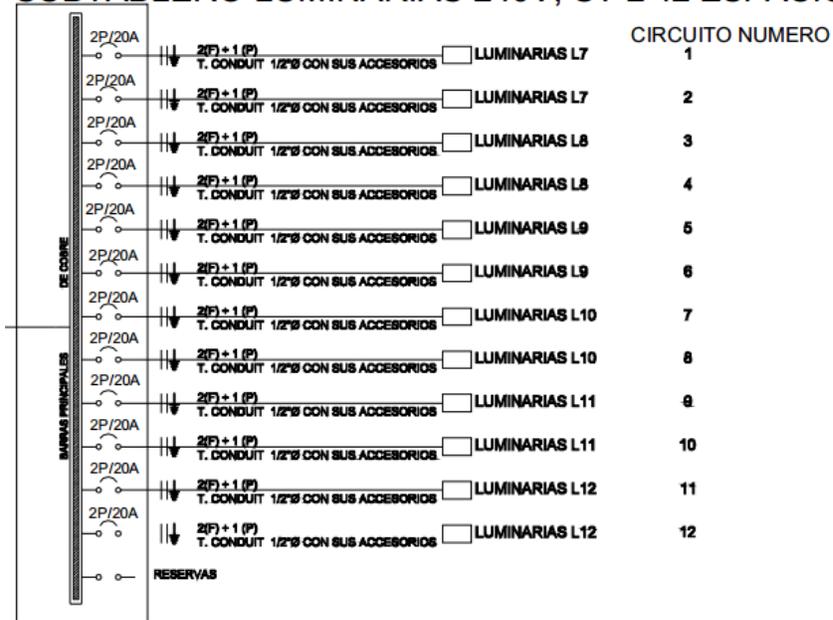


Tableros:

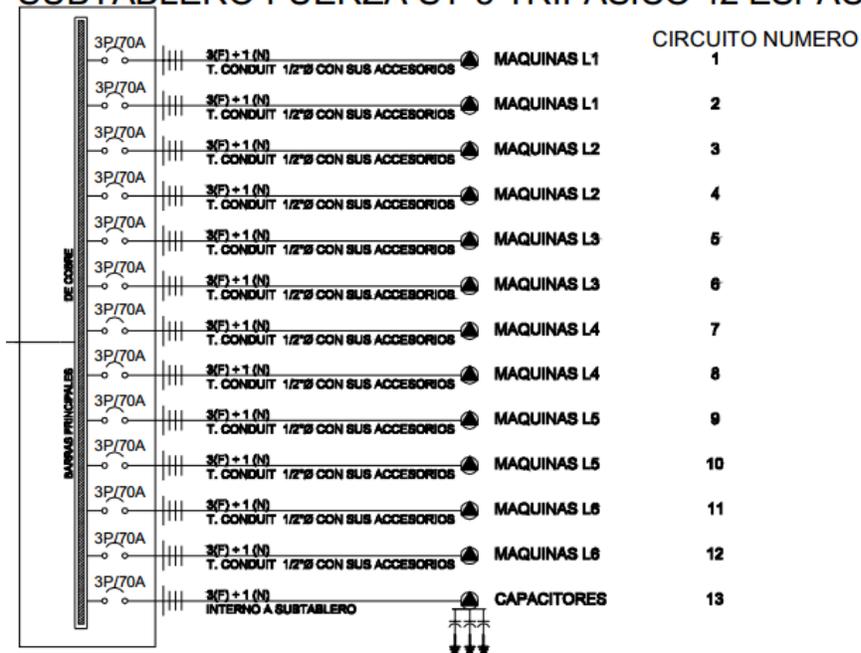
SUBTABLERO FUERZA ST-1 TRIFASICO 42 ESPACIOS



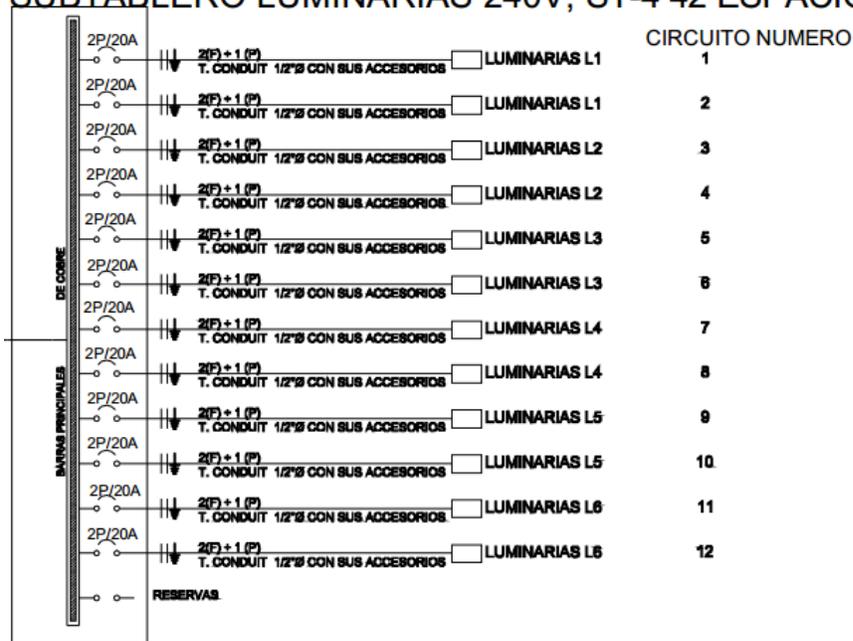
SUBTABLERO LUMINARIAS 240V, ST-2 42 ESPACIOS



SUBTABLERO FUERZA ST-3 TRIFASICO 42 ESPACIOS



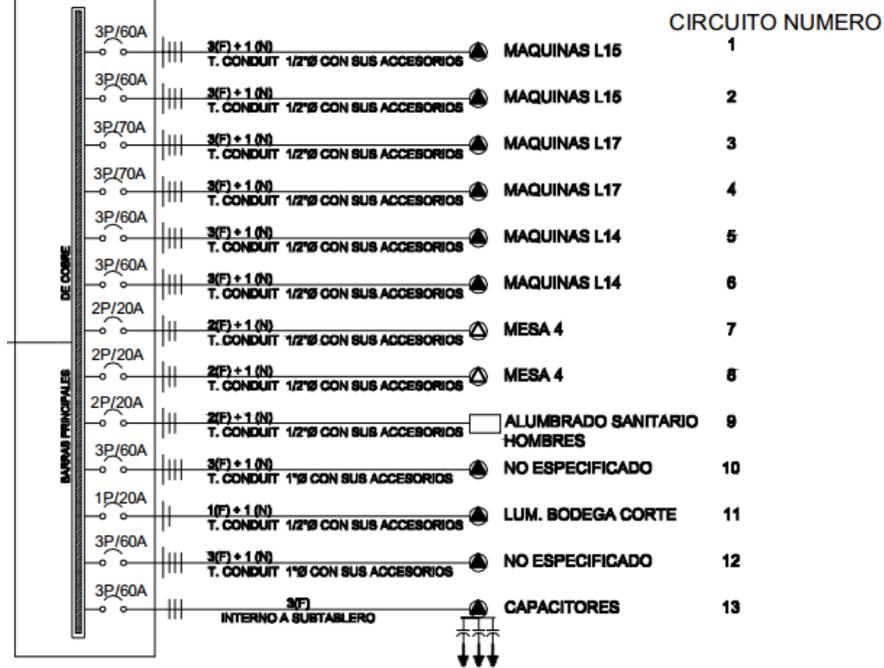
SUBTABLERO LUMINARIAS 240V, ST-4 42 ESPACIOS



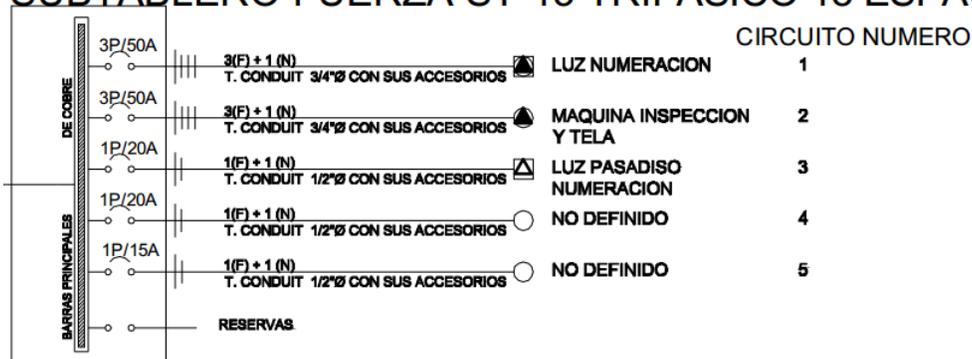
SUBTABLERO FUERZA ST-9 TRIFASICO 30 ESPACIOS



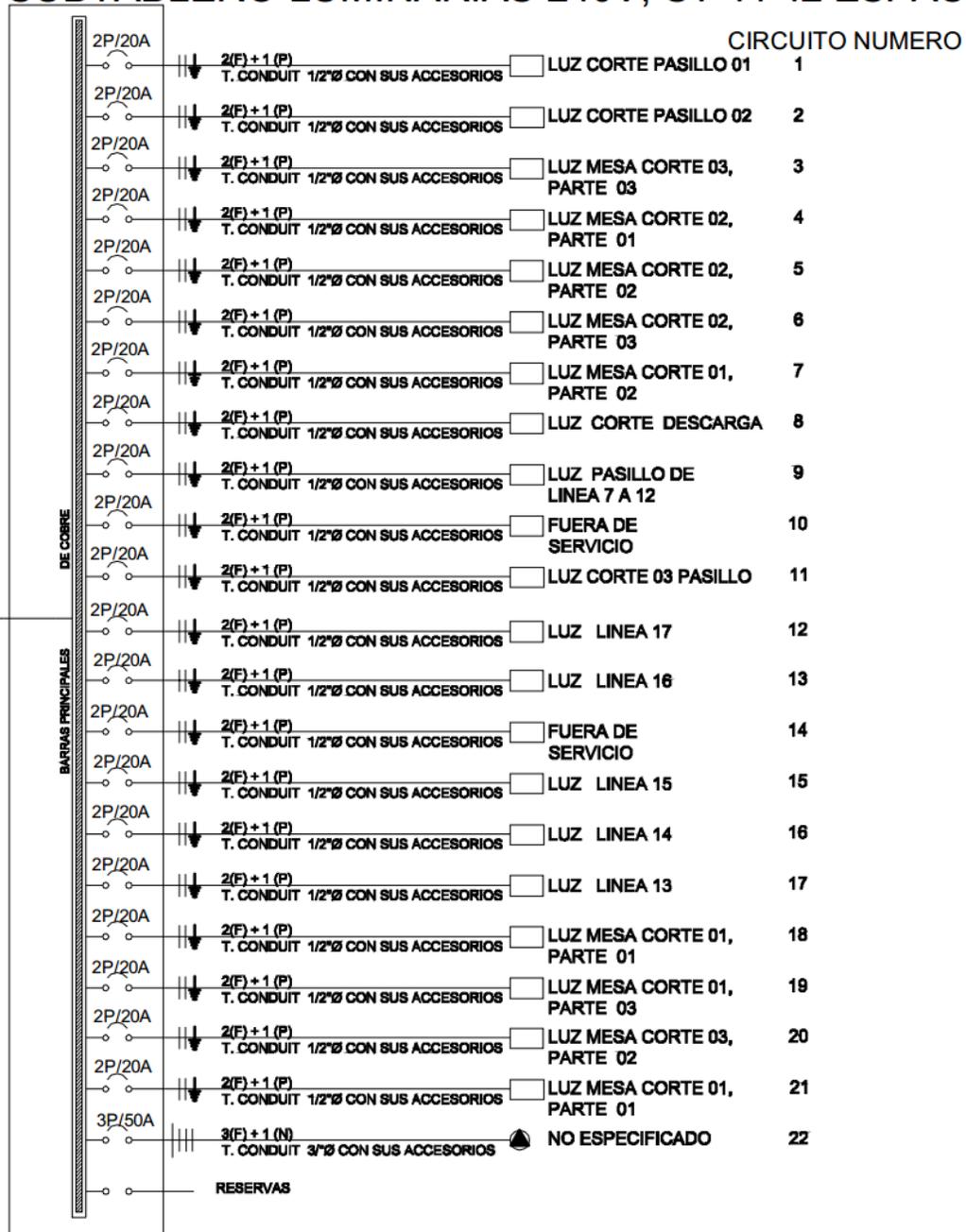
SUBTABLERO ST-10 TRIFASICO 42 ESPACIOS



SUBTABLERO FUERZA ST-13 TRIFASICO 18 ESPACIO



SUBTABLERO LUMINARIAS 240V, ST-11 42 ESPACIOS



SUBTABLERO ST-14 TRIFASICO 18 ESPACIOS



SUBTABLERO ST-15 12 ESPACIOS



ANEXO C: Mediciones en fábrica modelo

C-1: Resultados de Mediciones en líneas de producción L1 a L4

1743 POWER QUALITY LOGGER, NÚMERO DE SERIE: 11086DA/H3

PERIODO DE MEDICIÓN: 10 MINUTOS

TENSIÓN NOMINAL: 240 V

FECHA; HORA: 27/11/2017; 7:20 - 04/12/2017; 6:21:08

Fecha	Hora	Total de energía Wh	P total medio W
27/11/2017	7:30:00	2556.79	15340.75
27/11/2017	7:40:00	2556.79	15340.75
27/11/2017	7:50:00	2568.11	15408.65
27/11/2017	8:00:00	2624.7	15748.17
27/11/2017	8:10:00	2471.91	14831.47
27/11/2017	8:20:00	2658.65	15951.89
27/11/2017	8:30:00	2528.5	15170.99
27/11/2017	8:40:00	2585.09	15510.51
27/11/2017	8:50:00	2652.99	15917.93
27/11/2017	9:00:00	2590.74	15544.46
27/11/2017	9:10:00	2443.62	14661.71
27/11/2017	9:20:00	2579.43	15476.56
27/11/2017	9:30:00	2602.06	15612.37
27/11/2017	9:40:00	2636.01	15816.08
27/11/2017	9:50:00	2573.77	15442.6
27/11/2017	10:00:00	2545.47	15272.84
27/11/2017	10:10:00	2517.18	15103.08
27/11/2017	10:20:00	2483.23	14899.37
27/11/2017	10:30:00	2488.89	14933.32
27/11/2017	10:40:00	2590.74	15544.46
27/11/2017	10:50:00	2539.82	15238.89
27/11/2017	11:00:00	2500.21	15001.23
27/11/2017	11:10:00	2556.79	15340.75
27/11/2017	11:20:00	2517.18	15103.08
27/11/2017	11:30:00	2573.77	15442.6
27/11/2017	11:40:00	2471.91	14831.47
27/11/2017	11:50:00	2341.76	14050.57
27/11/2017	12:00:00	2149.37	12896.19
27/11/2017	12:10:00	1663.66	9981.93
27/11/2017	12:30:00	16.98	101.86
27/11/2017	12:40:00	1691.95	10151.69
27/11/2017	12:50:00	740.35	4442.11
27/11/2017	13:00:00	1787.21	10723.26
27/11/2017	13:10:00	2307.81	13846.85
27/11/2017	13:20:00	2375.71	14254.28
27/11/2017	13:30:00	2460.59	14763.56
27/11/2017	13:40:00	2285.18	13711.05
27/11/2017	13:50:00	2488.89	14933.32
27/11/2017	14:00:00	2392.69	14356.14

27/11/2017	14:10:00	2364.4	14186.38
27/11/2017	14:20:00	2364.4	14186.38
27/11/2017	14:30:00	2381.37	14288.23
27/11/2017	14:40:00	2375.71	14254.28
27/11/2017	14:50:00	2539.82	15238.89
27/11/2017	15:00:00	2426.64	14559.85
27/11/2017	15:10:00	2528.5	15170.99
27/11/2017	15:20:00	2426.64	14559.85
27/11/2017	15:30:00	2420.98	14525.9
27/11/2017	15:40:00	2392.69	14356.14
27/11/2017	15:50:00	2556.79	15340.75
27/11/2017	16:00:00	2539.82	15238.89
27/11/2017	16:10:00	2471.91	14831.47
27/11/2017	16:20:00	2607.72	15646.32
27/11/2017	16:30:00	2669.97	16019.79
27/11/2017	16:40:00	2211.61	13269.67
27/11/2017	16:50:00	1589.16	9534.93
27/11/2017	17:00:00	949.72	5698.34
27/11/2017	17:10:00	1748.54	10491.21
27/11/2017	17:20:00	1573.12	9438.69
27/11/2017	17:30:00	254.64	1527.85
27/11/2017	17:40:00	22.64	135.81
27/11/2017	17:50:00	0	0
27/11/2017	18:00:00	0	0
27/11/2017	18:10:00	0	0
27/11/2017	18:20:00	0	0
27/11/2017	18:30:00	0	0
27/11/2017	18:40:00	0	0
27/11/2017	18:50:00	0	0
27/11/2017	19:00:00	0	0
27/11/2017	19:10:00	0	0
27/11/2017	19:20:00	0	0
27/11/2017	19:30:00	0	0
27/11/2017	19:40:00	0	0
27/11/2017	19:50:00	0	0
27/11/2017	20:00:00	0	0
27/11/2017	20:10:00	0	0
27/11/2017	20:20:00	0	0
27/11/2017	20:30:00	0	0
27/11/2017	20:40:00	0	0
27/11/2017	20:50:00	0	0
27/11/2017	21:00:00	0	0
27/11/2017	21:10:00	0	0
27/11/2017	21:20:00	0	0
27/11/2017	21:30:00	0	0
27/11/2017	21:40:00	0	0
27/11/2017	21:50:00	0	0
27/11/2017	22:00:00	0	0
27/11/2017	22:10:00	0	0
27/11/2017	22:20:00	0	0
27/11/2017	22:30:00	0	0
27/11/2017	22:40:00	0	0

27/11/2017	22:50:00	0	0
27/11/2017	23:00:00	0	0
27/11/2017	23:10:00	0	0
27/11/2017	23:20:00	0	0
27/11/2017	23:30:00	0	0
27/11/2017	23:40:00	0	0
27/11/2017	23:50:00	0	0
28/11/2017	0:00:00	0	0
28/11/2017	0:10:00	0	0
28/11/2017	0:20:00	0	0
28/11/2017	0:30:00	0	0
28/11/2017	0:40:00	0	0
28/11/2017	0:50:00	0	0
28/11/2017	1:00:00	0	0
28/11/2017	1:10:00	0	0
28/11/2017	1:20:00	0	0
28/11/2017	1:30:00	0	0
28/11/2017	1:40:00	0	0
28/11/2017	1:50:00	0	0
28/11/2017	2:00:00	0	0
28/11/2017	2:10:00	0	0
28/11/2017	2:20:00	0	0
28/11/2017	2:30:00	0	0
28/11/2017	2:40:00	0	0
28/11/2017	2:50:00	0	0
28/11/2017	3:00:00	0	0
28/11/2017	3:10:00	0	0
28/11/2017	3:20:00	0	0
28/11/2017	3:30:00	0	0
28/11/2017	3:40:00	0	0
28/11/2017	3:50:00	0	0
28/11/2017	4:00:00	0	0
28/11/2017	4:10:00	0	0
28/11/2017	4:20:00	0	0
28/11/2017	4:30:00	0	0
28/11/2017	4:40:00	0	0
28/11/2017	4:50:00	0	0
28/11/2017	5:00:00	0	0
28/11/2017	5:10:00	0	0
28/11/2017	5:20:00	0	0
28/11/2017	5:30:00	0	0
28/11/2017	5:40:00	0	0
28/11/2017	5:50:00	0	0
28/11/2017	6:00:00	0	0
28/11/2017	6:10:00	141.47	848.8
28/11/2017	6:20:00	373.47	2240.84
28/11/2017	6:30:00	367.82	2206.89
28/11/2017	6:40:00	1425.99	8555.94
28/11/2017	6:50:00	1980.54	11883.25
28/11/2017	7:00:00	1079.87	6479.24
28/11/2017	7:10:00	2262.54	13575.24
28/11/2017	7:20:00	2353.08	14118.47

28/11/2017	7:30:00	2449.28	14695.66
28/11/2017	7:40:00	2426.64	14559.85
28/11/2017	7:50:00	2579.43	15476.56
28/11/2017	8:00:00	2652.99	15917.93
28/11/2017	8:10:00	2652.99	15917.93
28/11/2017	8:20:00	2551.13	15306.8
28/11/2017	8:30:00	2551.13	15306.8
28/11/2017	8:40:00	2613.38	15680.27
28/11/2017	8:50:00	2568.11	15408.65
28/11/2017	9:00:00	2602.06	15612.37
28/11/2017	9:10:00	2454.94	14729.61
28/11/2017	9:20:00	2477.57	14865.42
28/11/2017	9:30:00	2460.59	14763.56
28/11/2017	9:40:00	2471.91	14831.47
28/11/2017	9:50:00	2624.7	15748.17
28/11/2017	10:00:00	2652.99	15917.93
28/11/2017	10:10:00	2573.77	15442.6
28/11/2017	10:20:00	2681.28	16087.7
28/11/2017	10:30:00	2669.97	16019.79
28/11/2017	10:40:00	2517.18	15103.08
28/11/2017	10:50:00	2522.84	15137.04
28/11/2017	11:00:00	2743.53	16461.17
28/11/2017	11:10:00	2630.36	15782.13
28/11/2017	11:20:00	2466.25	14797.51
28/11/2017	11:30:00	2353.08	14118.47
28/11/2017	11:40:00	2511.52	15069.13
28/11/2017	11:50:00	2466.25	14797.51
28/11/2017	12:00:00	2239.91	13439.43
28/11/2017	12:10:00	509.28	3055.69
28/11/2017	12:20:00	28.29	169.76
28/11/2017	12:30:00	605.48	3632.88
28/11/2017	12:40:00	1335.45	8012.7
28/11/2017	12:50:00	451.76	2710.56
28/11/2017	13:00:00	1707.99	10247.93
28/11/2017	13:10:00	2409.67	14457.99
28/11/2017	13:20:00	2522.84	15137.04
28/11/2017	13:30:00	2545.47	15272.84
28/11/2017	13:40:00	2483.23	14899.37
28/11/2017	13:50:00	2488.89	14933.32
28/11/2017	14:00:00	2517.18	15103.08
28/11/2017	14:10:00	2488.89	14933.32
28/11/2017	14:20:00	2375.71	14254.28
28/11/2017	14:30:00	2341.76	14050.57
28/11/2017	14:40:00	2398.35	14390.09
28/11/2017	14:50:00	2602.06	15612.37
28/11/2017	15:00:00	2681.28	16087.7
28/11/2017	15:10:00	2551.13	15306.8
28/11/2017	15:20:00	2466.25	14797.51
28/11/2017	15:30:00	2364.4	14186.38
28/11/2017	15:40:00	2471.91	14831.47
28/11/2017	15:50:00	2517.18	15103.08
28/11/2017	16:00:00	2517.18	15103.08

28/11/2017	16:10:00	2188.98	13133.86
28/11/2017	16:20:00	2262.54	13575.24
28/11/2017	16:30:00	2268.2	13609.19
28/11/2017	16:40:00	1945.65	11673.92
28/11/2017	16:50:00	1600.47	9602.84
28/11/2017	17:00:00	706.4	4238.4
28/11/2017	17:10:00	1686.29	10117.74
28/11/2017	17:20:00	571.53	3429.17
28/11/2017	17:30:00	107.52	645.09
28/11/2017	17:40:00	0	0
28/11/2017	17:50:00	0	0
28/11/2017	18:00:00	0	0
28/11/2017	18:10:00	0	0
28/11/2017	18:20:00	0	0
28/11/2017	18:30:00	0	0
28/11/2017	18:40:00	0	0
28/11/2017	18:50:00	0	0
28/11/2017	19:00:00	0	0
28/11/2017	19:10:00	0	0
28/11/2017	19:20:00	0	0
28/11/2017	19:30:00	0	0
28/11/2017	19:40:00	0	0
28/11/2017	19:50:00	0	0
28/11/2017	20:00:00	0	0
28/11/2017	20:10:00	0	0
28/11/2017	20:20:00	0	0
28/11/2017	20:30:00	0	0
28/11/2017	20:40:00	0	0
28/11/2017	20:50:00	0	0
28/11/2017	21:00:00	0	0
28/11/2017	21:10:00	0	0
28/11/2017	21:20:00	0	0
28/11/2017	21:30:00	0	0
28/11/2017	21:40:00	0	0
28/11/2017	21:50:00	0	0
28/11/2017	22:00:00	0	0
28/11/2017	22:10:00	0	0
28/11/2017	22:20:00	0	0
28/11/2017	22:30:00	0	0
28/11/2017	22:40:00	0	0
28/11/2017	22:50:00	0	0
28/11/2017	23:00:00	0	0
28/11/2017	23:10:00	0	0
28/11/2017	23:20:00	0	0
28/11/2017	23:30:00	0	0
28/11/2017	23:40:00	0	0
28/11/2017	23:50:00	0	0
29/11/2017	0:00:00	0	0
29/11/2017	0:10:00	0	0
29/11/2017	0:20:00	0	0
29/11/2017	0:30:00	0	0
29/11/2017	0:40:00	0	0

29/11/2017	0:50:00	0	0
29/11/2017	1:00:00	0	0
29/11/2017	1:10:00	0	0
29/11/2017	1:20:00	0	0
29/11/2017	1:30:00	0	0
29/11/2017	1:40:00	0	0
29/11/2017	1:50:00	0	0
29/11/2017	2:00:00	0	0
29/11/2017	2:10:00	0	0
29/11/2017	2:20:00	0	0
29/11/2017	2:30:00	0	0
29/11/2017	2:40:00	0	0
29/11/2017	2:50:00	0	0
29/11/2017	3:00:00	0	0
29/11/2017	3:10:00	0	0
29/11/2017	3:20:00	0	0
29/11/2017	3:30:00	0	0
29/11/2017	3:40:00	0	0
29/11/2017	3:50:00	0	0
29/11/2017	4:00:00	0	0
29/11/2017	4:10:00	0	0
29/11/2017	4:20:00	0	0
29/11/2017	4:30:00	0	0
29/11/2017	4:40:00	0	0
29/11/2017	4:50:00	0	0
29/11/2017	5:00:00	0	0
29/11/2017	5:10:00	0	0
29/11/2017	5:20:00	0	0
29/11/2017	5:30:00	0	0
29/11/2017	5:40:00	0	0
29/11/2017	5:50:00	0	0
29/11/2017	6:00:00	5.66	33.95
29/11/2017	6:10:00	367.82	2206.89
29/11/2017	6:20:00	373.47	2240.84
29/11/2017	6:30:00	616.8	3700.78
29/11/2017	6:40:00	1635.36	9812.17
29/11/2017	6:50:00	1867.37	11204.2
29/11/2017	7:00:00	1000.65	6003.91
29/11/2017	7:10:00	2279.52	13677.09
29/11/2017	7:20:00	2420.98	14525.9
29/11/2017	7:30:00	2454.94	14729.61
29/11/2017	7:40:00	2387.03	14322.18
29/11/2017	7:50:00	2387.03	14322.18
29/11/2017	8:00:00	2500.21	15001.23
29/11/2017	8:10:00	2443.62	14661.71
29/11/2017	8:20:00	2460.59	14763.56
29/11/2017	8:30:00	2370.06	14220.33
29/11/2017	8:40:00	2296.49	13778.95
29/11/2017	8:50:00	2500.21	15001.23
29/11/2017	9:00:00	2443.62	14661.71
29/11/2017	9:10:00	2483.23	14899.37
29/11/2017	9:20:00	2432.3	14593.8

29/11/2017	9:30:00	2341.76	14050.57
29/11/2017	9:40:00	2251.22	13507.33
29/11/2017	9:50:00	2415.33	14491.95
29/11/2017	10:00:00	2477.57	14865.42
29/11/2017	10:10:00	2353.08	14118.47
29/11/2017	10:20:00	2511.52	15069.13
29/11/2017	10:30:00	2449.28	14695.66
29/11/2017	10:40:00	2228.59	13371.52
29/11/2017	10:50:00	2239.91	13439.43
29/11/2017	11:00:00	2268.2	13609.19
29/11/2017	11:10:00	2319.13	13914.76
29/11/2017	11:20:00	2205.95	13235.72
29/11/2017	11:30:00	2098.44	12590.63
29/11/2017	11:40:00	2143.71	12862.24
29/11/2017	11:50:00	2024.88	12149.25
29/11/2017	12:00:00	1747.6	10485.59
29/11/2017	12:10:00	713	4277.97
29/11/2017	12:20:00	0	0
29/11/2017	12:30:00	362.16	2172.94
29/11/2017	12:40:00	1573.12	9438.69
29/11/2017	12:50:00	321.61	1929.66
29/11/2017	13:00:00	1181.73	7090.38
29/11/2017	13:10:00	1985.26	11911.58
29/11/2017	13:20:00	2104.1	12624.58
29/11/2017	13:30:00	2200.29	13201.76
29/11/2017	13:40:00	2098.44	12590.63
29/11/2017	13:50:00	2211.61	13269.67
29/11/2017	14:00:00	2155.03	12930.15
29/11/2017	14:10:00	2149.37	12896.19
29/11/2017	14:20:00	2177.66	13065.96
29/11/2017	14:30:00	2126.73	12760.39
29/11/2017	14:40:00	2087.12	12522.72
29/11/2017	14:50:00	2217.27	13303.62
29/11/2017	15:00:00	2222.93	13337.57
29/11/2017	15:10:00	2092.78	12556.67
29/11/2017	15:20:00	2087.12	12522.72
29/11/2017	15:30:00	2070.15	12420.87
29/11/2017	15:40:00	2092.78	12556.67
29/11/2017	15:50:00	2160.68	12964.1
29/11/2017	16:00:00	2234.25	13405.48
29/11/2017	16:10:00	1985.26	11911.58
29/11/2017	16:20:00	1996.58	11979.49
29/11/2017	16:30:00	1928.68	11572.06
29/11/2017	16:40:00	1758.92	10553.5
29/11/2017	16:50:00	1459.01	8754.03
29/11/2017	17:00:00	434.78	2608.7
29/11/2017	17:10:00	1612.73	9676.36
29/11/2017	17:20:00	447.04	2682.22
29/11/2017	17:30:00	232.01	1392.04
29/11/2017	17:40:00	0	0
29/11/2017	17:50:00	0	0
29/11/2017	18:00:00	0	0

29/11/2017	18:10:00	0	0
29/11/2017	18:20:00	0	0
29/11/2017	18:30:00	0	0
29/11/2017	18:40:00	0	0
29/11/2017	18:50:00	0	0
29/11/2017	19:00:00	0	0
29/11/2017	19:10:00	0	0
29/11/2017	19:20:00	0	0
29/11/2017	19:30:00	0	0
29/11/2017	19:40:00	0	0
29/11/2017	19:50:00	0	0
29/11/2017	20:00:00	0	0
29/11/2017	20:10:00	0	0
29/11/2017	20:20:00	0	0
29/11/2017	20:30:00	0	0
29/11/2017	20:40:00	0	0
29/11/2017	20:50:00	0	0
29/11/2017	21:00:00	0	0
29/11/2017	21:10:00	0	0
29/11/2017	21:20:00	0	0
29/11/2017	21:30:00	0	0
29/11/2017	21:40:00	0	0
29/11/2017	21:50:00	0	0
29/11/2017	22:00:00	0	0
29/11/2017	22:10:00	0	0
29/11/2017	22:20:00	0	0
29/11/2017	22:30:00	0	0
29/11/2017	22:40:00	0	0
29/11/2017	22:50:00	0	0
29/11/2017	23:00:00	0	0
29/11/2017	23:10:00	0	0
29/11/2017	23:20:00	0	0
29/11/2017	23:30:00	0	0
29/11/2017	23:40:00	0	0
29/11/2017	23:50:00	0	0
30/11/2017	0:00:00	0	0
30/11/2017	0:10:00	0	0
30/11/2017	0:20:00	0	0
30/11/2017	0:30:00	0	0
30/11/2017	0:40:00	0	0
30/11/2017	0:50:00	0	0
30/11/2017	1:00:00	0	0
30/11/2017	1:10:00	0	0
30/11/2017	1:20:00	0	0
30/11/2017	1:30:00	0	0
30/11/2017	1:40:00	0	0
30/11/2017	1:50:00	0	0
30/11/2017	2:00:00	0	0
30/11/2017	2:10:00	0	0
30/11/2017	2:20:00	0	0
30/11/2017	2:30:00	0	0
30/11/2017	2:40:00	0	0

30/11/2017	2:50:00	0	0
30/11/2017	3:00:00	0	0
30/11/2017	3:10:00	0	0
30/11/2017	3:20:00	0	0
30/11/2017	3:30:00	0	0
30/11/2017	3:40:00	0	0
30/11/2017	3:50:00	0	0
30/11/2017	4:00:00	0	0
30/11/2017	4:10:00	0	0
30/11/2017	4:20:00	0	0
30/11/2017	4:30:00	0	0
30/11/2017	4:40:00	0	0
30/11/2017	4:50:00	0	0
30/11/2017	5:00:00	0	0
30/11/2017	5:10:00	0	0
30/11/2017	5:20:00	0	0
30/11/2017	5:30:00	0	0
30/11/2017	5:40:00	0	0
30/11/2017	5:50:00	0	0
30/11/2017	6:00:00	96.2	577.19
30/11/2017	6:10:00	362.16	2172.94
30/11/2017	6:20:00	362.16	2172.94
30/11/2017	6:30:00	424.4	2546.41
30/11/2017	6:40:00	1578.77	9472.64
30/11/2017	6:50:00	1805.12	10830.73
30/11/2017	7:00:00	604.54	3627.26
30/11/2017	7:10:00	1753.26	10519.55
30/11/2017	7:20:00	1872.09	11232.54
30/11/2017	7:30:00	1951.31	11707.87
30/11/2017	7:40:00	1968.29	11809.73
30/11/2017	7:50:00	2007.9	12047.39
30/11/2017	8:00:00	1962.63	11775.77
30/11/2017	8:10:00	1979.61	11877.63
30/11/2017	8:20:00	1911.7	11470.21
30/11/2017	8:30:00	1923.02	11538.11
30/11/2017	8:40:00	1940	11639.97
30/11/2017	8:50:00	1956.97	11741.82
30/11/2017	9:00:00	2024.88	12149.25
30/11/2017	9:10:00	2087.12	12522.72
30/11/2017	9:20:00	2002.24	12013.44
30/11/2017	9:30:00	2030.53	12183.2
30/11/2017	9:40:00	2138.05	12828.29
30/11/2017	9:50:00	2143.71	12862.24
30/11/2017	10:00:00	2132.39	12794.34
30/11/2017	10:10:00	2098.44	12590.63
30/11/2017	10:20:00	2104.1	12624.58
30/11/2017	10:30:00	1923.02	11538.11
30/11/2017	10:40:00	2036.19	12217.15
30/11/2017	10:50:00	1962.63	11775.77
30/11/2017	11:00:00	1934.34	11606.01
30/11/2017	11:10:00	1962.63	11775.77
30/11/2017	11:20:00	2092.78	12556.67

30/11/2017	11:30:00	2205.95	13235.72
30/11/2017	11:40:00	2172	13032
30/11/2017	11:50:00	2183.32	13099.91
30/11/2017	12:00:00	1877.75	11266.49
30/11/2017	12:10:00	548.89	3293.36
30/11/2017	12:20:00	113.17	679.04
30/11/2017	12:30:00	1097.79	6586.71
30/11/2017	12:40:00	1765.51	10593.07
30/11/2017	12:50:00	248.05	1488.28
30/11/2017	13:00:00	1283.59	7701.52
30/11/2017	13:10:00	1894.73	11368.35
30/11/2017	13:20:00	2104.1	12624.58
30/11/2017	13:30:00	2104.1	12624.58
30/11/2017	13:40:00	2041.85	12251.1
30/11/2017	13:50:00	2183.32	13099.91
30/11/2017	14:00:00	2200.29	13201.76
30/11/2017	14:10:00	2234.25	13405.48
30/11/2017	14:20:00	2245.56	13473.38
30/11/2017	14:30:00	2313.47	13880.81
30/11/2017	14:40:00	2324.79	13948.71
30/11/2017	14:50:00	2375.71	14254.28
30/11/2017	15:00:00	2239.91	13439.43
30/11/2017	15:10:00	2166.34	12998.05
30/11/2017	15:20:00	2211.61	13269.67
30/11/2017	15:30:00	2302.15	13812.9
30/11/2017	15:40:00	2239.91	13439.43
30/11/2017	15:50:00	2353.08	14118.47
30/11/2017	16:00:00	2381.37	14288.23
30/11/2017	16:10:00	2222.93	13337.57
30/11/2017	16:20:00	2330.44	13982.66
30/11/2017	16:30:00	2409.67	14457.99
30/11/2017	16:40:00	2381.37	14288.23
30/11/2017	16:50:00	2256.88	13541.29
30/11/2017	17:00:00	1408.08	8448.47
30/11/2017	17:10:00	1731.56	10389.35
30/11/2017	17:20:00	401.77	2410.6
30/11/2017	17:30:00	39.61	237.66
30/11/2017	17:40:00	0	0
30/11/2017	17:50:00	0	0
30/11/2017	18:00:00	0	0
30/11/2017	18:10:00	0	0
30/11/2017	18:20:00	0	0
30/11/2017	18:30:00	0	0
30/11/2017	18:40:00	0	0
30/11/2017	18:50:00	0	0
30/11/2017	19:00:00	0	0
30/11/2017	19:10:00	0	0
30/11/2017	19:20:00	0	0
30/11/2017	19:30:00	0	0
30/11/2017	19:40:00	0	0
30/11/2017	19:50:00	0	0
30/11/2017	20:00:00	0	0

30/11/2017	20:10:00	0	0
30/11/2017	20:20:00	0	0
30/11/2017	20:30:00	0	0
30/11/2017	20:40:00	0	0
30/11/2017	20:50:00	0	0
30/11/2017	21:00:00	0	0
30/11/2017	21:10:00	0	0
30/11/2017	21:20:00	0	0
30/11/2017	21:30:00	0	0
30/11/2017	21:40:00	0	0
30/11/2017	21:50:00	0	0
30/11/2017	22:00:00	0	0
30/11/2017	22:10:00	0	0
30/11/2017	22:20:00	0	0
30/11/2017	22:30:00	0	0
30/11/2017	22:40:00	0	0
30/11/2017	22:50:00	0	0
30/11/2017	23:00:00	0	0
30/11/2017	23:10:00	0	0
30/11/2017	23:20:00	0	0
30/11/2017	23:30:00	0	0
30/11/2017	23:40:00	0	0
30/11/2017	23:50:00	0	0
01/12/2017	0:00:00	0	0
01/12/2017	0:10:00	0	0
01/12/2017	0:20:00	0	0
01/12/2017	0:30:00	0	0
01/12/2017	0:40:00	0	0
01/12/2017	0:50:00	0	0
01/12/2017	1:00:00	0	0
01/12/2017	1:10:00	0	0
01/12/2017	1:20:00	0	0
01/12/2017	1:30:00	0	0
01/12/2017	1:40:00	0	0
01/12/2017	1:50:00	0	0
01/12/2017	2:00:00	0	0
01/12/2017	2:10:00	0	0
01/12/2017	2:20:00	0	0
01/12/2017	2:30:00	0	0
01/12/2017	2:40:00	0	0
01/12/2017	2:50:00	0	0
01/12/2017	3:00:00	0	0
01/12/2017	3:10:00	0	0
01/12/2017	3:20:00	0	0
01/12/2017	3:30:00	0	0
01/12/2017	3:40:00	0	0
01/12/2017	3:50:00	0	0
01/12/2017	4:00:00	0	0
01/12/2017	4:10:00	0	0
01/12/2017	4:20:00	0	0
01/12/2017	4:30:00	0	0
01/12/2017	4:40:00	0	0

01/12/2017	4:50:00	0	0
01/12/2017	5:00:00	0	0
01/12/2017	5:10:00	0	0
01/12/2017	5:20:00	0	0
01/12/2017	5:30:00	0	0
01/12/2017	5:40:00	0	0
01/12/2017	5:50:00	0	0
01/12/2017	6:00:00	0	0
01/12/2017	6:10:00	339.52	2037.13
01/12/2017	6:20:00	373.47	2240.84
01/12/2017	6:30:00	571.53	3429.17
01/12/2017	6:40:00	1663.66	9981.93
01/12/2017	6:50:00	1873.03	11238.16
01/12/2017	7:00:00	762.99	4577.92
01/12/2017	7:10:00	2211.61	13269.67
01/12/2017	7:20:00	2330.44	13982.66
01/12/2017	7:30:00	2370.06	14220.33
01/12/2017	7:40:00	2353.08	14118.47
01/12/2017	7:50:00	2477.57	14865.42
01/12/2017	8:00:00	2415.33	14491.95
01/12/2017	8:10:00	2420.98	14525.9
01/12/2017	8:20:00	2437.96	14627.75
01/12/2017	8:30:00	2353.08	14118.47
01/12/2017	8:40:00	2420.98	14525.9
01/12/2017	8:50:00	2409.67	14457.99
01/12/2017	9:00:00	2477.57	14865.42
01/12/2017	9:10:00	2336.1	14016.62
01/12/2017	9:20:00	2415.33	14491.95
01/12/2017	9:30:00	2392.69	14356.14
01/12/2017	9:40:00	2426.64	14559.85
01/12/2017	9:50:00	2420.98	14525.9
01/12/2017	10:00:00	2471.91	14831.47
01/12/2017	10:10:00	2375.71	14254.28
01/12/2017	10:20:00	2443.62	14661.71
01/12/2017	10:30:00	2353.08	14118.47
01/12/2017	10:40:00	2313.47	13880.81
01/12/2017	10:50:00	2330.44	13982.66
01/12/2017	11:00:00	2290.83	13745
01/12/2017	11:10:00	2268.2	13609.19
01/12/2017	11:20:00	2262.54	13575.24
01/12/2017	11:30:00	2172	13032
01/12/2017	11:40:00	2098.44	12590.63
01/12/2017	11:50:00	2041.85	12251.1
01/12/2017	12:00:00	1707.99	10247.93
01/12/2017	12:10:00	1505.21	9031.27
01/12/2017	12:20:00	0	0
01/12/2017	12:30:00	288.59	1731.56
01/12/2017	12:40:00	1584.43	9506.6
01/12/2017	12:50:00	474.39	2846.36
01/12/2017	13:00:00	1543.89	9263.32
01/12/2017	13:10:00	2228.59	13371.52
01/12/2017	13:20:00	2234.25	13405.48

01/12/2017	13:30:00	2217.27	13303.62
01/12/2017	13:40:00	2319.13	13914.76
01/12/2017	13:50:00	2420.98	14525.9
01/12/2017	14:00:00	2420.98	14525.9
01/12/2017	14:10:00	2330.44	13982.66
01/12/2017	14:20:00	2392.69	14356.14
01/12/2017	14:30:00	2330.44	13982.66
01/12/2017	14:40:00	2437.96	14627.75
01/12/2017	14:50:00	2392.69	14356.14
01/12/2017	15:00:00	2302.15	13812.9
01/12/2017	15:10:00	2370.06	14220.33
01/12/2017	15:20:00	2358.74	14152.42
01/12/2017	15:30:00	2273.86	13643.14
01/12/2017	15:40:00	2234.25	13405.48
01/12/2017	15:50:00	1894.73	11368.35
01/12/2017	16:00:00	740.35	4442.11
01/12/2017	16:10:00	1680.63	10083.78
01/12/2017	16:20:00	396.11	2376.65
01/12/2017	16:30:00	215.03	1290.18
01/12/2017	16:40:00	28.29	169.76
01/12/2017	16:50:00	0	0
01/12/2017	17:00:00	0	0
01/12/2017	17:10:00	0	0
01/12/2017	17:20:00	0	0
01/12/2017	17:30:00	0	0
01/12/2017	17:40:00	0	0
01/12/2017	17:50:00	0	0
01/12/2017	18:00:00	0	0
01/12/2017	18:10:00	0	0
01/12/2017	18:20:00	0	0
01/12/2017	18:30:00	0	0
01/12/2017	18:40:00	0	0
01/12/2017	18:50:00	0	0
01/12/2017	19:00:00	0	0
01/12/2017	19:10:00	0	0
01/12/2017	19:20:00	0	0
01/12/2017	19:30:00	0	0
01/12/2017	19:40:00	0	0
01/12/2017	19:50:00	0	0
01/12/2017	20:00:00	0	0
01/12/2017	20:10:00	0	0
01/12/2017	20:20:00	0	0
01/12/2017	20:30:00	0	0
01/12/2017	20:40:00	0	0
01/12/2017	20:50:00	0	0
01/12/2017	21:00:00	0	0
01/12/2017	21:10:00	0	0
01/12/2017	21:20:00	0	0
01/12/2017	21:30:00	0	0
01/12/2017	21:40:00	0	0
01/12/2017	21:50:00	0	0
01/12/2017	22:00:00	0	0

01/12/2017	22:10:00	0	0
01/12/2017	22:20:00	0	0
01/12/2017	22:30:00	0	0
01/12/2017	22:40:00	0	0
01/12/2017	22:50:00	0	0
01/12/2017	23:00:00	0	0
01/12/2017	23:10:00	0	0
01/12/2017	23:20:00	0	0
01/12/2017	23:30:00	0	0
01/12/2017	23:40:00	0	0
01/12/2017	23:50:00	0	0
02/12/2017	0:00:00	0	0
02/12/2017	0:10:00	0	0
02/12/2017	0:20:00	0	0
02/12/2017	0:30:00	0	0
02/12/2017	0:40:00	0	0
02/12/2017	0:50:00	0	0
02/12/2017	1:00:00	0	0
02/12/2017	1:10:00	0	0
02/12/2017	1:20:00	0	0
02/12/2017	1:30:00	0	0
02/12/2017	1:40:00	0	0
02/12/2017	1:50:00	0	0
02/12/2017	2:00:00	0	0
02/12/2017	2:10:00	0	0
02/12/2017	2:20:00	0	0
02/12/2017	2:30:00	0	0
02/12/2017	2:40:00	0	0
02/12/2017	2:50:00	0	0
02/12/2017	3:00:00	0	0
02/12/2017	3:10:00	0	0
02/12/2017	3:20:00	0	0
02/12/2017	3:30:00	0	0
02/12/2017	3:40:00	0	0
02/12/2017	3:50:00	0	0
02/12/2017	4:00:00	0	0
02/12/2017	4:10:00	0	0
02/12/2017	4:20:00	0	0
02/12/2017	4:30:00	0	0
02/12/2017	4:40:00	0	0
02/12/2017	4:50:00	0	0
02/12/2017	5:00:00	0	0
02/12/2017	5:10:00	0	0
02/12/2017	5:20:00	0	0
02/12/2017	5:30:00	0	0
02/12/2017	5:40:00	0	0
02/12/2017	5:50:00	0	0
02/12/2017	6:00:00	0	0
02/12/2017	6:10:00	0	0
02/12/2017	6:20:00	0	0
02/12/2017	6:30:00	0	0
02/12/2017	6:40:00	0	0

02/12/2017	6:50:00	0	0
02/12/2017	7:00:00	0	0
02/12/2017	7:10:00	0	0
02/12/2017	7:20:00	0	0
02/12/2017	7:30:00	0	0
02/12/2017	7:40:00	0	0
02/12/2017	7:50:00	0	0
02/12/2017	8:00:00	0	0
02/12/2017	8:10:00	0	0
02/12/2017	8:20:00	0	0
02/12/2017	8:30:00	0	0
02/12/2017	8:40:00	0	0
02/12/2017	8:50:00	0	0
02/12/2017	9:00:00	0	0
02/12/2017	9:10:00	0	0
02/12/2017	9:20:00	0	0
02/12/2017	9:30:00	0	0
02/12/2017	9:40:00	0	0
02/12/2017	9:50:00	0	0
02/12/2017	10:00:00	0	0
02/12/2017	10:10:00	0	0
02/12/2017	10:20:00	0	0
02/12/2017	10:30:00	0	0
02/12/2017	10:40:00	0	0
02/12/2017	10:50:00	0	0
02/12/2017	11:00:00	0	0
02/12/2017	11:10:00	0	0
02/12/2017	11:20:00	0	0
02/12/2017	11:30:00	0	0
02/12/2017	11:40:00	0	0
02/12/2017	11:50:00	0	0
02/12/2017	12:00:00	0	0
02/12/2017	12:10:00	0	0
02/12/2017	12:20:00	0	0
02/12/2017	12:30:00	0	0
02/12/2017	12:40:00	0	0
02/12/2017	12:50:00	0	0
02/12/2017	13:00:00	0	0
02/12/2017	13:10:00	0	0
02/12/2017	13:20:00	0	0
02/12/2017	13:30:00	0	0
02/12/2017	13:40:00	0	0
02/12/2017	13:50:00	0	0
02/12/2017	14:00:00	0	0
02/12/2017	14:10:00	0	0
02/12/2017	14:20:00	0	0
02/12/2017	14:30:00	0	0
02/12/2017	14:40:00	0	0
02/12/2017	14:50:00	0	0
02/12/2017	15:00:00	0	0
02/12/2017	15:10:00	0	0
02/12/2017	15:20:00	0	0

02/12/2017	15:30:00	0	0
02/12/2017	15:40:00	0	0
02/12/2017	15:50:00	0	0
02/12/2017	16:00:00	0	0
02/12/2017	16:10:00	0	0
02/12/2017	16:20:00	0	0
02/12/2017	16:30:00	0	0
02/12/2017	16:40:00	0	0
02/12/2017	16:50:00	0	0
02/12/2017	17:00:00	0	0
02/12/2017	17:10:00	0	0
02/12/2017	17:20:00	0	0
02/12/2017	17:30:00	0	0
02/12/2017	17:40:00	0	0
02/12/2017	17:50:00	0	0
02/12/2017	18:00:00	0	0
02/12/2017	18:10:00	0	0
02/12/2017	18:20:00	0	0
02/12/2017	18:30:00	0	0
02/12/2017	18:40:00	0	0
02/12/2017	18:50:00	0	0
02/12/2017	19:00:00	0	0
02/12/2017	19:10:00	0	0
02/12/2017	19:20:00	0	0
02/12/2017	19:30:00	0	0
02/12/2017	19:40:00	0	0
02/12/2017	19:50:00	0	0
02/12/2017	20:00:00	0	0
02/12/2017	20:10:00	0	0
02/12/2017	20:20:00	0	0
02/12/2017	20:30:00	0	0
02/12/2017	20:40:00	0	0
02/12/2017	20:50:00	0	0
02/12/2017	21:00:00	0	0
02/12/2017	21:10:00	0	0
02/12/2017	21:20:00	0	0
02/12/2017	21:30:00	0	0
02/12/2017	21:40:00	0	0
02/12/2017	21:50:00	0	0
02/12/2017	22:00:00	0	0
02/12/2017	22:10:00	0	0
02/12/2017	22:20:00	0	0
02/12/2017	22:30:00	0	0
02/12/2017	22:40:00	0	0
02/12/2017	22:50:00	0	0
02/12/2017	23:00:00	0	0
02/12/2017	23:10:00	0	0
02/12/2017	23:20:00	0	0
02/12/2017	23:30:00	0	0
02/12/2017	23:40:00	0	0
02/12/2017	23:50:00	0	0
03/12/2017	0:00:00	0	0

03/12/2017	0:10:00	0	0
03/12/2017	0:20:00	0	0
03/12/2017	0:30:00	0	0
03/12/2017	0:40:00	0	0
03/12/2017	0:50:00	0	0
03/12/2017	1:00:00	0	0
03/12/2017	1:10:00	0	0
03/12/2017	1:20:00	0	0
03/12/2017	1:30:00	0	0
03/12/2017	1:40:00	0	0
03/12/2017	1:50:00	0	0
03/12/2017	2:00:00	0	0
03/12/2017	2:10:00	0	0
03/12/2017	2:20:00	0	0
03/12/2017	2:30:00	0	0
03/12/2017	2:40:00	0	0
03/12/2017	2:50:00	0	0
03/12/2017	3:00:00	0	0
03/12/2017	3:10:00	0	0
03/12/2017	3:20:00	0	0
03/12/2017	3:30:00	0	0
03/12/2017	3:40:00	0	0
03/12/2017	3:50:00	0	0
03/12/2017	4:00:00	0	0
03/12/2017	4:10:00	0	0
03/12/2017	4:20:00	0	0
03/12/2017	4:30:00	0	0
03/12/2017	4:40:00	0	0
03/12/2017	4:50:00	0	0
03/12/2017	5:00:00	0	0
03/12/2017	5:10:00	0	0
03/12/2017	5:20:00	0	0
03/12/2017	5:30:00	0	0
03/12/2017	5:40:00	0	0
03/12/2017	5:50:00	0	0
03/12/2017	6:00:00	0	0
03/12/2017	6:10:00	0	0
03/12/2017	6:20:00	0	0
03/12/2017	6:30:00	0	0
03/12/2017	6:40:00	0	0
03/12/2017	6:50:00	0	0
03/12/2017	7:00:00	0	0
03/12/2017	7:10:00	0	0
03/12/2017	7:20:00	0	0
03/12/2017	7:30:00	0	0
03/12/2017	7:40:00	0	0
03/12/2017	7:50:00	0	0
03/12/2017	8:00:00	0	0
03/12/2017	8:10:00	0	0
03/12/2017	8:20:00	0	0
03/12/2017	8:30:00	0	0
03/12/2017	8:40:00	0	0

03/12/2017	8:50:00	0	0
03/12/2017	9:00:00	0	0
03/12/2017	9:10:00	0	0
03/12/2017	9:20:00	0	0
03/12/2017	9:30:00	0	0
03/12/2017	9:40:00	0	0
03/12/2017	9:50:00	0	0
03/12/2017	10:00:00	0	0
03/12/2017	10:10:00	0	0
03/12/2017	10:20:00	0	0
03/12/2017	10:30:00	0	0
03/12/2017	10:40:00	0	0
03/12/2017	10:50:00	0	0
03/12/2017	11:00:00	0	0
03/12/2017	11:10:00	0	0
03/12/2017	11:20:00	0	0
03/12/2017	11:30:00	0	0
03/12/2017	11:40:00	0	0
03/12/2017	11:50:00	0	0
03/12/2017	12:00:00	0	0
03/12/2017	12:10:00	0	0
03/12/2017	12:20:00	0	0
03/12/2017	12:30:00	0	0
03/12/2017	12:40:00	0	0
03/12/2017	12:50:00	0	0
03/12/2017	13:00:00	0	0
03/12/2017	13:10:00	0	0
03/12/2017	13:20:00	0	0
03/12/2017	13:30:00	0	0
03/12/2017	13:40:00	0	0
03/12/2017	13:50:00	0	0
03/12/2017	14:00:00	0	0
03/12/2017	14:10:00	0	0
03/12/2017	14:20:00	0	0
03/12/2017	14:30:00	0	0
03/12/2017	14:40:00	0	0
03/12/2017	14:50:00	0	0
03/12/2017	15:00:00	0	0
03/12/2017	15:10:00	0	0
03/12/2017	15:20:00	0	0
03/12/2017	15:30:00	0	0
03/12/2017	15:40:00	0	0
03/12/2017	15:50:00	0	0
03/12/2017	16:00:00	0	0
03/12/2017	16:10:00	0	0
03/12/2017	16:20:00	0	0
03/12/2017	16:30:00	0	0
03/12/2017	16:40:00	0	0
03/12/2017	16:50:00	0	0
03/12/2017	17:00:00	0	0
03/12/2017	17:10:00	0	0
03/12/2017	17:20:00	0	0

03/12/2017	17:30:00	0	0
03/12/2017	17:40:00	0	0
03/12/2017	17:50:00	0	0
03/12/2017	18:00:00	0	0
03/12/2017	18:10:00	0	0
03/12/2017	18:20:00	0	0
03/12/2017	18:30:00	0	0
03/12/2017	18:40:00	0	0
03/12/2017	18:50:00	0	0
03/12/2017	19:00:00	0	0
03/12/2017	19:10:00	0	0
03/12/2017	19:20:00	0	0
03/12/2017	19:30:00	0	0
03/12/2017	19:40:00	0	0
03/12/2017	19:50:00	0	0
03/12/2017	20:00:00	0	0
03/12/2017	20:10:00	0	0
03/12/2017	20:20:00	0	0
03/12/2017	20:30:00	0	0
03/12/2017	20:40:00	0	0
03/12/2017	20:50:00	0	0
03/12/2017	21:00:00	0	0
03/12/2017	21:10:00	0	0
03/12/2017	21:20:00	0	0
03/12/2017	21:30:00	0	0
03/12/2017	21:40:00	0	0
03/12/2017	21:50:00	0	0
03/12/2017	22:00:00	0	0
03/12/2017	22:10:00	0	0
03/12/2017	22:20:00	0	0
03/12/2017	22:30:00	0	0
03/12/2017	22:40:00	0	0
03/12/2017	22:50:00	0	0
03/12/2017	23:00:00	0	0
03/12/2017	23:10:00	0	0
03/12/2017	23:20:00	0	0
03/12/2017	23:30:00	0	0
03/12/2017	23:40:00	0	0
03/12/2017	23:50:00	0	0
04/12/2017	0:00:00	0	0
04/12/2017	0:10:00	0	0
04/12/2017	0:20:00	0	0
04/12/2017	0:30:00	0	0
04/12/2017	0:40:00	0	0
04/12/2017	0:50:00	0	0
04/12/2017	1:00:00	0	0
04/12/2017	1:10:00	0	0
04/12/2017	1:20:00	0	0
04/12/2017	1:30:00	0	0
04/12/2017	1:40:00	0	0
04/12/2017	1:50:00	0	0
04/12/2017	2:00:00	0	0

04/12/2017	2:10:00	0	0
04/12/2017	2:20:00	0	0
04/12/2017	2:30:00	0	0
04/12/2017	2:40:00	0	0
04/12/2017	2:50:00	0	0
04/12/2017	3:00:00	0	0
04/12/2017	3:10:00	0	0
04/12/2017	3:20:00	0	0
04/12/2017	3:30:00	0	0
04/12/2017	3:40:00	0	0
04/12/2017	3:50:00	0	0
04/12/2017	4:00:00	0	0
04/12/2017	4:10:00	0	0
04/12/2017	4:20:00	0	0
04/12/2017	4:30:00	0	0
04/12/2017	4:40:00	0	0
04/12/2017	4:50:00	0	0
04/12/2017	5:00:00	0	0
04/12/2017	5:10:00	0	0
04/12/2017	5:20:00	0	0
04/12/2017	5:30:00	0	0
04/12/2017	5:40:00	0	0
04/12/2017	5:50:00	0	0
04/12/2017	6:00:00	0	0
04/12/2017	6:10:00	260.3	1561.8
04/12/2017	6:20:00	373.47	2240.84

C-2: Resultados de Mediciones en líneas de producción L5 a L8

1743 POWER QUALITY LOGGER, NÚMERO DE SERIE: 11086DA/H3
PERIODO DE MEDICIÓN: 10 MINUTOS
TENSIÓN NOMINAL: 240 V
FECHA;HORA: 05/12/2017;06:00:00 - 12/12/2017;06:00:00

Fecha	Hora	Total de energia Wh	P total media W
05/12/2017	6:10:00	0	0
05/12/2017	6:20:00	0	0
05/12/2017	6:30:00	0	0
05/12/2017	6:40:00	5.66	33.95
05/12/2017	6:50:00	379.13	2274.79
05/12/2017	7:00:00	1567.46	9404.74
05/12/2017	7:10:00	2863.3	17179.78
05/12/2017	7:20:00	3021.74	18130.44

05/12/2017	7:30:00	3004.76	18028.58
05/12/2017	7:40:00	2948.18	17689.06
05/12/2017	7:50:00	2987.79	17926.73
05/12/2017	8:00:00	3208.48	19250.86
05/12/2017	8:10:00	3083.99	18503.91
05/12/2017	8:20:00	3197.16	19182.95
05/12/2017	8:30:00	3067.01	18402.06
05/12/2017	8:40:00	2999.11	17994.63
05/12/2017	8:50:00	3067.01	18402.06
05/12/2017	9:00:00	3202.82	19216.91
05/12/2017	9:10:00	3259.4	19556.43
05/12/2017	9:20:00	3134.91	18809.48
05/12/2017	9:30:00	3208.48	19250.86
05/12/2017	9:40:00	3270.72	19624.33
05/12/2017	9:50:00	3208.48	19250.86
05/12/2017	10:00:00	3140.57	18843.43
05/12/2017	10:10:00	3123.6	18741.58
05/12/2017	10:20:00	3287.7	19726.19
05/12/2017	10:30:00	3259.4	19556.43
05/12/2017	10:40:00	3140.57	18843.43
05/12/2017	10:50:00	3293.36	19760.14
05/12/2017	11:00:00	3310.33	19862
05/12/2017	11:10:00	3265.06	19590.38
05/12/2017	11:20:00	3129.25	18775.53
05/12/2017	11:30:00	3016.08	18096.49
05/12/2017	11:40:00	2993.45	17960.68
05/12/2017	11:50:00	2784.07	16704.45
05/12/2017	12:00:00	2512.46	15074.75
05/12/2017	12:10:00	526.26	3157.55
05/12/2017	12:20:00	16.98	101.86
05/12/2017	12:30:00	0	0
05/12/2017	12:40:00	277.28	1663.65
05/12/2017	12:50:00	1120.42	6722.52
05/12/2017	13:00:00	2042.79	12256.72
05/12/2017	13:10:00	2851.98	17111.87
05/12/2017	13:20:00	2959.49	17756.97
05/12/2017	13:30:00	3197.16	19182.95
05/12/2017	13:40:00	3055.69	18334.15
05/12/2017	13:50:00	3123.6	18741.58
05/12/2017	14:00:00	3151.89	18911.34
05/12/2017	14:10:00	3151.89	18911.34

05/12/2017	14:20:00	3112.28	18673.67
05/12/2017	14:30:00	3157.55	18945.29
05/12/2017	14:40:00	3089.64	18537.86
05/12/2017	14:50:00	3185.84	19115.05
05/12/2017	15:00:00	3027.4	18164.39
05/12/2017	15:10:00	3044.37	18266.25
05/12/2017	15:20:00	3146.23	18877.39
05/12/2017	15:30:00	3140.57	18843.43
05/12/2017	15:40:00	3117.94	18707.62
05/12/2017	15:50:00	3293.36	19760.14
05/12/2017	16:00:00	3332.97	19997.81
05/12/2017	16:10:00	3061.35	18368.1
05/12/2017	16:20:00	3089.64	18537.86
05/12/2017	16:30:00	2851.98	17111.87
05/12/2017	16:40:00	2399.28	14395.7
05/12/2017	16:50:00	1861.71	11170.25
05/12/2017	17:00:00	1052.52	6315.1
05/12/2017	17:10:00	277.28	1663.65
05/12/2017	17:20:00	73.56	441.38
05/12/2017	17:30:00	0	0
05/12/2017	17:40:00	0	0
05/12/2017	17:50:00	0	0
05/12/2017	18:00:00	0	0
05/12/2017	18:10:00	0	0
05/12/2017	18:20:00	0	0
05/12/2017	18:30:00	0	0
05/12/2017	18:40:00	0	0
05/12/2017	18:50:00	0	0
05/12/2017	19:00:00	0	0
05/12/2017	19:10:00	0	0
05/12/2017	19:20:00	0	0
05/12/2017	19:30:00	0	0
05/12/2017	19:40:00	0	0
05/12/2017	19:50:00	0	0
05/12/2017	20:00:00	0	0
05/12/2017	20:10:00	0	0
05/12/2017	20:20:00	0	0
05/12/2017	20:30:00	0	0
05/12/2017	20:40:00	0	0
05/12/2017	20:50:00	0	0
05/12/2017	21:00:00	0	0

05/12/2017	21:10:00	0	0
05/12/2017	21:20:00	0	0
05/12/2017	21:30:00	0	0
05/12/2017	21:40:00	0	0
05/12/2017	21:50:00	0	0
05/12/2017	22:00:00	0	0
05/12/2017	22:10:00	0	0
05/12/2017	22:20:00	0	0
05/12/2017	22:30:00	0	0
05/12/2017	22:40:00	0	0
05/12/2017	22:50:00	0	0
05/12/2017	23:00:00	0	0
05/12/2017	23:10:00	0	0
05/12/2017	23:20:00	0	0
05/12/2017	23:30:00	0	0
05/12/2017	23:40:00	0	0
05/12/2017	23:50:00	0	0
06/12/2017	0:00:00	0	0
06/12/2017	0:10:00	0	0
06/12/2017	0:20:00	0	0
06/12/2017	0:30:00	0	0
06/12/2017	0:40:00	0	0
06/12/2017	0:50:00	0	0
06/12/2017	1:00:00	0	0
06/12/2017	1:10:00	0	0
06/12/2017	1:20:00	0	0
06/12/2017	1:30:00	0	0
06/12/2017	1:40:00	0	0
06/12/2017	1:50:00	0	0
06/12/2017	2:00:00	0	0
06/12/2017	2:10:00	0	0
06/12/2017	2:20:00	0	0
06/12/2017	2:30:00	0	0
06/12/2017	2:40:00	0	0
06/12/2017	2:50:00	0	0
06/12/2017	3:00:00	0	0
06/12/2017	3:10:00	0	0
06/12/2017	3:20:00	0	0
06/12/2017	3:30:00	0	0
06/12/2017	3:40:00	0	0
06/12/2017	3:50:00	0	0

06/12/2017	4:00:00	0	0
06/12/2017	4:10:00	0	0
06/12/2017	4:20:00	0	0
06/12/2017	4:30:00	0	0
06/12/2017	4:40:00	0	0
06/12/2017	4:50:00	0	0
06/12/2017	5:00:00	0	0
06/12/2017	5:10:00	0	0
06/12/2017	5:20:00	0	0
06/12/2017	5:30:00	0	0
06/12/2017	5:40:00	0	0
06/12/2017	5:50:00	0	0
06/12/2017	6:00:00	0	0
06/12/2017	6:10:00	0	0
06/12/2017	6:20:00	0	0
06/12/2017	6:30:00	0	0
06/12/2017	6:40:00	192.4	1154.37
06/12/2017	6:50:00	333.86	2003.18
06/12/2017	7:00:00	1324.13	7944.8
06/12/2017	7:10:00	2902.91	17417.44
06/12/2017	7:20:00	2897.25	17383.49
06/12/2017	7:30:00	2970.81	17824.87
06/12/2017	7:40:00	3033.06	18198.34
06/12/2017	7:50:00	3117.94	18707.62
06/12/2017	8:00:00	2987.79	17926.73
06/12/2017	8:10:00	3055.69	18334.15
06/12/2017	8:20:00	3163.21	18979.24
06/12/2017	8:30:00	2959.49	17756.97
06/12/2017	8:40:00	3044.37	18266.25
06/12/2017	8:50:00	3083.99	18503.91
06/12/2017	9:00:00	2925.54	17553.25
06/12/2017	9:10:00	2982.13	17892.77
06/12/2017	9:20:00	3061.35	18368.1
06/12/2017	9:30:00	3078.33	18469.96
06/12/2017	9:40:00	2999.11	17994.63
06/12/2017	9:50:00	3117.94	18707.62
06/12/2017	10:00:00	3044.37	18266.25
06/12/2017	10:10:00	3095.3	18571.82
06/12/2017	10:20:00	3168.87	19013.19
06/12/2017	10:30:00	3117.94	18707.62
06/12/2017	10:40:00	3180.18	19081.1

06/12/2017	10:50:00	3151.89	18911.34
06/12/2017	11:00:00	3055.69	18334.15
06/12/2017	11:10:00	2970.81	17824.87
06/12/2017	11:20:00	2948.18	17689.06
06/12/2017	11:30:00	2908.57	17451.4
06/12/2017	11:40:00	2767.1	16602.59
06/12/2017	11:50:00	2682.22	16093.31
06/12/2017	12:00:00	2455.87	14735.23
06/12/2017	12:10:00	396.11	2376.65
06/12/2017	12:20:00	0	0
06/12/2017	12:30:00	5.66	33.95
06/12/2017	12:40:00	328.2	1969.22
06/12/2017	12:50:00	820.51	4923.06
06/12/2017	13:00:00	1691.95	10151.69
06/12/2017	13:10:00	2806.71	16840.26
06/12/2017	13:20:00	2959.49	17756.97
06/12/2017	13:30:00	2982.13	17892.77
06/12/2017	13:40:00	2908.57	17451.4
06/12/2017	13:50:00	2970.81	17824.87
06/12/2017	14:00:00	2959.49	17756.97
06/12/2017	14:10:00	2999.11	17994.63
06/12/2017	14:20:00	2970.81	17824.87
06/12/2017	14:30:00	2851.98	17111.87
06/12/2017	14:40:00	2631.29	15787.74
06/12/2017	14:50:00	2829.34	16976.07
06/12/2017	15:00:00	2902.91	17417.44
06/12/2017	15:10:00	2778.42	16670.5
06/12/2017	15:20:00	2784.07	16704.45
06/12/2017	15:30:00	2829.34	16976.07
06/12/2017	15:40:00	2789.73	16738.4
06/12/2017	15:50:00	2891.59	17349.54
06/12/2017	16:00:00	2750.12	16500.74
06/12/2017	16:10:00	2670.9	16025.41
06/12/2017	16:20:00	2767.1	16602.59
06/12/2017	16:30:00	2569.04	15414.27
06/12/2017	16:40:00	2218.21	13309.24
06/12/2017	16:50:00	1674.97	10049.83
06/12/2017	17:00:00	1143.06	6858.33
06/12/2017	17:10:00	265.96	1595.75
06/12/2017	17:20:00	39.61	237.66
06/12/2017	17:30:00	0	0

06/12/2017	17:40:00	0	0
06/12/2017	17:50:00	0	0
06/12/2017	18:00:00	0	0
06/12/2017	18:10:00	0	0
06/12/2017	18:20:00	0	0
06/12/2017	18:30:00	0	0
06/12/2017	18:40:00	0	0
06/12/2017	18:50:00	0	0
06/12/2017	19:00:00	0	0
06/12/2017	19:10:00	0	0
06/12/2017	19:20:00	0	0
06/12/2017	19:30:00	0	0
06/12/2017	19:40:00	0	0
06/12/2017	19:50:00	0	0
06/12/2017	20:00:00	0	0
06/12/2017	20:10:00	0	0
06/12/2017	20:20:00	0	0
06/12/2017	20:30:00	0	0
06/12/2017	20:40:00	0	0
06/12/2017	20:50:00	0	0
06/12/2017	21:00:00	0	0
06/12/2017	21:10:00	0	0
06/12/2017	21:20:00	0	0
06/12/2017	21:30:00	0	0
06/12/2017	21:40:00	0	0
06/12/2017	21:50:00	0	0
06/12/2017	22:00:00	0	0
06/12/2017	22:10:00	0	0
06/12/2017	22:20:00	0	0
06/12/2017	22:30:00	0	0
06/12/2017	22:40:00	0	0
06/12/2017	22:50:00	0	0
06/12/2017	23:00:00	0	0
06/12/2017	23:10:00	0	0
06/12/2017	23:20:00	0	0
06/12/2017	23:30:00	0	0
06/12/2017	23:40:00	0	0
06/12/2017	23:50:00	0	0
07/12/2017	0:00:00	0	0
07/12/2017	0:10:00	0	0
07/12/2017	0:20:00	0	0

07/12/2017	0:30:00	0	0
07/12/2017	0:40:00	0	0
07/12/2017	0:50:00	0	0
07/12/2017	1:00:00	0	0
07/12/2017	1:10:00	0	0
07/12/2017	1:20:00	0	0
07/12/2017	1:30:00	0	0
07/12/2017	1:40:00	0	0
07/12/2017	1:50:00	0	0
07/12/2017	2:00:00	0	0
07/12/2017	2:10:00	0	0
07/12/2017	2:20:00	0	0
07/12/2017	2:30:00	0	0
07/12/2017	2:40:00	0	0
07/12/2017	2:50:00	0	0
07/12/2017	3:00:00	0	0
07/12/2017	3:10:00	0	0
07/12/2017	3:20:00	0	0
07/12/2017	3:30:00	0	0
07/12/2017	3:40:00	0	0
07/12/2017	3:50:00	0	0
07/12/2017	4:00:00	0	0
07/12/2017	4:10:00	0	0
07/12/2017	4:20:00	0	0
07/12/2017	4:30:00	0	0
07/12/2017	4:40:00	0	0
07/12/2017	4:50:00	0	0
07/12/2017	5:00:00	0	0
07/12/2017	5:10:00	0	0
07/12/2017	5:20:00	0	0
07/12/2017	5:30:00	0	0
07/12/2017	5:40:00	0	0
07/12/2017	5:50:00	0	0
07/12/2017	6:00:00	0	0
07/12/2017	6:10:00	0	0
07/12/2017	6:20:00	0	0
07/12/2017	6:30:00	0	0
07/12/2017	6:40:00	175.42	1052.52
07/12/2017	6:50:00	413.08	2478.51
07/12/2017	7:00:00	1092.13	6552.76
07/12/2017	7:10:00	2512.46	15074.75

07/12/2017	7:20:00	2597.34	15584.03
07/12/2017	7:30:00	2586.02	15516.12
07/12/2017	7:40:00	2614.31	15685.89
07/12/2017	7:50:00	2761.44	16568.64
07/12/2017	8:00:00	2710.51	16263.07
07/12/2017	8:10:00	2665.24	15991.45
07/12/2017	8:20:00	2687.88	16127.26
07/12/2017	8:30:00	2648.27	15889.6
07/12/2017	8:40:00	2467.19	14803.13
07/12/2017	8:50:00	2552.07	15312.41
07/12/2017	9:00:00	2591.68	15550.08
07/12/2017	9:10:00	2354.01	14124.09
07/12/2017	9:20:00	2506.8	15040.79
07/12/2017	9:30:00	2631.29	15787.74
07/12/2017	9:40:00	2625.63	15753.79
07/12/2017	9:50:00	2670.9	16025.41
07/12/2017	10:00:00	2608.66	15651.93
07/12/2017	10:10:00	2580.36	15482.17
07/12/2017	10:20:00	2721.83	16330.98
07/12/2017	10:30:00	2540.75	15244.51
07/12/2017	10:40:00	2512.46	15074.75
07/12/2017	10:50:00	2557.73	15346.36
07/12/2017	11:00:00	2512.46	15074.75
07/12/2017	11:10:00	2506.8	15040.79
07/12/2017	11:20:00	2563.39	15380.32
07/12/2017	11:30:00	2506.8	15040.79
07/12/2017	11:40:00	2410.6	14463.61
07/12/2017	11:50:00	2484.16	14904.99
07/12/2017	12:00:00	2116.35	12698.1
07/12/2017	12:10:00	350.84	2105.03
07/12/2017	12:20:00	0	0
07/12/2017	12:30:00	0	0
07/12/2017	12:40:00	169.76	1018.56
07/12/2017	12:50:00	611.14	3666.83
07/12/2017	13:00:00	1442.97	8657.79
07/12/2017	13:10:00	2404.94	14429.66
07/12/2017	13:20:00	2738.81	16432.83
07/12/2017	13:30:00	2857.64	17145.83
07/12/2017	13:40:00	2761.44	16568.64
07/12/2017	13:50:00	2738.81	16432.83
07/12/2017	14:00:00	2710.51	16263.07

07/12/2017	14:10:00	2614.31	15685.89
07/12/2017	14:20:00	2676.56	16059.36
07/12/2017	14:30:00	2642.61	15855.65
07/12/2017	14:40:00	2597.34	15584.03
07/12/2017	14:50:00	2665.24	15991.45
07/12/2017	15:00:00	2597.34	15584.03
07/12/2017	15:10:00	2778.42	16670.5
07/12/2017	15:20:00	2687.88	16127.26
07/12/2017	15:30:00	2642.61	15855.65
07/12/2017	15:40:00	2676.56	16059.36
07/12/2017	15:50:00	2704.85	16229.12
07/12/2017	16:00:00	2682.22	16093.31
07/12/2017	16:10:00	2535.09	15210.56
07/12/2017	16:20:00	2574.7	15448.22
07/12/2017	16:30:00	2489.82	14938.94
07/12/2017	16:40:00	2122.01	12732.05
07/12/2017	16:50:00	2059.76	12358.58
07/12/2017	17:00:00	1567.46	9404.74
07/12/2017	17:10:00	73.56	441.38
07/12/2017	17:20:00	0	0
07/12/2017	17:30:00	0	0
07/12/2017	17:40:00	0	0
07/12/2017	17:50:00	0	0
07/12/2017	18:00:00	0	0
07/12/2017	18:10:00	0	0
07/12/2017	18:20:00	0	0
07/12/2017	18:30:00	0	0
07/12/2017	18:40:00	0	0
07/12/2017	18:50:00	0	0
07/12/2017	19:00:00	0	0
07/12/2017	19:10:00	0	0
07/12/2017	19:20:00	0	0
07/12/2017	19:30:00	0	0
07/12/2017	19:40:00	0	0
07/12/2017	19:50:00	0	0
07/12/2017	20:00:00	0	0
07/12/2017	20:10:00	0	0
07/12/2017	20:20:00	0	0
07/12/2017	20:30:00	0	0
07/12/2017	20:40:00	0	0
07/12/2017	20:50:00	0	0

07/12/2017	21:00:00	0	0
07/12/2017	21:10:00	0	0
07/12/2017	21:20:00	0	0
07/12/2017	21:30:00	0	0
07/12/2017	21:40:00	0	0
07/12/2017	21:50:00	0	0
07/12/2017	22:00:00	0	0
07/12/2017	22:10:00	0	0
07/12/2017	22:20:00	0	0
07/12/2017	22:30:00	0	0
07/12/2017	22:40:00	0	0
07/12/2017	22:50:00	0	0
07/12/2017	23:00:00	0	0
07/12/2017	23:10:00	0	0
07/12/2017	23:20:00	0	0
07/12/2017	23:30:00	0	0
07/12/2017	23:40:00	0	0
07/12/2017	23:50:00	0	0
08/12/2017	0:00:00	0	0
08/12/2017	0:10:00	0	0
08/12/2017	0:20:00	0	0
08/12/2017	0:30:00	0	0
08/12/2017	0:40:00	0	0
08/12/2017	0:50:00	0	0
08/12/2017	1:00:00	0	0
08/12/2017	1:10:00	0	0
08/12/2017	1:20:00	0	0
08/12/2017	1:30:00	0	0
08/12/2017	1:40:00	0	0
08/12/2017	1:50:00	0	0
08/12/2017	2:00:00	0	0
08/12/2017	2:10:00	0	0
08/12/2017	2:20:00	0	0
08/12/2017	2:30:00	0	0
08/12/2017	2:40:00	0	0
08/12/2017	2:50:00	0	0
08/12/2017	3:00:00	0	0
08/12/2017	3:10:00	0	0
08/12/2017	3:20:00	0	0
08/12/2017	3:30:00	0	0
08/12/2017	3:40:00	0	0

08/12/2017	3:50:00	0	0
08/12/2017	4:00:00	0	0
08/12/2017	4:10:00	0	0
08/12/2017	4:20:00	0	0
08/12/2017	4:30:00	0	0
08/12/2017	4:40:00	0	0
08/12/2017	4:50:00	0	0
08/12/2017	5:00:00	0	0
08/12/2017	5:10:00	0	0
08/12/2017	5:20:00	0	0
08/12/2017	5:30:00	0	0
08/12/2017	5:40:00	0	0
08/12/2017	5:50:00	0	0
08/12/2017	6:00:00	0	0
08/12/2017	6:10:00	0	0
08/12/2017	6:20:00	0	0
08/12/2017	6:30:00	0	0
08/12/2017	6:40:00	11.32	67.9
08/12/2017	6:50:00	152.78	916.71
08/12/2017	7:00:00	888.41	5330.48
08/12/2017	7:10:00	2501.14	15006.84
08/12/2017	7:20:00	2670.9	16025.41
08/12/2017	7:30:00	2699.19	16195.17
08/12/2017	7:40:00	2727.49	16364.93
08/12/2017	7:50:00	2880.27	17281.64
08/12/2017	8:00:00	2885.93	17315.59
08/12/2017	8:10:00	2851.98	17111.87
08/12/2017	8:20:00	2897.25	17383.49
08/12/2017	8:30:00	2891.59	17349.54
08/12/2017	8:40:00	2880.27	17281.64
08/12/2017	8:50:00	2840.66	17043.97
08/12/2017	9:00:00	2846.32	17077.92
08/12/2017	9:10:00	2863.3	17179.78
08/12/2017	9:20:00	2738.81	16432.83
08/12/2017	9:30:00	2761.44	16568.64
08/12/2017	9:40:00	2733.15	16398.88
08/12/2017	9:50:00	2687.88	16127.26
08/12/2017	10:00:00	2761.44	16568.64
08/12/2017	10:10:00	2619.97	15719.84
08/12/2017	10:20:00	2761.44	16568.64
08/12/2017	10:30:00	2721.83	16330.98

08/12/2017	10:40:00	2704.85	16229.12
08/12/2017	10:50:00	2761.44	16568.64
08/12/2017	11:00:00	2738.81	16432.83
08/12/2017	11:10:00	2716.17	16297.02
08/12/2017	11:20:00	2710.51	16263.07
08/12/2017	11:30:00	2778.42	16670.5
08/12/2017	11:40:00	2642.61	15855.65
08/12/2017	11:50:00	2614.31	15685.89
08/12/2017	12:00:00	2195.57	13173.43
08/12/2017	12:10:00	271.62	1629.7
08/12/2017	12:20:00	0	0
08/12/2017	12:30:00	0	0
08/12/2017	12:40:00	311.23	1867.37
08/12/2017	12:50:00	803.53	4821.2
08/12/2017	13:00:00	1776.83	10660.97
08/12/2017	13:10:00	2704.85	16229.12
08/12/2017	13:20:00	2693.54	16161.21
08/12/2017	13:30:00	2778.42	16670.5
08/12/2017	13:40:00	2744.46	16466.78
08/12/2017	13:50:00	2812.37	16874.21
08/12/2017	14:00:00	2755.78	16534.69
08/12/2017	14:10:00	2755.78	16534.69
08/12/2017	14:20:00	2778.42	16670.5
08/12/2017	14:30:00	2721.83	16330.98
08/12/2017	14:40:00	2699.19	16195.17
08/12/2017	14:50:00	2636.95	15821.69
08/12/2017	15:00:00	2506.8	15040.79
08/12/2017	15:10:00	2529.43	15176.6
08/12/2017	15:20:00	2597.34	15584.03
08/12/2017	15:30:00	2591.68	15550.08
08/12/2017	15:40:00	2110.69	12664.15
08/12/2017	15:50:00	1906.98	11441.87
08/12/2017	16:00:00	1448.62	8691.75
08/12/2017	16:10:00	107.52	645.09
08/12/2017	16:20:00	0	0
08/12/2017	16:30:00	0	0
08/12/2017	16:40:00	0	0
08/12/2017	16:50:00	0	0
08/12/2017	17:00:00	0	0
08/12/2017	17:10:00	0	0
08/12/2017	17:20:00	0	0

08/12/2017	17:30:00	0	0
08/12/2017	17:40:00	0	0
08/12/2017	17:50:00	0	0
08/12/2017	18:00:00	0	0
08/12/2017	18:10:00	0	0
08/12/2017	18:20:00	0	0
08/12/2017	18:30:00	0	0
08/12/2017	18:40:00	0	0
08/12/2017	18:50:00	0	0
08/12/2017	19:00:00	0	0
08/12/2017	19:10:00	0	0
08/12/2017	19:20:00	0	0
08/12/2017	19:30:00	0	0
08/12/2017	19:40:00	0	0
08/12/2017	19:50:00	0	0
08/12/2017	20:00:00	0	0
08/12/2017	20:10:00	0	0
08/12/2017	20:20:00	0	0
08/12/2017	20:30:00	0	0
08/12/2017	20:40:00	0	0
08/12/2017	20:50:00	0	0
08/12/2017	21:00:00	0	0
08/12/2017	21:10:00	0	0
08/12/2017	21:20:00	0	0
08/12/2017	21:30:00	0	0
08/12/2017	21:40:00	0	0
08/12/2017	21:50:00	0	0
08/12/2017	22:00:00	0	0
08/12/2017	22:10:00	0	0
08/12/2017	22:20:00	0	0
08/12/2017	22:30:00	0	0
08/12/2017	22:40:00	0	0
08/12/2017	22:50:00	0	0
08/12/2017	23:00:00	0	0
08/12/2017	23:10:00	0	0
08/12/2017	23:20:00	0	0
08/12/2017	23:30:00	0	0
08/12/2017	23:40:00	0	0
08/12/2017	23:50:00	0	0
09/12/2017	0:00:00	0	0
09/12/2017	0:10:00	0	0

09/12/2017	0:20:00	0	0
09/12/2017	0:30:00	0	0
09/12/2017	0:40:00	0	0
09/12/2017	0:50:00	0	0
09/12/2017	1:00:00	0	0
09/12/2017	1:10:00	0	0
09/12/2017	1:20:00	0	0
09/12/2017	1:30:00	0	0
09/12/2017	1:40:00	0	0
09/12/2017	1:50:00	0	0
09/12/2017	2:00:00	0	0
09/12/2017	2:10:00	0	0
09/12/2017	2:20:00	0	0
09/12/2017	2:30:00	0	0
09/12/2017	2:40:00	0	0
09/12/2017	2:50:00	0	0
09/12/2017	3:00:00	0	0
09/12/2017	3:10:00	0	0
09/12/2017	3:20:00	0	0
09/12/2017	3:30:00	0	0
09/12/2017	3:40:00	0	0
09/12/2017	3:50:00	0	0
09/12/2017	4:00:00	0	0
09/12/2017	4:10:00	0	0
09/12/2017	4:20:00	0	0
09/12/2017	4:30:00	0	0
09/12/2017	4:40:00	0	0
09/12/2017	4:50:00	0	0
09/12/2017	5:00:00	0	0
09/12/2017	5:10:00	0	0
09/12/2017	5:20:00	0	0
09/12/2017	5:30:00	0	0
09/12/2017	5:40:00	0	0
09/12/2017	5:50:00	0	0
09/12/2017	6:00:00	0	0
09/12/2017	6:10:00	0	0
09/12/2017	6:20:00	0	0
09/12/2017	6:30:00	0	0
09/12/2017	6:40:00	0	0
09/12/2017	6:50:00	0	0
09/12/2017	7:00:00	0	0

09/12/2017	7:10:00	0	0
09/12/2017	7:20:00	0	0
09/12/2017	7:30:00	0	0
09/12/2017	7:40:00	0	0
09/12/2017	7:50:00	0	0
09/12/2017	8:00:00	0	0
09/12/2017	8:10:00	0	0
09/12/2017	8:20:00	0	0
09/12/2017	8:30:00	0	0
09/12/2017	8:40:00	0	0
09/12/2017	8:50:00	0	0
09/12/2017	9:00:00	0	0
09/12/2017	9:10:00	0	0
09/12/2017	9:20:00	0	0
09/12/2017	9:30:00	0	0
09/12/2017	9:40:00	0	0
09/12/2017	9:50:00	0	0
09/12/2017	10:00:00	0	0
09/12/2017	10:10:00	0	0
09/12/2017	10:20:00	0	0
09/12/2017	10:30:00	0	0
09/12/2017	10:40:00	0	0
09/12/2017	10:50:00	0	0
09/12/2017	11:00:00	0	0
09/12/2017	11:10:00	0	0
09/12/2017	11:20:00	0	0
09/12/2017	11:30:00	0	0
09/12/2017	11:40:00	0	0
09/12/2017	11:50:00	0	0
09/12/2017	12:00:00	0	0
09/12/2017	12:10:00	0	0
09/12/2017	12:20:00	0	0
09/12/2017	12:30:00	0	0
09/12/2017	12:40:00	0	0
09/12/2017	12:50:00	0	0
09/12/2017	13:00:00	0	0
09/12/2017	13:10:00	0	0
09/12/2017	13:20:00	0	0
09/12/2017	13:30:00	0	0
09/12/2017	13:40:00	0	0
09/12/2017	13:50:00	0	0

09/12/2017	14:00:00	0	0
09/12/2017	14:10:00	0	0
09/12/2017	14:20:00	0	0
09/12/2017	14:30:00	0	0
09/12/2017	14:40:00	0	0
09/12/2017	14:50:00	0	0
09/12/2017	15:00:00	0	0
09/12/2017	15:10:00	0	0
09/12/2017	15:20:00	0	0
09/12/2017	15:30:00	0	0
09/12/2017	15:40:00	0	0
09/12/2017	15:50:00	0	0
09/12/2017	16:00:00	0	0
09/12/2017	16:10:00	0	0
09/12/2017	16:20:00	0	0
09/12/2017	16:30:00	0	0
09/12/2017	16:40:00	0	0
09/12/2017	16:50:00	0	0
09/12/2017	17:00:00	0	0
09/12/2017	17:10:00	0	0
09/12/2017	17:20:00	0	0
09/12/2017	17:30:00	0	0
09/12/2017	17:40:00	0	0
09/12/2017	17:50:00	0	0
09/12/2017	18:00:00	0	0
09/12/2017	18:10:00	0	0
09/12/2017	18:20:00	0	0
09/12/2017	18:30:00	0	0
09/12/2017	18:40:00	0	0
09/12/2017	18:50:00	0	0
09/12/2017	19:00:00	0	0
09/12/2017	19:10:00	0	0
09/12/2017	19:20:00	0	0
09/12/2017	19:30:00	0	0
09/12/2017	19:40:00	0	0
09/12/2017	19:50:00	0	0
09/12/2017	20:00:00	0	0
09/12/2017	20:10:00	0	0
09/12/2017	20:20:00	0	0
09/12/2017	20:30:00	0	0
09/12/2017	20:40:00	0	0

09/12/2017	20:50:00	0	0
09/12/2017	21:00:00	0	0
09/12/2017	21:10:00	0	0
09/12/2017	21:20:00	0	0
09/12/2017	21:30:00	0	0
09/12/2017	21:40:00	0	0
09/12/2017	21:50:00	0	0
09/12/2017	22:00:00	0	0
09/12/2017	22:10:00	0	0
09/12/2017	22:20:00	0	0
09/12/2017	22:30:00	0	0
09/12/2017	22:40:00	0	0
09/12/2017	22:50:00	0	0
09/12/2017	23:00:00	0	0
09/12/2017	23:10:00	0	0
09/12/2017	23:20:00	0	0
09/12/2017	23:30:00	0	0
09/12/2017	23:40:00	0	0
09/12/2017	23:50:00	0	0
10/12/2017	0:00:00	0	0
10/12/2017	0:10:00	0	0
10/12/2017	0:20:00	0	0
10/12/2017	0:30:00	0	0
10/12/2017	0:40:00	0	0
10/12/2017	0:50:00	0	0
10/12/2017	1:00:00	0	0
10/12/2017	1:10:00	0	0
10/12/2017	1:20:00	0	0
10/12/2017	1:30:00	0	0
10/12/2017	1:40:00	0	0
10/12/2017	1:50:00	0	0
10/12/2017	2:00:00	0	0
10/12/2017	2:10:00	0	0
10/12/2017	2:20:00	0	0
10/12/2017	2:30:00	0	0
10/12/2017	2:40:00	0	0
10/12/2017	2:50:00	0	0
10/12/2017	3:00:00	0	0
10/12/2017	3:10:00	0	0
10/12/2017	3:20:00	0	0
10/12/2017	3:30:00	0	0

10/12/2017	3:40:00	0	0
10/12/2017	3:50:00	0	0
10/12/2017	4:00:00	0	0
10/12/2017	4:10:00	0	0
10/12/2017	4:20:00	0	0
10/12/2017	4:30:00	0	0
10/12/2017	4:40:00	0	0
10/12/2017	4:50:00	0	0
10/12/2017	5:00:00	0	0
10/12/2017	5:10:00	0	0
10/12/2017	5:20:00	0	0
10/12/2017	5:30:00	0	0
10/12/2017	5:40:00	0	0
10/12/2017	5:50:00	0	0
10/12/2017	6:00:00	0	0
10/12/2017	6:10:00	0	0
10/12/2017	6:20:00	0	0
10/12/2017	6:30:00	0	0
10/12/2017	6:40:00	0	0
10/12/2017	6:50:00	0	0
10/12/2017	7:00:00	0	0
10/12/2017	7:10:00	0	0
10/12/2017	7:20:00	0	0
10/12/2017	7:30:00	0	0
10/12/2017	7:40:00	0	0
10/12/2017	7:50:00	0	0
10/12/2017	8:00:00	0	0
10/12/2017	8:10:00	0	0
10/12/2017	8:20:00	0	0
10/12/2017	8:30:00	0	0
10/12/2017	8:40:00	0	0
10/12/2017	8:50:00	0	0
10/12/2017	9:00:00	0	0
10/12/2017	9:10:00	0	0
10/12/2017	9:20:00	0	0
10/12/2017	9:30:00	0	0
10/12/2017	9:40:00	0	0
10/12/2017	9:50:00	0	0
10/12/2017	10:00:00	0	0
10/12/2017	10:10:00	0	0
10/12/2017	10:20:00	0	0

10/12/2017	10:30:00	0	0
10/12/2017	10:40:00	0	0
10/12/2017	10:50:00	0	0
10/12/2017	11:00:00	0	0
10/12/2017	11:10:00	0	0
10/12/2017	11:20:00	0	0
10/12/2017	11:30:00	0	0
10/12/2017	11:40:00	0	0
10/12/2017	11:50:00	0	0
10/12/2017	12:00:00	0	0
10/12/2017	12:10:00	0	0
10/12/2017	12:20:00	0	0
10/12/2017	12:30:00	0	0
10/12/2017	12:40:00	0	0
10/12/2017	12:50:00	0	0
10/12/2017	13:00:00	0	0
10/12/2017	13:10:00	0	0
10/12/2017	13:20:00	0	0
10/12/2017	13:30:00	0	0
10/12/2017	13:40:00	0	0
10/12/2017	13:50:00	0	0
10/12/2017	14:00:00	0	0
10/12/2017	14:10:00	0	0
10/12/2017	14:20:00	0	0
10/12/2017	14:30:00	0	0
10/12/2017	14:40:00	0	0
10/12/2017	14:50:00	0	0
10/12/2017	15:00:00	0	0
10/12/2017	15:10:00	0	0
10/12/2017	15:20:00	0	0
10/12/2017	15:30:00	0	0
10/12/2017	15:40:00	0	0
10/12/2017	15:50:00	0	0
10/12/2017	16:00:00	0	0
10/12/2017	16:10:00	0	0
10/12/2017	16:20:00	0	0
10/12/2017	16:30:00	0	0
10/12/2017	16:40:00	0	0
10/12/2017	16:50:00	0	0
10/12/2017	17:00:00	0	0
10/12/2017	17:10:00	0	0

10/12/2017	17:20:00	0	0
10/12/2017	17:30:00	0	0
10/12/2017	17:40:00	0	0
10/12/2017	17:50:00	0	0
10/12/2017	18:00:00	0	0
10/12/2017	18:10:00	0	0
10/12/2017	18:20:00	0	0
10/12/2017	18:30:00	0	0
10/12/2017	18:40:00	0	0
10/12/2017	18:50:00	0	0
10/12/2017	19:00:00	0	0
10/12/2017	19:10:00	0	0
10/12/2017	19:20:00	0	0
10/12/2017	19:30:00	0	0
10/12/2017	19:40:00	0	0
10/12/2017	19:50:00	0	0
10/12/2017	20:00:00	0	0
10/12/2017	20:10:00	0	0
10/12/2017	20:20:00	0	0
10/12/2017	20:30:00	0	0
10/12/2017	20:40:00	0	0
10/12/2017	20:50:00	0	0
10/12/2017	21:00:00	0	0
10/12/2017	21:10:00	0	0
10/12/2017	21:20:00	0	0
10/12/2017	21:30:00	0	0
10/12/2017	21:40:00	0	0
10/12/2017	21:50:00	0	0
10/12/2017	22:00:00	0	0
10/12/2017	22:10:00	0	0
10/12/2017	22:20:00	0	0
10/12/2017	22:30:00	0	0
10/12/2017	22:40:00	0	0
10/12/2017	22:50:00	0	0
10/12/2017	23:00:00	0	0
10/12/2017	23:10:00	0	0
10/12/2017	23:20:00	0	0
10/12/2017	23:30:00	0	0
10/12/2017	23:40:00	0	0
10/12/2017	23:50:00	0	0
11/12/2017	0:00:00	0	0

11/12/2017	0:10:00	0	0
11/12/2017	0:20:00	0	0
11/12/2017	0:30:00	0	0
11/12/2017	0:40:00	0	0
11/12/2017	0:50:00	0	0
11/12/2017	1:00:00	0	0
11/12/2017	1:10:00	0	0
11/12/2017	1:20:00	0	0
11/12/2017	1:30:00	0	0
11/12/2017	1:40:00	0	0
11/12/2017	1:50:00	0	0
11/12/2017	2:00:00	0	0
11/12/2017	2:10:00	0	0
11/12/2017	2:20:00	0	0
11/12/2017	2:30:00	0	0
11/12/2017	2:40:00	0	0
11/12/2017	2:50:00	0	0
11/12/2017	3:00:00	0	0
11/12/2017	3:10:00	0	0
11/12/2017	3:20:00	0	0
11/12/2017	3:30:00	0	0
11/12/2017	3:40:00	0	0
11/12/2017	3:50:00	0	0
11/12/2017	4:00:00	0	0
11/12/2017	4:10:00	0	0
11/12/2017	4:20:00	0	0
11/12/2017	4:30:00	0	0
11/12/2017	4:40:00	0	0
11/12/2017	4:50:00	0	0
11/12/2017	5:00:00	0	0
11/12/2017	5:10:00	0	0
11/12/2017	5:20:00	0	0
11/12/2017	5:30:00	0	0
11/12/2017	5:40:00	0	0
11/12/2017	5:50:00	0	0
11/12/2017	6:00:00	0	0
11/12/2017	6:10:00	0	0
11/12/2017	6:20:00	0	0
11/12/2017	6:30:00	0	0
11/12/2017	6:40:00	11.32	67.9
11/12/2017	6:50:00	265.96	1595.75

11/12/2017	7:00:00	1035.54	6213.24
11/12/2017	7:10:00	2580.36	15482.17
11/12/2017	7:20:00	2806.71	16840.26
11/12/2017	7:30:00	2818.03	16908.16
11/12/2017	7:40:00	2778.42	16670.5
11/12/2017	7:50:00	2778.42	16670.5
11/12/2017	8:00:00	2823.69	16942.11
11/12/2017	8:10:00	2761.44	16568.64
11/12/2017	8:20:00	2755.78	16534.69
11/12/2017	8:30:00	2772.76	16636.54
11/12/2017	8:40:00	2682.22	16093.31
11/12/2017	8:50:00	2693.54	16161.21
11/12/2017	9:00:00	2653.93	15923.55
11/12/2017	9:10:00	2727.49	16364.93
11/12/2017	9:20:00	2767.1	16602.59
11/12/2017	9:30:00	2823.69	16942.11
11/12/2017	9:40:00	2767.1	16602.59
11/12/2017	9:50:00	2806.71	16840.26
11/12/2017	10:00:00	2789.73	16738.4
11/12/2017	10:10:00	2682.22	16093.31
11/12/2017	10:20:00	2699.19	16195.17
11/12/2017	10:30:00	2801.05	16806.31
11/12/2017	10:40:00	2733.15	16398.88
11/12/2017	10:50:00	2823.69	16942.11
11/12/2017	11:00:00	2812.37	16874.21
11/12/2017	11:10:00	2840.66	17043.97
11/12/2017	11:20:00	2659.58	15957.5
11/12/2017	11:30:00	2625.63	15753.79
11/12/2017	11:40:00	2614.31	15685.89
11/12/2017	11:50:00	2546.41	15278.46
11/12/2017	12:00:00	2122.01	12732.05
11/12/2017	12:10:00	328.2	1969.22
11/12/2017	12:20:00	0	0
11/12/2017	12:30:00	0	0
11/12/2017	12:40:00	452.7	2716.17
11/12/2017	12:50:00	950.66	5703.96
11/12/2017	13:00:00	2150.3	12901.81
11/12/2017	13:10:00	2699.19	16195.17
11/12/2017	13:20:00	2693.54	16161.21
11/12/2017	13:30:00	2676.56	16059.36
11/12/2017	13:40:00	2614.31	15685.89

11/12/2017	13:50:00	2478.51	14871.03
11/12/2017	14:00:00	2614.31	15685.89
11/12/2017	14:10:00	2546.41	15278.46
11/12/2017	14:20:00	2574.7	15448.22
11/12/2017	14:30:00	2597.34	15584.03
11/12/2017	14:40:00	2642.61	15855.65
11/12/2017	14:50:00	2659.58	15957.5
11/12/2017	15:00:00	2540.75	15244.51
11/12/2017	15:10:00	2523.78	15142.65
11/12/2017	15:20:00	2518.12	15108.7
11/12/2017	15:30:00	2484.16	14904.99
11/12/2017	15:40:00	2450.21	14701.27
11/12/2017	15:50:00	2523.78	15142.65
11/12/2017	16:00:00	2410.6	14463.61
11/12/2017	16:10:00	2393.63	14361.75
11/12/2017	16:20:00	2399.28	14395.7
11/12/2017	16:30:00	2382.31	14293.85
11/12/2017	16:40:00	2297.43	13784.57
11/12/2017	16:50:00	2076.74	12460.43
11/12/2017	17:00:00	1646.68	9880.07
11/12/2017	17:10:00	113.17	679.04

ANEXO D: Clasificación de motores según su aplicación.

MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE A

El motor clase A es un motor de jaula de ardilla normal o estándar fabricado para uso a velocidad constante. Tiene grandes áreas de ranuras para una muy buena disipación de calor, y barras con ranuras ondas en el motor. Durante el periodo de arranque, la densidad de corriente es alta cerca de la superficie del rotor; durante el periodo de la marcha, la densidad se distribuye con uniformidad. Esta diferencia origina algo de alta resistencia y baja reactancia de arranque, con lo cual se tiene un par de arranque entre 1.5 y 1.75 veces el nominal (a plena carga). El par de arranque es relativamente alto y la baja resistencia del rotor produce una aceleración bastante rápida hacia la velocidad nominal. Tiene la mejor regulación de velocidad, pero su corriente de arranque varía entre 5 y 7 veces la corriente nominal normal, haciéndolo menos deseable para arranque con línea, en especial en los tamaños grandes de corriente que sean indeseables.

MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA CLASE B

A los motores de clase B a veces se les llama motores de propósito general; es muy parecido al de la clase A debido al comportamiento de su deslizamiento-par. Las ranuras de su motor están embebidas algo más profundamente que en los motores de clase A y esta mayor profundidad tiende a aumentar la reactancia de arranque y la marcha del rotor. Este aumento reduce un poco el par y la corriente de arranque.

Las corrientes de arranque varían entre 4 y 5 veces la corriente nominal en los tamaños mayores de 5 hp se sigue usando arranque a tensión reducido. Los motores de clase B se prefieren sobre los de la clase A para tamaños mayores.

Las aplicaciones típicas comprenden las bombas centrífugas de impulsión, las máquinas herramientas y los sopladores.

MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE C

Estos motores tienen un rotor de doble jaula de ardilla, el cual desarrolla un alto par de arranque y una menor corriente de arranque.

Debido a su alto par de arranque, acelera rápidamente, sin embargo, cuando se emplea en grandes cargas, se limita la disipación térmica del motor por que la mayor parte de la corriente se concentra en el devanado superior.

En condiciones de arranque frecuente, el rotor tiene tendencia a sobre calentarse se adecua mejor a grandes cargas repentinas, pero de tipo de baja inercia.

Las aplicaciones de los motores de clase C se limitan a condiciones en las que es difícil el arranque como en bombas y compresores de pistón

MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA CLASE D

Los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla clase D se conocen también como de alto par y alta resistencia.

Las barras del rotor se fabrican en aleación de alta resistencia y se colocan en ranuras cercanas a la superficie o están embebidas en ranuras de pequeño diámetro. La relación de resistencia a reactancia del rotor de arranque es mayor que en los motores de las clases anteriores.

El motor está diseñado para servicio pesado de arranque, encuentra su mayor aplicación con cargas como cizallas o troqueles, que necesitan el alto par con aplicación a carga repentina la regulación de velocidad en esta clase de motores es la peor.

MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA DE CLASE F

También conocidos como motores de doble jaula y bajo par. Están diseñados principalmente como motores de baja corriente, porque necesita la menor corriente de arranque de todas las clases. Tiene una alta resistencia del rotor tanto en su devanado de arranque como en el de marcha y tiende a aumentar la impedancia de arranque y de marcha, y a reducir la corriente de marcha y de arranque.

El rotor de clase F se diseñó para remplazar al motor de clase B. El motor de clase F produce pares de arranque aproximadamente 1.25 veces el par nominal y bajas corrientes de arranque de 2 a 4 veces la nominal. Los motores de esta clase se fabrican de la capacidad de 25 hp para servicio directo de la línea. Debido a la resistencia del rotor relativamente alta de arranque y de marcha, estos motores tienen menos regulación de tensión de los de clase B, bajan capacidad de sobrecarga y en general de baja eficiencia de funcionamiento. Sin embargo, cuando se arrancan con grandes cargas, las bajas de corrientes de arranque eliminan la necesidad de equipo para tensión reducido, aún en los tamaños grandes.

ESTATOR.

Constituye la parte fija del motor. El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero sí magnéticamente. Existen dos tipos de estatores:

Estator de polos salientes: Este tipo de rotor se utiliza principalmente en máquinas de velocidad menor a 1200 rpm.

Estator ranurado: Este tipo de rotor se utiliza principalmente en máquinas de velocidad mayores a 1200 rpm.

El estator está constituido principalmente de un conjunto de láminas de acero al silicio (se les llama "paquete"), que tienen la habilidad de permitir que pase a través de ellas el flujo magnético con facilidad; la parte metálica del estator y los devanados proveen los polos

magnéticos. Los polos de un motor siempre son pares (pueden ser 2, 4, 6, 8, 10, etc.), por ello el mínimo de polos que puede tener un motor para funcionar es dos (un norte y un sur).

VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN.

La velocidad de rotación del campo magnético o *velocidad de sincronismo* está dada por:

$$n = \frac{120 f}{p}$$

Donde es la frecuencia del sistema f en Hz, y p es el número de polos en la máquina, n es estando revoluciones por minuto (rpm).

Lo que produce la tensión inducida en la barra del rotor es el movimiento relativo del rotor en comparación con el campo magnético del estator, esto se puede observar en la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) * \ell$$

Dónde:

\vec{v} : Velocidad de la barra *en relación con el campo magnético*

\vec{B} : Vector de densidad de flujo magnético

ℓ : Longitud del conductor en el campo magnético

ε : Representa la operación "producto vectorial"

ANEXO E: Consumo de corriente en vacío para motores trifásicos Corriente Alterna

No siempre nos ocupamos del consumo de corriente en vacío (Sin carga) cuando se operan motores eléctricos de corriente alterna trifásicos. Más bien, lo que más interesa es la corriente de arranque o la de plena carga. Ambas, son posibles de determinar fácilmente por medio de la placa de características del motor. La Corriente en Vacío puede ser útil para saber si el motor está bien antes de montarlo en la máquina. El dato de corriente en vacío debe ser solicitado al fabricante.

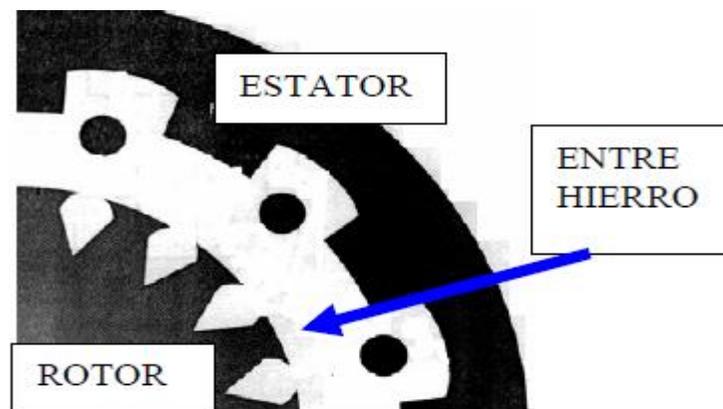
¿Corriente en vacío muy alta o muy baja?: Una forma de saberlo.

¿Cómo saber si el motor consume mucha o poca corriente al operar sin carga?

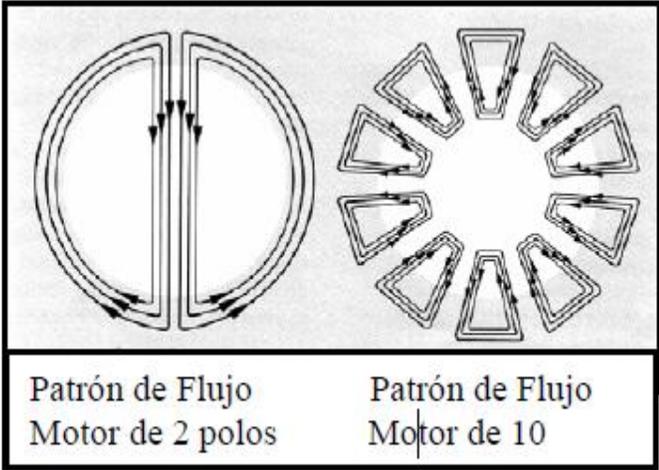
Hay una regla general, pero cada diseño, fabricante y modelo de motor puede variarla, por lo que hay excepciones. Para motores diseño Nema B y Categoría N de IEC, se puede establecer la siguiente tabla de corriente en vacío como porcentaje de la corriente nominal, o corriente de placa.

Cantidad de Polos	Corriente Vacío como % de la corriente plena carga
2	25-33%
4	33-40%
6	50-60%
8	70-80%
10	80-100%
12 ó más	100-110%

La razón de este comportamiento de la corriente en vacío, en función de la velocidad del motor, se debe al flujo magnético en el entre hierro. El entre hierro es el espacio libre que hay entre rotor y estator, lleno de aire necesario para que el motor gire libremente.



Entre menos polos, el campo magnético se concentra en los núcleos magnéticos del estator y rotor, y **no** en el *entre hierro*, el cual tiene aire, que es un mal conductor magnético. Entre más polos tenga el motor, el campo magnético atraviesa el entre hierro más veces y es necesaria más corriente para operar el motor en vacío. Así la corriente en vacío será más alta para motores de muchos polos. Ver figura siguiente.



ANEXO F: Descripción general del THDI y THDV

Armónicos

Se puede definir como cualquier forma de onda periódica (repetitiva) puede ser representada como una serie de ondas senoidales de diferentes frecuencias y fases, constituyendo el llamado espectro armónico de la onda. La frecuencia de la onda senoidal predominante se denomina fundamental, y las frecuencias del resto de ondas (armónicos) son un múltiplo entero de ésta.

El aparato matemático que se utiliza para determinar el contenido de armónicos de una onda se denomina análisis de Fourier, en honor al matemático francés del mismo nombre que investigó este fenómeno.

En un sistema equilibrado, la onda está centrada en torno a cero, y los armónicos son múltiplos "sobrantes" del fundamental. En una onda cuadrada o casi-cuadrada, la amplitud de cada armónico es inversamente proporcional a su orden, es decir, cuanto mayor es la frecuencia, menor es su amplitud. Un ejemplo de forma de onda con un alto contenido en armónicos es una onda cuadrada.

El análisis de Fourier correspondiente a una onda de este tipo de frecuencia 50 Hz, muestra que el contenido en armónicos es el siguiente:

Orden del armónico	Frecuencia	Amplitud relativa
Fundamental	50Hz	100%
3º	150Hz	33%
5º	250Hz	20%
7º	350Hz	14%
9º	450Hz	11%
orden n	50nHz	100/n %

La figura muestra la onda fundamental y los armónicos más significativos en los que puede ser descompuesta.

En los países más industrializados, la distribución de energía eléctrica se realiza en corriente alterna, siendo las tensiones ondas senoidales trifásicas, es decir, sin presencia de armónicos. Sin embargo, ciertas condiciones de carga pueden provocar una distorsión armónica en las tensiones, produciendo efectos desfavorables en determinados tipos de carga conectados a ella.

Normativa reguladora de la emisión de armónicos de corriente

El mundo moderno es sumamente dependiente de la energía eléctrica, y esta dependencia se incrementará en un futuro. Un informe del EPRI (Environmental issues and power electronics) prevé que el consumo de energía eléctrica, como fuente primaria, será de un 80% en el año 2010.

Por este motivo, existen varias organizaciones nacionales e internacionales dedicadas a la elaboración de normativa que regule los límites armónicos en los sistemas de potencia, y a establecer una serie de recomendaciones prácticas para asegurar la compatibilidad necesaria entre los equipos de los consumidores finales y el sistema de potencia.

Actualmente existen varias normativas reguladoras dentro de las cuales nos enfocaremos en la Estándar IEEE 519-1992.

- Estándar IEC-61000.
 - IEC 61000-2-2.
 - IEC 61000-3-2
 - IEC 61000-3-4
 - IEC 61000-3-6

- NRS 048-2.
- EN50160.
- CONELEC 004/01.

Estándar IEEE 519-1992

Esta norma, originaria de Estados Unidos resulta más generalista y didáctica que las anteriormente expuestas, y ofrece abundante información acerca de las causas y efectos de las perturbaciones armónicas en sistemas de potencia. La filosofía que subyace detrás de este estándar busca, por un lado, limitar la inyección de corrientes armónicas por parte de los consumidores individuales para que no creen unos niveles inaceptables de distorsión en la tensión del sistema de potencia en condiciones normales de funcionamiento, y por otro, acotar la distorsión armónica de la tensión ofrecida por la compañía suministradora.

En esta norma los límites de inyección de corriente armónica en el PCC se fijan en función de la relación entre la potencia de la carga y la potencia de cortocircuito en el punto de acoplo. A continuación, se muestran las definiciones de interés utilizadas en la IEEE 519-1992 para determinar estos límites

Tasa de distorsión en la demanda (TDD – Total Demand Distortion): Expresa la distorsión de corriente en relación con la demanda de corriente de la carga.

$$TDD(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{\max}} I_h^2}}{I_L}$$

En esta expresión, I_L es la máxima corriente de frecuencia fundamental demanda por la carga (durante 15 o 30 minutos) en el PCC, y se calcula a partir de la media de los máximos en la corriente demandada durante los últimos 12 meses. Así mismo, h_{\max} indica el orden armónico máximo que debe ser considerado en los cálculos. La única referencia que existe en la norma acerca de este valor especifica que $h_{\max}=50$.

Relación de cortocircuito (Rsc–Short-circuit ratio):

$$R_{sc} = \frac{I_{sc}}{I_L},$$

donde:
$$I_{sc} = \frac{S_{sc}}{\sqrt{3} U_{nom}} = \frac{U_{nom}}{\sqrt{3} Z},$$

Siendo U_{nom} : La tensión nominal de línea a línea, y la impedancia de la red en el PCC.

De una manera general, el objetivo de esta norma es limitar la inyección de corrientes armónicas para que la tensión en el PCC no presente ningún armónico individual con una amplitud superior a un 3% de la componente fundamental, y que globalmente, el THD de tensión no sea superior al 5% en sistemas en los que no existe una resonancia paralela a una frecuencia específica.

R_{sc} (en el PCC)	Máx. en las armónicos individuales de la tensión ⁽¹⁾ (%)	Suposición relacionada
10	2,50 – 3,00	Sistema dedicado.
20	2,00 – 2,50	1 – 2 consumidores grandes.
50	1,00 – 1,50	Algunos consumidores relativamente grandes.
100	0,50 – 1,00	5 – 20 consumidores de tamaño medio.
1000	0,05 – 0,10	Muchos consumidores pequeños.

(1) *Porcentaje de la tensión de frecuencia fundamental.*

La tabla anterior muestra las bases para la limitación de corrientes armónicas en función del valor de R_{sc} en el PCC

Sistemas de distribución (120V – 69kV)						
Tasa individual admisible en relación a I_L (%)						
I_{sc}/I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD (%)
< 20 ⁽¹⁾	4,00	2,00	1,50	0,60	0,30	5,00
20 – 150	7,00	3,50	2,50	1,00	0,50	8,00
50 – 100	10,00	4,50	4,00	1,50	0,70	12,00
100 – 1000	12,00	5,50	5,00	2,00	1,00	15,00
> 1000	15,00	7,00	6,00	2,50	1,40	20,00

Sistemas de subtransmisión (69kV – 161kV)						
< 20 ⁽¹⁾	2,00	1,00	0,75	0,30	0,15	2,50
20 – 150	3,50	1,75	1,25	0,50	0,25	4,00
50 – 100	5,00	2,25	2,00	0,75	0,35	6,00
100 – 1000	6,00	2,75	2,50	1,00	0,50	7,50
> 1000	7,00	3,50	3,00	1,25	0,70	10,00

Sistemas de transmisión ($> 161kV$)						
< 50 ⁽¹⁾	2,00	1,00	0,75	0,30	0,15	2,50
≥ 50	3,00	1,50	1,15	0,45	0,22	3,75

En la tabla anterior se muestran los límites de inyección de corriente armónica especificados en la IEEE 519-1992.

Los límites mostrados anteriormente deben ser usados en el diseño de sistemas considerando el peor de los casos en condiciones normales de funcionamiento (condiciones que duren más de una hora). Para periodos más cortos, durante arranques o en condiciones inusuales, estos límites pueden ser superados en un 50%.

ANEXO G: Principales Fabricantes de máquinas Overlock

- Singer: Fabrica sus primeras máquinas de coser en 1912 aunque fue fundada en 1851 por Isaac Merrit Singer.



Figura G1: Máquina Overlock Singer 14SH754.

- Alfa: Empresa española creada en 1920.



Figura G2: Máquina Overlock Alfa pro 8704.

- Elna: Inventada por Ramón Casas, fue una verdadera revolución para las máquinas de coser familiares.



Figura G3: Máquina Overlock elna 664.

- Juki: Líder mundial en tecnología de máquinas de coser desde el comienzo de su actividad 1947.



Figura G4: Máquina Overlock JUKI MO-6714DA.

- Pfaff: Uno de los mayores productores de máquinas de coser en Europa que inicia su actividad en 1862.



Figura G5: Máquina Overlock Pfaff hobbylock 2.0.

- Husqvarna: Fue fundada como fábrica de armas en 1689. Produce máquinas de coser desde 1872.



Figura G6: Máquina Overlock Husqvarna.

- Brother: Marca de máquinas de coser japonesa que nace en 1908 y comienza su expansión internacional durante la década de los 50.



Figura G7: Máquina Overlock Brother 1034D.

- Gritzner: Estrenó máquinas de coser en 1872, fabricando algunos de los modelos más reputados durante la época victoriana.



Figura G8: Máquina Overlock Brother Gritzner 788.

- Bernina: Marca líder a nivel mundial de costura y bordado.



Figura G9: Máquina Overlock Bernina.

- Bernette: Primera marca que fabrica una máquina de coser con capacidad para dar 100 puntadas por minuto. Nota: ver anexo XXX con las imágenes de cada máquina de los fabricantes anteriormente mencionados.



Figura G10: Máquina Overlock Bernette.

ANEXO H: Fotografías de las instalaciones eléctricas de la fábrica donde se realizó las mediciones del presente trabajo de graduación



Figura H1: subestación de 225KVA.



Figura H2: Main principal de 1000 amperios.



Figura H3: Mediciones en tablero general de la fábrica modelo.



Figura H4: Banco de capacitores de 50KVA.



Figura H5: Interruptor de transferencia.



Figura H6: Cajas de registro para acometidas a sub-tablero de fuerzas.



Figura H7: Medición en sub-tablero de fuerza



Figura H8: Circuito electrónico de control de antigua Máquina Overlock.



Figura H9: Medición de torque a motor de inducción.



Figura H10: Medición de torque a motor de inducción y Servomotor.



Figura H11: Medición de velocidad angular a Servomotor.